

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

LAPORAN PENELITIAN

DOSEN MUDA

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG	
DITERIMA TGL. :	1 - Juli - 2008
SUMBER HARGA :	Hd
KOLEKSI :	K.1.
NO. INVENTARIS :	47/Hd/2008-81 (1)
KLASIFIKASI :	530.07 Jul 10



PENENTUAN KARAKTERISTIK KELUARAN SENSOR INDUKTIF BERBENTUK KOIL DATAR AKIBAT PENGARUH BAHAN KONDUKTIF MENGGUNAKAN TEKNIK DIFRENSIAL

Oleh:

Yulkifli, S.Pd., M. Si. (Ketua)
Drs. Asrizal, M.Si (Anggota)

Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Departemen Pendidikan Nasional
sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian
Nomor : 001/SP2H/PP/DP2M/III/2007
tanggal 29 Maret 2007

JURUSAN FISIKA FMIPA
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
NOVEMBER, 2007

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN HASIL
PENELITIAN DOSEN MUDA**

1. Judul **Penentuan Karakteristik Keluaran Sensor Induktif Berbentuk Koil Datar Akibat Pengaruh Bahan Konduktif Menggunakan Teknik Difrensial**
2. Bidang ilmu penelitian : MIPA
3. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Yulkifli, S.Pd, M.Si
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. NIP : 132 305 104
 - d. Disiplin Ilmu : Elektronika dan Instrumentasi Fisika
 - e. Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk.I / III b
 - f. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - g. Fakultas / Jurusan : FMIPA / Fisika
4. Jumlah Tim Peneliti : 2 Orang
5. Lokasi Penelitian : Lab. Fisika FMIPA UNP dan Lab ELKA Fisika ITB
6. Kerja Sama Dengan : Lab. ELKA Fisika ITB Bandung
Lembaga Lain
7. Waktu Penelitian : 8 bulan
8. Biaya : Rp. 10.000.000,-



Mengetahui
Dekan FMIPA Universitas Negeri Padang
Drs. H. Asrul, M.A
NIP: 130526481

Padang, November 2007

Ketua Peneliti,

Yulkifli, S.Pd, M.Si
NIP. 132 305 104

Mengetahui
Kepala Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang

Prof. Dr. H. Anas Yasin, M.A
NIP. 130 365 634

RINGKASAN DAN SUMMARY

A. Ringkasan

PENENTUAN KARAKTERISTIK KELUARAN SENSOR INDUKTIF BERBENTUK KOIL DATAR AKIBAT PENGARUH BAHAN KONDUKTIF MENGGUNAKAN TEKNIK DIFRENSIAL

Peneliti :
Yulkifli, S.Pd., M.Si (Ketua)
Drs. Asrizal, M.Si (Anggota)

Sensor merupakan suatu bagian yang sangat penting dalam instrumentasi. Ada empat peran penting sensor dalam instrumentasi yaitu: sebagai gerbang dalam instrumentasi, untuk mengubah besaran yang tak terukur menjadi terukur, sebagai isyarat masukan bagi instrumentasi, dan sebagai isyarat pembanding dalam suatu pengontrolan. Karakteristik suatu instrumentasi dipengaruhi oleh karakteristik sensor. Karena itu penyelidikan terhadap karakteristik sensor menjadi penting dalam bidang instrumentasi.

Salah satu sensor yang penting dalam instrumentasi adalah sensor koil datar. Prinsip fisis sensor induktif berdasarkan perubahan induktansi koil datar itu sendiri karena adanya gangguan bahan konduktif dalam medan magnetnya sehingga pada bahan tersebut terjadi arus pusar. Perubahan jarak antara koil datar dan bahan pengganggu dalam orde milimeter dapat mengubah besarnya induktansi total, karena induktansi diri dan bersama berinterferensi saling menguatkan. Induktansi tersebut digunakan sebagai bagian dari resonansi suatu rangkaian osilator.

Dalam pemakaian sensor induktif berbentuk koil datar sering terjadi permasalahan dalam memakai bahan pengganggu, baik dari segi jenis bahan

pengganggu maupun dari ukurannya. Selain itu jika digunakan bahan pengganggu tunggal output tegangan sensor kurang linier karena adanya noise dari lingkungan. Untuk itu diperlukan teknik gangguan yang dapat mengatasi permasalahan tersebut setidaknya dapat mengurangi noise lingkungan.

Salah-satu alternatif yang dapat dilakukan adalah menggunakan teknik difrensial. Melalui teknik ini bahan konduktif sebagai objek yang bergerak ditempatkan antara dua sensor koil datar. Bila bahan konduktif bergerak mendekati salah satu sensor maka bahan konduktif bergerak menjauhi sensor yang lain karena jarak antara dua sensor dibuat tetap. Melalui cara ini permasalahan pada sensor koil datar dapat dikurangi. Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan peneliti merasa tertarik untuk mengetahui karakteristik keluaran sensor koil datar dengan menggunakan teknik difrensial.

Secara umum tujuan penelitian adalah merancang dan membuat instrumen pengukuran jarak dengan sensor induktif berbentuk koil datar menggunakan teknik difrensial dan menentukan karakteristik statik keluarannya. Sementara itu secara khusus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui: 1). hubungan antara tegangan keluaran sensor koil datar dengan jarak dan menentukan sensitivitas sensor tanpa menggunakan teknik difrensial, 2). hubungan antara tegangan keluaran sensor koil datar dengan jarak dan menentukan linearitas dan sensitivitas sensor menggunakan teknik difrensial, 3). ketelitian dari sensor koil datar menggunakan teknik difrensial untuk pengukuran jarak objek, dan 4). kestabilan tegangan keluaran sensor koil datar menggunakan teknik difrensial untuk pengukuran jarak sebagai variasi waktu.

Instrumen pengukuran jarak terdiri dari sensor koil plat datar, rangkaian osilator LC, multimeter digital dan mikrometer sekrup. Pada sistem terdapat dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Sebagai variabel bebas adalah jarak

bahan konduktif dan waktu. Disisi lain variabel terikat adalah tegangan keluaran dari sensor koil datar.

Model penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen laboratorium. Penelitian eksperimen ini bertujuan untuk melihat hubungan sebab akibat antara variabel bebas dan variabel terikat. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran terhadap besaran fisika yang terdapat dalam sistem pengukuran jarak. Teknik pengukuran yang dilakukan meliputi dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung. Teknik analisis data yang akan dilakukan adalah metoda grafik dan analisis kesalahan. Metoda grafik digunakan untuk mengetahui hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan jarak bahan konduktif baik untuk tanpa teknik difrensial maupun dengan teknik difrensial. Analisis kesalahan yang dilakukan meliputi nilai rata-rata, kesalahan mutlak, kesalahan relatif, dan ketelitian.

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat dikemukakan empat hasil utama dari penelitian ini sebagai berikut: 1). Tegangan keluaran sensor koil datar sebelum menggunakan teknik difrensial berkurang dengan pertambahan jarak bahan konduktif berbentuk fungsi kuadratik dengan sensitivitas berubah dengan jarak, 2). Tegangan keluaran sensor koil datar dengan teknik difrensial berkurang secara linear dengan pertambahan jarak objek dengan sensitivitas konstan sebesar 1,273 Volt/mm, 3). Ketelitian dari sensor koil datar termasuk pada kategori tinggi dengan ketelitian rata-rata untuk jarak 1,524 mm, 2,161 mm, dan 2,796 mm masing-masing 0,999; 0,998; dan 0,998, dan 4). Kestabilan dari sensor koil datar dengan teknik difrensial termasuk tinggi yang ditandai dengan variasi tegangan tegangan keluaran sensor sebagai perubahan waktu dari 0,01 Volt sampai 0,03 Volt.

B. Summary

DETERMINING OUTPUT CHARACTERISTICS OF FLAT COIL INDUCTIVE SENSOR CAUSE EFFECT CONDUCTIVE MATERIAL BY USING DIFFERENTIAL TECHNIQUE

Researcher:
Yulkifli, S.Pd., M.Si (Chairman)
Drs. Asrizal, M.Si (Member)

Sensor is an important part in instrumentation. There are four rules sensor in instrumentation as follow: as a gate in instrumentation, as a way to convert quantity isn't measured become to be measured, as a input signal of instrumentation, and as reference signal in a controller. The characteristics of instrumentation are influenced by sensor's characteristics. Therefore, investigate to sensor's characteristics is very important in instrumentation.

Flat coil sensor is a part of inductive sensor. Physical principle of inductive sensor based on changing inductance of flat coil itself because there is effect of conductive material in it's magnetic field so that at that material produce eddy current. Changing distance between flat coil and conductive material in order millimeter can change magnitude of total inductance, because self inductance and mutual inductance will produce constructive interference. That inductance is used as a part of resonance of an oscillator circuit.

In applying flat coil inductive sensor is often happened problem in using conductive material, both of side kind of conductive material and it's size. Beside that, if it is used a single conductive material the output voltage of sensor less linear

because there is noise from its environment. Therefore, it is very important to find a good technique to solve this problem and to reduce noise of its environment.

A good alternative that can be done is using differential technique. Through this technique conductive material as object that move is placed between two flat coil of sensor. When conductive material as an object moves near a sensor then conductive material moves keep away from the other sensor. Through this methods, the problem at flat coil can be decreased. Based on problem that has been explained then we are interested to investigate the output characteristics of flat coil sensor by using differential technique.

The general purpose of this research is design and fabricate an instrument to measure distance of object with flat coil sensor inductive by using differential technique and determine its static characteristics. On the other hand, the special purposes of this research are to investigate: 1). relation between output voltage of flat coil with distance of object and determine sensor's sensitivity without use differential technique, 2). relation between output voltage of flat coil sensor by using differential technique with distance of object and determine linearity and its sensitivity, 3). precision of flat coil sensor by using differential technique to measure distance of object in small order, and 4). stability output voltage of flat coil sensor by using differential technique to measure distance of object as time variation.

Measurement instrument of distance consist of flat coil sensor, LC oscillator circuit, digital multimeter, and micrometer. In this research is founded two variables that is, independent variable and dependent variable. As independent variable is distance conductive material from sensor and time. While as dependent variable is output voltage of flat coil sensor.

Research model that has been conducted was laboratory experiment research. The purposes of this experiment research is to understand relation cause and effect between independent and dependent variable. Data collecting technique is done through measuring to physics quantities that founded in instrument to measure distance of object. The measurement technique that be done include two ways i.e direct and indirect measurement. Data analysis technique that has been done was graph methods and error analysis. The graph methods is used to understand relation between output voltage of sensor with material conductive without differential technique and with using differential technique. The error analysis that be done including average value, absolute error, relative error, and precision.

Based on analysis and discussion that has been done, it can be explained four main results of this research as follow: 1). Output voltage of flat coil sensor before using differential technique decrease with increase distance conductive material and it has second order polynomial with it's sensitivity change with distance of object, 2). Output voltage of flat coil sensor with differential technique is linear proportional with distance of object, it has negative slope and it's sensitivity is 1.273 Volt/mm, 3). Precision of flat coil sensor is high with average precision of distance 1.524 mm, 2.524 mm, and 2.796 each of them 0.999; 0.998; and 0.998, and 4). Stability of flat coil sensor with differential technique is also high that indicated by variation of changing output voltage of sensor as time variation from 0.01 Volt until 0.03 Volt.

PENGANTAR

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Ketua Lembaga Penelitian Universitas Andalas dengan surat perjanjian kerja Nomor : 135/J.16/PL/III/2007 Tanggal 29 Maret 2007, dengan judul ***Penentuan Karakteristik Keluaran Sensor Induktif Berbentuk Koil Datar Akibat Pengaruh Bahan Konduktif Menggunakan Teknik Difrensial.***

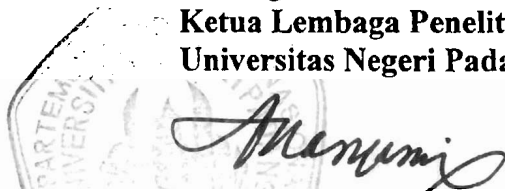
Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang telah dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan ditingkat nasional. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya, dan peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Depdiknas yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik ini akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Oktober 2007
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,



Prof. Dr.H. Anas Yasin, M.A.
NIP. 130365634

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....		i
A.	LAPORAN HASIL PENELITIAN	
	RINGKASAN DAN SUMMARY.....	ii
	PENGANTAR.....	viii
	DAFTAR ISI.....	ix
	DAFTAR GAMBAR.....	x
	DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I	PENDAHULUAN.....	1
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB III	TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	14
BAB IV	METODE PENELITIAN	15
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	20
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	27
	DAFTAR PUSTAKA.....	29
	LAMPIRAN.....	31
B.	DRAF ARTIKEL ILMIAH.....	38
C.	SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Koil Datar	4
Gambar 2	Dua Elemen Garis Arus	5
Gambar 3	Induksi Diri Pada Simpal Kawat Sirkular	6
Gambar 4	Dua Simpal Arus Sirkular	7
Gambar 5	Blok Diagram Pengolah Isyarat Analog	9
Gambar 6	Diagram Blok Osilator	9
Gambar 7	Teknik Susunan Difrensial	11
Gambar 8	Hubungan Tegangan Keluaran Sensor 1 Terhadap Jarak Untuk Bahan Pengganggu Menjauh Dari Sensor	20
Gambar 9	Hubungan Tegangan Keluaran Sensor 2 Terhadap Jarak Untuk Bahan Pengganggu Mendekat Dari Sensor	21
Gambar 10	Hubungan Tegangan Keluaran Difrensial Sensor Terhadap Jarak	22
Gambar 11	Kesalahan Mutlak Pengukuran	23
Gambar 12	Kesalahan Relatif Pengukuran	23
Gambar 13	Nilai Tegangan Keluaran Setiap 15 Detik Pada Jarak 1.524 mm..	25
Gambar 14	Nilai Tegangan Keluaran Setiap Saat Pada Jarak 1.524 mm	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Pengukuran Parameter Sensor	31
Lampiran 2	Foto-Foto Pengukuran dan Instrumen Pengambilan Data	36

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Keberadaan instrumen pengukuran saat ini sangat dibutuhkan karena dari melalui instrumen didapatkan hasil pengukuran yang akurat dan teliti. Instrumen adalah suatu piranti atau mekanisme yang digunakan untuk menentukan nilai dari suatu besaran yang diobservasi (Jones, L.D, 1995). Dalam instrumen pengukuran diperlukan suatu media atau sarana agar pengukuran itu mudah dilihat, dibaca ataupun diambil datanya (Cooper, W.D, 1991).

Pada saat ini instrumen elektronik telah diterapkan dalam berbagai bidang kehidupan seperti dalam dunia kedokteran, di pertokoan, dan di laboratorium. Kecendrungan saat ini hampir semua besaran fisika dapat diukur secara elektronika. Alasannya adalah instrumen elektronika dapat diproduksi dengan biaya yang murah, berdaya guna, kecil, ringan, usia pakai lebih lama dari mekanik, memakai daya listrik yang rendah, dan dapat digabungkan dengan sistem komunikasi.

Untuk mendapatkan data-data yang akurat pengukuran memerlukan ketepatan yang sangat tinggi, hasil yang akurat dan tepat akan didapatkan dari alat instrumen yang sensitivitasnya tinggi. Alat-alat instrumen dengan sensitivitas tinggi yang banyak dipakai saat ini adalah sensor (Trankler, 1990).

Sensor merupakan suatu bagian yang sangat penting dalam instrumentasi. Ada empat peran penting sensor dalam instrumentasi yaitu: sebagai gerbang dalam instrumentasi, untuk mengubah besaran yang tak terukur menjadi terukur, sebagai isyarat masukan bagi instrumentasi, dan sebagai isyarat pembanding dalam suatu pengontrolan. Karakteristik suatu instrumentasi dipengaruhi oleh karakteristik

sensor. Karena itu penyelidikan terhadap karakteristik sensor menjadi penting dalam bidang instrumentasi.

Sensor didefinisikan sebagai suatu piranti pengindera kualitas fisis, mekanik atau optis yang ditransformasikan menjadi tegangan atau arus listrik (Doebelin, 1983). Berbagai bentuk dan model sensor telah dikembangkan untuk mengindera perubahan parameter, seperti berdasarkan perubahan resistansi, kapasitansi dan induktansi.

Prinsip fisis sensor induktif berdasarkan perubahan induktansi koil datar itu sendiri karena adanya gangguan bahan konduktif dalam medan magnetnya sehingga pada bahan tersebut terjadi arus pusar yang dikenal *eddy current* (Djamal, M, 2004 dan Drajat, A, 2004). Perubahan jarak antara koil datar dan bahan pengganggu dalam orde milimeter dapat mengubah besarnya induktansi total L , karena induktansi diri dan bersama (mutual) berinterferensi saling menguatkan. Induktansi tersebut digunakan sebagai bagian dari resonansi suatu rangkaian osilator.

Dalam pemakaian sensor induktif berbentuk koil datar sering terjadi kebingungan dalam memakai bahan pengganggu, baik dari segi jenis bahan pengganggu maupun dari ukurannya (Yulkifli, 2004). Selain itu jika digunakan bahan pengganggu tunggal output tegangan sensor kurang linier karena adanya noise dari lingkungan. Untuk itu diperlukan teknik gangguan yang dapat mengatasi permasalahan tersebut setidaknya dapat mengurangi noise lingkungan.

Salah-satu alternatif yang dapat dilakukan adalah menggunakan teknik difrensial. Melalui teknik ini bahan konduktif sebagai objek yang bergerak ditempatkan antara dua sensor koil datar. Bila bahan konduktif bergerak mendekati salah satu sensor maka bahan konduktif bergerak menjauhi sensor yang lain karena jarak antara dua sensor dibuat tetap. Melalui cara ini permasalahan pada sensor koil datar dapat dikurangi.

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan peneliti merasa tertarik untuk mengetahui karakteristik keluaran sensor koil datar dengan teknik gangguan yang lebih tepat. Karena itu sebagai judul dari penelitian yaitu: ***"Penentuan Karakteristik Keluaran Sensor Induktif Berbentuk Koil Datar Akibat Pengaruh Bahan Konduktif Menggunakan Teknik Difrensial"***.

B. Pembatasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan permasalahan dalam penelitian ini, maka perlu dilakukan pembatasan masalah berikut ini:

1. Sensor induktif yang dipakai berbentuk koil datar dengan teknik difrensial.
2. Karakteristik keluaran sensor yang diselidiki adalah karakteristik statik sensor koil datar dengan teknik difrensial.
3. Karakteristik statik sensor koil datar yang diselidiki meliputi: fungsi transfer, sensitivitas, linearitas, ketelitian, kestabilan dari sensor koil datar.
4. Objek bergerak yang diamati adalah gerakan bahan konduktif yang ditempatkan diantara dua sensor koil datar yang bergerak menjauhi salah satu sensor dan mendekati sensor yang lainnya.

C. Perumusan Masalah

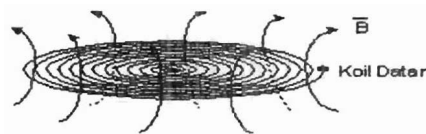
Karakteristik sensor merupakan bagian yang penting dalam instrumentasi karena mempengaruhi karakteristik dari suatu instrumen seperti untuk pengukuran jarak objek. Jarak objek yang dapat diukur oleh instrumen dalam orde mm. Berdasarkan latar belakang dan pembatasan masalah yang telah dikemukakan maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu: ***"Bagaimana karakteristik statik dari sensor koil datar dengan teknik difrensial untuk rancangan instrumen pengukuran jarak objek dalam orde yang kecil ?"***.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Prinsip Dasar Sensor Induktif Terhadap Perubahan Jarak

Prinsip sensor induktif dengan menggunakan transduser pengukur jarak, dengan berubahnya jarak antara sensor dengan bahan pengganggu (bahan konduktif) maka terjadi perubahan besaran tegangan keluaran pada sensor induktif, perubahan tegangan ini terjadi karena perubahan induktansi pada sensor (Yulkifli, 2004; Akhmad, A.N, 2005). Sensor induktif dibuat dari kawat halus dan disusun berbentuk lingkaran secara mendatar sehingga disebut koil datar, seperti Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Koil Datar

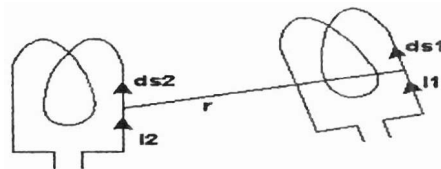
B. Prinsip Fisis Elemen Koil Datar

Prinsip fisis dari sensor koil datar berdasarkan perubahan induktansi koil datar karena adanya gangguan bahan konduktif. Induktansi elemen koil datar yang dialiri arus akan berubah jika suatu objek konduktif atau bahan pengganggu diletakkan dalam daerah medan magnetiknya. Hal ini disebabkan karena pada bahan tersebut terjadi arus pusar (*eddy current*), sehingga menghasilkan medan magnetiknya sendiri dan berinterferensi saling menguatkan dengan induktivitas yang dihasilkan oleh elemen koil datar itu sendiri. Perubahan induktivitas total elemen koil datar digunakan sebagai bagian resonansi suatu rangkaian osilator LC (Gusriyanto, R., 2005; Nawawi A, 2005; Djamal, M, 2004).

Setiap putaran atau lilitan dari koil dianggap sebagai lingkaran koaksial dengan jejari kira-kira sama dengan jejari lilitan atau putarannya. Induktansi L dapat dihitung dengan menjumlahkan induktansi diri (L_j) dan Induktansi bersama (M_{jk}) (Lazuardi, 1996; Yulkifli, 2002).

1. Rumusan Neuman's

Misal ada dua elemen garis ds_1 dan ds_2 dengan jarak r , induktansi mutual antara 2 konduktor linier tersebut dalam bentuk integral dapat ditentukan dari Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Dua Elemen Garis Arus

Menurut Macintyre, Steven : 1999, potensial vektor pada ds_1 akibat I_2 adalah

$$A = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint \frac{I_2 ds_2}{r} \quad (1)$$

Total fluks potensial pada lilitan 1 akibat lilitan 2 adalah

$$\Phi_{21} = \oint_{(1)} A ds_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_{(1)} \oint_{(2)} \frac{ds_1 ds_2}{r} I_2 \quad (2)$$

Jika I_2 adalah konstan maka induktansi mutual dapat ditulis

$$M_{12} = \frac{d\Phi_{21}}{dI_1} \text{ atau } M_{21} = \frac{d\Phi_{12}}{dI_2} \quad (3)$$

Untuk kasus antara 2 lilitan konduktor linier berlaku

$$M_{12} = M_{21} \quad (4)$$

$$M_{21} = \frac{\Phi_{21}}{I_2} = \frac{\mu_0}{4\pi} I_2 \oint_{(1)} \oint_{(2)} \frac{ds_1 ds_2}{r} \quad (5)$$

sehingga induktansi mutual secara umum dapat ditulis

$$M = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_{(1)} \oint_{(2)} \frac{ds_1 ds_2}{r} \quad (6)$$

2. Induktansi Diri

Seperti yang telah diterangkan di atas, koil datar dianggap tersusun sebagai lapisan koaksial, misal radius cincin koaksial a dan radius internal adalah $a-b$, dengan radius $b < a$. Pada kasus konduktor dengan penampang sirkular, induktansi adalah perbandingan fluks terhadap arus yang menimbulkan fluks, diperoleh :

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint \oint \frac{ds_1 ds_2}{r} \quad (7)$$

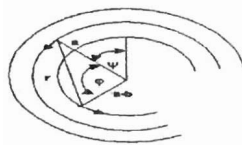
Berdasarkan rumusan geometri ds dari jari-jari sirkular $a-b$ dan persamaan 7 maka dapat diperoleh (Winarto, W, 2001; Yulkifli, 2002)

$$L = \frac{\mu_0}{2} a \sqrt{1-b/a} \left[\left(\frac{2}{k} - k \right) K(k) - \frac{2}{k} E(k) \right] \quad (8)$$

Pada persamaan $K(k)$ dan $E(k)$ adalah integral eliptik lengkap. Jika koil datar tersusun atas beberapa lilitan konsentris, maka persamaan 8 induktansi diri dari elemen koil datar untuk lilitan ke- j adalah

$$L_j = \frac{\mu_0}{2} a_j \sqrt{1-b/a_j} \left[\left(\frac{2}{k_j} - k_j \right) K(k_j) - \frac{2}{k_j} E(k_j) \right] \quad (9)$$

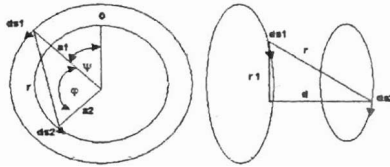
dimana $k_j = \frac{\sqrt{1-b/a_j}}{1-b/2a_j}$



Gambar 3. Induktansi Diri Pada Simpal Kawat Sirkular

3. Induktansi Mutual antara Dua Koaksial Simpal Arus Sirkular

Misal jari-jari lingkaran pada Gambar (4) berikut adalah a_1 dan a_2 , jarak kedua ruang simpal adalah d , jarak antara elemen arus adalah r dan proyeksi jarak ini adalah r_1 .



Gambar 4. Dua Simpal Arus Sirkular

Berdasarkan rumusan Neuman's pada persamaam 6 mengenai induktansi dan rumusan geometri gambar 4 dapat dituliskan :

$$M = \frac{\mu_0}{4\pi} \int a_1 d\psi \int \frac{a_2 \cos \varphi d\varphi}{r} \quad (10)$$

Untuk elemen koil datar yang tersusun atas bebarapa lilitan kosentris, maka induktansi mutual dari elemen koil datar dengan jumlah lilitan tertentu adalah:

$$M_{jk} = \frac{\mu_0 \sqrt{a_1 a_2}}{k_{jk}} \left[\left(2 - k_{jk}^2 \right) K(k_{jk}) - \frac{2}{k_{jk}} E(k_{jk}) \right] \quad (11)$$

$$\text{dimana : } k_{jk} = 2 \sqrt{\frac{a_{1j} a_{2k}}{d^2 + (a_{1j} + a_{2k})^2}}$$

$$K(k) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\alpha}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \alpha}} \quad (12)$$

$$E(k) = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \alpha} d\alpha \quad (13)$$

dengan K dan E adalah integral eliptik

a = jari-jari lingkaran

d = jarak antara elemen koil datar dengan objek

j = jumlah lilitan dari elemen koil datar

k = jumlah lilitan yang terbentuk pada membran pengganggu

μ_0 = permeabilitas magnetik di ruang hampa

Berdasarkan persamaan 9 dan 11 induktansi total L dari sensor koil datar adalah penjumlahan antara induktansi diri L_j dan induktansi bersama M_{jk} sehingga diperoleh persamaan dalam bentuk:

$$L = \sum_{j=1}^N L_j + \sum_{j,k=1}^N M_{jk} \quad (14)$$

Persamaan 14 merupakan rumusan Neumann's (Boophy, 1962 ; Yulkifli, 2005)

C. Teori Dasar Osilator

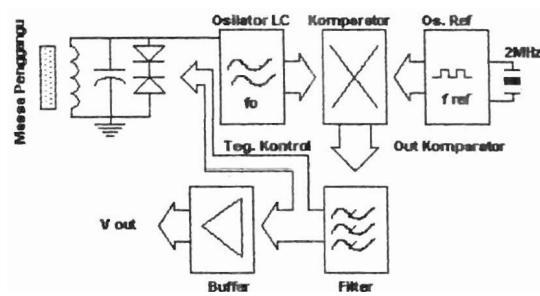
Bagian terpenting dari sistem sensor ini adalah rangkaian osilator LC dimana perubahan induktansi elemen koil datar diindera sebagai perubahan dari parameter fisis yang diukur. Permasalahannya bagaimana memperoleh suatu bentuk osilator yang stabil yang dapat menjamin kestabilan tegangan keluaran selama pengukuran, atau dengan kata lain syarat utama bagian suatu osilator adalah penguatan untuk memelihara osilasi, umpan balik positif, jaringan penentu frekuensi dan catu daya.

Untuk mengatasi itu dipergunakan suatu osilator yang mempergunakan prinsip kompensasi. Bagian terpenting dari rangkaian ini adalah osilator LC yang berfungsi sebagai pengindera besaran fisis yang akan diukur.

Output osilator LC adalah gelombang frekuensi modulasi sinusoidal yang frekuensinya ditentukan oleh persamaan:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_s}} \sqrt{1 - R_s^2 \frac{C_s}{L_s}} \quad (15)$$

Blok diagram dari rangkaian osilator LC diberikan pada Gambar 5 berikut :

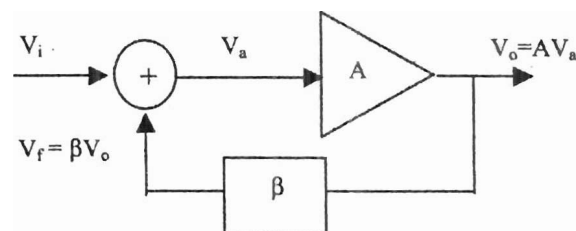


Gambar 5. Blok Diagram Pengolah Isyarat Analog

Dengan mengatur harga L_s sensor dan kapasitor paralel C_s , frekuensi resonansi LC ini dibuat pada frekwensi tertentu. Output dari osilator LC kemudian masuk kesinyal dari komparator.

Sebagai frekuensi pedoman dipergunakan output osilator refrensi yang menghasilkan gelombang persegi dengan frekuensi yang sesuai dengan osilator. Osilator ini mempergunakan inverter dan kristal sebagai bagian resonansinya, kristal dipakai agar diperoleh kemantapan frekuensi yang akan dijadikan pedoman untuk setiap perubahan frekuensi osilator LC. Output refrensi dari osilator ini kemudian masuk pada masukan komparator.

Komparator hanya berfungsi untuk mengikat fasa frekuensi osilator LC terhadap frekuensi osilator refrensi. Model rangkaian osilator terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Blok Osilator

Gangguan berupa osilasi gelombang mekanis dari masa pengganggu menyebabkan perubahan frekuensi osilator LC. Rangkaian feedback pada keluaran

komparator fasa yang dibentuk oleh bagian rangkaian filter dan penguat akan mengusahakan agar $f_o = f_{ref}$. Perubahan ini diukur pada tegangan keluaran penguatan V_o dan diumpan balik melalui dioda varaktor yang berfungsi sebagai pegubah tegangan V_o menjadi kapasitansi. Perubahan kapasitansi C dioda yang paralel dengan C dari rangkaian resonansi osilator LC akan mengubah f_o . V_i , V_a , V_o dan V_f adalah tegangan isyarat pada masing-masing titik pengukuran pada osilator dengan suatu penguat yang memiliki faktor penguatan A dan dilakukan balikan positif dengan faktor balikan β . Secara matematis pemodelan tersebut dapat ditunjukkan seperti persamaan berikut

$$V_a = V_f + V_i \text{ dan } V_i = V_a - V_f \quad (16)$$

Karena V_f adalah tegangan balikan yang besarnya adalah βV_o , maka

$$V_i = V_a - \beta V_o \quad (17)$$

Dari diagram osilator diketahui bahwa V_o adalah tegangan keluaran yang besarnya sama dengan AV_a dengan mensubstitusikan ke persamaan 17

$$V_i = V_a - \beta AV_a \quad (18)$$

$$V_i = V_a(1 - \beta A) \quad (19)$$

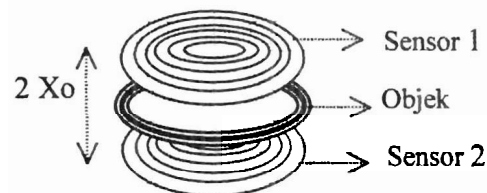
Penguatan totaln dari rangkaian osilator adalah

$$G = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A}{1 - \beta A} \quad (20)$$

Agar terjadi osilasi maka penguatan total harus dijaga dengan menentukan $\beta A \cong 1$ (Sutrisno : 2000). Penentuan parameter β dilakukan oleh jaringan penentu frekuensi serta umpan balik yang dibentuk.

D. Teknik Susunan Difrensial

Berdasarkan hubungan antara perubahan jarak d dengan induktansi L tidak begitu liner, demikian pula dengan frekuensi resonansi maka digunakan satu teknik yang sering digunakan orang yaitu teknik difrensial.



Gambar 7. Teknik susunan difrensial

Ide dasar dari tehnik difrensial adalah menggunakan 2 buah elemen sensor untuk mengukur jarak suatu objek yang diukur saling berlawanan, tetapi efek pengaruhnya sama (Djamal, M., Drajat, A., 2004). Dengan demikian jika keluaran dari kedua elemen sensor itu didiferensialkan, maka efek pengaruh akan saling menghilangkan dan karakteristik sensor menjadi lebih linier.

Dalam susunan diferensial ini harus diusahakan bahwa osilator diletakkan sedekat mungkin dengan elemen sensor koil datar, gangguan noise dapat ditekan sekecil mungkin. Kedua osilator ini harus diletakkan saling berjauhan agar tidak terjadi interferensi. Selisih antara frekuensi resonansi osilator 1 (f_1) dengan frekuensi osilator 2 (f_2) diperoleh dari perkalian analog yang dilakukan oleh suatu rangkaian pengali (IC MC 1496). Keluaran IC pengali ini menghasilkan 2 komponen frekuensi, yakni ($f_1 + f_2$) dan ($f_1 - f_2$). Untuk mendapatkan selisih dari kedua frekuensi osilator ($f_1 - f_2$), dapat digunakan tapis lolos rendah.

E. Karakteristik Sensor

Sensor yang digunakan mempengaruhi karakteristik dari keseluruhan sistem pengukuran. Karakteristik ini penting untuk melukiskan sifat dari suatu sistem.

Secara umum karakteristik instrumen dapat dibagi atas dua bagian yaitu karakteristik statik dan karakteristik dinamik. Sifat dari sistem setelah semua efek transien diatasi untuk keadaan akhir atau keadaan mantap disebut karakteristik statik. Beberapa karakteristik statik sistem adalah fungsi transfer, sensitivitas, ketepatan, ketelitian, kesalahan, linearitas dan sebagainya. Disisi lain sifat dari sistem yang merespon transien untuk suatu masukan disebut karakteristik dinamik (Gutierrez, R).

Fungsi transfer melukiskan hubungan antara output-stimulus secara ideal. Fungsi ini melukiskan ketergantungan sinyal listrik yang dihasilkan sensor dengan stimulus. Sebagai contoh hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan jarak objek. Bentuk hubungan fungsi keluaran sensor dengan stimulus dapat berupa hubungan linear sederhana, non linear, logaritmik, eksponensial, atau fungsi pangkat. Jika hubungan berbentuk linear maka kemiringan dari garis lurus tidak lain merupakan sensitivitas dari sensor. Sensitivitas merupakan satu dari karakteristik dari sinyal listrik keluaran yang digunakan oleh piranti akuisisi data sebagai output sensor (Fraden, J, 1996).

Linearitas dari sensor melukiskan dekatnya atau tertutupnya antara kurva kalibrasi dengan suatu garis lurus. Hal ini tergantung pada garis lurus yang dipertimbangkan (Pallas, R, 1991). Menurut Carr, J. J (1993) “ linearitas dari suatu transduser adalah suatu ekspresi dari perluasan dari kurva yang diukur secara aktual dari suatu sensor terhadap kurva ideal”. Disisi lain, ketidakstabilan adalah perubahan dari sensitivitas atau level output dengan waktu, temperatur, atau parameter lain yang tidak dipertimbangkan sebagai bagian dari input.

Ketelitian (*precision*) adalah kualitas yang mengkarakterisasi kemampuan dari suatu instrumen pengukuran untuk memberikan pembacaan yang sama bila

pengukuran dilakukan secara berulang terhadap besaran yang sama di bawah kondisi yang sama (lingkungan, operator dan sebagainya) dengan yang telah dilakukan sebelumnya. Ada dua bentuk yang dekat dengan ketelitian yaitu pengulangan kembali (*repeatability*) dan memproduksi kembali (*reproducibility*). Pengulangan kembali merupakan ketelitian dari suatu set pengukuran yang diambil dalam interval waktu yang pendek. Sementara itu memproduksi kembali merupakan ketelitian dari suatu set pengukuran meliputi : pengambilan interval waktu yang panjang, dilakukan oleh operator berbeda, dengan instrumen berbeda, atau dalam laboratorium yang berbeda (Pallas, R, 1991).

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian secara umum adalah merancang dan membuat sistem pengukuran jarak dengan sensor induktif berbentuk koil datar menggunakan teknik difrensial dan menentukan karakteristik statik keluarannya. Sementara itu secara khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui hubungan antara tegangan keluaran sensor koil datar dan menentukan sensitivitas sensor tanpa menggunakan teknik difrensial.
2. Untuk mengetahui hubungan antara tegangan keluaran sensor koil datar, menentukan linearitas dan sensitivitas sensor menggunakan teknik difrensial.
3. Untuk mengetahui ketelitian dari sensor koil datar menggunakan teknik difrensial untuk pengukuran jarak objek.
4. Untuk mengetahui kestabilan tegangan keluaran sensor koil datar menggunakan teknik difrensial untuk pengukuran jarak sebagai variasi waktu.

B. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif untuk pengembangan sensor jarak dalam orde kecil. Jika sensor jarak dalam orde kecil dapat diperoleh maka akan terbuka peluang untuk menjadikannya pada berbagai aplikasi instrumen pengukur terutama sensor, seperti: sensor proximity, sensor tekanan, sensor aliran, sensor getaran, sensor level ketinggian, dan sebagainya. Dengan selesainya penelitian awal ini akan sangat memberikan kontribusi dalam perkembangan dunia instrumentasi pengukuran khususnya dan dunia IPTEK pada umumnya.

BAB IV

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA UNP dan laboratorium instrumentasi Jurusan Fisika ITB Bandung. Perancangan sensor koil datar dilakukan di laboratorium Elektronika dan Instrumentasi UNP Padang, sedangkan pembuatan dan pengujian sensor koil datar menggunakan teknik dilakukan pada Laboratorium Instrumentasi ITB Bandung. Waktu pelaksanaan penelitian ini selama 8 bulan dimulai awal April sampai akhir bulan November 2007.

B. Desain Penelitian

1. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang akan menjadi objek penelitian atau faktor - faktor yang berperan penting dalam peristiwa atau gejala yang akan diteliti. Pada sistem terdapat dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Sebagai variabel bebas adalah jenis bahan, diameter bahan dan jarak bahan pengganggu terhadap sensor. Variabel terikat adalah tegangan keluaran dari sensor koil datar.

2. Model Penelitian

Berdasarkan masalah yang dikemukakan bahwa model penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimen laboratorium (*laboratory Experimentation*). Penelitian eksperimen ini bertujuan untuk melihat hubungan kausal (hubungan sebab akibat) antara variabel independen dan variabel

dependen. Variabel independen dikontrol dan dimanipulasi oleh peneliti sedangkan variabel dependen dibiarkan bervariasi. Setelah menentukan tujuan dari eksperimen, maka dilakukan perencanaan dan persiapan untuk melakukan eksperimen. Dalam eksperimen dilakukan pengambilan data secara berulang, kemudian data dianalisis, diambil kesimpulan dan dilaporkan hasilnya.

C. Instrumen Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan beberapa peralatan yaitu multimeter digital universal escort EDM168A buatan Taiwan, micrometer sekrup, jangka sorong dan bahan konduktor. Multimeter digital digunakan untuk mengukur nilai komponen dan tegangan keluaran sensor. Micrometer sekrup digunakan untuk mengukur perubahan jarak antara sensor dengan bahan pengganggu dan jangka sorong digunakan untuk mengetahui diameter bahan pengganggu.

Komponen-komponen elektronika yang akan digunakan meliputi komponen aktif (IC) dan komponen pasif (kapasitor, resistor), power supply, sensor koil datar, rangkaian osilator sensor dan transformator step down. Untuk pembuatan instrumen digunakan teknik PCB.

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui pengukuran terhadap besaran fisika yang terdapat dalam sistem pengukuran. Teknik pengukuran yang dilakukan meliputi dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung adalah pengukuran yang tidak bergantung pada besaran-besaran lain. Pengukuran tidak langsung adalah pengukuran suatu bilangan yang nilainya dipengaruhi oleh besaran-besaran lain dan nilainya tidak langsung didapat. Data yang diperoleh secara langsung adalah jarak dan tegangan sedangkan

data dari pengukuran tidak langsung adalah ketepatan dan ketelitian dan kesalahan pengukuran dari sistem pengukuran.

E. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data hasil pengukuran yang dilakukan meliputi analisis secara grafik dan analisis kesalahan. Tujuan utama dari grafik adalah untuk memberikan kesan visual dari hasil. Dalam praktek fisika, grafik memiliki tiga kegunaan utama yaitu : untuk menentukan harga beberapa besaran, sebagai alat bantu visual, dan untuk melukiskan hubungan antara dua variabel yang diperoleh dari pengukuran atau perhitungan untuk beberapa nilai parameter lain.

Untuk melihat hubungan antara variabel atau pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain maka data ditampilkan dalam bentuk grafik. Plot terhadap data dilakukan menggunakan program microsoft excel. Berdasarkan plot data ini dapat diketahui hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat, bentuk pendekatan persamaan dari grafik yang dihasilkan, variansi dan standar deviasi. Bila pendekatan garis dari hubungan antara dua variabel adalah linear maka dapat ditentukan nilai awal dan kemiringan dari garis lurus. Disisi lain, persentase simpangan antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan, ketepatan dan ketelitian dari hasil pengukuran ditentukan teori kesalahan.

Kesalahan mutlak dapat didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai yang dipercaya dari variabel dengan nilai yang terukur dari variabel. Dalam bentuk lain kesalahan mutlak dapat diekspresikan seperti :

$$KM = Y_n - X_n \quad (21)$$

Pada persamaan 1, KM = kesalahan mutlak, Y_n = nilai yang dipercaya, dan X_n = nilai yang terukur.

Ketepatan (*accuracy*) adalah kualitas yang mengkarakterisasi kapasitas dari suatu instrumen pengukuran untuk memberikan hasil yang dekat dengan nilai sebenarnya dari besaran yang diukur. Nilai ideal diperoleh bila pengukuran dibuat dengan menggunakan suatu metoda ideal (Pallas, R, 1991). Ketepatan dari start stop timer dan sistem air track ditentukan dari persentase kesalahan. Persentase kesalahan (*percent error*) merupakan persentase simpangan antara harga besaran yang diukur dengan nilai yang dipercaya (*expected value*). Secara matematika persentase kesalahan dapat ditentukan dari persamaan :

$$\text{Persentase kesalahan} = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100 \% \quad (22)$$

Pada persamaan (22), Y_n merupakan nilai yang dipercaya (*expected error*), dan X_n menyatakan nilai yang diukur (*measured error*).

Ketepatan relatif (*relative accuracy*) dari suatu sistem pengukuran dapat ditentukan melalui kesalahan menggunakan persamaan :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \quad (23)$$

Pada persamaan A menyatakan akurasi relatif yang sering dikenal dengan ketepatan relatif (Jones, L.D, 1995).

Ketepatan dalam bentuk persentase ketepatan (*percent accuracy*) dapat ditentukan melalui persamaan

$$A \% = 100 \% - \text{Persentase kesalahan} = A \times 100 \quad (24)$$

Ketelitian (*precision*) dari pengukuran merupakan kesamaan harga dari sekelompok pengukuran. Nilai yang paling mungkin dari suatu pengukuran variabel adalah nilai rata-rata dari total pengukuran yang dilakukan. Nilai rata-rata pengukuran dapat diberikan oleh persamaan berikut :

$$\overline{X_n} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n X_n \quad (25)$$

Disini X_n adalah nilai pengukuran ke-n dan n adalah jumlah total pengukuran. Ketelitian dari suatu pengukuran adalah suatu kuantitas atau angka yang menunjukkan berapa dekatnya hasil dari set pengukuran berulang dari variabel dengan sama dengan rata-rata set pengukuran (Jones, L.D, 1995). Ketelitian dapat diekspresikan dalam bentuk matematika seperti:

$$\text{Ketelitian} = 1 - \left| \frac{X_n - \overline{X_n}}{\overline{X_n}} \right| \quad (26)$$

Dimana, X_n = nilai dari pengukuran ke n dan $\overline{X_n}$ = rata-rata dari set n pengukuran.

BAB V

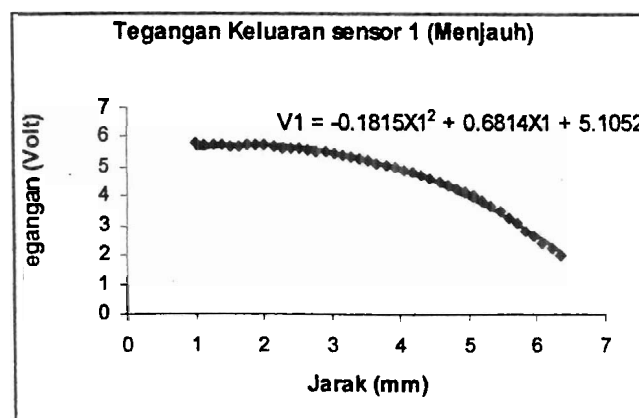
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Data yang dihasilkan melalui pengukuran memiliki arti penting dari suatu penelitian eksperimen. Berdasarkan data yang diperoleh dapat digambarkan hubungan antara suatu besaran bebas dengan besaran terikat yang terdapat dalam sistem. Untuk mengetahui bagaimana hubungan antara besaran bebas dengan besaran terikat dalam sistem pengukuran ini diperlukan analisis terhadap data yang diperoleh. Penyajian data dinyatakan dalam bentuk tabel dan grafik.

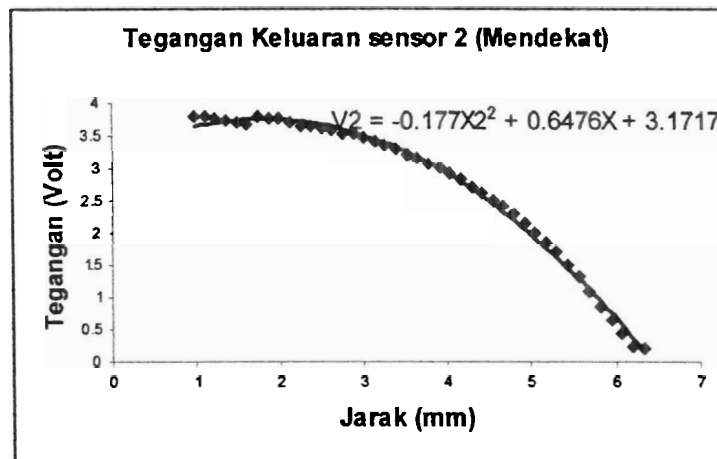
1. Tegangan keluaran sensor sebelum menggunakan teknik difrensial

Bahan konduktif ditempatkan diantara dua sensor koil datar. Dengan memvariasikan jarak bahan konduktif yaitu menjauhi sensor 1 dilakukan pengukuran terhadap tegangan keluaran sensor untuk setiap jarak yang dipilih. Dari data dapat diplot hubungan antara jarak dengan tegangan keluaran sensor seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan tegangan keluaran sensor 1 terhadap jarak untuk bahan pengganggu menjauh dari sensor

Melalui cara yang sama dapat pula dilakukan pengukuran tegangan keluaran sensor untuk bahan konduktif bergerak mendekati sensor 2. Hasil plot data hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan jarak diperlihatkan pada Gambar 9



Gambar 9. Hubungan tegangan keluaran sensor 2 terhadap jarak untuk bahan pengganggu mendekat ke sensor

Berdasarkan Gambar 8 dan 9 terlihat tegangan keluaran dari masing sensor merupakan fungsi kuadrat $f(x) = Ax^2 + Bx + C$, dengan masing nilai A , B , dan C adalah sebagai berikut:

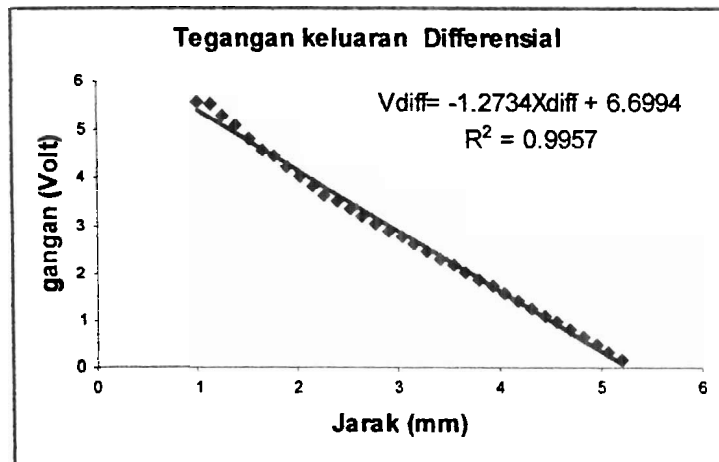
	A (Volt/mm ²)	B (Volt/mm)	C (Volt)
Sensor 1	-0.1815	0.6814	5.1052
Sensor 2	-0.1770	0.6476	3.1717

Dari variabel jarak terlihat lebar jarak yang dapat terukur adalah sekitar (1–6.35) mm.

2. Tegangan keluaran sensor menggunakan teknik differensial

Setelah dilakukan pengukuran tegangan masing-masing sensor dilakukan perkalian analog antarasinyal tegangan keluaran osilator sensor 1 dan sensor 2

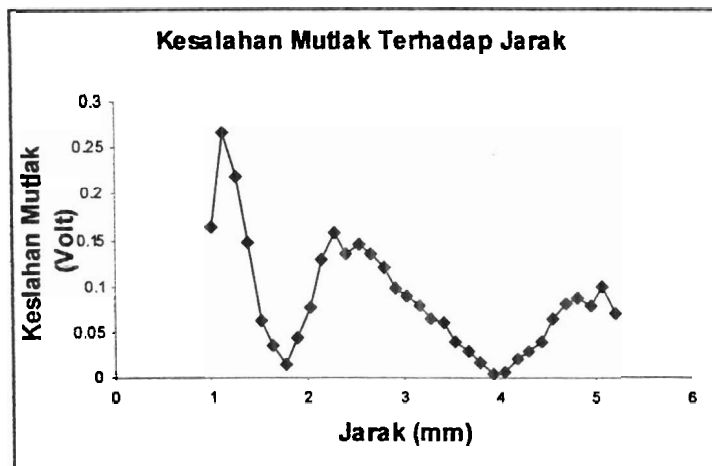
dilakukan oleh suatu rangkaian pengali (IC MC 1496). Hasil pengukuran menggunakan teknik differensial ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan tegangan keluaran differensial sensor terhadap jarak

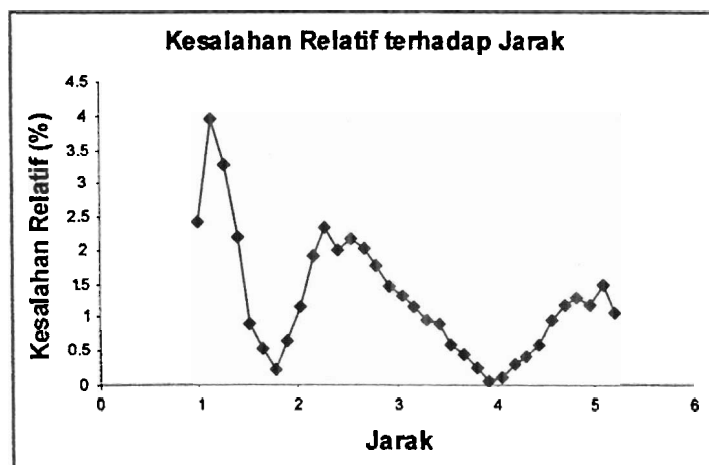
Terlihat dari gambar 10 bahwa tegangan keluaran dengan metode differensial merupakan mendekati fungsi linier $f(x) = ax + b$, dengan nilai $a = -1.2734$ Volt/mm menunjukkan kemiringan garis linier yang merupakan sensitivitas sebuah sensor dan $b = 6.6994$ Volt menunjukkan nilai awal tegangan keluaran yang dapat terukur. Tetapi pada teknik ini lebar jarak pengukuran menjadi lebih pendek yaitu (1-5.21)mm.

Dari hasil pengukuran terhadap jarak bahan konduktif dapat ditentukan kesalahan mutlak dan kesalahan relatif. Kesalahan mutlak atau kesalahan sistematis berupa selisih nilai tegangan yang diberikan oleh fungsi pengukuran sistem sensor dengan nilai fungsi linier pada teknik differensial ditunjukkan oleh Gambar 11. Dari Gambar 11 ditemukan kesalahan mutlak terbesar adalah 0.26 Volt.



Gambar 11. Kesalahan mutlak pengukuran

Untuk mengetahui kesalahan fungsi sistem sensor dalam daerah kerjanya digunakan besaran kesalahan relatif, seperti ditunjukkan oleh Gambar 12. Kesalahan relatif terbesar 3.95 %.



Gambar 12. Kesalahan relatif pengukuran

3. Ketelitian sensor koil datar untuk pengukuran jarak

Ketelitian merupakan konsistensi sensor dalam membaca besaran secara berulang. Untuk mengetahui ketelitian dari sensor koil datar untuk pengukuran jarak dilakukan pengukuran secara berulang untuk tiga variasi jarak. Setiap variasi jarak diukur tegangan keluaran dari sensor koil datar. Pengukuran tegangan keluaran

sensor untuk setiap variasi jarak yang dipilih sebanyak 10 kali. Data dari ketelitian pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data hasil pengukuran berulang tegangan keluaran sensor

No	X (mm)	Pengukuran Berulang									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.524	4.82	4.81	4.82	4.82	4.83	4.82	4.81	4.82	4.82	4.81
2	2.161	3.82	3.81	3.82	3.81	3.82	3.82	3.83	3.82	3.81	3.82
3	2.796	3.02	3.02	3.01	3.03	3.01	3.02	3.01	3.02	3.02	3.02

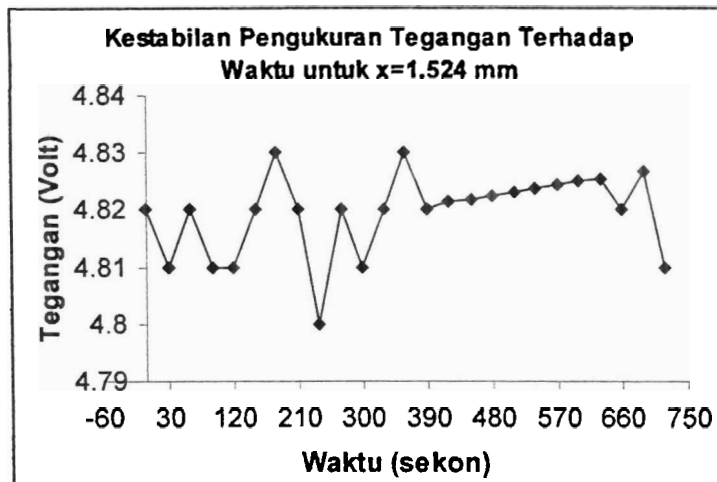
Dari data pada tabel 1, dapat diperhatikan bahwa tegangan keluaran sensor berubah dari 0,01 Volt sampai 0,03 Volt untuk ketiga variasi jarak. Dengan menggunakan persamaan 26, didapatkan ketelitian rata-rata untuk jarak 1,524 mm, 2,161 mm, dan 2,796 mm masing-masing 0,999, 0,998, dan 0,998. Dengan demikian untuk pengukuran berulang pada tiga jarak memperlihatkan bahwa sensor koil datar dengan teknik difrensial memiliki ketelitian yang tinggi.

4. Kestabilan tegangan keluaran sensor

Nilai kestabilan sensor diukur dengan memvariasikan waktu untuk dua jarak yang berbeda. Setiap jarak yang dipilih diukur tegangan keluaran dari sensor koil datar sebagai variasi dari waktu. Pengukuran tegangan keluaran dari sensor koil datar terhadap sampel jarak yang dipilih sebanyak 25 kali. Data tegangan diambil setiap 30 detik selama 12 menit.

a. Kestabilan pada jarak 1.524 mm

Data dianalisis dengan cara memplot data tegangan keluaran sensor tiap 30 detik selama 12 menit. Hasil dari plot data dapat dilihat pada Gambar 13 berikut.

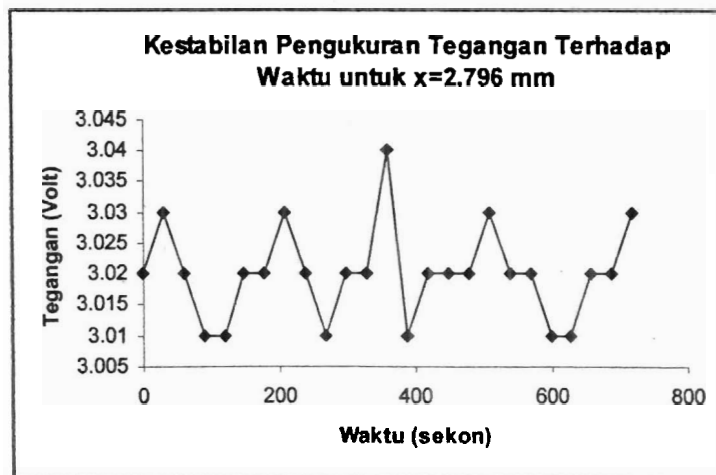


Gambar 13. Nilai tegangan keluaran setiap 15 detik pada jarak 1.524 mm

Dari Gambar 13, dapat diketahui bahwa setiap saat tegangan keluaran dari sensor koil datar menunjukkan 4.82 Volt.

b. Kestabilan pada jarak 2.796 mm

Data hasil plot nilai tegangan keluaran sensor plat datar setiap saat dapat dilihat pada gambar 14, terlihat bahwa setiap saat tegangan keluaran dari sensor koil datar menunjukkan 3.02 V.



Gambar 14. Tegangan keluaran setiap saat pada jarak 2.796 mm

B. Pembahasan

Berdasarkan analisis data yang dianalisis secara grafik dan statistik dapat menggambarkan beberapa hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil penelitian yang diperoleh meliputi pengaruh jarak terhadap tegangan keluaran sensor koil datar, tingkat ketelitian sensor, linearitas dan kestabilan dari sensor.

Berdasarkan analisis data dapat diketahui bahwa karakteristik tegangan keluaran masing-masing sensor tanpa menggunakan teknik difrensial memenuhi fungsi kuadratik. Dengan menggunakan teknik differensial karakteristik fungsi kuadratik tersebut dapat dirubah menjadi fungsi linier, sehingga tegangan keluaran sistem sensor dengan teknik ini berbanding lurus negatif terhadap perubahan jarak, dengan kata lain tegangan keluaran sensor berkurang seiring dengan pertambahan jarak antara sensor dengan bahan konduktif.

Dilihat dari segi kesalahan mutlak dan kesalahan relatif pengukuran diperoleh kesalahan yang kecil dan dari segi ketelitian sistem ini memiliki ketelitian yang tinggi yang ditandai dengan standar deviasi yang kecil. Berdasarkan data lineritas dapat diketahui bahwa sensor ini memiliki sensitifitas yang cukup tinggi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat disimpulkan empat hasil dari penelitian ini sebagai berikut

1. Tegangan keluaran sensor koil datar sebelum menggunakan teknik difrensial berkurang dengan pertambahan jarak bahan konduktif berbentuk fungsi kuadratik dengan sensitivitas berubah dengan jarak.
2. Tegangan keluaran sensor koil datar dengan teknik difrensial berkurang secara linear dengan pertambahan jarak objek dengan sensitivitas konstan sebesar 1,273 Volt/mm dan nilai tegangan awal 6,69 Volt.
3. Ketelitian dari sensor koil datar dengan teknik difrensial termasuk pada kategori tinggi dengan ketelitian rata-rata untuk jarak 1,524 mm, 2,161 mm, dan 2,796 mm masing-masing 0,999; 0,998; dan 0,998.
4. Kestabilan dari sensor koil datar dengan teknik difrensial termasuk tinggi yang ditandai dengan variasi tegangan tegangan keluaran sensor sebagai perubahan waktu dari 0,01 Volt sampai 0,03 Volt.

B. Saran

Dari pembahasan yang telah dilakukan dapat dikemukakan beberapa saran berikut ini:

1. Daerah linear dari hubungan antara tegangan keluaran sensor koil datar dengan teknik difrensial didapatkan dari 1 sampai 5,35 mm, alternatif lain dapat dikembangkan untuk mendapatkan daerah pengukuran yang lebih lebar.

2. Karakteristik sensor koil datar yang diselidiki pada penelitian ini masih karakteristik statik meliputi: fungsi transfer, sensitivitas, linearitas, dan ketelitian, penyelidikan masih dapat dilakukan untuk karakteristik statik yang lainnya dan karakteristik dinamik.
3. Sensor konduktif yang dikembangkan pada penelitian ini adalah sensor koil datar, pengembangan penelitian dapat dilakukan untuk sensor konduktif lainnya.
4. Penyelidikan pada sensor koil datar dengan teknik difrensial masih pada hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan jarak benda, sebagai tindak lanjut dari penelitian dapat diarahkan pada aplikasi sensor koil datar untuk instrumen pengukur jarak benda dalam orde kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, A.N, (2005). *Agie, Pembuatan Protipe Sensor Tekanan dengan Menggunakan Sensor Koil Datar*, Jbptitbbfi. Gdes Departement Fisika ITB
- Boophy, James J, (1996). *Basic electonics For Scientis*, Mc. Growhill, USA.
- Carr, J.J, (1993). *Sensors and Circuits: Sensors, Transducers, and Supporting Circuits for Electronic Instrumentation, Measurement and Control*, Mc. Growhill, USA.
- Cooper, W.D, (1991). *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran* (terjemahan : Sehat Pakpahan). Jakarta Erlangga.
- Djamal,Mitra, (1996), *A Study of Flat Coil Sensor For Measuring Displacements*, *Journal Deparment of Physics*, Faculty of Mathematics and Sciences ITB.
- Doebelin, Ernest O, (1983). *Measuremenst Systems Aplication and Design*, third Edition, Departement of Mechanical Engineering The Ohio State University.
- Erik Hallen, (1962). *Electromagnetic Theory*, Chapman & Hall Ltd, London.
- Faulkenberry, M Lucus, (1982). *An Introduction To Operational Amplifiers, Second Edition*, John wiley & Sons.
- Floid, Thomas L, (1995). *Electronics Fundamentalis Circuit, Devices, and Aplication*, New Jersey Colombus, Ohio.
- Fraden, J, (1996). *Handbook of Modern Sensors*, AIP PRESS, Springer.
- Gusriyanto, R., (2005). *Pengembangan Istrumentasi Dilatometer Menggunakan Sensor Koil Datar Berbasis Mikrokontroler*, Jbptitbbfi.gdes . Depatemen Fisika ITB.
- Lazuardi, (1996). *studi Awal Sensor Getaran Berdasarkan Prinsip Induktif*, Tesis Program Magister Fisika S2, Jurusan Fisika ITB.
- Macyintire, Steven, (1999). *A Magnetic Field Measurement*, CRC Press LLC, New York.
- Mitra Djamal dam Andri Darajat. (2004). *Desain dan Penbuatan Sensor Induktif Jarak Orde Kecil Menggunakan sifat Induktif*.[http www. fi.itb.ac.id](http://www.fi.itb.ac.id). Bandung
- Pallas, R. (1991). *Sensors and Signal Conditioning*. John Wiley & Sons, Inc.
- Sardo Martinus, (1999). *Studi Awal Pembuatan Prototipe Alat Ukur Tekanan Udara Menggunakan Sensor Koil Datar*, Laporan Tugas Akhir Program DIII Instrumentasi Jurusan Fisika UI.
- Sutrisno, (1987). *Elektronika Teori Dan Penerapannya*, Jilid 1 & 2, ITB Bandung.
- Sutrisno, (2000). *Elektronika Lanjut*, ITB Bandung.
- Trankler,H.-R, (1990). *Taschenbuch der Meßtechnik Mit Schwerpunkt Sensortechnik*, R. Oldenbourg Verlag München Wien.

- Winarto, W. (2001), *Desain dan Pembuatan Alat Ukur Aliran Udara Elektronik dengan Sensor Koil Datar Berbasis Mikrokontroler 89C51* (Tesis S-2. 2001, ITB Bandung
- Yulkifli. (2005), *Designing and Making Instrument Electronic Pressure Based on Microcontroller AT89C51 Using Inductive Sensor*, Presented in National Seminar Science 2005, Padang Indonesia
- Yulkifli, Asrizal, Hufri (2004), *Pengaruh Bahan Konduktif terhadap Tegangan Keluaran Sensor Plat Datar*. SPP/DPP K, (2004).
- Yulkifli & Yenni Darvina (2004). *Instrument Electronic Pressure Oil Using Plane Coil Sensor Based on Microcontroller AT89C51*. Exacta Journal Vo. VII. No. I. 2004. Padang- Indonesia.
- Yulkifli, (2002), *Desain dan Pembuatan Alat Ukur tekanan Udara Elektronik dengan Sensor Koil Datar Berbasis Mikrokontroler 89C51* (Tesis S-2. 2002. ITB Bandung.

LAMPIRAN 1. DATA PENGUKURAN PARAMETER SENSOR

Tabel 1. Pengukuran jarak masing-masing sensor

X Menjauh	V Menjauh	X Mendekat	V Mendekat
1.015	5.77	6.335	0.2
1.142	5.76	6.208	0.25
1.271	5.73	6.079	0.431
1.396	5.71	5.954	0.642
1.524	5.68	5.826	0.86
1.652	5.66	5.698	1.1
1.778	5.76	5.572	1.31
1.905	5.74	5.445	1.51
2.033	5.73	5.317	1.697
2.161	5.68	5.189	1.86
2.287	5.64	5.063	2.01
2.415	5.64	4.935	2.15
2.54	5.6	4.81	2.28
2.668	5.567	4.682	2.4
2.796	5.52	4.554	2.5
2.923	5.51	4.427	2.63
3.048	5.45	4.302	2.72
3.174	5.4	4.176	2.82
3.303	5.33	4.047	2.9
3.431	5.26	3.919	2.99
3.557	5.2	3.793	3.07
3.683	5.13	3.667	3.15
3.811	5.05	3.539	3.22
3.937	4.97	3.413	3.28
4.065	4.88	3.285	3.35
4.194	4.8	3.156	3.42
4.318	4.7	3.032	3.47
4.444	4.61	2.906	3.53
4.573	4.48	2.777	3.54
4.701	4.38	2.649	3.587
4.826	4.26	2.524	3.62
4.954	4.13	2.396	3.66
5.08	3.99	2.27	3.66
5.207	3.84	2.143	3.7
5.334	3.677	2.016	3.75
5.462	3.49	1.888	3.76
5.588	3.29	1.762	3.78
5.716	3.08	1.634	3.68
5.843	2.84	1.507	3.7
5.971	2.622	1.379	3.73
6.097	2.411	1.253	3.75
6.226	2.23	1.124	3.78
6.35	1.98	1	3.79

Tabel 2. Pengukuran dengan teknik Differensial

X Menjauh	V Differensial	V defferensial Equation	Kesalahan Mutlak	Kesalahan Relatif
1.015	5.57	5.407	0.163	2.431
1.142	5.51	5.245	0.265	3.947
1.271	5.299	5.081	0.218	3.250
1.396	5.068	4.922	0.146	2.180
1.524	4.82	4.759	0.061	0.913
1.652	4.56	4.596	0.036	0.533
1.778	4.45	4.435	0.015	0.219
1.905	4.23	4.274	0.044	0.649
2.033	4.033	4.111	0.078	1.156
2.161	3.82	3.948	0.128	1.901
2.287	3.63	3.787	0.157	2.342
2.415	3.49	3.624	0.134	1.999
2.54	3.32	3.465	0.145	2.160
2.668	3.167	3.302	0.135	2.011
2.796	3.02	3.139	0.119	1.773
2.923	2.88	2.977	0.097	1.449
3.048	2.73	2.818	0.088	1.313
3.174	2.58	2.658	0.078	1.157
3.303	2.43	2.493	0.063	0.944
3.431	2.27	2.330	0.060	0.900
3.557	2.13	2.170	0.040	0.595
3.683	1.98	2.009	0.029	0.439
3.811	1.83	1.846	0.016	0.245
3.937	1.69	1.686	0.004	0.059
4.065	1.53	1.523	0.007	0.104
4.194	1.38	1.359	0.021	0.317
4.318	1.23	1.201	0.029	0.434
4.444	1.08	1.040	0.040	0.590
4.573	0.94	0.876	0.064	0.952
4.701	0.793	0.713	0.080	1.190
4.826	0.64	0.554	0.086	1.282
4.954	0.47	0.391	0.079	1.178
5.08	0.33	0.231	0.099	1.482
5.207	0.14	0.069	0.071	1.061

Tabel 3. Data Pengukuran kestabilan sensor

X = 1.524 mm

No	t (s)	Vo	Vr	P. Instability	P. Stability
1	0	4.82	4.82	0.000	100.000
2	30	4.81	4.82	0.207	99.793
3	60	4.82	4.82	0.000	100.000
4	90	4.81	4.82	0.207	99.793
5	120	4.81	4.82	0.207	99.793
6	150	4.82	4.82	0.000	100.000
7	180	4.83	4.82	0.207	99.793
8	210	4.82	4.82	0.000	100.000
9	240	4.80	4.82	0.415	99.585
10	270	4.82	4.82	0.000	100.000
11	300	4.81	4.82	0.207	99.793
12	330	4.82	4.82	0.000	100.000
13	360	4.83	4.82	0.207	99.793
14	390	4.82	4.82	0.000	100.000
15	420	4.82	4.82	0.028	99.972
16	450	4.82	4.82	0.040	99.960
17	480	4.82	4.82	0.053	99.947
18	510	4.82	4.82	0.065	99.935
19	540	4.82	4.82	0.078	99.922
20	570	4.82	4.82	0.091	99.909
21	600	4.82	4.82	0.103	99.897
22	630	4.83	4.82	0.116	99.884
23	660	4.82	4.82	0.000	100.000
24	690	4.83	4.82	0.141	99.859
25	720	4.81	4.82	0.207	99.793
Nilai Rata-rata				0.103	99.897

X = 2.796 mm

No	t (s)	Vo	Vr	P. Instability	P. Stability
1	0	3.02	3.02	0.000	100.000
2	30	3.03	3.02	0.331	99.669
3	60	3.02	3.02	0.000	100.000
4	90	3.01	3.02	0.331	99.669
5	120	3.01	3.02	0.331	99.669
6	150	3.02	3.02	0.000	100.000
7	180	3.02	3.02	0.000	100.000
8	210	3.03	3.02	0.331	99.669

9	240	3.02	3.02	0.000	100.000
10	270	3.01	3.02	0.331	99.669
11	300	3.02	3.02	0.000	100.000
12	330	3.02	3.02	0.000	100.000
13	360	3.04	3.02	0.662	99.338
14	390	3.01	3.02	0.331	99.669
15	420	3.02	3.02	0.000	100.000
16	450	3.02	3.02	0.000	100.000
17	480	3.02	3.02	0.000	100.000
18	510	3.03	3.02	0.331	99.669
19	540	3.02	3.02	0.000	100.000
20	570	3.02	3.02	0.000	100.000
21	600	3.01	3.02	0.331	99.669
22	630	3.01	3.02	0.331	99.669
23	660	3.02	3.02	0.000	100.000
24	690	3.02	3.02	0.000	100.000
25	720	3.03	3.02	0.331	99.669
				0.159	99.841

Tabel 4. Data ketelitian pengukuran

No	X (mm)	Pengukuran Berulang									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.524	4.82	4.81	4.82	4.82	4.83	4.82	4.81	4.82	4.82	4.81
2	2.161	3.82	3.81	3.82	3.81	3.82	3.82	3.83	3.82	3.81	3.82
3	2.796	3.02	3.02	3.01	3.03	3.01	3.02	3.01	3.02	3.02	3.02

Tabel 5a. Data hasil analisis ketelitian untuk jarak 1,524 mm

No	Vo	Kesalahan	Ketelitian
1	4.82	0.000415	0.999585
2	4.81	0.001660	0.998340
3	4.82	0.000415	0.999585
4	4.82	0.000415	0.999585
5	4.83	0.002491	0.997509
6	4.82	0.000415	0.999585
7	4.81	0.001660	0.998340
8	4.82	0.000415	0.999585
9	4.82	0.000415	0.999585
10	4.81	0.001660	0.998340
Rata-rata			
	4.818		0.999004

Tabel 5b. Data hasil analisis ketelitian untuk jarak 2,161 mm

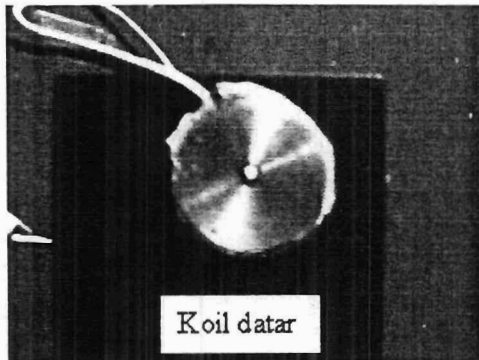
No	Vo	Kesalahan	Ketelitian
1	3.82	0.000524	0.999476
2	3.81	0.002095	0.997905
3	3.82	0.000524	0.999476
4	3.81	0.002095	0.997905
5	3.82	0.000524	0.999476
6	3.82	0.000524	0.999476
7	3.83	0.003143	0.996857
8	3.82	0.000524	0.999476
9	3.81	0.002095	0.997905
10	3.82	0.000524	0.999476
Rata-rata			
	3.818		0.998743

Tabel 5c. Data hasil analisis ketelitian untuk jarak 2,796 mm

No	Vo	Kesalahan	Ketelitian
1	3.02	0.000663	0.999337
2	3.02	0.000663	0.999337
3	3.01	0.002651	0.997349
4	3.03	0.003976	0.996024
5	3.01	0.002651	0.997349
6	3.02	0.000663	0.999337
7	3.01	0.002651	0.997349
8	3.02	0.000663	0.999337
9	3.02	0.000663	0.999337
10	3.02	0.000663	0.999337
Rata-rata			
	3.018		0.998410

LAMPIRAN 2

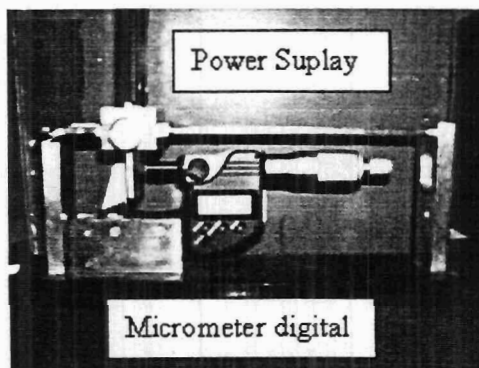
Foto-foto Peralatan Pengukuran dan Instrumen Pengambilan data



Koil datar

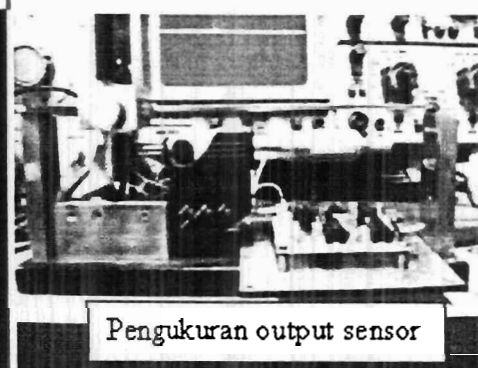


Rankaian Osilator koil datar

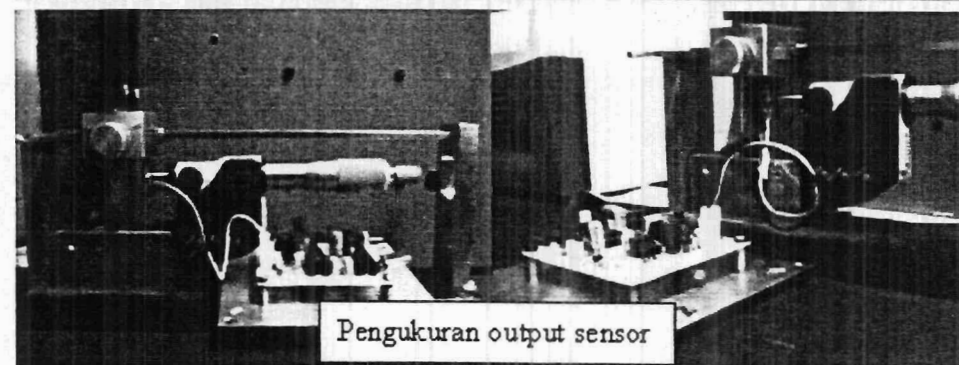


Power Suplay

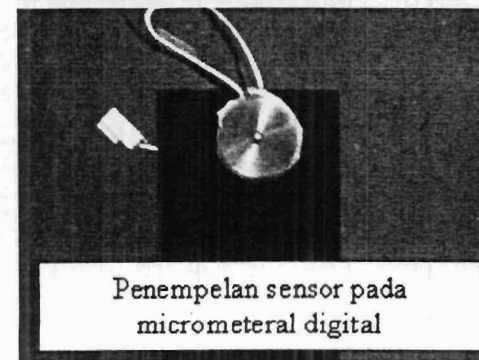
Micrometer digital



Pengukuran output sensor



Pengukuran output sensor

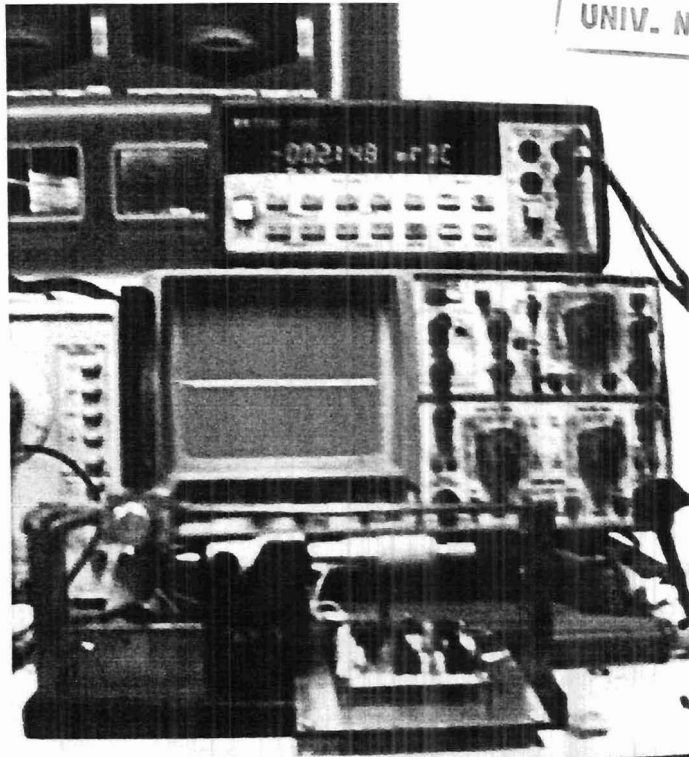


Penempelan sensor pada
micrometral digital



Pensetingan jarak optimal

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG



Peralatan pengukuran

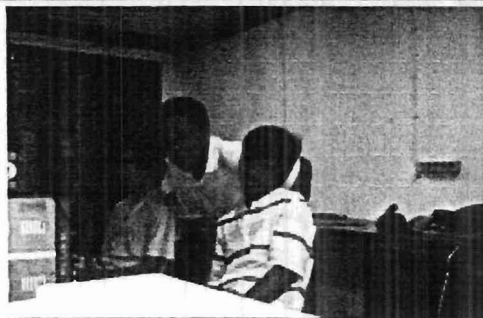


Foto pengambilan data pengukuran
di Laboratorium ELKA ITB



DRAF ARTIKEL ILMIAH

PENENTUAN KARAKTERISTIK KELUARAN SENSOR INDUKTIF BERBENTUK KOIL DATAR AKIBAT PENGARUH BAHAN KONDUKTIF MENGGUNAKAN TEKNIK DIFRENSIAL

Yulkifli dan Asrizal)*

ABSTRACT

The physical principle of flat coil sensor was based on the changing inductivity of a flat coil due to disturbance of conductive material in its electromagnetic fields, so that eddy current on the conductive material was occurred. The displacement between flat coil and conductive material was a function of the total inductance L of the sensor system, which will be measured as resonance frequency by using an inductive capacitive oscillator. The measurement system consists of a flat coil, oscilator circuit LC, multimeter and micrometer. In measuring, as independent variables were distance of object and time, while dependent variable was output voltage of flat coil sensor by using differential technique. Data was colected through two ways ie direct and indirect measurement. Then data was analyzed by using graph methods and error analysis. Data analysis shown that: 1). The output sensor without differential technique isn't linear with distance of conductive material; 2). The output sensor with differential technique is inversely proportional with distance of conductive material with negative sensitivity 1,2783 Volt/mm ; 3). The precision of sensor was high with average of precision is 0,999, and 4). The stability of sensor was also high with small output voltage variation.

Key Words : Sensor, Flat Coil, Characteristics, Sensitivity, Precision, Stability

PENDAHULUAN

Keberadaan instrumen pengukuran saat ini sangat dibutuhkan karena dari melalui instrumen didapatkan hasil pengukuran yang akurat dan teliti. Instrumen adalah suatu piranti atau mekanisme yang digunakan untuk menentukan nilai dari suatu besaran yang diobservasi. Dalam instrumen pengukuran diperlukan suatu media atau sarana agar pengukuran itu mudah dilihat, dibaca maupun diambil datanya.

Untuk mendapatkan data-data yang akurat pengukuran memerlukan ketepatan yang sangat tinggi, hasil yang akurat dan tepat akan didapatkan dari alat instrumen yang sensitivitasnya tinggi. Alat-alat instrumen dengan sensitivitas tinggi yang banyak dipakai saat ini adalah sensor (Trankler, 1990). Sensor merupakan suatu bagian yang sangat penting dalam instrumentasi. Ada empat peran penting sensor dalam instrumentasi yaitu: sebagai gerbang dalam instrumentasi, untuk mengubah besaran yang tak terukur menjadi terukur, sebagai isyarat masukan bagi instrumentasi, dan sebagai isyarat pembanding dalam suatu pengontrolan. Karakteristik suatu instrumentasi dipengaruhi oleh karakteristik sensor. Karena itu penyelidikan terhadap karakteristik sensor menjadi penting dalam bidang instrumentasi.

Sensor didefinisikan sebagai suatu piranti pengindera kualitas fisis, mekanik atau optis yang ditransformasikan menjadi tegangan atau arus listrik (Doebelin, 1983). Berbagai bentuk dan model sensor telah dikembangkan untuk mengindera perubahan parameter seperti berdasarkan perubahan resistansi, kapasitansi, dan induktansi.

Prinsip fisis sensor induktif berdasarkan perubahan induktansi koil datar itu sendiri karena adanya gangguan bahan konduktif dalam medan magnetnya sehingga pada bahan tersebut terjadi arus pusar yang dikenal *eddy current* (Djamal, M, 2004 dan Drajat, A, 2004). Perubahan jarak antara koil datar dan bahan pengganggu dalam orde milimeter dapat mengubah besarnya induktansi total L , karena induktansi diri dan bersama berinterferensi saling menguatkan. Induktansi tersebut digunakan sebagai bagian dari resonansi suatu rangkaian osilator.

Dalam pemakaian sensor induktif berbentuk koil datar sering terjadi kebingungan dalam memakai bahan pengganggu, baik dari segi jenis bahan pengganggu maupun dari ukurannya (Yulkifli, 2004). Selain itu jika digunakan bahan

pengganggu tunggal output tegangan sensor kurang linier karena adanya noise dari lingkungan. Untuk itu diperlukan teknik gangguan yang dapat mengatasi permasalahan tersebut setidaknya dapat mengurangi noise lingkungan.

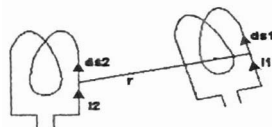
Salah-satu alternatif yang dapat dilakukan adalah menggunakan teknik difrensial. Melalui teknik ini bahan konduktif sebagai objek yang bergerak ditempatkan antara dua sensor koil datar. Bila bahan konduktif bergerak mendekati salah satu sensor maka bahan konduktif bergerak menjauhi sensor yang lain karena jarak antara dua sensor dibuat tetap. Melalui cara ini permasalahan pada sensor koil datar dapat dikurangi. Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan peneliti merasa tertarik untuk mengetahui karakteristik keluaran sensor koil datar dengan dengan teknik difrensial.

Secara umum tujuan penelitian adalah merancang dan membuat instrumen pengukuran jarak dengan sensor induktif berbentuk koil datar menggunakan teknik difrensial dan menentukan karakteristik statik keluarannya. Sementara itu secara khusus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui: 1). hubungan antara tegangan keluaran sensor koil datar dengan jarak dan menentukan sensitivitas sensor tanpa menggunakan teknik difrensial, 2). hubungan antara tegangan keluaran sensor koil datar dengan jarak dan menentukan linearitas dan sensitivitas sensor menggunakan teknik difrensial, 3). ketelitian dari sensor koil datar menggunakan teknik difrensial untuk pengukuran jarak objek, dan 4). kestabilan tegangan keluaran sensor koil datar menggunakan teknik difrensial untuk pengukuran jarak sebagai variasi waktu.

Prinsip sensor koil datar dengan menggunakan transduser pengukur jarak, dengan berubahnya jarak antara sensor dengan bahan pengganggu maka terjadi perubahan besaran tegangan keluaran pada sensor koil datar. Perubahan tegangan ini terjadi karena perubahan induktif pada sensor (Drajat, 1996). Prinsip fisis ini

berdasarkan perubahan induktansi koil datar karena adanya gangguan bahan konduktif. Induktansi elemen koil datar yang dialiri arus akan berubah jika suatu bahan pengganggu diletakkan dalam daerah medan magnetiknya. Hal ini disebabkan karena pada bahan tersebut terjadi arus pusar, sehingga menghasilkan medan magnetiknya sendiri dan berinterferensi saling menguatkan dengan induktivitas yang dihasilkan oleh elemen koil datar itu sendiri (Djamal, M, 1996). Perubahan induktivitas total elemen koil datar digunakan sebagai bagian resonansi suatu rangkaian osilator LC (Akhmad, N, 1996).

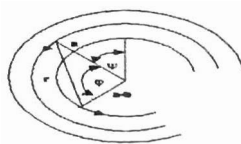
Setiap lilitan dari koil dianggap sebagai lingkaran koaksial dengan jejari kira-kira sama dengan jejari lilitan atau putarannya. Induktansi L dapat dihitung dengan menjumlahkan induktansi diri (L_j) dan Induktansi bersama M_{jk} (Lazuardi, 1996). Induksi diri dan induksi bersama lilitan didapatkan dari rumus Neumann's, yaitu ;



Gambar 1. Dua elemen Garis Arus

$$M_{21} = \frac{\Phi_{21}}{I_2} = \frac{\mu_0}{4\pi} I_2 \oint_{(1)} \oint_{(2)} \frac{ds_1 ds_2}{r} \quad (1)$$

Disisi lain induktansi diri dapat dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 2. Induktasi Diri Pada Simpal Kawat Sirkular

$$L_j = \frac{\mu_0}{2} a_j \sqrt{1 - b/a_j} \left[\left(\frac{2}{k_j} - k_j \right) K(k) - \frac{2}{k_j} E(k) \right] \quad (2)$$

dimana $k_j = \frac{\sqrt{1 - b/a_j}}{1 - b/2a_j}$

Bagian terpenting dari sistem sensor ini adalah rangkaian osilator LC dimana perubahan induktansi elemen koil datar diindra sebagai perubahan dari parameter fisis yang diukur. Permasalahannya bagaimana memperoleh suatu bentuk osilator yang stabil yang dapat menjamin kestabilan tegangan keluaran selama pengukuran, atau dengan kata lain syarat utama bagian suatu osilator adalah penguatan untuk memelihara osilasi, umpan balik positif, jaringan penentu frekuensi dan catu daya.

Untuk mengatasi itu dipergunakan suatu osilator yang mempergunakan prinsip kompensasi. Bagian terpenting dari rangkaian ini adalah osilator LC yang berfungsi sebagai pengindra besaran fisis yang akan diukur.

Output osilator LC adalah gelombang frekuensi modulasi sinusoidal yang frekuensinya ditentukan oleh persamaan

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_s}} \sqrt{1 - R_s^2 \frac{C_s}{L_s}} \quad (7)$$

Dengan mengatur harga L_s sensor dan kapasitor paralel C_s , frekuensi resonansi LC ini dibuat pada frekwensi tertentu (Floit, 1995).

METODE PENELITIAN

Instrumen pengukuran jarak terdiri dari sensor koil plat datar, rangkaian osilator LC, multimeter digital dan mikrometer sekrup. Pada sistem terdapat dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Sebagai variabel bebas adalah jarak bahan konduktif dan waktu. Disisi lain variabel terikat adalah tegangan keluaran dari sensor koil datar.

Berdasarkan masalah yang dikemukakan bahwa model penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimen laboratorium. Penelitian eksperimen ini bertujuan untuk melihat hubungan sebab akibat antara variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dikontrol dan dimanipulasi oleh peneliti sedangkan variabel

terikat dibiarkan bervariasi. Setelah menentukan tujuan dari eksperimen, maka dilakukan perencanaan dan persiapan untuk melakukan eksperimen. Dalam eksperimen dilakukan pengambilan data secara berulang, kemudian data dianalisis, diambil kesimpulan dan dilaporkan hasilnya.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui pengukuran terhadap besaran fisika yang terdapat dalam sistem pengukuran jarak. Teknik pengukuran yang dilakukan meliputi dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung adalah pengukuran yang tidak bergantung pada besaran-besaran lain. Pengukuran tidak langsung adalah pengukuran suatu bilangan yang nilainya dipengaruhi oleh besaran-besaran lain dan nilainya tidak langsung didapat. Data yang diperoleh secara langsung adalah jarak dan waktu sedangkan data dari pengukuran tidak langsung adalah sensitivitas, kestabilan dan ketelitian dari instrumen pengukur jarak.

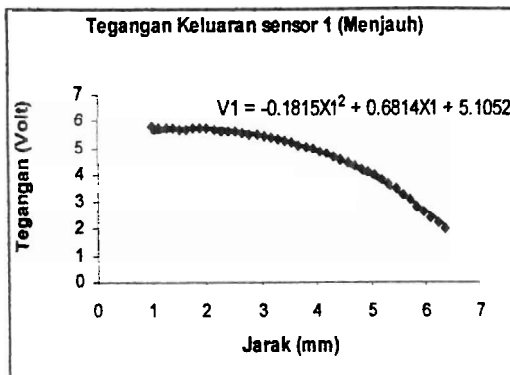
Untuk mendapatkan kesimpulan maka perlu dilakukan analisis data. Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah metoda grafik dan analisis kesalahan. Metoda grafik digunakan untuk mengetahui hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan jarak bahan konduktif baik untuk tanpa teknik diferensial maupun dengan teknik diferensial. Analisis kesalahan yang dilakukan meliputi nilai rata-rata, kesalahan mutlak, kesalahan relatif, dan ketelitian.

HASIL PENELITIAN PEMBAHASAN

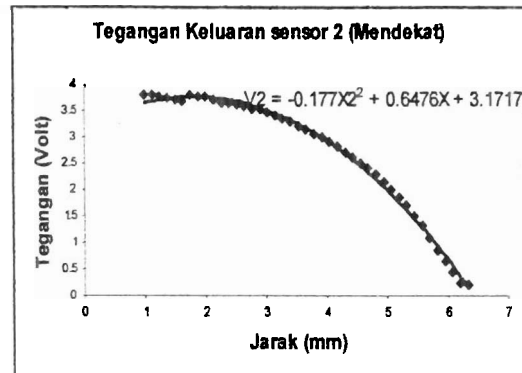
Analisis data yang dilakukan meliputi penentuan model persamaan tegangan keluaran sensor dengan jarak untuk tanpa teknik diferensial dan dengan teknik diferensial, penentuan ketelitian dan kestabilan dari sensor koil datar menggunakan teknik diferensial.

1. Tegangan keluaran sensor sebelum menggunakan teknik difrensial

Bahan konduktif sebagai objek ditempatkan antara dua sensor koil datar yang tetap. Dengan memvariasikan jarak bahan konduktif dilakukan pengukuran terhadap tegangan keluaran sensor. Plot data hubungan tegangan keluaran sensor untuk bahan konduktif menjauhi sensor 1 dan mendekati sensor 2 masing-masing dapat dilihat pada Gambar 8a dan 8b.



Gambar 8a. Tegangan keluaran sensor untuk bahan pengganggu menjauh



Gambar 8b. Tegangan keluaran sensor untuk bahan pengganggu mendekat

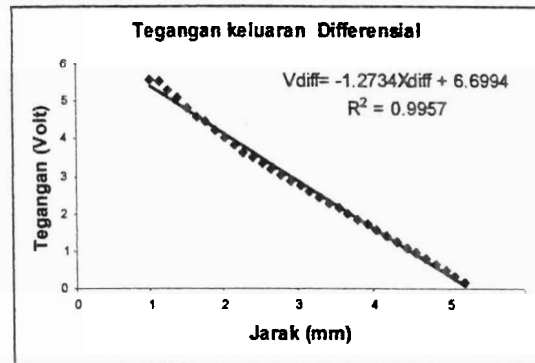
Dari Gambar dapat dijelaskan bahwa tegangan keluaran sensor koil datar berkurang dengan lambat untuk jarak di bawah 3 mm dan berkurang dengan cepat untuk jarak di atas 3 mm. Hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan jarak berbentuk kuadratik. Berdasarkan gambar 8a dan 8b terlihat keluaran dari masing sensor merupakan fungsi kuadrat $f(x) = Ax^2 + Bx + C$, dengan masing nilai A , B , dan C adalah sebagai berikut:

	$A \text{ (Volt/mm}^2\text{)}$	$B \text{ (Volt/mm)}$	$C \text{ (Volt)}$
Sensor 1	-0.1815	0.6814	5.1052
Sensor 2	-0.1770	0.6476	3.1717

Dari variabel jarak terlihat lebar jarak yang dapat terukur adalah sekitar (1–6.35) mm.

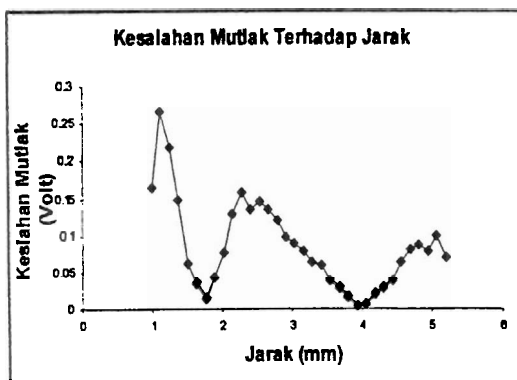
2. Tegangan keluaran sensor menggunakan teknik differensial

Setelah dilakukan pengukuran tegangan masing-masing sensor dilakukan perkalian analog antara sinyal tegangan keluaran osilator sensor 1 dan sensor 2 dilakukan oleh suatu rangkaian pengali (IC MC 1496). Hasil pengukuran menggunakan teknik differensial ditunjukkan oleh Gambar 9.

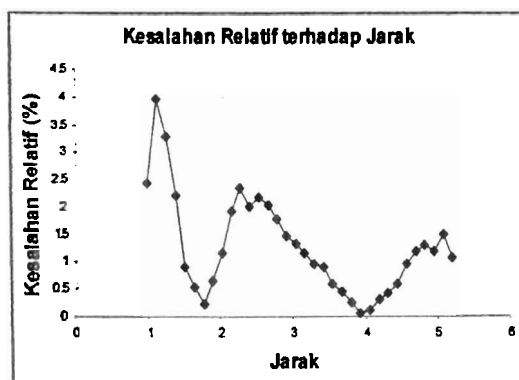


Gambar 9. Tegangan keluaran sensor menggunakan teknik difrensial

Dari Gambar 9 dapat diperhatikan bahwa tegangan keluaran dengan metode differensial merupakan mendekati fungsi linier $f(x) = ax + b$, dengan nilai $a = -1.2734$ Volt/mm menunjukkan kemiringan garis linier yang merupakan sensitivitas sebuah sensor dan $b = 6.6994$ Volt menunjukkan nilai awal tegangan keluaran yang dapat terukur. Tetapi pada teknik ini lebar jarak pengukuran menjadi lebih pendek yaitu (1-5.21)mm.



Gambar 10a. Kesalahan mutlak dari hasil pengukuran



Gambar 10b. Kesalahan relatif dari hasil pengukuran

Kesalahan mutlak atau kesalahan sistematis berupa selisih nilai tegangan yang diberikan oleh fungsi pengukuran sistem sensor dengan nilai fungsi linier pada teknik differensial. Kesalahan mutlak terbesar adalah 0.26 Volt. Untuk mengetahui kesalahan fungsi sistem sensor dalam daerah kerjanya digunakan besaran kesalahan relatif, seperti ditunjukkan oleh gambar 12. Kesalahan relatif terbesar 3.95 %.

3. Ketelitian sensor koil datar untuk pengukuran jarak

Ketelitian merupakan konsistensi sensor dalam membaca besaran secara berulang. Untuk mengetahui ketelitian dari sensor koil datar untuk pengukuran jarak dilakukan pengukuran secara berulang untuk tiga variasi jarak. Setiap variasi jarak diukur tegangan keluaran dari sensor koil datar. Pengukuran tegangan keluaran sensor untuk setiap variasi jarak yang dipilih sebanyak 10 kali.

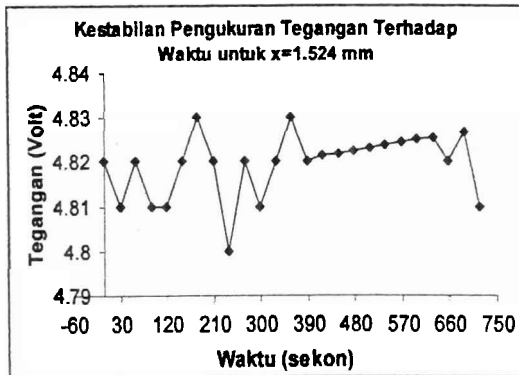
Dari data dapat dikemukakan bahwa tegangan keluaran sensor berubah dari 0,01 Volt sampai 0,03 Volt untuk ketiga variasi jarak. Dengan menggunakan persamaan 26, didapatkan ketelitian rata-rata untuk jarak 1,524 mm, 2,161 mm, dan 2,796 mm masing-masing 0,999, 0,998, dan 0,998. Dengan demikian untuk pengukuran berulang pada tiga jarak memperlihatkan bahwa sensor koil datar dengan teknik difrensial memiliki ketelitian yang tinggi.

4. Kestabilan tegangan keluaran sensor

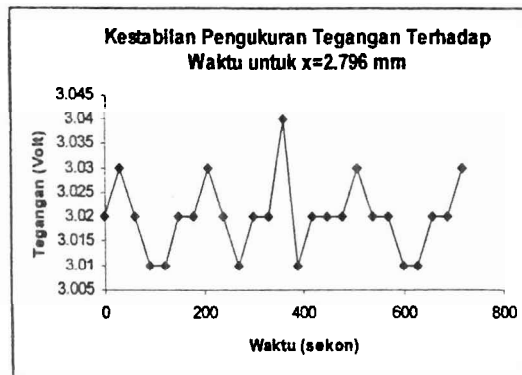
Nilai kestabilan sensor diukur dengan memvariasikan waktu untuk dua jarak yang berbeda. Setiap jarak yang dipilih diukur tegangan keluaran dari sensor koil datar sebagai variasi dari waktu. Pengukuran tegangan keluaran dari sensor koil datar terhadap sampel jarak yang dipilih sebanyak 25 kali. Data tegangan diambil setiap 30 detik selama 12 menit.

a. Jarak 1.524 mm

Data dianalisis dengan cara memplot data tegangan keluaran sensor tiap 30 detik selama 12 menit. Hasil dari plot data untuk jarak 1,524 mm dan jarak 2,796 mm masing-masing dapat diperhatikan pada Gambar 11.



Gambar 11a. Nilai tegangan keluaran setiap 15 detik pada jarak 1.524 mm



Gambar 11b. Tegangan keluaran setiap saat pada jarak 2.796 mm

Dari Gambar 11a, dapat diketahui bahwa setiap saat tegangan keluaran dari sensor koil datar menunjukkan 4.82 Volt. Data hasil plot nilai tegangan keluaran sensor plat datar setiap saat dapat dilihat pada gambar 14, terlihat bahwa setiap saat tegangan keluaran dari sensor koil datar menunjukkan 3.02 V.

Berdasarkan analisis data yang dianalisis secara grafik dan statistik dapat menggambarkan beberapa hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil penelitian yang diperoleh meliputi pengaruh jarak terhadap tegangan keluaran sensor koil datar, tingkat ketelitian sensor, linearitas dan kestabilan dari sensor.

Berdasarkan analisis data dapat diketahui bahwa karakteristik tegangan keluaran masing-masing sensor tanpa menggunakan teknik difrensial memenuhi fungsi kuadratik. Dengan menggunakan teknik differensial karakteristik fungsi kuadratik tersebut dapat dirubah menjadi fungsi linear, sehingga tegangan keluaran sistem sensor dengan teknik ini berbanding lurus negatif terhadap perubahan jarak, dengan

kata lain tegangan keluaran sensor berkurang seiring dengan penambahan jarak antara sensor dengan bahan konduktif.

Dilihat dari segi kesalahan mutlak dan kesalahan relatif pengukuran diperoleh kesalahan yang kecil dan dari segi ketelitian sistem ini memiliki ketelitian yang tinggi yang ditandai dengan standar deviasi yang kecil. Berdasarkan data linearitas dapat diketahui bahwa sensor ini memiliki sensitifitas yang cukup tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat dikemukakan empat hasil utama dari penelitian ini sebagai berikut : 1). Tegangan keluaran sensor koil datar sebelum menggunakan teknik difrensial berkurang dengan penambahan jarak bahan konduktif berbentuk fungsi kuadratik dengan sensitivitas berubah dengan jarak, 2). Tegangan keluaran sensor koil datar dengan teknik difrensial berkurang secara linear dengan penambahan jarak objek dengan sensitivitas konstan sebesar 1,273 Volt/mm, 3). Ketelitian dari sensor koil datar termasuk pada kategori tinggi dengan ketelitian rata-rata untuk jarak 1,524 mm, 2,161 mm, dan 2,796 mm masing-masing 0,999; 0,998; dan 0,998, dan 4). Kestabilan dari sensor koil datar dengan teknik difrensial termasuk tinggi yang ditandai dengan variasi tegangan tegangan keluaran sensor sebagai perubahan waktu dari 0,01 Volt sampai 0,03 Volt.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, A.N, (2005). Agie, *Pembuatan Protipe Sensor Tekanan dengan Menggunakan Sensor Koil Datar*, Jbptitbbfi. Gdes Departement Fisika ITB
- Djamal,Mitra, (1996), *A Study of Flat Coil Sensor For Measuring Displacements*, *Journal Departement of Physics*, Faculty of Mathematics and Sciences ITB.
- Doebelin, Ernest O, (1983). *Measuremenst Systems Aplication and Design*, third Edition, Departement of Mechanical Engineering The Ohio State University.
- Floid, Thomas L, (1995). *Electronics Fundamentalis Circuit, Devices, and Aplication*, New Jersey Colombus, Ohio.
- Lazuardi, (1996). *studi Awal Sensor Getaran Berdasarkan Prinsip Induktif*, Tesis Program Magister Fisika S2, Jurusan Fisika ITB.
- Mitra Djamal dam Andri Darajat. (2004). *Desain dan Penbuatan Sensor Induktif Jarak Orde Kecil Menggunakan sifat Induktif* .[http www. fi.itb.ac.id](http://www.fi.itb.ac.id). Bandung
- Trankler,H.-R, (1990). *Taschenbuch der Meßtechnik Mit Schwerpunkt Sensortechnik*, R. Oldenbourg Verlag München Wien.
- Yulkifli, Asrizal, Hufri (2004), *Pengaruh Bahan Konduktif terhadap Tegangan Keluaran Sensor Plat Datar*. SPP/DPP K, (2004).

SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN

PENENTUAN KARAKTERISTIK KELUARAN SENSOR INDUKTIF BERBENTUK KOIL DATAR AKIBAT PENGARUH BAHAN KONDUKTIF MENGGUNAKAN TEKNIK DIFRENSIAL

Peneliti :
Yulkifli, S.Pd., M.SI (Ketua)
Drs. Asrizal, M.Si (Anggota)

Berdasarkan analisis data yang dianalisis secara grafik dan statistik dapat menggambarkan beberapa hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil penelitian yang diperoleh meliputi pengaruh jarak terhadap tegangan keluaran sensor koil datar, tingkat ketelitian sensor, linearitas dan kestabilan dari sensor.

Berdasarkan analisis data dapat diketahui bahwa karakteristik tegangan keluaran masing-masing sensor tanpa menggunakan teknik difrensial memenuhi fungsi kuadratik. Dengan menggunakan teknik differensial karakteristik fungsi kuadratik tersebut dapat dirubah menjadi fungsi linier, sehingga tegangan keluaran sistem sensor dengan teknik ini berbanding lurus negatif terhadap perubahan jarak, dengan kata lain tegangan keluaran sensor berkurang seiring dengan pertambahan jarak antara sensor dengan bahan konduktif. Dilihat dari segi kesalahan mutlak dan kesalahan relatif pengukuran diperoleh kesalahan yang kecil dan dari segi ketelitian sistem ini memiliki ketelitian yang tinggi yang ditandai dengan standar deviasi yang kecil. Berdasarkan data lineritas dapat diketahui bahwa sensor ini memiliki sensitifitas yang cukup tinggi.

Keberhasilan penelitian ini akan membuka peluang untuk diterapkan pada berbagai aplikasi seperti sensor getaran, jarak, tekanan, aliran, dll. Peneliti ingin mengembangkan riset selanjutnya untuk membuat aplikasi ke sensor getaran yang mempunyai resolusi tinggi, sehingga nantinya dapat dipergunakan sebagai pendeteksi

getaran yang mempunyai amplitudo kecil. Sensor getaran dengan resolusi tinggi dapat dipergunakan untuk mendeteksi perubahan medan magnet bumi akibat gerakan/getaran yang terjadi di bumi. Tentunya sensor tersebut akan dapat dipakai sebagai salah satu alat untuk mendeteksi kekuatan getaran yang terjadi di bumi (gempa bumi).

Sumatera Barat sebagai daerah yang rawan terjadinya gempa bumi akan membuka peluang besar untuk mengembangkan riset ini lebih jauh. Kita ketahui saat ini permasalahannya adalah bahwa alat untuk mendeteksi gempa (seismograf) nilainya sangat mahal. Peneliti berharap kedepannya keberhasilan riset ini nantinya dapat menjadi alternatif terhadap permasalahan tersebut.

Secara garis besar langkah-langkah untuk riset kedepannya adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan resolusi sensor (orde nano), sehingga dapat mendeteksi gejala getaran sekecil mungkin (perubahan amplitudo).
2. Mendesain prototipe sensor getaran dalam skala laboratorium
3. Mendesain prototipe sensor getaran berdasarkan perubahan medan magnet bumi akibat getaran/pergerakan bumi.
4. Pembuatan sensor getaran untuk mendeteksi gempa bumi