

## DAFTAR ISI

### Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
 BAB I. PENGANTAR	 1
I.1 Permasalahan	1
I.2 Tujuan Penelitian	2
I.3 Keaslian Penelitian	3
I.4 Faedah yang diharapkan	3
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 4
II.1 Tinjauan Pustaka	4
II.2 Landasan Teori dan Rencana Penelitian	5
II.2.1 Induksi Timbal Balik	9
II.2.2 Mekanisme Induksi Pada Sistem Simpal Datar	11
II.2.3 Diagram Blok Peralatan Metode HLEM	15
II.2.4 Diagram Blok Alat Sistem Elektromagnetik Ternormalisasi Geometrik	16
II.2.5 Daya Tembus Pada Survai Metode EM	16
II.2.6 Penyekalaan (Scaling)	18
II.2.7 Interpretasi Data	20
II.2.7.1 Respon Plat Konduktif Tipis	20
II.2.7.2 Efek Beda Tinggi, Beda Jarak dan Beda Sudut	24
 BAB III. CARA PENELITIAN	 28
III.1 Bahan atau Materi Penelitian	28
III.2 Alat	28
III.3 Prosedur Pelaksanaan	28
III.4 Bagan Tahap-tahap Penelitian	29
III.5 Variabel	30

III.6 Analisis Hasil .....	33
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	34
IV.1 Pembuatan dan Pengujian Pemancar ( <i>Transmitter</i> ).....	34
IV.1.1 Pembangkit Sinyal .....	34
IV.1.2 Pencampur .....	36
IV.1.3 Penguat Jembatan .....	37
IV.2 Perancangan dan Pembuatan Penerima ( <i>Receiver</i> ) .....	36
IV.2.1 Penguat instrumentasi ( <i>Instrumentation amplifier</i> ) .....	38
IV.2.2 Filter Lolos Pita ( <i>Band Pass Filter</i> ) .....	42
IV.2.2.1 Disain rangkaian filter lolos pita .....	51
IV.2.3 Filter Takik dengan umpan-balik rangkap .....	54
IV.2.3.1 Disain rangkaian filter takik .....	54
IV.2.4 Rangkaian untuk simulasi operasi matematis presisi .....	57
IV.2.4.1 Rangkaian logaritmik .....	58
IV.2.4.2 Rangkaian anti logaritmik .....	60
IV.2.5 Universal panel meter digital 3,5 Digit .....	64
IV.3 Pembuatan Catu Daya Simetris ( <i>Symmetrical Power Supply</i> ) .....	66
IV.4 Rangkaian Fungsi Nilai Mutlak .....	67
IV.5 Rangkaian Pendeteksi Jarak .....	70
IV.6 Kalibrasi dan Pengujian Alat .....	70
IV.6.1 Kalibrasi dan pengujian sistem pemancar-penerima .....	70
IV.6.2 Kalibrasi dan pengujian penunjukan UPM .....	72
IV.6.3 Kalibrasi dan pengujian rangkaian simulasi matematis .....	74
IV.6.4 Kalibrasi dan pengujian rangkaian pendeteksi jarak .....	74
IV.6.5 Pengaruh kesalahan interval jarak antar simpal .....	76
IV.6.6 Pengaruh kesalahan orientasi antar simpal .....	77
IV.6.7 Pengaruh kesalahan tinggi antar simpal .....	78
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	80
V.1 Kesimpulan .....	80
V.2 Saran .....	81
DAFTAR PUSTAKA .....	82
LAMPIRAN .....	84

## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Keterangan	Hal.
Gambar (II-1)	Medan listrik dan medan magnet menurut persamaan-persamaan Maxwell	7
Gambar (II-2)	Dua frekuensi $f_s$ dan $f_R$ ditransmisi secara simultan dengan amplitudo konstan yang menimbulkan tegangan $V_s$ dan $V_R$ pada simpal penerima	12
Gambar (II-3)	Mekanisme induksi pada sistem simpal datar	13
Gambar (II-4)	Fungsi respon konduktor pada sistem induksi elektromagnetik simpal datar	15
Gambar (II-5)	Pengaruh Interval Jarak antara Pemancar dan Penerima	18
Gambar (II-6)	Diagram Skematik Eksperimen Metode Dua-Simpal-Horizontal	20
Gambar (II-7)	Diagram blok Alat Sistem <i>Horizontal Loop Electromagnetic</i> (HLEM)	21
Gambar (II-8)	Diagram blok Alat Sistem Elektromagnetik Ternormalisasi Geometrik	22
Gambar (II-9)	Efek Beda Tinggi	25
Gambar (II-10)	Efek Beda Sudut	26
Gambar (II-11)	Beda Interval Jarak Antara Pemancar dan Penerima	27
Gambar (III-1)	Tahap-tahap Penelitian dalam Penelitian ini Secara Umum	31
Gambar (III-2)	Perincian Secara Khusus Tahap-Tahap Penelitian Gambar (III-1) untuk Pembuatan dan Pengujian (dalam hal ini dipilih untuk Rangkaian Simulasi Matematis Presisi)	33
Gambar (IV-1)	Diagram kotak Rangkaian dalam IC XR-2206	35
Gambar (IV-2)	Rangkaian Pembangkit Sinyal	36
Gambar (IV-3)	Rangkaian Pencampur	37
Gambar (IV-4)	Rangkaian Penguat Jembatan ( <i>Bridge Amplifier</i> )	38
Gambar (IV-5)	Rangkaian Penguat Instrumentasi	39
Gambar (IV-6)	Rangkaian untuk kalkulasi penguatan diferensial	39
Gambar (IV-7)	Simpal I pada Rangkaian Gambar (IV-6)	40
Gambar (IV-8)	Penyederhanaan Rangkaian Gambar (IV-7)	41
Gambar (IV-9)	Simpal II pada Rangkaian Gambar (IV-8)	41
Gambar (IV-10)	Simpal III pada Rangkaian Gambar (IV-6)	42
Gambar (IV-11)	Filter Aktif Lolos Pita Umpan-Balik Rangkap	43
Gambar (IV-12)	Karakteristik magnitudo (penguatan) filter dan fasa sebagai sebuah fungsi frekuensi ternormalisasi, dengan $Q$ sebagai parameter ketiga	46
Gambar (IV-13)	Rangkaian Filter Lolos Pita	53
Gambar (IV-14)	Rangkaian Filter Takik 50 hertz	57



Gambar (IV-15)	Rangkaian Dasar fungsi logaritmik	59
Gambar (IV-16)	Rangkaian Anti-logaritmik	61
Gambar (IV-17)	Rangkaian Operasi Matematis Presisi	62
Gambar (IV-18)	Diagram Rangkaian Penampil LCD	65
Gambar (IV-19)	Deskripsi Rangkaian Catu Daya Simetris	66
Gambar (IV-20)	Rangkaian Fungsi Nilai Mutlak	67
Gambar (IV-21)	Rangkaian Pembatas Menjungkirkan Presisi	68
Gambar (IV-22)	Rangkaian Pembatas Tak-menjungkirkan	69
Gambar (IV-23)	Rangkaian Pendeteksi Jarak	71
Gambar (IV-24)	Grafik Respon Amplitudo versus Separasi Simpal	72
Gambar (IV-25)	Grafik Hasil Kalibrasi/ Pengujian UPM	73
Gambar (IV-26)	Grafik Pengujian/ Kalibrasi Rangkaian Matematis Presisi	75
Gambar (IV-27)	Grafik Pengujian/ Kalibrasi Rangkaian Pendeteksi Jarak	76
Gambar (IV-28)	Grafik Pengaruh Interval Jarak Antar Simpal	77
Gambar (IV-29)	Gambar Grafik Pengaruh Kesalahan Orientasi Antar Simpal	78
Gambar (IV-30)	Gambar Grafik Pengaruh Kesalahan Tinggi Antar Simpal	79

## DAFTAR LAMPIRAN

No. Lampiran	Keterangan	Hal.
Lampiran A	Persamaan Penjalaran Gelombang Elektromagnetik	84
Lampiran B	Data Spesifikasi Teknis Pemancar ( <i>Technical Data Spesification of Transmitter</i> )	87
Lampiran C	Data Spesifikasi Teknis dengan Pembebanan Simpal ( <i>Technical Data Spesification with Coil Loading</i> )	88
Lampiran D	Tabel Respon Frekuensi Penguat Instrumentasi dengan Amplitudo Generator Sinyal 4Vpp (Atenuasi 10dB)	89
Lampiran E	Data Kalibrasi <i>Universal Panel Meter</i> Digital ( <i>disconnect</i> dengan Rangkaian Simulasi Matematis) dengan Tegangan Acuan yang Stabil (diukur dengan Multitester Digital Komersial Merk DEKKO-60)	90
Lampiran F	Tabel Respon Amplitudo (tegangan) versus Frekuensi untuk Filter Takik 50 hertz pada Penerima yang dengan masukan konstan, $V_{in} = 8V_{p-p}$ , diperoleh $f_o = 50,0 \text{ Hz}$ .	91
Lampiran G	Tabel Respon Amplitudo (tegangan) versus Frekuensi untuk Filter Lolos Jalur 112,5 hertz dengan masukan konstan, $V_{in} = 8V_{p-p}$ , diperoleh $f_o = 112,5 \text{ Hz}$ . dengan amplitudo sebesar $6,17V_{p-p}$	92
Lampiran H	Tabel Respon Amplitudo (tegangan) versus Frekuensi untuk Filter Lolos Pita 337,5 hertz dengan masukan konstan, $V_{in} = 8V_{p-p}$ , diperoleh $f_o = 337,5 \text{ Hz}$ . dengan amplitudo $6,19V_{p-p}$ pada frekuensi referensi	93
Lampiran I	Tabel Respon Amplitudo (tegangan) versus Frekuensi untuk Filter Lolos Pita 337,5 hertz dengan masukan konstan, $V_{in} = 8V_{p-p}$ , diperoleh $f_o = 337,5 \text{ Hz}$ . dengan amplitudo $6,20V_{p-p}$ pada frekuensi source	94
Lampiran J	Tabel Respon Amplitudo (tegangan) versus Frekuensi untuk Filter Lolos Pita 1012,5 hertz dengan masukan konstan, $V_{in} = 8V_{p-p}$ , diperoleh $f_o = 1012,5 \text{ Hz}$ .	95
Lampiran K	Tabel Respon Amplitudo (tegangan) versus Frekuensi untuk Filter Lolos Pita 3037,5 hertz dengan masukan konstan, $V_{in} = 8V_{p-p}$ , diperoleh $f_o = 3037,5 \text{ Hz}$ . pada frekuensi source	96
Lampiran L	Tabel Hasil Pengujian Alat Pengukur Jarak	97



Lampiran M	Tabel Fitur Pemancar ( <i>The Feature of Transmitter</i> )	98
Lampiran N	Tabel Fitur Penerima ( <i>The Feature of Receiver</i> )	99
Lampiran O	Data Kalibrasi Rangkaian Simulasi Operasi Matematis Presisi dengan $V_S$ dan $V_R$ Bervariasi untuk Beberapa Transistor Logaritmik, bila Dua Tegangan Masukan Lainnya 1 (satu) volt	100
Lampiran P	Lembaran Data ( <i>data sheet</i> ) Beberapa Transistor Logaritmik	101
Lampiran Q	Daftar Penggunaan Komponen Elektronik Secara Umum	102
Lampiran R	Daftar Sebagian PCB yang digunakan	105
Lampiran S	Sebagian Pengujian dengan menggunakan Osiloskop	106
Lampiran T	Tampilan Fisik Pemancar, Penerima dan Catu Daya	107
Lampiran U	Sistem Pengukuran	108

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang	Arti
$A_v$	Penguatan tegangan rangkaian <i>Op-amp</i>
$A_o$	Penguatan tegangan jalur tengah ( <i>mid band</i> )
$B$	<i>Bandwidth</i> , lebar pita
$C_s, C_{in}$	Kapasitansi masukan
$R_T$	Resistansi pewaktuan
$C_T$	Kapasitansi pewaktuan
$f_o$	Frekuensi deteksi
$f_s, f_r$	Frekuensi sinyal sumber, Frekuensi sinyal referensi
$H$	Jarak sistem pemancar-penerima dan konduktor
$H(s)$	Fungsi transfer tegangan
$I_0$	Arus yang tergantung pada temperatur (berhubungan dengan arus panjar balikan)
$L$	Jarak pisah (meter)
$M_{01}$	Induktansi timbal balik antara simpal pemancar dan konduktor
$M_{02}$	Induktansi timbal balik antara simpal pemancar dan penerima
$M_{12}$	Induktansi timbal balik antara simpal konduktor dan penerima
$Q$	Faktor kualitas
$R_f$	Resistansi umpan-balik ( <i>Feedback</i> )
$V_{in}$ dan $V_{out}$	Tegangan masukan dan tegangan keluaran
$V_1(s)$ dan $V_2(s)$	Transfer-Tegangan masukan dan keluaran
$V_{cm}$	Tegangan modus bersama ( <i>common mode</i> )
$V_R, V_S$	Tegangan setara dc untuk sinyal referensi, Tegangan setara dc untuk sinyal sumber
$V_T$	Tegangan ekivalen temperatur ( $V_T = \frac{T}{11600}$ ), dengan T adalah suhu dalam derajat Kelvin.
$\zeta$	<i>Damping ratio</i>
$\omega_o$	Frekuensi pusat atau frekuensi <i>cut-off</i>
$\omega$	Frekuensi sudut (radian/ detik)
$\mu$	Permeabilitas magnetik (henry/m)
$\epsilon$	Permitifitas (farad/m)
$\sigma$	Konduktifitas atau daya hantar listrik (mho)
$\delta$	Kedalaman daya tembus (meter)
$\eta$	Parameter empiris ( $\eta \approx 1$ , untuk bahan Germanium dan $\eta \approx 2$ , untuk bahan Silikon)

Singkatan	Arti
<i>ADC</i>	Pengkonversi Analog ke Digital ( <i>Analog to Digital Converter</i> )
<i>CMRR</i>	Nisbah Penolakan Modus Bersama ( <i>Common Mode Rejection Ratio</i> )
<i>FSK</i>	Pengunci Geseran Fasa ( <i>Frequency Shift Keying</i> )
<i>HLEM</i>	Metode Elektromagnetik Simpal Horizontal ( <i>Horizontal Loop Electromagnetic</i> )
<i>LCD</i>	Penampil Digital ( <i>Liquid Crystal Display</i> )
<i>PCB</i>	Papan Tercetak ( <i>Printed Circuit Board</i> )
<i>VCO</i>	Osilator Terkontrol Tegangan ( <i>Voltage Controlled Oscillator</i> )



