

**LAMPIRAN A :**  
**DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO**  
**MASING-MASING MODEL**



I. DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO STANDAR UDARA  
MELALUI LUBANG PIPA

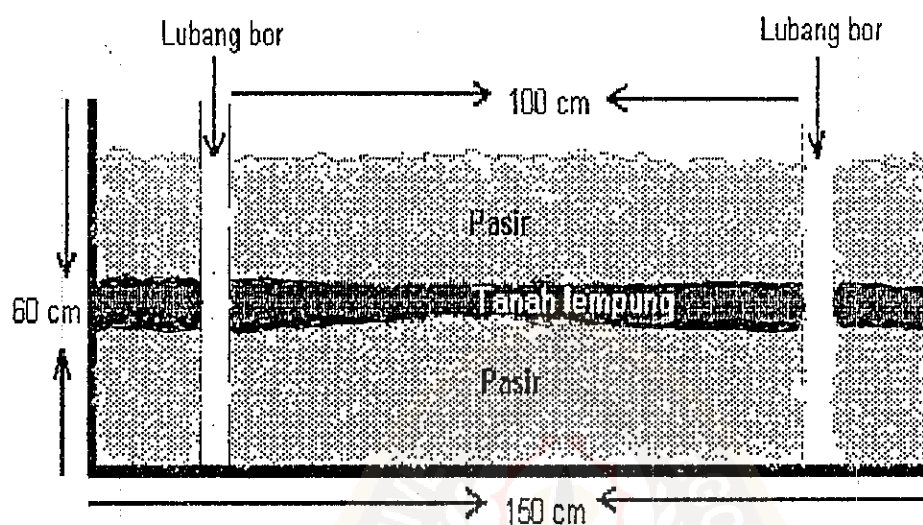
volt/div = 20 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-3}$
1.	1,6	32
2.	1,6	32
3.	1,6	32
4.	1,6	32
5.	1,6	32
6.	1,6	32
7.	1,6	32
8.	1,6	32
9.	1,6	32
10.	1,6	32
11.	1,6	32
12.	1,6	32
13.	1,6	32
14.	1,6	32
15.	1,6	32
		$\bar{V} = 3,2 \cdot 10^{-2}$ volt

## II. DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO PADA MEDIUM PERLAPISAN TANPA ANOMALI



Gambar 1.1. Medium Penelitian

### A. Lintasan 1

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,2	12
2.	1,2	12
3.	1,2	12
4.	1,4	14
5.	1,4	14
6.	1,6	16
7.	1,6	16
8.	1,2	12
9.	1,2	12
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 13,4 \cdot 10^{-3}$ volt

### B. Lintasan 2

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,0	20
2.	2,4	24
3.	2,4	24
4.	2,0	20
5.	2,4	24
6.	2,2	22
7.	2,2	22
8.	2,0	20
9.	2,4	24
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 22,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## C. Lintasan 3

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,4	24
3.	2,6	26
4.	2,6	26
5.	2,4	24
6.	2,8	28
7.	2,8	28
8.	2,6	26
9.	2,4	24
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 25,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## D. Lintasan 4

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,2	22
3.	2,0	20
4.	2,0	20
5.	2,4	24
6.	1,2	12
7.	1,2	12
8.	1,4	14
9.	1,4	14
10.	1,6	16
		$\bar{V} = 17,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## E. Lintasan 5

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,2	12
2.	1,4	14
3.	1,6	16
4.	1,8	18
5.	1,8	18
6.	2,0	20
7.	2,4	24
8.	2,6	26
9.	2,8	28
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 20,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## F. Lintasan 6

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,6	16
2.	1,4	14
3.	1,4	14
4.	1,2	12
5.	1,2	12
6.	2,4	24
7.	2,0	20
8.	2,0	20
9.	2,2	22
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 17,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## G. Lintasan 7

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,0	20
2.	2,2	22
3.	2,0	20
4.	2,2	22
5.	2,4	24
6.	2,4	24
7.	2,4	24
8.	2,8	28
9.	2,8	28
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 24,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## H. Lintasan 8

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,8	28
2.	2,8	28
3.	2,6	26
4.	2,6	26
5.	2,4	24
6.	2,6	26
7.	2,4	24
8.	2,0	20
9.	2,0	20
10.	2,0	20
		$\bar{V} = 23,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## I. Lintasan 9

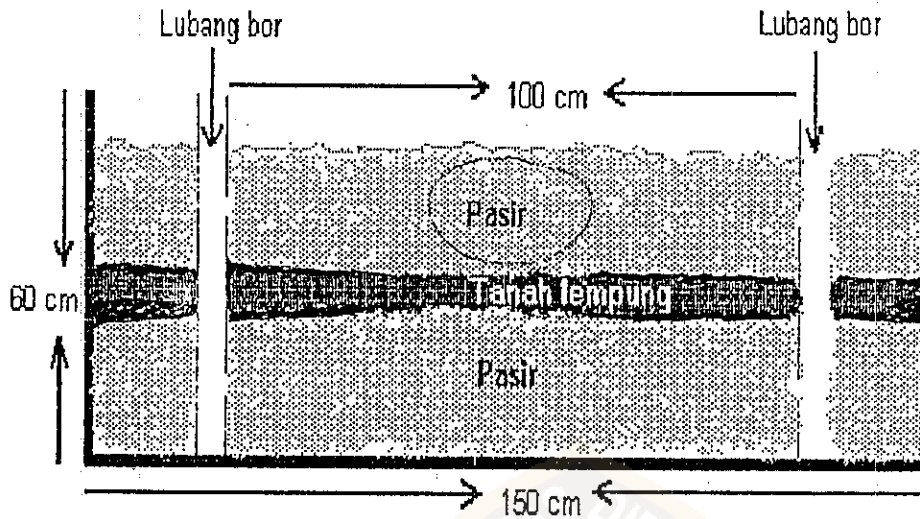
voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,8	28
2.	2,8	28
3.	2,6	26
4.	2,2	22
5.	2,2	22
6.	1,8	18
7.	1,8	18
8.	1,4	14
9.	1,4	14
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 20,4 \cdot 10^{-3}$ volt

### III. DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO MODEL ANOMALI 1



Gambar 1.1. Medium Penelitian

#### A. Lintasan 1

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,2	12
2.	1,2	12
3.	1,4	14
4.	3,4	34
5.	3,8	38
6.	3,4	34
7.	3,6	36
8.	1,6	16
9.	1,2	12
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 22,2 \cdot 10^{-3}$ volt

#### B. Lintasan 2

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,0	20
2.	2,4	24
3.	2,4	24
4.	2,0	20
5.	2,4	24
6.	2,2	22
7.	2,4	24
8.	2,0	20
9.	2,4	24
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 22,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## C. Lintasan 3

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,4	24
2.	2,4	24
3.	2,8	28
4.	2,6	26
5.	2,8	28
6.	2,4	24
7.	2,6	26
8.	2,6	26
9.	2,4	24
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 25,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## D. Lintasan 4

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,0	20
2.	2,2	22
3.	2,0	20
4.	2,0	20
5.	3,8	38
6.	3,8	38
7.	3,6	36
8.	1,4	14
9.	1,4	14
10.	1,6	16
		$\bar{V} = 23,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## E. Lintasan 5

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	1,4	14
2.	1,2	12
3.	1,2	12
4.	1,8	18
5.	1,6	16
6.	1,6	16
7.	2,0	20
8.	2,4	24
9.	2,6	26
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 20,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## F. Lintasan 6

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	1,6	16
2.	1,2	12
3.	1,4	14
4.	1,4	14
5.	3,8	38
6.	3,6	36
7.	3,8	38
8.	2,0	20
9.	2,4	24
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 23,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## G. Lintasan 7

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,0	20
2.	2,2	22
3.	2,2	22
4.	2,6	26
5.	2,6	26
6.	2,8	28
7.	2,6	26
8.	2,8	28
9.	2,4	24
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 24,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## H. Lintasan 8

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,8	28
2.	2,8	28
3.	2,6	26
4.	3,0	30
5.	2,8	28
6.	2,6	26
7.	2,4	24
8.	2,2	22
9.	2,0	20
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 24,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## I. Lintasan 9

volt/div = 10 mV

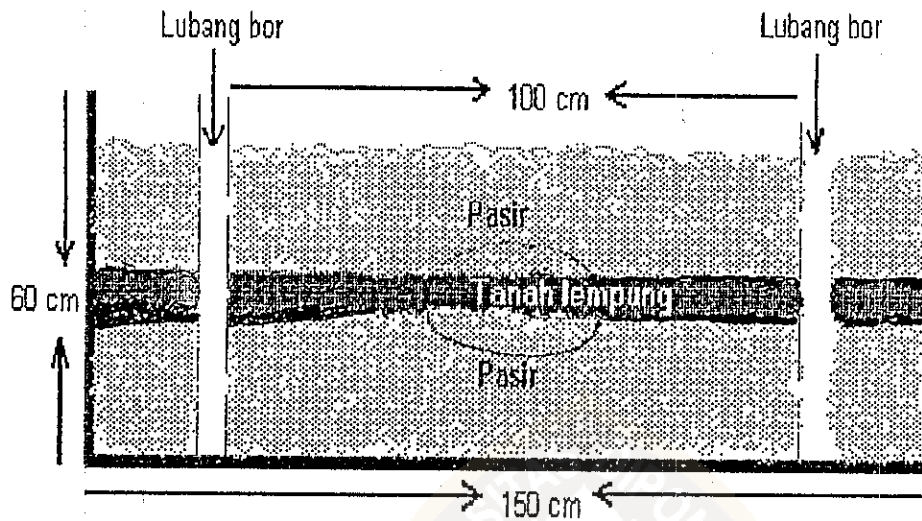
time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	3,0	30
2.	2,8	28
3.	3,0	30
4.	2,0	20
5.	2,2	22
6.	2,4	24
7.	2,0	20
8.	1,8	18
9.	1,2	12
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 21,8 \cdot 10^{-3}$ volt



#### IV. DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO MODEL ANOMALI 2



Gambar 1.1. Medium Penelitian

##### A. Lintasan 1

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,4	14
2.	1,4	14
3.	1,2	12
4.	1,2	12
5.	1,2	12
6.	1,6	16
7.	1,6	16
8.	1,4	14
9.	1,4	14
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 13,8 \cdot 10^{-3}$ volt

##### B. Lintasan 2

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,0	20
2.	2,4	24
3.	2,4	24
4.	3,8	38
5.	3,8	38
6.	3,6	36
7.	3,8	38
8.	2,6	26
9.	2,4	24
10.	2,2	22
		$\bar{V} = 29,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## C. Lintasan 3

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,8	28
2.	2,8	28
3.	2,0	20
4.	2,4	24
5.	2,6	26
6.	2,4	24
7.	2,6	26
8.	2,2	22
9.	2,4	24
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 24,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## D. Lintasan 4

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,4	24
2.	2,2	22
3.	2,0	20
4.	2,2	22
5.	3,8	38
6.	3,6	36
7.	1,2	12
8.	1,4	14
9.	1,4	14
10.	1,2	12
		$\bar{V} = 21,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## E. Lintasan 5

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	1,2	12
2.	1,4	14
3.	1,6	16
4.	3,6	36
5.	3,8	38
6.	3,6	36
7.	2,4	24
8.	2,4	24
9.	2,8	28
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 25,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## F. Lintasan 6

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	1,2	12
2.	1,4	14
3.	1,2	12
4.	1,4	14
5.	3,8	38
6.	3,6	36
7.	2,4	24
8.	2,2	22
9.	2,0	20
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 21,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## G. Lintasan 7

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,4	24
2.	2,0	20
3.	2,0	20
4.	2,4	24
5.	3,8	38
6.	3,8	38
7.	2,4	24
8.	2,6	26
9.	2,4	24
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 26,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## H. Lintasan 8

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,4	24
2.	2,6	26
3.	2,8	28
4.	2,4	24
5.	3,6	36
6.	3,8	38
7.	2,0	20
8.	2,0	20
9.	2,4	24
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 26,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## I. Lintasan 9

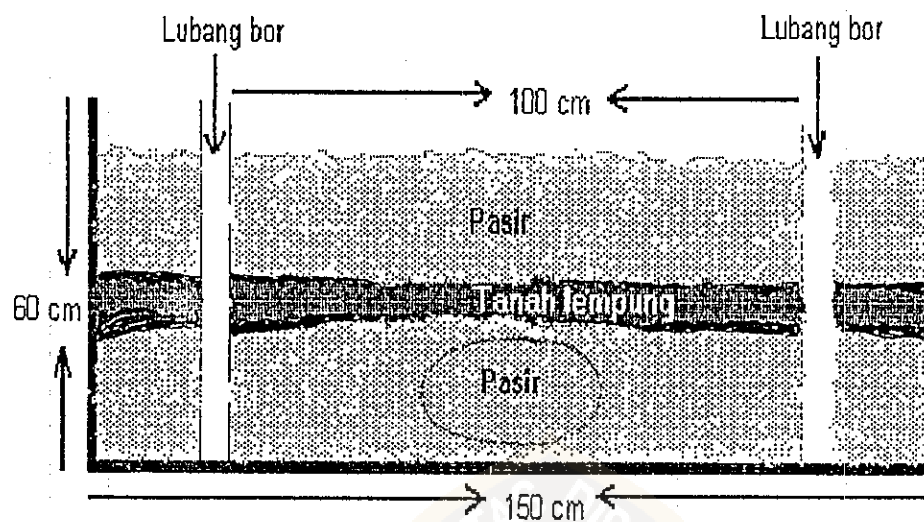
volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,8	28
2.	2,4	24
3.	2,4	24
4.	2,8	28
5.	3,6	36
6.	3,8	38
7.	3,6	36
8.	1,2	12
9.	1,4	14
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 25,4 \cdot 10^{-3}$ volt

### V. DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO MODEL ANOMALI 3



Gambar 1.1. Medium Penelitian

#### A. Lintasan 1

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,4	14
2.	1,4	14
3.	1,2	12
4.	1,6	16
5.	1,6	16
6.	1,4	14
7.	1,2	12
8.	1,2	12
9.	1,4	14
10.	1,6	16
		$\bar{V} = 14,0 \cdot 10^{-3}$ volt

#### B. Lintasan 2

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,4	24
3.	2,0	20
4.	2,2	22
5.	2,0	20
6.	2,4	24
7.	2,4	24
8.	2,2	22
9.	2,0	20
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 22,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## C. Lintasan 3

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,8	28
2.	2,6	26
3.	2,8	28
4.	3,8	38
5.	3,6	36
6.	3,8	38
7.	3,6	36
8.	3,8	38
9.	2,4	24
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 32,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## D. Lintasan 4

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,4	24
2.	2,2	22
3.	2,0	20
4.	2,0	20
5.	2,6	26
6.	1,0	10
7.	1,2	12
8.	1,2	12
9.	1,6	16
10.	1,6	16
		$\bar{V} = 18,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## E. Lintasan 5

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	1,2	12
2.	1,6	16
3.	1,6	16
4.	1,8	18
5.	1,8	18
6.	2,2	22
7.	2,8	28
8.	2,6	26
9.	2,8	28
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 21,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## F. Lintasan 6

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	1,4	14
2.	1,6	16
3.	1,2	12
4.	1,6	16
5.	1,2	12
6.	2,0	20
7.	2,2	22
8.	2,6	26
9.	2,4	24
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 17,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## G. Lintasan 7

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan $\times 10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,2	22
3.	2,4	24
4.	2,6	26
5.	3,8	38
6.	3,8	38
7.	2,6	26
8.	2,8	28
9.	2,6	26
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 27,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## H. Lintasan 8

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan $\times 10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,8	28
3.	2,6	26
4.	2,6	26
5.	3,6	36
6.	3,8	38
7.	2,2	22
8.	2,4	24
9.	2,4	24
10.	2,0	20
		$\bar{V} = 26,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## I. Lintasan 9

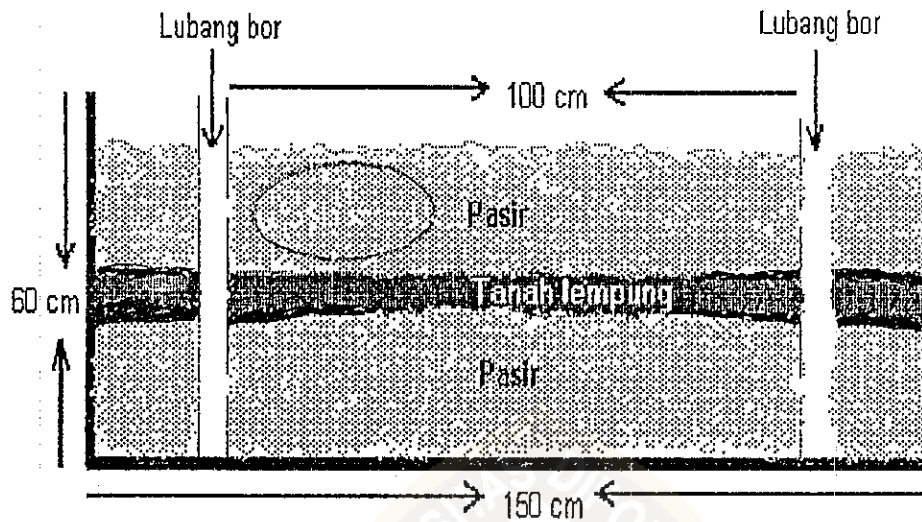
volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan $\times 10^{-2}$
1.	2,8	28
2.	2,6	26
3.	2,8	28
4.	2,8	28
5.	2,2	22
6.	2,0	20
7.	1,6	16
8.	1,2	12
9.	1,4	14
10.	1,2	12
		$\bar{V} = 20,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## VI. DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO MODEL ANOMALI 4



Gambar 1.1. Medium Penelitian

### A. Lintasan 1

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,4	14
2.	3,8	38
3.	3,8	38
4.	3,6	36
5.	3,6	36
6.	1,6	16
7.	1,4	14
8.	1,2	12
9.	1,6	16
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 23,4 \cdot 10^{-3}$ volt

### B. Lintasan 2

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,2	22
3.	2,0	20
4.	2,4	24
5.	2,0	20
6.	2,2	22
7.	2,4	24
8.	2,4	24
9.	2,0	20
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 22,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## C. Lintasan 3

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,8	28
2.	2,8	28
3.	2,4	24
4.	2,2	22
5.	2,2	22
6.	2,4	24
7.	2,6	26
8.	2,6	26
9.	2,8	28
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 25,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## D. Lintasan 4

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,2	22
3.	3,8	38
4.	1,6	16
5.	1,4	14
6.	1,2	12
7.	1,4	14
8.	1,6	16
9.	1,6	16
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 18,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## E. Lintasan 5

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,4	14
2.	3,8	38
3.	3,8	38
4.	3,6	36
5.	2,4	24
6.	2,6	26
7.	2,4	24
8.	2,6	26
9.	2,8	28
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 28,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## F. Lintasan 6

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,4	14
2.	1,2	12
3.	3,6	36
4.	3,8	38
5.	3,6	36
6.	1,6	16
7.	2,0	20
8.	2,2	22
9.	2,4	24
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 24,2 \cdot 10^{-3}$ volt



## G. Lintasan 7

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,0	20
2.	2,2	22
3.	2,0	20
4.	2,2	22
5.	2,4	24
6.	2,4	24
7.	2,4	24
8.	2,8	28
9.	2,8	28
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 24,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## H. Lintasan 8

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,8	28
2.	2,6	26
3.	2,6	26
4.	2,8	28
5.	2,4	24
6.	2,6	26
7.	2,0	20
8.	2,4	24
9.	2,0	20
10.	2,0	20
		$\bar{V} = 24,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## I. Lintasan 9

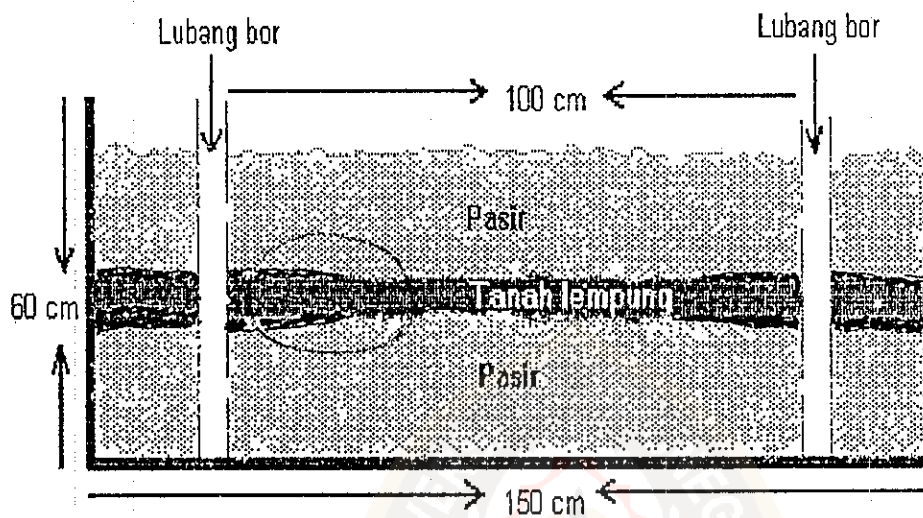
volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,8	28
2.	2,6	26
3.	2,6	26
4.	2,4	24
5.	2,2	22
6.	2,2	22
7.	1,8	18
8.	1,4	14
9.	1,4	14
10.	1,2	12
		$\bar{V} = 20,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## VII. DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO MODEL ANOMALI 5



Gambar 1.1. Medium Penelitian

## A. Lintasan 1

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,6	16
2.	1,4	14
3.	1,2	12
4.	1,4	14
5.	1,4	14
6.	1,2	12
7.	1,2	12
8.	1,4	14
9.	1,6	16
10.	1,6	16
		$\bar{V} = 14,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## B. Lintasan 2

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,6	26
2.	3,6	36
3.	3,8	38
4.	3,8	38
5.	3,6	36
6.	2,2	22
7.	2,0	20
8.	2,2	22
9.	2,4	24
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 28,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## C. Lintasan 3

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,2	22
2.	2,6	26
3.	2,8	28
4.	2,6	26
5.	2,4	24
6.	2,4	24
7.	2,6	26
8.	2,8	28
9.	2,8	28
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 25,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## D. Lintasan 4

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	3,6	36
3.	3,4	34
4.	3,6	36
5.	2,4	24
6.	1,4	14
7.	1,6	16
8.	1,6	16
9.	1,2	12
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 22,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## E. Lintasan 5

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,2	12
2.	1,4	14
3.	3,2	32
4.	3,6	36
5.	2,0	20
6.	2,2	22
7.	2,4	24
8.	2,6	26
9.	2,4	24
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 20,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## F. Lintasan 6

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,6	16
2.	1,4	14
3.	1,4	14
4.	1,2	12
5.	1,4	14
6.	2,0	20
7.	2,2	22
8.	2,2	22
9.	2,4	24
10.	2,2	22
		$\bar{V} = 18,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## G. Lintasan 7

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,4	24
2.	3,8	38
3.	3,6	36
4.	3,4	34
5.	2,2	22
6.	2,4	24
7.	2,4	24
8.	2,6	26
9.	2,8	28
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 28,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## H. Lintasan 8

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,8	28
2.	2,6	26
3.	2,4	24
4.	2,4	24
5.	2,2	22
6.	2,0	20
7.	2,0	20
8.	2,2	22
9.	2,4	24
10.	2,2	22
		$\bar{V} = 23,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## I. Lintasan 9

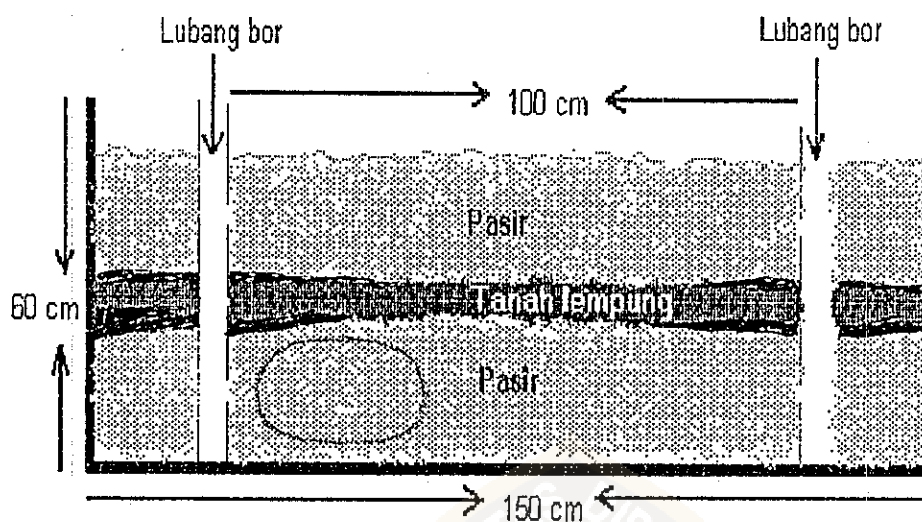
volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,4	24
2.	3,6	36
3.	3,8	38
4.	2,4	24
5.	2,4	24
6.	2,2	22
7.	2,0	20
8.	1,8	18
9.	1,6	16
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 23,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## VIII. DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO MODEL ANOMALI 6



Gambar 1.1. Medium Penelitian

## A. Lintasan 1

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,2	12
2.	1,2	12
3.	1,2	12
4.	1,4	14
5.	1,6	16
6.	1,4	14
7.	1,2	12
8.	1,2	12
9.	1,4	14
10.	1,6	16
		$\bar{V} = 13,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## B. Lintasan 2

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,0	20
2.	2,4	24
3.	2,4	24
4.	2,2	22
5.	2,0	20
6.	2,4	24
7.	2,2	22
8.	2,0	20
9.	2,4	24
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 22,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## C. Lintasan 3

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,8	28
2.	3,6	36
3.	4,6	46
4.	3,8	38
5.	3,8	38
6.	2,6	26
7.	2,8	28
8.	2,4	24
9.	2,8	28
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 31,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## D. Lintasan 4

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,4	24
2.	2,2	22
3.	2,0	20
4.	2,4	24
5.	1,4	14
6.	1,2	12
7.	1,6	16
8.	1,4	14
9.	1,6	16
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 17,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## E. Lintasan 5

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	1,4	14
2.	1,6	16
3.	1,4	14
4.	1,2	12
5.	2,2	22
6.	2,4	24
7.	2,6	26
8.	2,6	26
9.	2,8	28
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 21,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## F. Lintasan 6

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	1,2	12
2.	1,4	14
3.	1,6	16
4.	1,4	14
5.	1,2	12
6.	1,6	16
7.	2,2	22
8.	2,4	24
9.	2,4	24
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 18,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## G. Lintasan 7

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,2	22
2.	2,8	28
3.	2,6	26
4.	2,4	24
5.	2,4	24
6.	2,6	26
7.	2,8	28
8.	2,8	28
9.	2,6	26
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 25,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## H. Lintasan 8

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-3}$
1.	3,0	30
2.	3,8	38
3.	3,8	38
4.	3,6	36
5.	3,6	36
6.	2,6	26
7.	2,2	22
8.	2,4	24
9.	2,6	26
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 30,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## I. Lintasan 9

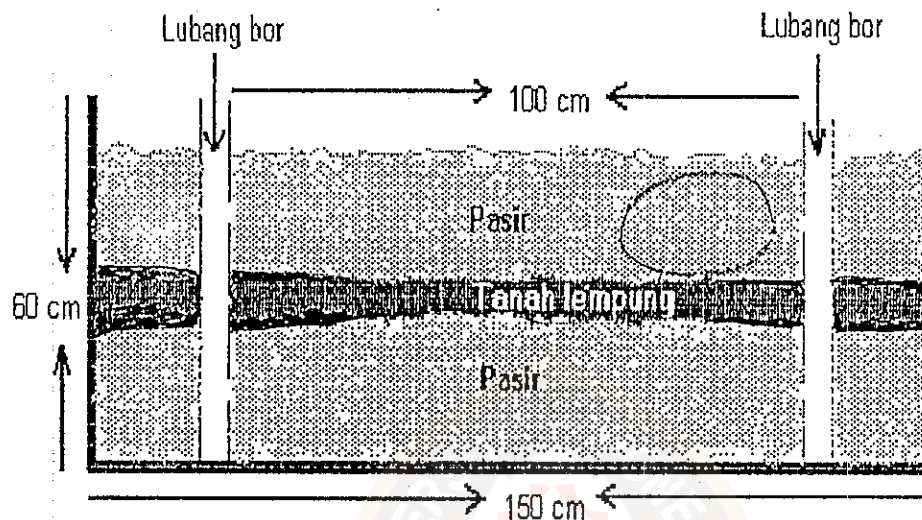
volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,8	28
2.	3,8	38
3.	3,6	36
4.	3,6	36
5.	2,4	24
6.	2,2	22
7.	2,4	24
8.	2,2	22
9.	1,6	16
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 26,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## IX. DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO MODEL ANOMALI 7



Gambar 1.1. Medium Penelitian

## A. Lintasan 1

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

## B. Lintasan 2

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,4	14
2.	1,6	16
3.	1,4	14
4.	1,2	12
5.	1,4	14
6.	3,6	36
7.	3,8	38
8.	3,8	38
9.	3,6	36
10.	1,2	12
		$\bar{V} = 23,0 \cdot 10^{-3}$ volt

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,2	22
2.	2,4	24
3.	2,6	26
4.	2,4	24
5.	2,2	22
6.	2,4	24
7.	2,2	22
8.	2,4	24
9.	2,2	22
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 23,4 \cdot 10^{-3}$ volt



## C. Lintasan 3

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,4	24
2.	2,4	24
3.	2,6	26
4.	2,6	26
5.	2,4	24
6.	2,8	28
7.	2,8	28
8.	2,6	26
9.	2,4	24
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 25,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## D. Lintasan 4

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,4	24
2.	2,2	22
3.	2,0	20
4.	1,8	18
5.	1,4	14
6.	1,6	16
7.	3,4	34
8.	3,8	36
9.	3,4	34
10.	1,6	16
		$\bar{V} = 23,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## E. Lintasan 5

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	1,6	16
2.	1,4	14
3.	1,6	16
4.	1,8	18
5.	1,8	18
6.	2,0	20
7.	2,4	24
8.	2,6	26
9.	2,8	28
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 20,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## F. Lintasan 6

voltage/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frequency = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	1,4	14
2.	1,2	12
3.	1,4	14
4.	1,6	16
5.	1,4	14
6.	3,6	36
7.	3,8	38
8.	3,4	34
9.	2,4	24
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 22,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## G. Lintasan 7

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,0	20
2.	2,2	22
3.	2,0	20
4.	2,2	22
5.	2,4	24
6.	2,4	24
7.	2,6	26
8.	2,8	28
9.	2,6	26
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 24,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## H. Lintasan 8

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	3,0	30
2.	2,8	28
3.	2,6	26
4.	2,6	26
5.	2,4	24
6.	2,4	24
7.	2,4	24
8.	2,2	22
9.	2,2	22
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 25,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## I. Lintasan 9

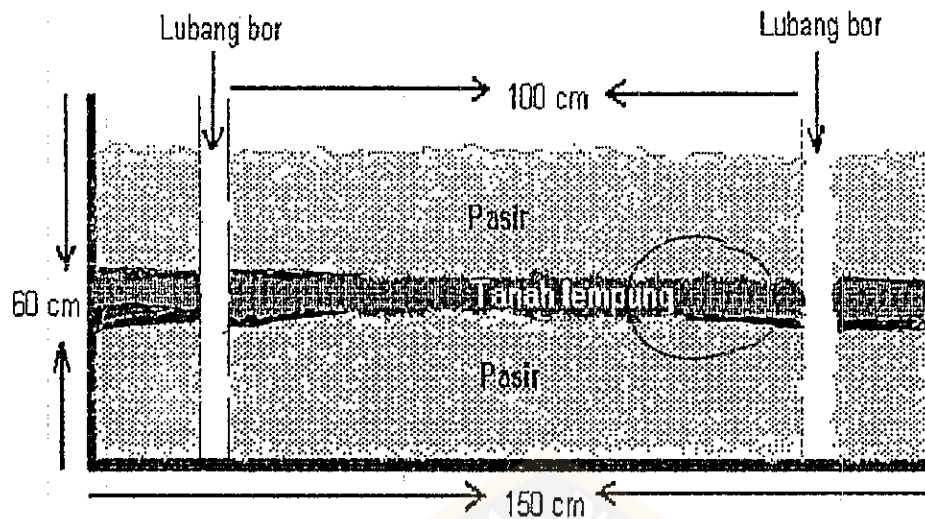
volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	3,6	36
2.	3,8	38
3.	3,6	36
4.	3,2	32
5.	2,6	26
6.	2,4	24
7.	2,2	22
8.	3,8	38
9.	3,8	38
10.	3,6	36
		$\bar{V} = 32,6 \cdot 10^{-3}$ volt

### X. DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO MODEL ANOMALI 8



Gambar 1.1. Medium Penelitian

#### A. Lintasan 1

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

#### B. Lintasan 2

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,2	12
2.	1,4	14
3.	1,6	16
4.	1,4	14
5.	1,2	12
6.	1,2	12
7.	1,6	16
8.	1,2	12
9.	1,2	12
10.	1,8	18
		$\bar{V} = 13,8 \cdot 10^{-3}$ volt

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,6	26
2.	2,2	22
3.	2,2	22
4.	2,4	24
5.	2,4	24
6.	2,8	28
7.	3,6	36
8.	4,0	40
9.	3,8	38
10.	2,2	22
		$\bar{V} = 28,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## C. Lintasan 3

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,6	26
3.	2,4	24
4.	2,6	26
5.	2,4	24
6.	2,8	28
7.	2,6	26
8.	2,8	28
9.	2,4	24
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 25,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## D. Lintasan 4

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,4	24
3.	2,2	22
4.	1,8	18
5.	1,6	16
6.	1,4	14
7.	1,4	14
8.	1,6	16
9.	1,6	16
10.	1,2	12
		$\bar{V} = 17,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## E. Lintasan 5

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,4	14
2.	1,4	14
3.	1,6	16
4.	2,4	24
5.	2,4	24
6.	2,2	22
7.	3,8	38
8.	4,0	40
9.	2,4	24
10.	2,4	24
		$\bar{V} = 24,0 \cdot 10^{-3}$ volt

## F. Lintasan 6

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,4	14
2.	1,2	12
3.	1,4	14
4.	2,4	24
5.	2,6	26
6.	3,8	38
7.	3,8	38
8.	3,6	36
9.	2,4	24
10.	2,2	2
		$\bar{V} = 24,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## G. Lintasan 7

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,2	22
3.	2,0	20
4.	2,4	24
5.	2,8	28
6.	2,6	26
7.	3,2	32
8.	3,6	38
9.	2,6	26
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 26,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## H. Lintasan 8

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,6	26
2.	2,8	28
3.	2,4	24
4.	2,2	22
5.	2,0	20
6.	3,8	38
7.	3,8	38
8.	3,8	38
9.	2,0	20
10.	2,2	22
		$\bar{V} = 27,6 \cdot 10^{-3}$ volt

## I. Lintasan 9

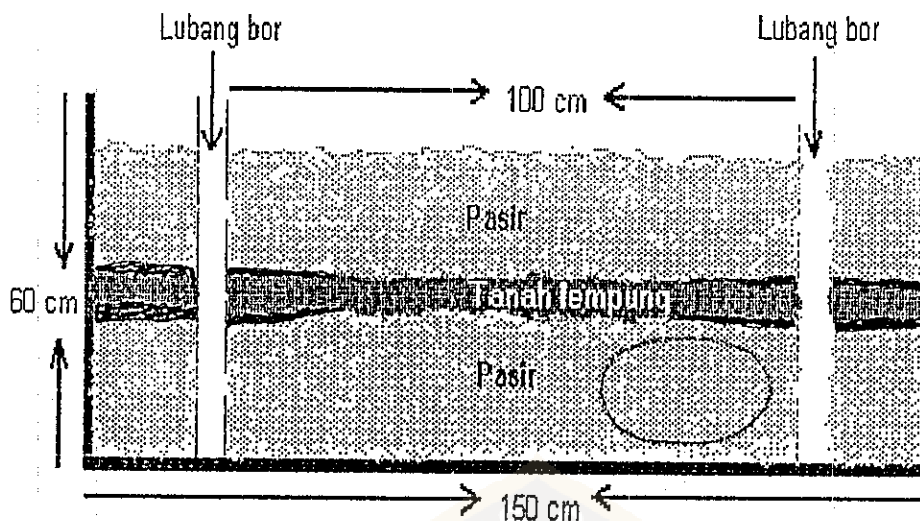
volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,6	26
3.	2,8	28
4.	2,4	24
5.	2,2	22
6.	2,0	20
7.	1,8	18
8.	1,6	16
9.	1,4	12
10.	1,2	14
		$\bar{V} = 20,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## XI. DATA PENGUKURAN TEGANGAN AMPLITUDO MODEL ANOMALI 9



Gambar 1.1. Medium Penelitian

### A. Lintasan 1

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,4	14
2.	1,2	12
3.	1,2	12
4.	1,6	16
5.	1,6	16
6.	1,4	14
7.	1,4	14
8.	1,2	12
9.	1,2	12
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 13,6 \cdot 10^{-3}$ volt

### B. Lintasan 2

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,4	24
3.	2,0	20
4.	2,2	22
5.	2,2	22
6.	2,4	24
7.	2,6	26
8.	2,4	24
9.	2,2	22
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 23,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## C. Lintasan 3

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,4	24
2.	2,6	26
3.	2,8	28
4.	3,0	30
5.	3,6	36
6.	3,8	38
7.	3,8	38
8.	3,8	38
9.	2,6	26
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 29,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## D. Lintasan 4

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	2,6	26
2.	2,0	20
3.	2,2	22
4.	2,0	20
5.	2,4	24
6.	1,2	12
7.	1,4	14
8.	1,4	14
9.	1,6	16
10.	1,4	14
		$\bar{V} = 18,2 \cdot 10^{-3}$ volt

## E. Lintasan 5

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,4	14
2.	1,6	16
3.	1,4	14
4.	2,0	20
5.	2,2	22
6.	3,8	38
7.	3,6	36
8.	3,8	38
9.	2,4	24
10.	2,6	26
		$\bar{V} = 24,8 \cdot 10^{-3}$ volt

## F. Lintasan 6

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x $10^{-2}$
1.	1,6	16
2.	1,4	14
3.	1,2	12
4.	1,2	12
5.	2,4	24
6.	2,0	20
7.	2,0	20
8.	2,2	22
9.	2,4	24
10.	2,2	22
		$\bar{V} = 18,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## G. Lintasan 7

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,2	22
2.	2,4	24
3.	2,6	26
4.	2,8	28
5.	2,6	26
6.	3,8	38
7.	3,8	38
8.	3,8	38
9.	3,6	36
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 30,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## H. Lintasan 8

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,6	26
2.	2,8	28
3.	2,6	26
4.	2,4	24
5.	2,4	24
6.	2,2	22
7.	2,0	20
8.	3,0	30
9.	2,6	26
10.	2,8	28
		$\bar{V} = 25,4 \cdot 10^{-3}$ volt

## I. Lintasan 9

volt/div = 10 mV

time/div = 0,1  $\mu$ s

frekuensi = 2,43 MHz

No.	Skala	Tegangan x 10 <sup>-2</sup>
1.	2,8	28
2.	2,8	28
3.	2,6	26
4.	2,4	24
5.	2,2	22
6.	2,4	24
7.	1,6	16
8.	1,6	16
9.	1,4	14
10.	1,2	12
		$\bar{V} = 21,6 \cdot 10^{-3}$ volt



**LAMPIRAN B :**  
**LIST PROGRAM DELPHI 1.0**



```
unit Utama;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
SysUtils, WinTypes, WinProcs, Messages, Classes, Graphics, Controls,  
Forms, Dialogs, ExtCtrls, StdCtrls, Spin;
```

```
type
```

```
Tfrm = class(TForm)
```

```
  pnlDft: TPanel;  
  ed_kirim1: TEdit;  
  ed_kirim2: TEdit;  
  ed_kirim3: TEdit;  
  ed_terima1: TEdit;  
  ed_terima2: TEdit;  
  ed_terima3: TEdit;  
  cd_Jarak: TEdit;  
  ed_r9: TEdit;  
  ed_r8: TEdit;  
  ed_r7: TEdit;  
  ed_r6: TEdit;  
  ed_r5: TEdit;  
  ed_r4: TEdit;  
  ed_r3: TEdit;  
  ed_r2: TEdit;  
  ed_r1: TEdit;  
  ed_Lebar: TEdit;  
  ed_Tinggi: TEdit;  
  imgDFT: TImage;  
  tb_Clear: TButton;  
  tb_Atur: TButton;  
  tb_Keluar: TButton;  
  Label1: TLabel;  
  Label2: TLabel;  
  Label3: TLabel;  
  Label4: TLabel;  
  Label5: TLabel;  
  Label6: TLabel;  
  Label7: TLabel;  
  Label8: TLabel;  
  Label9: TLabel;  
  Label10: TLabel;  
  Label11: TLabel;  
  Label12: TLabel;  
  Label13: TLabel;
```

```
  procedure FormPaint(Sender: TObject);  
  procedure FormCreate(Sender: TObject);  
  procedure FormResize(Sender: TObject);  
  procedure tb_KeluarClick(Sender: TObject);  
  procedure tb_ClearClick(Sender: TObject);  
  procedure tb_AturClick(Sender: TObject);
```

```
private
```

```
  { Private declarations }
```



```

public
  { Public declarations }
  RGBFrom : array[0..2] of Byte; { from RGB values }
  RGBDiff : array[0..2] of integer; { difference of from/to RGB values }
  ColorBand : TRect; { color band rectangular coordinates }
  R : Byte; { a color band's R value }
  G : Byte; { a color band's G value }
  B : Byte; { a color band's B value }
  i : integer;
  tr : trect;
  sX : integer;
  sY : integer;
  pX : integer;
  pY : integer;
  procedure GradientRect (cv : tcanvas; FromRGB, ToRGB: TColor);
  procedure Tampil;
  procedure BuatBingkai;
  procedure BuatLatar(FromRGB, ToRGB: TColor);
  procedure BuatGaris;
  procedure BuatArsir;
  procedure Arsir( pN : extended; pW1, pW2 : tcolor;
    pK, pT : string);
  procedure AturPalet( fromRGB, toRGB : tColor);
end;

var
  frm: Tfrm;

implementation

{$R *.DFM}

{=====}
procedure Tfrm.GradientRect (cv : tcanvas; FromRGB, ToRGB: TColor);
var
  i : integer;
begin
  { extract from RGB values }
  RGBFrom[0] := GetRValue (ColorToRGB (FromRGB));
  RGBFrom[1] := GetGValue (ColorToRGB (FromRGB));
  RGBFrom[2] := GetBValue (ColorToRGB (FromRGB));

  { calculate difference of from and to RGB values }
  RGBDiff[0] := GetRValue (ColorToRGB (ToRGB)) - RGBFrom[0];
  RGBDiff[1] := GetGValue (ColorToRGB (ToRGB)) - RGBFrom[1];
  RGBDiff[2] := GetBValue (ColorToRGB (ToRGB)) - RGBFrom[2];

  { set pen sytle and mode }
  with cv do
    begin
      Pen.Style := psSolid;
      Pen.Mode := pmCopy;
    end;

  { set color band's left and right coordinates }
  ColorBand.Left := 0;
  ColorBand.Right := Width;

```

```

for i := 0 to $ff do
  begin
    { calculate color band's top and bottom coordinates }
    ColorBand.Top := MulDiv (I , Height, $100);
    ColorBand.Bottom := MulDiv (I + 1, Height, $100);

    { calculate color band color }
    R := RGBFrom[0] + MulDiv (I, RGBDiff[0], $ff);
    G := RGBFrom[1] + MulDiv (I, RGBDiff[1], $ff);
    B := RGBFrom[2] + MulDiv (I, RGBDiff[2], $ff);

    { select brush and paint color band }
    with cv do
      begin
        Brush.Color := RGB (R, G, B);
        FillRect (ColorBand);
      end;
    end;
  end;

}
procedure Tfrm.FormPaint(Sender: TObject);
begin
  pnlDFT.left := frm.width - pnlDFT.width - 10;
  GradientRect ( frm.canvas, clLime, clYellow);
  {GradientRect ( imgTampil.canvas, clYellow, clLime);}
  {
  GradientRect ( imgDFT.canvas, clYellow, clLime);
  }
end;

}
procedure Tfrm.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  R := 1;
  G := 1;
  B := 1;
  sX := 1;
  sY := 1;
  pX := 10;
  pY := 10;
end;

}
procedure Tfrm.FormResize(Sender: TObject);
begin
  pnlDFT.left := frm.width - pnlDFT.width - 10;
  tb_Clear.left := pnlDFT.left;
  tb_Atur.left := pnlDFT.left + (tb_Clear.width + 7);
  tb_Keluar.left := pnlDFT.left + (tb_Clear.width + 7) * 2;
end;

}
procedure Tfrm.tb_KeluarClick(Sender: TObject);
begin
  close;
end;

```

```

}
procedure Tfrm.tb_ClearClick(Sender: TObject);
begin
  GradientRect ( frm.canvas, clLime, clYellow);
  tr.left := pX;
  tr.right := pX + strtoint( ed_Lebar.text);
  tr.top := pY;
  tr.bottom := pY + strtoint( ed_Tinggi.text);
  frm.canvas.Brush.Color := clWhite;
  frm.canvas.FillRect ( tr);
  Tampil;
end;

```

```

}
procedure tfrm.BuatGaris;
begin
  with frm.canvas do
  begin
    {--- garis 1 ---}
    pen.color := clSilver;
    pen.style := psDashDot;
    pen.mode := pmCopy;
    moveto( 0*sX + pX, strtoint( ed_kirim1.text)*sY + pY);
    lineto( strtoint(ed_lebar.text)*sX + pX,
            strtoint(ed_terima1.text)*sY + pY);
    {--- garis 2 ---}
    pen.style := psDash;
    moveto( 0*sX + pX, strtoint( ed_kirim2.text)*sY + pY);
    lineto( strtoint(ed_lebar.text)*sX + pX,
            strtoint(ed_terima2.text)*sY + pY);
    {--- garis 3 ---}
    pen.style := psDot;
    moveto( 0*sX + pX, strtoint( ed_kirim3.text)*sY + pY);
    lineto( strtoint(ed_lebar.text)*sX + pX,
            strtoint(ed_terima3.text)*sY + pY);
    {--- garis 4 ---}
    pen.style := psDashDot;
    moveto( 0*sX + pX, strtoint( ed_kirim2.text)*sY + pY);
    lineto( strtoint(ed_lebar.text)*sX + pX,
            strtoint(ed_terima1.text)*sY + pY);
    {--- garis 5 ---}
    pen.style := psDashDotDot;
    moveto( 0*sX + pX, strtoint( ed_kirim1.text)*sY + pY);
    lineto( strtoint(ed_lebar.text)*sX + pX,
            strtoint(ed_terima3.text)*sY + pY);
    {--- garis 6 ---}
    moveto( 0*sX + pX, strtoint( ed_kirim1.text)*sY + pY);
    lineto( strtoint(ed_lebar.text)*sX + pX,
            strtoint(ed_terima2.text)*sY + pY);
    {--- garis 7 ---}
    moveto( 0*sX + pX, strtoint( ed_kirim2.text)*sY + pY);
    lineto( strtoint(ed_lebar.text)*sX + pX,
            strtoint(ed_terima3.text)*sY + pY);
    {--- garis 8 ---}
    moveto( 0*sX + pX, strtoint( ed_kirim3.text)*sY + pY);
    lineto( strtoint(ed_lebar.text)*sX + pX,

```

```

    strtoint(ed_terima2.text)*sY + pY);
    {--- garis 9 ---}
    moveto( 0*sX + pX, strtoint( ed_kirim3.text)*sY + pY);
    lineto( strtoint(ed_lebar.text)*sX + pX,
           strtoint(ed_terima1.text)*sY + pY);
    end;

end;

{=====}
procedure tfrm.BuatBingkai;
begin
with frm.canvas do
begin
pen.color := clBlack;
moveto( (0 * sX) + pX, 0*sY + pY);
lineto( strtoint(ed_lebar.text)*sX + pX, 0*sY + pY);
lineto( strtoint(ed_lebar.text)*sX + pX,
       strtoint(ed_tinggi.text)*sY + pY);
lineto( 0*sX + pX,
       strtoint(ed_tinggi.text)*sY + pY);
lineto( (0 * sX) + pX, 0*sY + pY);
end;

end;

{=====}
procedure tfrm.BuatLatar( FromRGB, ToRGB : tColor);
var
i, j      : integer;
lY1      : integer;
lPengali  : integer;
lTinggi   : integer;
begin
lTinggi := strtoint( ed_Tinggi.text);
tr.left := pX;
tr.right := pX + strtoint( ed_Lebar.text);
tr.top := pY;
tr.bottom := pY + strtoint( ed_Tinggi.text);

RGBFrom[0] := GetRValue (ColorToRGB (FromRGB));
RGBFrom[1] := GetGValue (ColorToRGB (FromRGB));
RGBFrom[2] := GetBValue (ColorToRGB (FromRGB));

{ calculate difference of from and to RGB values }
RGBDiff[0] := GetRValue (ColorToRGB (ToRGB)) - RGBFrom[0];
RGBDiff[1] := GetGValue (ColorToRGB (ToRGB)) - RGBFrom[1];
RGBDiff[2] := GetBValue (ColorToRGB (ToRGB)) - RGBFrom[2];

{ set pen style and mode }
with frm.canvas do
begin
Pen.Style := psSolid;
Pen.Mode := pmCopy;
end;

lPengali := 255 div lTinggi + 3;
for i:= tr.top to tr.bottom do
begin

```

```

lj := i * IPengali;
IY1 := MulDiv (lj, ITinggi, $100);
if IY1 < tr.Bottom then
  tr.Top := IY1;

R := RGBFrom[0] + MulDiv (lj, RGBDiff[0], $ff);
G := RGBFrom[1] + MulDiv (lj, RGBDiff[1], $ff);
B := RGBFrom[2] + MulDiv (lj, RGBDiff[2], $ff);
with frm.canvas do
  begin
    Brush.Color := RGB (R, G, B);
    FillRect ( tr);
  end;
end;
end;

{=====}
procedure tfm.AturPalet( fromRGB, toRGB : tcolor);
begin
  RGBFrom[0] := GetRValue (ColorToRGB (FromRGB));
  RGBFrom[1] := GetGValue (ColorToRGB (FromRGB));
  RGBFrom[2] := GetBValue (ColorToRGB (FromRGB));

  RGBDiff[0] := GetRValue (ColorToRGB (ToRGB)) - RGBFrom[0];
  RGBDiff[1] := GetGValue (ColorToRGB (ToRGB)) - RGBFrom[1];
  RGBDiff[2] := GetBValue (ColorToRGB (ToRGB)) - RGBFrom[2];
end;

{=====}
procedure tfm.Arsir( pN : extended; pW1, pW2 : tcolor;
  pK, pT : string);
var
  IX1, IY1, IX2, IY2, lPanjang, lSudut : integer;
  lX, lY, lR : integer;
  lrX, lrY, lrR, lrS : extended;
  lTr : trect;
  li : integer;
  lN : integer;
  lRad : integer;
begin
  lX1 := sX * 0;
  lY1 := sY * strtoint( pK);
  lX2 := sX * strtoint( ed_Lebar.text);
  lY2 := sY * strtoint( pT);
  lrX := lX2 - lX1;
  lrY := lY2 - lY1;
  lrR := sqrt((lrX * lrX) + (lrY * lrY));
  lrS := arctan(lrY / lrX);

  AturPalet( pw1, pw2);
  {AturPalet( clYellow, clRed);}
  lN := round( pN);
  lRad := lN div 4;
  R := RGBFrom[0] + MulDiv (lN, RGBDiff[0], $ff);
  G := RGBFrom[1] + MulDiv (lN, RGBDiff[1], $ff);
  B := RGBFrom[2] + MulDiv (lN, RGBDiff[2], $ff);
  for li:=1 to round( lrR) do
    begin

```

```

IX := round( li * cos( lrS));
IY := round( li * sin( lrS));
IY := pY + IY1 + IY;
IX := pX + IX + 0;
with frm.canvas do
  begin
    lTr.top := IY - 5;
    lTr.bottom := IY + 5;
    lTr.left := IX - 5;
    lTr.right := IX + 5;
    pen.mode := pmMask;
    pen.color := pW1;
    Brush.Color := rgb( r, g, b);
    ellipse( lx-lRad, ly-lRad, lx+lRad,ly+lRad);
    { FillRect ( rect(lx-15, ly-15, lx+15,ly+15));}
  end;
  li := li + 30;
  if li > round( lrR) then li := round( lrR);
end;

end;

{=====}
procedure tfrm.BuatArsir;
begin
  { garis 1 }
  {--- garis 1 ---}
  with frm.canvas do
    begin
      Arsir( strtfloat( ed_r1.text), clLime, clAqua, ed_Kirim1.text, ed_Terima1.text);
      Arsir( strtfloat( ed_r2.text), clLime, clAqua, ed_Kirim1.text, ed_Terima2.text);
      Arsir( strtfloat( ed_r3.text), clLime, clAqua, ed_Kirim1.text, ed_Terima3.text);
      Arsir( strtfloat( ed_r4.text), clLime, clAqua, ed_Kirim2.text, ed_Terima1.text);
      Arsir( strtfloat( ed_r5.text), clLime, clAqua, ed_Kirim2.text, ed_Terima2.text);
      Arsir( strtfloat( ed_r6.text), clLime, clAqua, ed_Kirim2.text, ed_Terima3.text);
      Arsir( strtfloat( ed_r7.text), clLime, clAqua, ed_Kirim3.text, ed_Terima1.text);
      Arsir( strtfloat( ed_r8.text), clLime, clAqua, ed_Kirim3.text, ed_Terima2.text);
      Arsir( strtfloat( ed_r9.text), clLime, clAqua, ed_Kirim3.text, ed_Terima3.text);

    end;
  end;

{=====}
procedure tfrm.Tampil;
begin
  BuatLatar( clWhite, clGray);
  BuatBingkai;
  BuatGaris;
end;

{=====}
procedure Tfrm.tb_AturClick(Sender: TObject);
begin
  {BuatLatar( clWhite, clGray);}
  {BuatBingkai;}
  {
  tr.left := pX;

```



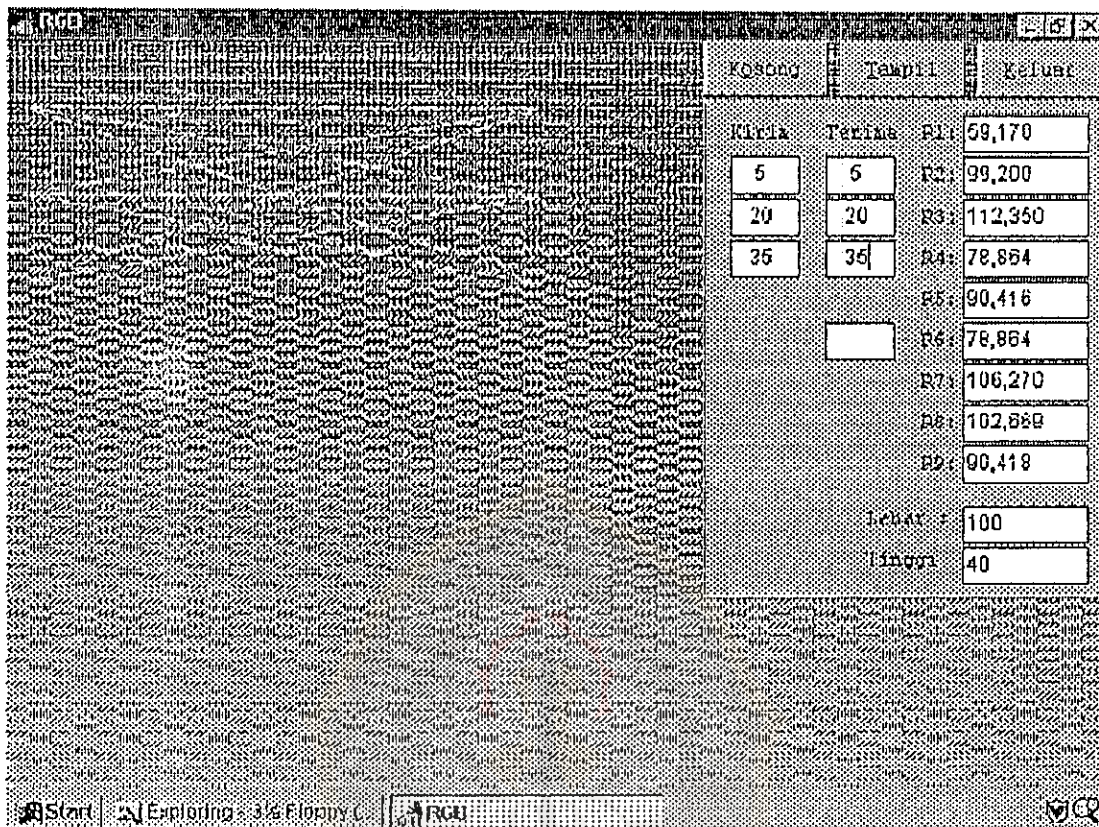
```
tr.right := pX + strtoint( ed_Lebar.text);
tr.top := pY;
tr.bottom := pY + strtoint( ed_Tinggi.text);
frm.canvas.Brush.Color := clWhite;
frm.canvas.FillRect ( tr);
}
BuatGaris;
BuatArsir;
end;
```

L-41

```
{-----}
```

end.





**LAMPIRAN C**  
**PENJABARAN PERSAMAAN DASAR TEORI**



## 2.1. TEORI DASAR ELEKTROMAGNETIK

### 2.1.I. Penjabaran Persamaan Hukum Ampere (*Wangness, 1986*)

Integral medan induksi magnet  $\mathbf{B}$  dalam lintasan tertutup dapat dinyatakan sebagai

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I_{enc} \quad (\text{L.C.I-1})$$

untuk pengambilan integral sepanjang lintasan tertutup  $C$  dan  $I_{enc}$  adalah arus total yang melewati area tertutup oleh lintasan  $C$ .

Dengan menganggap bahwa  $\mathbf{B}$  dihasilkan oleh rangkaian kawat tunggal  $C'$  yang membawa arus  $I'$ , maka  $\mathbf{B}$  mempunyai bentuk

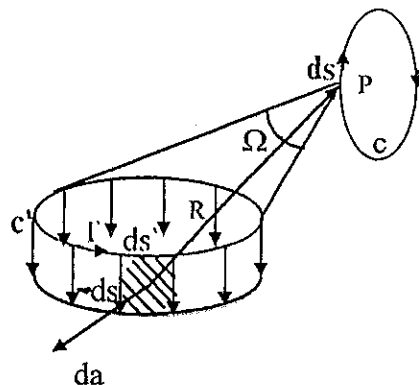
$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_{C'} \frac{I' d\mathbf{s}' \times \mathbf{R}}{R^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_{C'} \frac{I' d\mathbf{s}' \times \mathbf{R}}{R^3} \quad (\text{L.C.I-2})$$

Yang berarti akan timbul medan induksi magnetik dari arus yang mengalir pada sebuah lintasan tertutup (*loop current*) yang merupakan hukum Biot-Savart.

Bila persamaan (L.C.I-2) disubstitusikan dalam persamaan (L.C.I-1), diperoleh

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \frac{\mu_0 I'}{4\pi} \oint_C \oint_{C'} \frac{d\mathbf{s} \cdot (d\mathbf{s}' \times \bar{\mathbf{R}})}{R^2} = -\frac{\mu_0 I'}{4\pi} \oint_C \oint_{C'} \frac{(-d\mathbf{s}' \times d\mathbf{s}')}{R^2} \cdot \hat{\mathbf{R}} \quad (\text{L.C.I-3})$$

Apabila berlaku keadaan umum seperti dalam gambar 1.



Gambar 1. Perhitungan perubahan sudut ruang yang terletak pada P berlaku pada pergeseran rangkaian C' dan dengan mengambil

$$\oint_{C'} \frac{(-ds \times ds')}{R^2} \cdot \hat{R} = d\Omega \quad (\text{L.C.I-4})$$

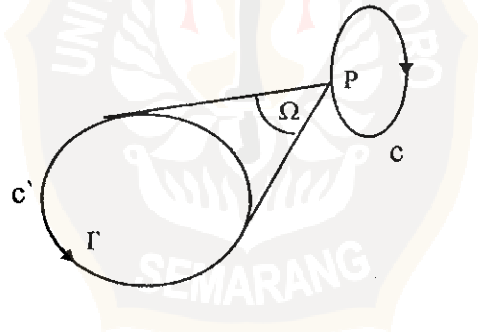
maka

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{\mu_0 I'}{4\pi} \oint_C d\Omega = -\frac{\mu_0 I'}{4\pi} \Delta\Omega \quad (\text{L.C.I-5})$$

dengan  $\Delta\Omega$  adalah perubahan total sudut ruang disebabkan oleh C' pada tiap titik C bila dijumlahkan sepanjang lintasan C.

Persamaan (L.C.I-5) dapat dikembangkan menjadi 2 kasus:

1. Lintasan C tidak tergantung dengan rangkaian C', seperti gambar 2.



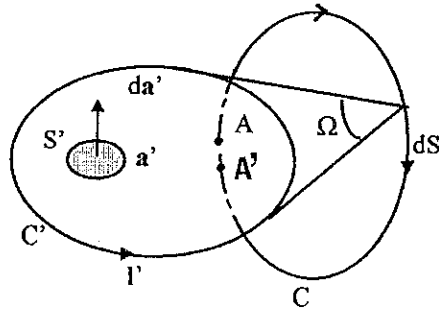
Gambar 2. Lintasan C tidak terhubung dengan C'

Maka  $\Delta\Omega = 0$  sehingga

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0 \quad (\text{L.C.I-6})$$

Karena bila integral berawal di P, maka setelah melalui simpal (*loop*) C akan kembali ke nilai semula yaitu P.

2. Lintasan C tergantung dengan rangkaian  $C'$ , seperti gambar 3.



Gambar 3. Lintasan C terhubung dengan rangkaian  $C'$

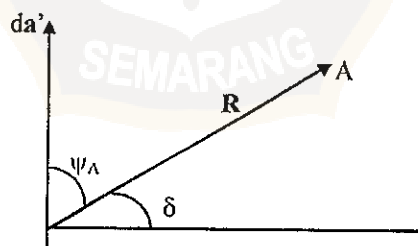
Dalam hal ini dianggap bahwa lintasan C berawal di A dan berakhir di  $A'$  pada saat menembus  $C'$ , maka

a. Pada titik awal A

sudut antara  $da'$  dan  $\hat{R}$  adalah  $\psi_A = 90^\circ - \delta$  dengan  $\delta$  kecil sekali dan bernilai positif, maka

$$da' \cos \psi_A / R^2 = da' \cos (90^\circ - \delta) / R^2 \quad (\text{L.C.I-7})$$

yang bernilai positif.



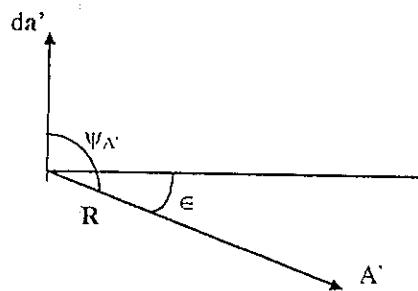
Gambar 4. Keadaan didekat titik awal A.

Bila A didekatkan dengan permukaan  $S'$ ,  $\delta \rightarrow 0$ , diperoleh

$$\Omega_{\text{untuk A}} = \Omega_{\text{awal}} = + 2\Pi \quad (\text{L.C.I-8})$$

b. Pada titik ujung A'

sudut antara  $da'$  dan  $\hat{R}$  adalah  $\psi_{A'} = 90^\circ + \varepsilon$  dengan  $\varepsilon$  bernilai positif dan kecil, maka  $da' \cos(90^\circ + \varepsilon)/R^2$  akan bernilai negatif.



Gambar 5. Keadaan didekat titik akhir A'

Kemudian karena A' dekat dengan permukaan maka  $\varepsilon \rightarrow 0$ , sehingga

$$\Omega_{\text{untuk } A'} = \Omega_{\text{akhir}} = -2\Pi \quad (\text{L.C.I-9})$$

Kombinasi persamaan (L.C.I-8) dan (L.C.I-9)

$$\Delta\Omega = \Omega_{\text{akhir}} - \Omega_{\text{awal}} = (-2\Pi) - 2\Pi = -4\Pi \quad (\text{L.C.I-10})$$

sehingga persamaan (L.C.I-1) menjadi

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I' = \mu_0 \oint_C \mathbf{J} \cdot d\mathbf{a} \quad (\text{L.C.I-11})$$

Dengan menggunakan teorema Stokes

$$\oint_C \mathbf{A} \cdot d\mathbf{s} = \int (\nabla \times \mathbf{A}) da \quad (\text{L.C.I-12})$$

maka

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \oint (\nabla \times \mathbf{A}) da = \mu_0 \int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{a}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} \text{ atau } \nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} \quad (\text{L.C.I-13})$$

Yang berarti apabila terdapat arus yang menembus suatu luasan tertutup (fluks muatan) maka akan timbul sirkulasi medan magnet disekeliling arus tersebut (hukum Biot-Savart).

Bila persamaan (L.C.I-13) diambil divergensinya, maka diperoleh

$$\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{H}) = \nabla \cdot \mathbf{J}_f = -\frac{\partial \rho_f}{\partial t} \quad (\text{L.C.I-14})$$

yang sesuai dengan persamaan kontinuitas yang menggambarkan kekekalan muatan bebas

$$\nabla \cdot \mathbf{J}_f + \frac{\partial \rho_f}{\partial t} = 0 \quad (\text{L.C.I-15})$$

tetapi bertentangan dengan identitas vektor

$$\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) = 0 \quad (\text{L.C.I-16})$$

Maka oleh Maxwell dirumuskan

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_f + \mathbf{J}_d \quad (\text{L.C.I-17})$$

dengan  $\mathbf{J}_d$  adalah rapat arus pergeseran.

Sehingga persamaan (L.C.I-15) menjadi

$$\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{H}) = 0 = \nabla \cdot \mathbf{J}_f + \nabla \cdot \mathbf{J}_d = -\frac{\partial \rho_f}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{J}_d = -\frac{\partial}{\partial t} \nabla \cdot \mathbf{D} + \nabla \cdot \mathbf{J}_d \quad (\text{L.C.I-18})$$

Dari persamaan (L.C.I-18) dapat diambil

$$\nabla \cdot \left( \mathbf{J}_d - \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right) = 0$$

$$\mathbf{J}_d = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (\text{L.C.I-19})$$



Yang berarti apabila suatu material netral dikenai oleh medan listrik dalam selang waktu  $dt$ , mengakibatkan muatan positif bergerak searah medan dan muatan negatif ke arah medan (terjadi pergeseran muatan). Muatan-muatan yang bergeser ini yang memancarkan medan pergeseran  $\mathbf{D}$  mengakibatkan timbulnya rapat arus pergeseran  $\mathbf{J}_d$ .

Dengan menggunakan persamaan (L.C.I-19), persamaan (L.C.I-17) menjadi

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_f + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (\text{L.C.I-20})$$

### 2.1.2. Penjabaran Persamaan Faraday (*Wangness, 1986*)

Faraday menyatakan bahwa GGL induksi timbul karena adanya perubahan fluks muatan persatuan waktu yang melewati luasan tertutup, yang dinyatakan dalam

$$\varepsilon_{\text{ind}} = -\frac{d\phi}{dt} = -Bl \frac{dx}{dt} = -Blv \quad (\text{L.C.II-1})$$

dengan  $\varepsilon_{\text{ind}}$  = GGL induksi

$\phi$  = muatan

$B$  = medan induksi magnet

$l$  = panjang lintasan/kawat

$v$  = kecepatan muatan

Mengingat bahwa GGL ditimbulkan oleh medan listrik konservatif, maka

$$\varepsilon_{\text{ind}} = \oint_C \mathbf{E}_{\text{ind}} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\phi}{dt} \quad (\text{L.C.II-2})$$

Untuk sebarang titik dalam suatu ruang, medan listrik  $\mathbf{E}$  dapat dituliskan sebagai penjumlahan bagian Konservatif  $\mathbf{E}_c$  dan nonkonservatif  $\mathbf{E}_{\text{ind}}$

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_c + \mathbf{E}_{ind} \quad (\text{L.C.II-3})$$

maka diperoleh

$$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \oint_C \mathbf{E}_c \cdot d\mathbf{s} + \oint_C \mathbf{E}_{ind} \cdot d\mathbf{s} \quad (\text{L.C.II-4})$$

dengan integral ruas pertama kanan adalah nol untuk medan konservatif. Maka diperoleh

$$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{a} \quad (\text{L.C.II-5})$$

Dengan menggunakan teorema Stokes, persamaan (L.C.II-5) menjadi

$$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{a} = -\int_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{a} = \int_S (\nabla \times \mathbf{E}) \cdot d\mathbf{a} \quad (\text{L.C.II-6})$$

sehingga

$$\int_S \left( (\nabla \times \mathbf{E}) + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) \cdot d\mathbf{a} = 0 \quad (\text{L.C.II-7})$$

didapatkan

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (\text{L.C.II-8})$$

### 2.1.3. Penjabaran Identitas Vektor $\mathbf{E}$ dan $\mathbf{B}$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\mu \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} \quad (\text{L.C.III-1})$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \sigma \mathbf{E} + \varepsilon \left( \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \quad (\text{L.C.III-2})$$

Dengan menggunakan identitas vektor

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A} \quad (\text{L.C.III-3})(Boas, 1968)$$

maka persamaan (L.C.III-1) dan (L.C.III-2) menjadi

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{E}) - \nabla^2 \mathbf{E} \quad (\text{L.C.III-4})$$

untuk  $\nabla(\nabla \cdot \mathbf{E}) = 0$ . Maka persamaan (L.C.III-4) menjadi

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = -\nabla^2 \mathbf{E} \quad (\text{L.C.III-5})$$

Dengan mengambil rotasi persamaan (L.C.III-1) dan meng-analogikan dengan persamaan (L.C.III-5) diperoleh

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla^2 \mathbf{E} = \mu \frac{\partial(\nabla \times \mathbf{H})}{\partial t} \quad (\text{L.C.III-6})$$

Substitusi persamaan (L.C.III-2) pada persamaan (L.C.III-6), diperoleh

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \mu \frac{\partial(\nabla \times \mathbf{H})}{\partial t} = \sigma \mu \left( \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) + \epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (\text{L.C.III-7})$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk persamaan (L.C.III-2)

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{H}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{H}) - \nabla^2 \mathbf{H} \quad (\text{L.C.III-8})$$

untuk  $\nabla(\nabla \cdot \mathbf{E}) = 0$ . Maka persamaan (L.C.III-8) menjadi

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{H}) = -\nabla^2 \mathbf{H} = -\sigma(\nabla \times \mathbf{E}) - \epsilon \frac{\partial(\nabla \times \mathbf{E})}{\partial t} \quad (\text{L.C.III-9})$$

Substitusi persamaan (L.C.III-1) ke persamaan (L.C.III-9), diperoleh

$$\nabla^2 \mathbf{H} = -\sigma(\nabla \times \mathbf{E}) - \epsilon \frac{\partial(\nabla \times \mathbf{E})}{\partial t} = \sigma \mu \left( \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} \right) + \epsilon \mu \frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial t^2} \quad (\text{L.C.III-10})$$

Dengan memilih bentuk sinusoidal untuk  $\mathbf{E}$  dan  $\mathbf{H}$

$$\mathbf{E}(t) = \mathbf{E}_0 \exp j(\omega t - kx) \quad (\text{L.C.III-11})$$

$$\mathbf{H}(t) = \mathbf{H}_0 \exp j(\omega t - kx) \quad (\text{L.C.III-12})$$

dan mensubstitusikan ke persamaan (L.C.III-7) dan (L.C.III-10), diperoleh

$$\begin{aligned} \nabla^2 \mathbf{E} &= (j\omega\mu\sigma - \omega^2\varepsilon\mu)\mathbf{E} \\ \nabla^2 \mathbf{E} - (j\omega\mu\sigma - \omega^2\varepsilon\mu)\mathbf{E} &= 0 \end{aligned} \quad (\text{L.C.III-13})$$

dan

$$\begin{aligned} \nabla^2 \mathbf{H} &= (j\omega\mu\sigma - \omega^2\varepsilon\mu)\mathbf{H} \\ \nabla^2 \mathbf{H} - (j\omega\mu\sigma - \omega^2\varepsilon\mu)\mathbf{H} &= 0 \end{aligned} \quad (\text{L.C.III-14})$$

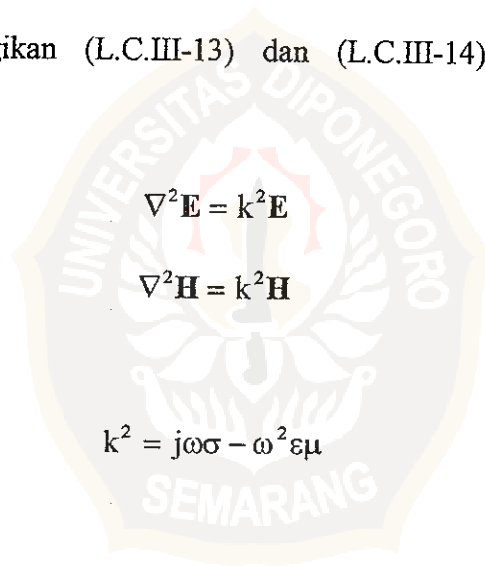
Dengan meng-analogikan (L.C.III-13) dan (L.C.III-14) dengan persamaan gelombang datar

$$\nabla^2 \mathbf{E} = k^2 \mathbf{E} \quad (\text{L.C.III-15})$$

$$\nabla^2 \mathbf{H} = k^2 \mathbf{H} \quad (\text{L.C.III-16})$$

maka diperoleh

$$k^2 = j\omega\sigma - \omega^2\varepsilon\mu \quad (\text{L.C.III-17})$$



## 2.2. Penjabaran Perambatan Gelombang Elektromagnetik (Telford, 1988)

Dengan mengambil persamaan gelombang elektromagnetik, misalnya

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}(z, t) = H_0 \exp j(\omega t - kz)$$

dan menyatakan  $k$  dalam bentuk kompleks

$$k = \alpha + j\beta \quad (\text{L.C.IV-1})$$

maka persamaan di atas dapat dituliskan

$$\begin{aligned} k^2 &= -j\omega\sigma + \omega^2\varepsilon\mu \\ &= (\alpha + j\beta)^2 \\ &= \alpha^2 - \beta^2 + 2j\alpha\beta \end{aligned}$$

$$k^2 = \alpha^2 - \beta^2 + 2j\alpha\beta - \omega^2\varepsilon\mu + j\omega\sigma \quad (\text{L.C.IV-2})$$

dengan komponen riil:  $\alpha^2 - \beta^2 - \omega^2\varepsilon\mu$  dan komponen imajiner:  $2\alpha\beta + \omega\mu\sigma$

Dalam bentuk kompleks eksponensial, persamaan (L.C.IV-2) dapat dituliskan

$$\begin{aligned} \omega^2\varepsilon\mu - j\omega\mu\sigma &= \left[ \sqrt{\{(\omega^2\varepsilon\mu)^2 + (\omega\mu\sigma)^2\}} \right] \exp(-j\varphi) \\ \omega^2\varepsilon\mu - j\omega\mu\sigma &= \omega^2\varepsilon\mu \left[ \sqrt{\{1 + (\omega\varepsilon\sigma)^2\}} \right] \exp(-j\varphi) \end{aligned} \quad (\text{L.C.IV-3})$$

dengan  $\text{tg } \varphi = \frac{\sigma}{\omega\varepsilon}$ .

Bila komponen kompleks eksponensial dinyatakan dalam kompleks trigonometri

$$\begin{aligned}\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) &= \sqrt{\left\{\frac{1-\omega\varphi}{2}\right\}} \\ &= \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) \left[ \frac{\left\{-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2}\right\}}{\left\{\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2}\right\}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{L.C.IV-4})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) &= \sqrt{\left\{\frac{1+\omega\varphi}{2}\right\}} \\ &= \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) \left[ \frac{\left\{1 + \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2}\right\}}{\left\{\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2}\right\}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{L.C.IV-5})\end{aligned}$$

dan disubstitusikan dalam kompleks eksponensial menjadi

$$\begin{aligned}\alpha + j\beta &= \sqrt{\omega^2 \mu \epsilon} \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \cos \frac{\varphi}{2} + j \sin \frac{\varphi}{2} \right] \\ \alpha + j\beta &= \sqrt{\omega^2 \mu \epsilon} \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \exp(-j\varphi) \quad (\text{L.C.IV-6})\end{aligned}$$

maka diperoleh

$$\text{komponen riil} \quad \alpha = \left\{ \frac{\sqrt{\omega^2 \mu \epsilon}}{\sqrt{2}} \right\} \left[ 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

yang menyatakan gelombang yang menembus medium, dan

$$\text{komponen imajiner} \quad \beta = \left\{ \frac{\sqrt{\omega^2 \mu \epsilon}}{\sqrt{2}} \right\} \left[ -1 + \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

yang menyatakan komponen gelombang yang terpantul dari medium, sehingga

$$|k^2| = \alpha^2 + \beta^2 = (\omega^2 \mu \epsilon) \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega \epsilon}\right)^2}$$

Dengan menganggap  $\alpha/\omega\epsilon \gg 1$  dan  $\alpha \approx \beta = 1/\delta$ , maka diperoleh

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu \sigma}}$$

dengan besaran  $\delta$  adalah “*skindepth*” yaitu kedalaman medium yang dapat ditembus oleh gelombang sehingga nilainya menjadi  $1/e$  (Wangness, 1986)



### 2.3. Tomografi Elektromagnetik (Stewart, 1991)

Menurut Singh dan Nyland (1985) kuat medan elektromagnetik dalam medium dielektrik terlemahkan yang dihasilkan dari suatu pemancar ialah

$$P_x = P_t e_{tt} e_{xx} [\lambda / 4\pi R]^2 D_{sx} D_{st} |\rho_t - \rho_x|^2 \exp(-2\gamma R) \quad (\text{L.C.V-1})$$

dengan

$P_x$  = daya yang diterima

$P_t$  = daya yang dipancarkan

$e_{tt}$  = efisiensi pemancaran antena

$e_{xx}$  = efisiensi penerimaan antena

$\lambda$  = panjang gelombang

$R$  = jarak antar antena

$D_{sx}$  = penguatan berarah pemancaran antena

$D_{st}$  = penguatan berarah penerimaan antena

$\rho_t$  = faktor rugi polarisasi pemancaran antena

$\rho_x$  = faktor rugi polarisasi penerimaan antena

$\gamma$  = konstanta perambatan ( $= \alpha + j\beta$ )

dengan  $\alpha$  = atenuasi

$\beta$  = konstanta fase

Dengan substitusi  $k = e_{tt} e_{xx} [\lambda / 4\pi R]^2 D_{sx} D_{st} |\rho_t - \rho_x|^2$  maka persamaan (L.C.V-1)

menjadi

$$\frac{P_x}{P_t} = \{k \exp(-2\gamma R)\} / R^2 \quad (\text{L.C.V-2})$$

dengan  $k = e_{tt} e_{xx} [\lambda / 4\pi R]^2 D_{sx} D_{st} |\rho_t - \rho_x|^2$

Dengan melogaritma-naturalkan persamaan (L.C.V-2) diperoleh

$$\ln\left(\frac{P_x}{P_t}\right) = \ln\{(k \exp(-2\gamma R)) / R^2\} \quad (\text{L.C.V-3})$$

$$= \ln(k \exp(-2\gamma R)) - \ln R^2$$

$$= \ln k + \ln \exp(-2\gamma R) - \ln R^2$$



$$\ln\left(\frac{P_x}{P_t}\right) = -2\gamma R - 2 \ln R + \ln k \quad (\text{L.C.V-4})$$

Bila persamaan (L.C.V-4) diambil turunan terhadap R, diperoleh

$$\frac{d}{dR} \left( \ln\left(\frac{P_x}{P_t}\right) \right) = \frac{d}{dR}(-2\gamma R) - \frac{d}{dR}(2 \ln R) + \frac{d}{dR} \ln k$$

$$\frac{d}{dR} \ln\left(\frac{P_x}{P_t}\right) = -2\gamma - \frac{2}{R} + \frac{1}{k}$$

$$\frac{d}{dR} \ln\left(\frac{P_x}{P_t}\right) = -2\left(\gamma + \frac{1}{R}\right) + \frac{1}{k} \quad \rightarrow \text{untuk } k \gg \gg \text{ maka } \frac{1}{k} \approx 0$$

$$\frac{d}{dR} \ln\left(\frac{P_x}{P_t}\right) = -2\left(\gamma + \frac{1}{R}\right)$$

$$d \ln\left(\frac{P_x}{P_t}\right) = -2\left(\gamma + \frac{1}{R}\right) dR \quad \text{untuk } \gamma = (\alpha + j\beta)$$

$$D \ln\left(\frac{P_x}{P_t}\right) = -2\left(\alpha + j\beta + \frac{1}{R}\right) dR \quad (\text{L.C.V-5})$$

Persamaan gelombang yang berpenetrasi dinyatakan dalam komponen riil persamaan (L.C.V-5)

$$D \ln\left(\frac{P_x}{P_t}\right) = -2\left(\alpha + \frac{1}{R}\right) dR \quad (\text{L.C.V-6})$$

Sedangkan koefisien atenuasi dinyatakan dalam

$$\alpha = \frac{1}{\delta} = \left[ \frac{\omega \sigma \mu}{2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

**LAMPIRAN D : GAMBAR ALAT DAN BAHAN  
PENELITIAN DI LABORATORIM**

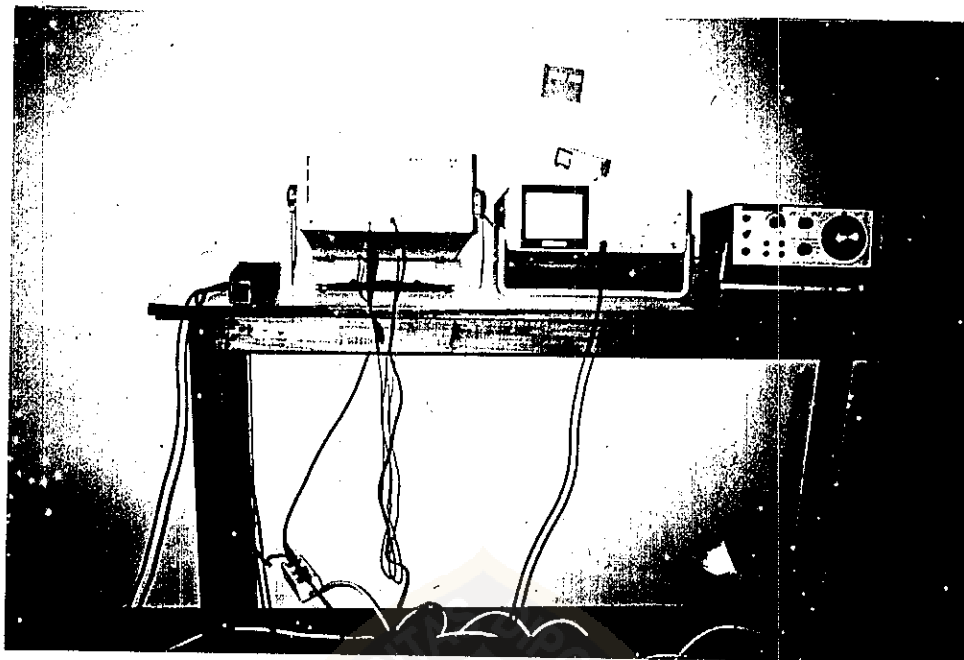




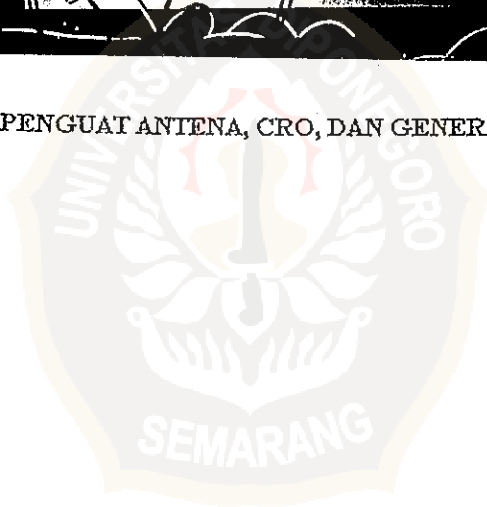
GAMBAR D.1. MEDIUM PENELITIAN LABORATORIUM



GAMBAR D.2. PENCACAH FREKUENSI, SWR/POWER METER,  
PEMANCAR, DAN SUMBER TEGANGAN



GAMBAR D.3. PENGUAT ANTENA, CRO, DAN GENERATOR ISYARAT



## LAMPIRAN E : GLOSARI



## GLOSARI

**Ampere:** Satuan dasar dalam SI untuk arus listrik, didefinisikan sebagai arus tetap yang ditetapkan dalam dua konduktor lurus yang sejajar dan tak hingga dengan mengabaikan panjang penampang melingkar diambil satu meter, ditetapkan dalam vakum, akan menghasilkan gaya antar konduktor  $2 \times 10^{-7}$  per meter.

**Amplitudo:** Nilai maksimum dari perubahan suatu besaran dari nilai dasarnya. Dalam kasus gerak harmonis sederhana – gelombang atau vibrasi – adalah setengah dari nilai maksimum puncak ke puncak.

**Anisotropi:** Tak isotrop; Suatu medium (zat antara) dikatakan anisotropis (tak isotrop) jika suatu besaran fisika tertentu berbeda nilainya pada arah yang berbeda. Berbagai kristal adalah anisotropik secara elektrik; sifat penting mengenai polarisasi dihasilkan dari perbedaan dalam transmisi dari penyinaran (radiasi) elektromagnetik dalam arah yang berbeda.

**Atenuasi:**

1. Pengurangan intensitas radiasi yang melewati suatu zat antara. Termasuk pengurangan akibat absorpsi (penyerapan) dan hamburan.
2. Pengurangan arus, tegangan atau daya dari sinyal listrik yang melewati suatu rangkaian.

**Cathode-Ray Oscilloscope (CRO).** Suatu peralatan untuk menyelidiki sinyal listrik. Berkas elektron diarahkan pada tabung sinar katoda, membentuk suatu noktah kecil. Berkas ini disimpangkan dalam arah vertikal dan horisontal, oleh medan listrik dari dua keping logam. Penyinaran horisontal sering berulang secara tetap melingkungi noktah yang dihasilkan oleh basis waktu internal. Sinyal yang diselidiki diperkuat dan digunakan pada lempeng defleksi vertikal. Suatu grafik akan tergambar pada layar.

**Faraday:** Simbul : F. Satuan muatan listrik yang sama dengan muatan yang diinginkan melucutkan satu mole ion bermuatan tunggal. Satu faraday adalah  $9,648670 \times 10^4$  coulombs.

**Fase:** 1. Suatu bagian homogen dari suatu campuran yang dibedakan dari yang lain oleh suatu batas. Campuran es dan air mempunyai dua fase. Campuran kristal es dan kristal garam mempunyai dua fase. Larutan garam dalam air mempunyai satu fase.

2. Suatu tingkatan dalam siklus dari gelombang atau sistem periodik yang lain yang dicapai pada saat tertentu (diambil dari suatu titik referensi tertentu). Dua gelombang dalam satu fase jika maksimum dan minimumnya dicapai pada waktu yang bersamaan. Untuk gelombang sederhana dinyatakan oleh persamaan :

$$y = a \sin \pi (ft - x/\lambda)$$

**Frekuensi:** Simbol :  $f$ ,  $\nu$ . Jumlah putaran per satuan waktu dari suatu osilasi (misalnya: bandul, sistem yang bergetar, gelombang, arus bolak-balik, dan sebagainya). Satuannya hertz (Hz). Frekuensi sudut (*pulsatance*) dihubungkan dengan frekuensi  $\omega = 2\pi f$ .

**Frekuensi sudut (*pulsatance*);** frekuensi sudut; simbol :  $\omega$ . Jumlah putaran penuh per satuan waktu. Suatu gerak harmonis sederhana dengan frekuensi  $f$  dapat dinyatakan oleh suatu titik yang bergerak pada suatu lingkaran pada kecepatan tetap. Proyeksi dari titik tersebut pada garis tengah bergerak dengan gerak harmonis sederhana. Frekuensi sudut dari gerak ini  $2\pi f$ , dimana  $f$  adalah frekuensi. Satuannya *Hertz*

**Frekuensi Modulasi (FM):** Suatu tipe modulasi dimana gelombang pembawa dibuat untuk membawa/memindahkan informasi dalam sinyal (audio atau visual) oleh fluktuasi frekuensi dari gelombang pembawa. Variasi dari frekuensi gelombang pembawa sebanding dengan frekuensi sinyal, akan tetapi amplitudo dari gelombang pembawa dibuat tetap. Modulasi frekuensi lebih baik dari modulasi amplitudo, sebab pita frekuensi yang lebih luas dapat ditransmisi dengan interferensi dan *noise* yang kecil.

**Gelombang:** Suatu metoda transfer energi dalam berbagai bentuk dari suatu getaran. Sebagai misal gelombang pada permukaan zat cair, atau pada kawat yang ditekangkan. Gelombang bunyi membawa energi dengan perubahan tekanan dan perenggangan udara (atau medium lain). Dalam gelombang elektromagnetik, medan listrik dan medan magnet berubah-ubah sehingga memberikan arah propagasi dari gelombang. Untuk suatu kasus yang sederhana dari perpindahan gelombang pada suatu bidang datar pada titik tertentu, dinyatakan oleh persamaan :

$$y = a \sin 2\pi (ft - x/\lambda)$$

di mana  $a$  adalah amplitudo,  $f$  adalah frekuensi,  $x$  adalah jarak dari titik asal, dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang. Hubungan yang lain adalah :

$$y = a \sin 2\pi (vt - x)/\lambda$$

di mana  $v$  adalah kecepatan, dan :

$$y = a \sin 2\pi (t/T - x/\lambda)$$

di mana  $T$  adalah perioda. Perlu dicatat bahwa jika tanda diubah dengan (+) pada persamaan di atas, hal ini berarti merupakan gelombang yang sama, tetapi arah geraknya berlawanan.

Untuk suatu gelombang diam yang dihasilkan dari dua gelombang yang arahnya berlawanan, perpindahan diberikan oleh persamaan :

$$Y = 2a \cos 2\pi x / \lambda$$

**Henry:** Simbol : H. Satuan (dalam SI) untuk induksi diri (induktansi), sama dengan induktansi dari suatu rangkaian tertutup yang mempunyai flux magnetik 1 weber per ampere arus dalam rangkaian.  $1 \text{ H} = 1 \text{ Wb.A}^{-1}$ .

**Hertz:** Simbol : Hz. Satuan (dalam SI) untuk frekuensi yang didefinisikan sebagai 1 *cycle* (putaran) per detik ( $\text{s}^{-1}$ ). Digunakan untuk proses berulang secara teratur, misal gerak gelombang atau getaran. Proses yang tak teratur misalnya pelapukan radioaktif akan mempunyai satuan yang dinyatakan sebagai  $\text{s}^{-1}$  (per detik).

**Hukum Ampere:** Suatu elemen gaya  $dF$  antara dua elemen arus,  $I_1 dI_1$  dan  $I_2 dI_2$  sejajar satu dengan yang lain pada jarak  $r$  dalam ruangan bebas diberikan oleh :

$$dF = \mu_0 I_1 dI_1 I_2 dI_2 \sin \theta / 4\pi r^2$$

disini  $\mu_0$  adalah permeabilitas dari ruang bebas dan  $\theta$  adalah sudut antara elemen dan garis yang menghubungkan mereka. 2. Suatu prinsip bahwa jumlah atau integral dari rapat fluks magnet  $B$  dikalikan panjang lintasan pada suatu lintasan tertutup adalah sebanding dengan arus  $I$ .

Untuk lintasan berbentuk lingkaran dengan diameter  $r$  yang mengelilingi suatu kawat lurus dalam ruangan hampa,  $B$  w  $2\pi r = \mu_0 I$  ( $\mu_0$  adalah permeabilitas magnetik dari ruang hampa). Hukum Ampere untuk  $B$  dalam solenoid dihitung dengan menggunakan persamaan :  $B \cdot d_1 = \mu_0 I$ .

**Hukum Faraday (induksi):** Tiga hukum menggambarkan induksi elektromagnetik dari suatu GGL dalam konduktor oleh perubahan fluks magnetik.

(1) Jika jumlah garis gaya berubah, arus akan diinduksi dalam rangkaian.



- (2) Arah arus induksi sedemikian rupa sehingga medan magnet yang dihasilkan cenderung untuk mempertahankan rangkaian fluks tetap (merupakan pernyataan hukum Lenz).
- (3) Jumlah total besaran listrik yang melalui suatu rangkaian sebanding dengan perubahan total garis gaya (dan berbanding terbalik dengan hambatan rangkaian).

**Hukum Ohm:** Arus ( $I$ ) dalam suatu konduktor berbanding langsung dengan beda potensial antara ujung-ujungnya. Dinyatakan dengan :  $V = IR$ , dimana  $R$  adalah hambatan konduktor.  $R$  adalah tetapan yang besarnya tergantung pada jenis konduktor yang disebut hambatan. Jika  $V$  dalam volt,  $I$  dalam ampere dan  $R$  dalam ohm.

**Induktor elektromagnetik:** GGL (gaya gerak listrik) antara ujung-ujung konduktor yang timbul akibat perubahan hubungan terhadap medan magnetik luar. Hukum-hukum untuk induksi elektromagnetik adalah :

1. Faraday; Gaya gerak listrik akan terinduksi dalam konduktor jika terhadap perubahan medan magnet disekelilingnya.
2. Faraday; Gaya gerak listrik induksi sebanding dengan laju perubahan medan.
3. Lenz; Arah dari gaya gerak listrik induksi melawan perubahan yang menyebabkannya.

Induksi elektromagnetik digunakan dalam generator, transformator, mikropon dan berbagai alat lain. Efeknya dapat menyebabkan berbagai problema seperti terbentuknya arus Eddy (*Eddy Current*). Besarnya GGL induksi sebanding dengan perubahan total fluks  $\phi$  yang dikenal sebagai hukum Neumann's, jadi :

$$E = - d\phi/dt$$

dimana  $E$  adalah GGL dalam volt,  $\phi$  adalah fluks dalam weber dan  $t$  waktu dalam detik.

**Isotropi:** Suatu medium adalah isotropik jika nilai dari besaran fisika yang diukur tidak bergantung pada arahnya.

**Kecepatan:** Simbol :  $v$ . Perpindahan per satuan waktu. Satuannya adalah meter per detik ( $m.s^{-1}$ ). Kecepatan adalah besaran vektor, tetapi laju adalah bentuk skalar. Jika kecepatan tetap, diberikan oleh kemiringan dari posisi/grafik, dan oleh perpindahan dibagi waktu. Jika  $x$  adalah perpindahan, kecepatan diberikan oleh  $v = dx/dt$ .

**Konduktivitas:** Kehantaran – Symbol :  $\sigma$ . Kemampuan material untuk menghantarkan arus listrik; kebalikan dari resistor. Konduktivitas (kehantaran) tidak tergantung pada dimensi dari konduktor. Merupakan nisbah dari kerapatan arus terhadap kuat medan listrik. Satuannya adalah siemen per meter ( $S.m^{-1}$ ).

**Konduktor:** Suatu bahan dengan konduktivitas listrik yang relatif tinggi. Berbagai logam merupakan konduktor listrik yang baik sebab mempunyai elektron bebas. Non-logam cenderung merupakan konduktor yang kurang baik.

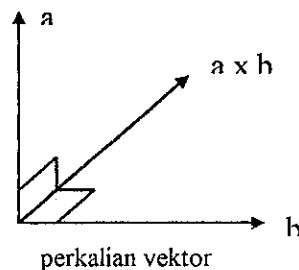
**Kualitatif:** Penilaian/ Analisis berdasarkan mutu dari suatu nilai dan gambar/citra.

**Kuantitatif:** Penilaian/ Analisis berdasarkan nilai dan jumlah secara matematis berdasarkan variabel perhitungan (formula).

**Maxwell:** Simbol : Mx. Satuan fluks magnet digunakan dalam sistem cgs yang sama dengan  $10^{-8}$  Wb.

**Medium:** Zat antara, dapat berupa gas, cair atau padat dan dapat pula vakum (hampa udara).

**Perkalian vektor :** Perkalian dua vektor yang menghasilkan vektor. Perkalian vektor A dan B dinyatakan dengan  $A \times B$ , yakni suatu vektor yang besarnya  $AB \sin \theta$  dimana A dan B adalah besarnya vektor A dan B dan  $\theta$  adalah sudut antara A dan B.



Arah dari vektor hasil perkalian adalah tegak lurus pada vektor A dan B, dengan arah sesuai dengan arah putaran sekrup ke kanan dari A ke B.

Catatan :  $A \times B = - B \times A$ . Sebagai contoh perkalian vektor adalah  $F$  pada muatan yang bergerak  $Q$  dalam medan magnet  $B$  dengan kecepatan  $v$  (misal pada efek motor). Dinyatakan oleh :

$$F = QB \times v$$

Perkalian vektor kadang-kadang disebut perkalian silang (*cross product*).

**Oscilator:** Alat untuk menghasilkan sinyal arus bolak-balik pada frekuensi yang diketahui dari input arus searah.

**Permeabilitas:** Simbol :  $\mu$ . Dalam sistem SI, permeabilitas mutlak adalah nisbah dari kerapatan fluks magnetik ( $B$ ) dalam bahan tersebut terhadap medan magnet luar ( $H$ ) :

$$\mu = B/H$$

satuannya henry per meter ( $Hm^{-1}$ ).

Permeabilitas ruang hampa mempunyai nilai  $4 \times 10^{-7} Hm^{-1}$  dan diberi simbol  $\mu_0$ .

*permeabilitas relatif* ( $\mu_r$ ) dari suatu bahan adalah nisbah dari permeabilitas absolutnya terhadap permeabilitas ruang hampa.

$$\mu_r = \mu / \mu_0$$

Sebagai nisbah (ratio) maka permeabilitas relatif tidak mempunyai satuan. Dihubungkan dengan susceptibilitas ( $X$ ) oleh persamaan :

$$\mu_r = 1 + X$$

**Permitivitas:** Simbol :  $\epsilon$ . Gaya bolak-balik antara dua muatan  $Q_1$  dan  $Q_2$  pada jarak  $r$  yang diberikan oleh persamaan :

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2}$$

konstanta  $\epsilon$  adalah permitivitas dari medium. Satuannya adalah coulomb kuadrat per newton, per meter kuadrat ( $C^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}$ ) atau farad per meter ( $F \cdot m^{-1}$ ). Permitivitas dari ruang hampa ( $\epsilon_0$ ) juga disebut tetapan elektrik mempunyai nilai  $8,854 \times 10^{-12} Fm^{-1}$ . Permitivitas absolut (mutlak) dari suatu material adalah sama dengan  $\epsilon_0 \epsilon_r$  dimana  $\epsilon_r$  adalah permitivitas relatif.

**Radiasi elektromagnetik:** Energi yang dijalarkan oleh getaran listrik dan medan magnet. Radiasi elektromagnetik membentuk seluruh spektrum elektromagnetik, bergantung pada frekuensi dan jangkauan dari gelombang radio frekuensi tinggi ke sinar gamma frekuensi rendah. Radiasi

elektromagnetik dapat berupa gelombang (gelombang elektromagnetik) atau arus photon. Frekuensi dan panjang gelombang mempunyai hubungan :

$$\lambda \nu = c$$

dimana  $c$  adalah laju/kecepatan cahaya. Energi yang dipindahkan bergantung pada frekuensi.

**Resistansi:** Simbol:  $R$ . Nisbah antara beda potensial yang melalui suatu elemen listrik terhadap arus yang mengalir di dalamnya. Hambatan listrik merupakan perlawanan dari komponen terhadap aliran muatan. Dalam arus bolak-balik - rangkaian ac - hambatan hanya salah satu faktor sebagai tanggapan (respon) dari komponen.

**Resistivitas:** Simbol:  $\rho$ . Kecenderungan dari suatu bahan untuk melawan aliran dari arus listrik. Hambatan jenis adalah sifat dari material pada suatu temperatur tertentu dan tidak bergantung pada bentuk. Hambatan  $R$  dari suatu bahan diberikan oleh  $\rho l/A$ , dimana  $A$  adalah luas tampang lintang dan  $l$  adalah panjang.

**Resistor:** Komponen yang terdapat dalam suatu rangkaian listrik dikarenakan hambatannya. Resistor dapat berbentuk variabel (dapat berubah-ubah) atau mempunyai nilai tertentu, dibuat dari kawat atau karbon.

**Serpit minyak (oil shale) :** reservoir : merupakan daerah jebakan minyak/migrasi di dalam kerak bumi, daerah ini biasanya dalam geologi merupakan struktur *anticline*, patahan dan lipatan yang diperkirakan sebagai sumber kandungan minyak bumi.

**Sinusoida:** Bentuk gelombang yang dihasilkan dari penggambaran sinus suatu sudut. Berbagai gerak dapat digambarkan, sehingga memberi gambaran gelombang sinus (gerak harmonis sederhana).

**Skin-depth:** Daya penetrasi gelombang elektromagnetik terhadap medium yang dilalui atau karakteristik peredalaman gelombang elektromagnetik di dalam bumi.

**Solenoida:** Suatu kumparan kawat dengan diameter yang kecil dibandingkan panjangnya. Jika dilalui arus listrik akan membentuk medan magnet solenoida, seperti halnya pada magnet batang. Bila diberi inti besi lunak, akan menjadi elektromagnet. Kerapatan fluks diberikan oleh persamaan  $\mu_0 NI/l$  dimana N adalah jumlah lilitan, I adalah arus dan l adalah panjang.

**Sudut fase:** Sudut antara dua gelombang yakni sudut antara dua faktor rotasi (phasor) dari gelombang-gelombang tersebut.

**Tegangan:** Simbol : V. Merupakan satuan potensial listrik dalam sistem SI, juga untuk satuan beda potensial, GGL, didefinisikan sebagai perbedaan potensial antara dua titik dalam rangkaian di mana mengalir arus sebesar 1 ampere jika tenaga yang dihasilkan 1 watt,  $1V = 1 J.C^{-1}$ .

**Termokopel:** Pasangan kawat konduktor yang berbeda, disambung/disolder pada ujung-ujungnya, digunakan untuk mengukur suhu. GGL kecil dihasilkan pada *junction*/sambungan antara kedua metal tersebut, dan ini akan merubah temperatur. Thermocouple (atau *thermojunction*) dapat digunakan sebagai termometer termoelektrik.

**Tesla:** Simbol : T. Satuan dalam sistem SI untuk kerapatan fluks magnetik, yang sama dengan kerapatan fluks 1 weber per meter kuadrat.  $1 T = 1 Wb.m^{-2}$ .

**Tomografi geofisika:** Penggabungan estimasi geologi dan pencitraan dalam satu konsep secara visual. Pencitraan dalam tomografi ini mempunyai peran penting dalam proses pemantauan serpih minyak (*oil shale*). Dalam tomografi geofisika terdapat dua metoda yaitu : Tomografi seismik dan tomografi elektromagnetik, pengukuran dilakukan pada energi yang merambat melalui medium (lapisan kerak bumi). Sifat-sifat energi ini antara lain atenuasi amplitudo, waktu tempuh (*travel time*), kecepatan dan lain-lain, digunakan untuk menduga medium yang dilalui gelombang (seismik/elektromagnetik). Ide dasar tomografi yaitu rekonstruksi beberapa proyeksi dari lintasan pengukuran posisi pemancar-penerima dalam dua lebih atau lubang bor (*shoot-receiver depth point*).

**Vektor:** Suatu ukuran dimana arah adalah sangat penting dan biasanya dikhususkan. Sebagai misal perpindahan adalah besaran vektor, tetapi jarak adalah skalar.

Berat, kecepatan, dan medan magnet adalah contoh lain dari vektor, yang dinyatakan pula dengan suatu besaran dengan satuan dan arah.

Penjumlahan vektor harus dinyatakan pula dengan suatu bilangan dengan arahnya. Resultan dapat dicari dengan menggunakan metode paralelogram dari vektor (metode jajaran genjang). Ada beberapa cara untuk perkalian vektor. Vektor yang dikalikan dengan skalar, menghasilkan vektor lain; sebagai misal massa (skalar) dikalikan dengan kecepatan (vektor) memberikan momentum (vektor). Dua vektor dapat dikalikan satu sama lain dengan dua cara.

**Watt:** Simbol : W. Merupakan suatu daya dalam sistem SI (Sistem Satuan Internasional), didefinisikan sebagai daya 1 joule per detik.  $1 \text{ W} = 1 \text{ J.s}^{-1}$ .

**Weber:** Simbol : Wb. Satuan fluks magnetik dalam sistem SI, sama dengan fluks magnetik, pada suatu rangkaian yang menghasilkan suatu gaya gerak listrik (GGL) satu volt jika berkurang sampai nol pada perubahan yang uniform dalam satu detik.  $1 \text{ Wb} = 1 \text{ V.s}$ .

