

**REKAYASA PENYERAP ELEKTROMAGNETIK PIRAMIDAL UNTUK RUANG  
TANPA GEMA (ENGINEERING OF PYRAMIDAL ELECTROMAGNETIC  
ABSORBER FOR ANECHOIC CHAMBER)**

**Fahrudin Heri Susanto<sup>1, -2</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

---

**Abstrak**

-

**Kata Kunci : -**

---

**Abstract**

-

**Keywords : -**

---



**Telkom**  
University

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 MAKNA JUDUL

Rekayasa Penyerap Elektromagnetik Piramidal untuk Ruang Tanpa Gema adalah memilih campuran dari berbagai bahan (limbah) *untuk membuat bahan baru* yang berguna menyerap gelombang elektromagnet, yang tepat untuk ruang uji tanpa gema elektromagnetik.

### 1.2 LATAR BELAKANG

Ruang tanpa gema merupakan ruangan yang digunakan untuk pengukuran terutama untuk antena gelombang mikro. Sedangkan di IT Telkom sendiri belum terdapat fasilitas tersebut.

Di dalam ruang tanpa gema itu sendiri terdapat 2 jenis penyerap yang digunakan yaitu penyerap bentuk piramida dan prisma segitiga<sup>[5]</sup>. Penyerap bentuk piramida bekerja sangat baik dalam insiden normal dan bentuk ini bersifat menghamburkan seperti dipermukaan yang kasar. Oleh karena itu, penulis ingin merekayasa suatu penyerap bentuk *piramida* untuk ruang tanpa gema sesuai dengan pemahaman teoritis yang telah dipelajari di bangku kuliah dengan *menggunakan bahan yang ada di lingkungan sekitar*. Bahan tersebut menggunakan berbagai macam campuran bahan meliputi pasir feromagnetik, bensin dan *styrofoam*. Dengan memanfaatkan bahan-bahan tersebut dapat memberikan keringanan biaya, minimal dapat mengurangi sampah *styrofoam*.

### 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan pembuatan proyek ini adalah:

1. Mampu merancang penyerap bentuk piramida untuk ruang tanpa gema dari data pengukuran bahan uji  $\epsilon_r$  dan  $\mu_r$  serta menganalisisnya menggunakan bahan yang ada di lingkungan sekitar.
2. Mampu memahami dan mengerti proses perancangan penyerap ruang tanpa gema bentuk piramida.

3. Mampu merancang dan merealisasikan bahan uji  $\epsilon_r$  dan  $\mu_r$  dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

#### 1.4 PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang kami hadapi dalam proyek akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah perancangan suatu penyerap ruang tanpa gema bentuk piramida berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan?
2. Bagaimanakah cara pembuatan bahan uji  $\epsilon_r$  dan  $\mu_r$  dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
3. Bagaimana hasil pengujian bahan penyerap ruang tanpa gema bentuk piramida?

#### 1.5 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dalam proyek akhir ini adalah:

1. Nilai permitifitas ( $\epsilon_r$ ) = 2-j1.
2. Nilai permeabilitas ( $\mu_r$ ) = 1.
3. Nilai konduktifitas ( $\sigma$ ) = 0,111 mho/m.
4. Frekuensi pengukuran permitifitas ( $\epsilon_r$ ) dan permeabilitas ( $\mu_r$ ) 1500 MHz - 2500 MHz.
5. Frekuensi pengukuran penyerap elektromagnetik bentuk piramida 9400 MHz.
6. Meneliti melalui pengujian berbagai campuran pasir feromagnetik, bensin dan styrofoam supaya diperoleh nilai spesifikasi yang diinginkan.

#### 1.6 METODE PENELITIAN

Proyek akhir ini menggunakan metode sebagai berikut:

1. Metode *Ex Post Facto*  
Metode *Ex Post Facto* merupakan metode dengan menggerakkan hubungan kausal data lampau.

2. Metode Eksperiment

Metode yang bersifat prediktif (ke masa depan), pengukuran objek secara cermat.

3. Studi Literatur

Studi literatur ini dimaksudkan untuk mempelajari konsep dan teori-teori yang mendukung proyek ini.

### 1.7 SISTEMATIKA PENULISAN BUKU PROYEK AKHIR

Sistematika yang digunakan dalam penyusunan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Dalam bab ini akan dibahas secara singkat tentang makna judul, latar belakang, tujuan penulisan, perumusan masalah, batasan masalah, metode penelitian, tempat pengujian, kegiatan pengerjaan dan diagram alir rekayasa serta pengujian.

#### **BAB II LANDASAN TEORI**

Dalam bab ini akan dibahas tentang dasar-dasar teori yang berhubungan dengan pengerjaan Proyek Akhir.

#### **BAB III PERANCANGAN OBJEK DAN METODE PENGUKURAN**

Dalam bab ini membahas perancangan dan pembuatan bahan uji kemudian proses pengukuran bahan uji tersebut serta hasil yang diperoleh.

#### **BAB IV ANALISIS HASIL UJI**

Dalam bab ini akan dibahas tentang analisis dari hasil pengukuran.

#### **BAB V SIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan dan saran sebagai hasil pembahasan dari bab sebelumnya.

**1.8 TEMPAT PENGUJIAN**

**Tabel 1.1 Rencana Pengujian**

No.	Pengujian	Alat Yang Diperlukan	Lokasi Peminjaman
1	Permitivitas	<i>Network Analyzer (300 kHz-3 GHz)</i>	<i>Lab. Microwave</i>
2	Permeabilitas	<i>Network Analyzer (300 kHz- 3 GHz)</i>	<i>Lab. Microwave</i>
3	Redaman	<i>Gun Osilator+Power Supply 9,4 GHz</i>	<i>Lab.Dasar Transmisi</i>

**1.9 KEGIATAN Pengerjaan dan BIAYA yang DIKELUARKAN**

Berikut alokasi waktu dan kegiatan pada pembuatan proyek akhir ini:

**Tabel 1 .2 Alokasi Pengerjaan Proyek Akhir**

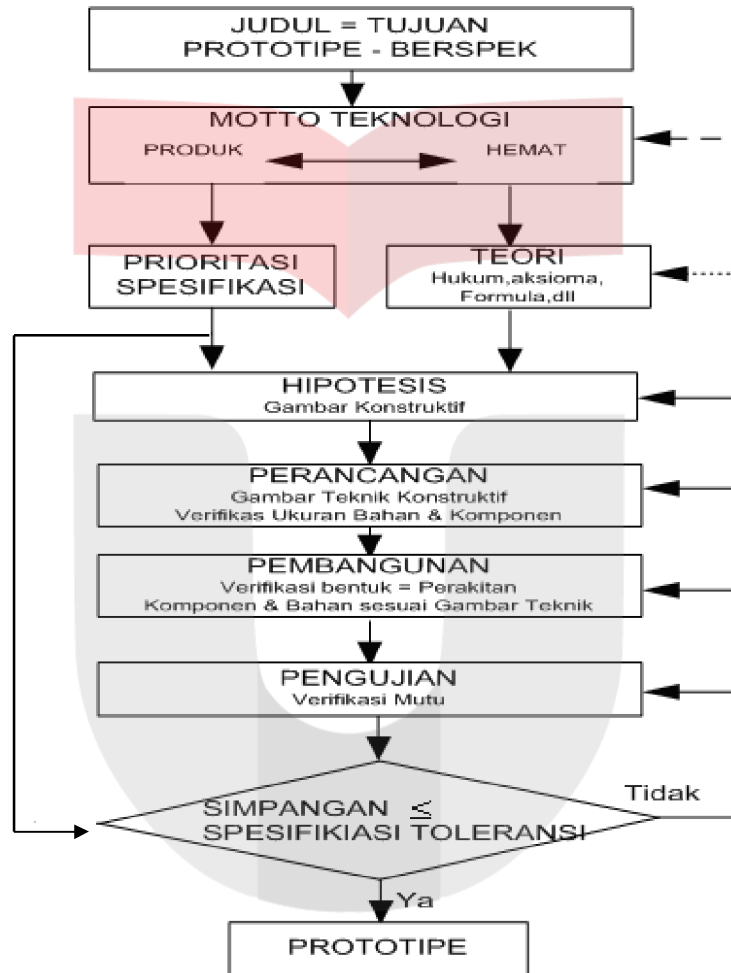
Bulan	I		II				III				IV			
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Perancangan dan pembuatan	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Pengukuran dan <i>troubleshooting</i>		■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Pengujian terintegrasi											■	■	■	■
Penyusunan Laporan											■	■	■	■

**Tabel 1 3 Biaya Pengerjaan Proyek Akhir**

No	Jenis Bahan	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Konektor N-female	2	Rp 25.000,00	Rp 50.000,00
2	Bensin	-	Rp 5.000,00	Rp 5.000,00
Total Biaya				<b>Rp 55.000,00</b>

**1.10 DIAGRAM ALIR REKAYASA DAN PENGUJIAN**

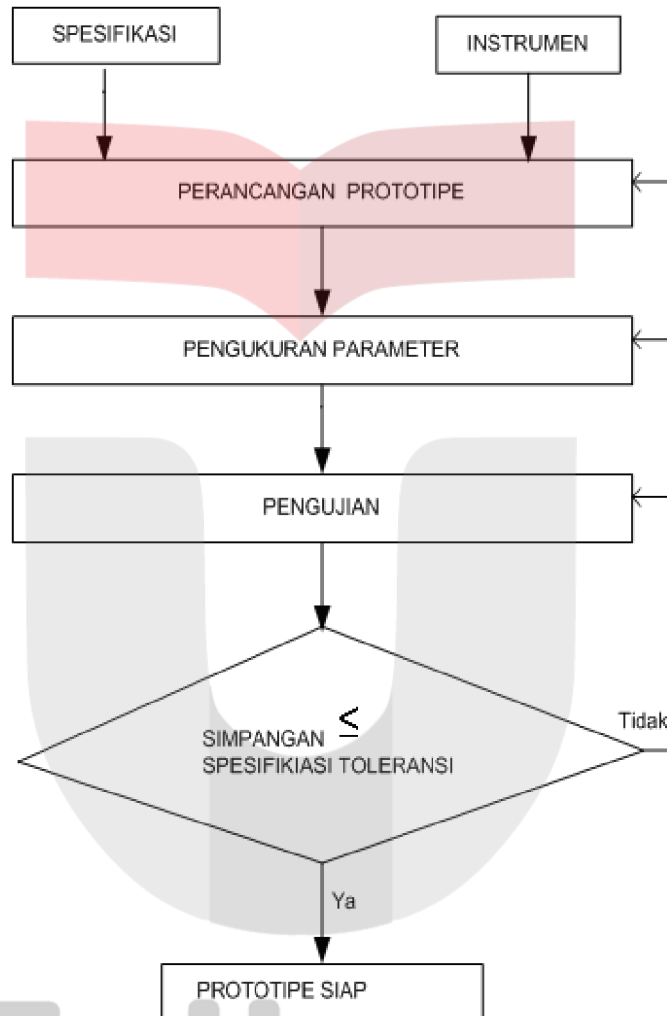
Dalam perancangan agar diperoleh ketepatan dalam membangun rancangan penyerap elektromagnetik ruang tanpa gema maka ada beberapa perhitungan sebagai berikut:



Gambar 1.1 Diagram Alir Rekayasa



Pengujian dalam penelitian ini mengacu pada diagram alir pengujian, dimana dalam pengujian tersebut yang akan diukur parameter-parameter yang mempengaruhi dalam perancangan dan pembuatan.



Gambar 1.2 Diagram Alir Pengujian

## BAB IV

### ANALISIS HASIL UJI

#### 4.1 Pendahuluan

Pengukuran bertujuan mengetahui karakteristik atau spesifikasi teknis dari bahan tersebut. Berdasarkan pengukuran tersebut dapat diperoleh hasil pengukuran, dari hasil ukur itulah dapat diketahui melalui proses analisis apakah bahan tersebut sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan atau belum.

#### 4.2 Analisis Hasil Uji $\epsilon_r$

Dalam bagian ini akan dibahas mengenai hasil dari pengukuran yang telah dilakukan mengenai bahan uji  $\epsilon_r$ .

Hasil dari pengukuran bahan uji  $\epsilon_r$  didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 *Perhitungan dari Hasil Pengukuran  $\epsilon_r$*

No	Frekuensi (MHz)	Nilai Kapasitansi (pF)	Nilai Permitifitas ( $\epsilon_r$ )
1	1500	<b>0,643</b>	<b>0,807</b>
2	1600	<b>1,416</b>	<b>1,777</b>
3	1700	<b>6,284</b>	<b>7,886</b>
4	1800	<b>3,406</b>	<b>4,275</b>
5	1900	<b>1,274</b>	<b>1,599</b>
6	2000	<b>1,669</b>	<b>2,090</b>
7	2100	<b>2,329</b>	<b>2,923</b>
8	2200	<b>8,114</b>	<b>10,183</b>
9	2300	<b>3,643</b>	<b>4,572</b>
10	2400	<b>1,671</b>	<b>2,097</b>
11	2500	<b>1,608</b>	<b>2,018</b>

Tabel diatas menunjukkan hasil pengukuran bahan uji  $\epsilon_r$  berdasarkan perbedaan tiap frekuensi yang berbeda. Berdasarkan hasil tersebut nilai kapasitansi pada frekuensi kerja 2000 MHz yang merupakan frekuensi tengah yang digunakan sebagai acuan perhitungan dan pengukuran memiliki nilai kapasitansi sebesar *1,669 pF*. Hal ini berarti nilai kapasitansi tersebut telah mendekati nilai kapasitansi yang ditentukan pada bab III sebesar 1,594 pF.



Nilai kapasitansi dari hasil pengukuran yang sebesar 1,669 pF pada frekuensi tengah 2000 MHz dapat digunakan untuk mengetahui nilai permitifitas bahan berdasarkan persamaan:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

$$\epsilon_r = \frac{Cd}{\epsilon_0 A}$$

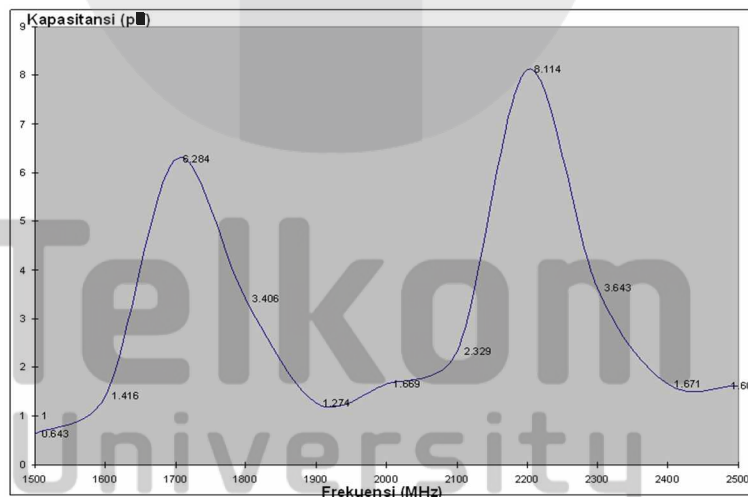
$$\epsilon_r = \frac{1,669 \cdot 10^{-12} \cdot 25 \cdot 10^{-4}}{8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 2,25 \cdot 10^{-4}} \dots(2.2)$$

$$\epsilon_r = 2,09$$

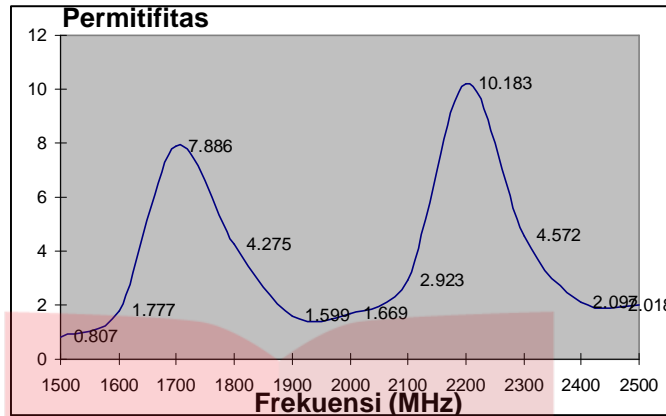
dimana  $A = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$   
 $d = 25 \cdot 10^{-4} \text{ m}$   
 $C = 1,669 \text{ pF}$   
 $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$

Nilai  $\epsilon_r$  yang didapat dari hasil pengukuran yaitu 2,09 yang menunjukkan bahwa hasil pengukuran nilainya mendekati nilai permetifitas yang ditetapkan pada pada bab I sebesar 2.

Berdasarkan tabel 4.1 dapat pula ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti gambar berikut:



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Nilai Kapasitansi dengan Frekuensi



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Permittifitas dengan Frekuensi

Grafik 4.1 menunjukkan nilai kapasitansi yang bervariasi pada setiap frekuensi dan komposisi yang berbeda. Nilai kapasitansi yang tertinggi terletak pada frekuensi 2200 MHz yaitu 8,114 F/m dan nilai yang terendah adalah 0,643 F/m pada frekuensi 1500 MHz. Nilai kapasitansi yang memenuhi ketentuan mengacu pada nilai kapasitansi 1,594 pF yaitu pada kisaran frekuensi 1600 MHz, 2000 MHz, 2100 MHz dan 2500 MHz.

Grafik 4.2 menunjukkan nilai permittifitas yang bervariasi pada setiap frekuensi dan komposisi yang berbeda. Nilai permittifitas yang memenuhi ketentuan mengacu pada nilai 1,777; 2,923; 2,090; 2,018 pada kisaran frekuensi 1600 MHz, 2000 MHz, 2100 MHz dan 2500 MHz.

Pengukuran bahan uji  $\epsilon_r$  tidak hanya menghasilkan nilai kapasitansi, tetapi dari hasil pengukuran juga didapatkan nilai redaman suatu bahan. Redaman ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai konduktifitas dari bahan yang diukur sesuai dengan persamaan:

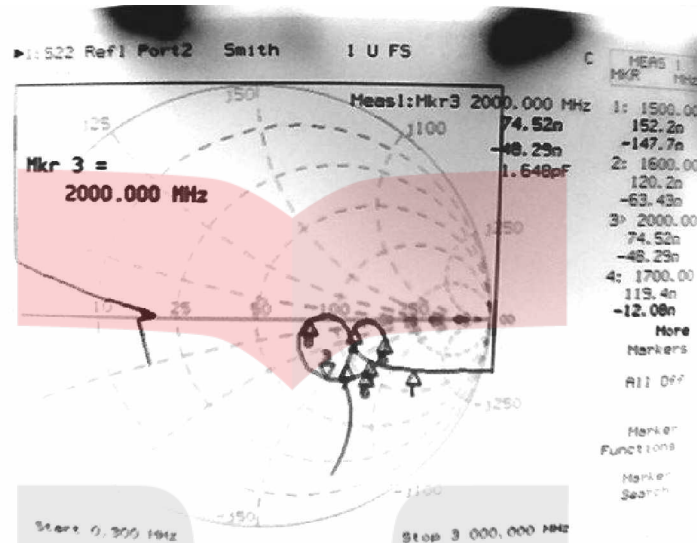
$$\sigma = \frac{d}{R.A}$$

$$\sigma = \frac{25 \cdot 10^{-4}}{74,52 \times 2,25 \cdot 10^{-4}}$$

$$\sigma = 0,149 \text{ mho/m} \quad \dots(2.1)$$

dimana  $A = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$   
 $d = 25 \cdot 10^{-4} \text{ m}$   
 $R = 74,52 \Omega$

Redaman sebesar **74,52 Ω** didapatkan dalam pengukuran bahan uji  $\epsilon_r$  pada frekuensi 2000 MHz seperti yang ditunjukkan gambar smithchart pada *Network Analyzer*.



Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Redaman pada Frekuensi 2000 MHz

Nilai yang kedepannya sangat berpengaruh adalah adanya sinkronisasi antara nilai konduktifitas teori dengan nilai konduktifitas hasil pengukuran. Yang mana dari perbandingan tersebut akan diketahui nilai imajiner pada bahan. Hal ini dapat diketahui dengan perbandingan nilai konduktifitas teori yaitu 0,111 mho/m dengan nilai konduktifitas hasil pengukuran 0,149 mho/m seperti pada persamaan berikut:

$$\frac{\sigma_{teori}}{\sigma_{terukur}} = \frac{1}{x}$$

$$x = \frac{\sigma_{terukur}}{\sigma_{teori}}$$

$$x = \frac{0,149}{0,111}$$

$$x = 1,34 \quad \dots(2.3)$$

Sehingga nilai imajiner yang didapat dari hasil pengukuran yaitu -j1,34 yang menunjukkan bahwa hasil pengukuran nilainya mendekati nilai imajiner yang ditetapkan pada bab I sebesar -j1

### 4.3 Analisis Hasil Uji $\mu_r$

Dalam bagian ini akan dibahas mengenai hasil dari pengukuran yang telah dilakukan mengenai bahan uji  $\mu_r$ .

Hasil dari pengukuran bahan uji  $\mu_r$  didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.2 Perhitungan dari Hasil Pengukuran  $\mu_r$

No	Frekuensi (MHz)	Nilai Induktansi (nH)	Nilai Permeabilitas ( $\mu_r$ )
1	1500	3,784	0,253
2	1600	5,686	0,380
3	1700	7,741	0,518
4	1800	8,169	0,547
5	1900	14,153	0,948
6	2000	12,966	0,868
7	2100	9,441	0,632
8	2200	-	-
9	2300	-	-
10	2400	-	-
11	2500	-	-

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengukuran bahan uji  $\mu_r$  berdasarkan perbedaan tiap frekuensi yang berbeda. Berdasarkan hasil tersebut nilai induktansi pada frekuensi kerja 2000 MHz yang merupakan frekuensi tengah yang digunakan sebagai acuan perhitungan dan pengukuran memiliki nilai kapasitansi sebesar 12,996 nH. Hal ini berarti nilai induktansi tersebut mendekati nilai induktansi yang ditentukan pada Bab III sebesar 14,936 nH.

Nilai induktansi dari hasil pengukuran yang sebesar 12,996 nH pada frekuensi tengah 2000 MHz dapat digunakan untuk mengetahui nilai permeabilitas bahan berdasarkan persamaan:

$$L = \frac{0,4\pi\mu_0\mu_r N^2 A 10^{-2}}{l}$$

$$\mu_r = \frac{l.L}{0,4\pi\mu_0 N^2 A 10^{-2}}$$

$$\mu_r = \frac{6,5 \cdot 10^{-2} \times 12,966 \cdot 10^{-9}}{0,4 \times 3,14 \times 4 \cdot 10^{-7} \times 3,14 \times 14^2 \times 314 \cdot 10^{-6} \times 10^{-2}}$$

$$\mu_r = 0,868 \quad \dots(2.4)$$

dimana

$$l = 6,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$L = 12,996 \text{ nH}$$

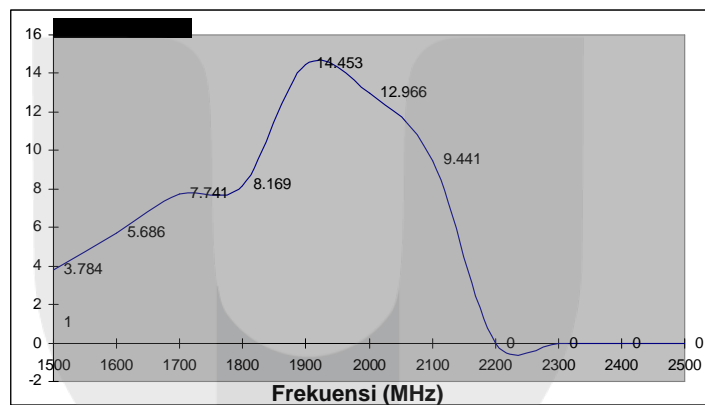
$$A = 314 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$N = 14 \text{ lilitan}$$

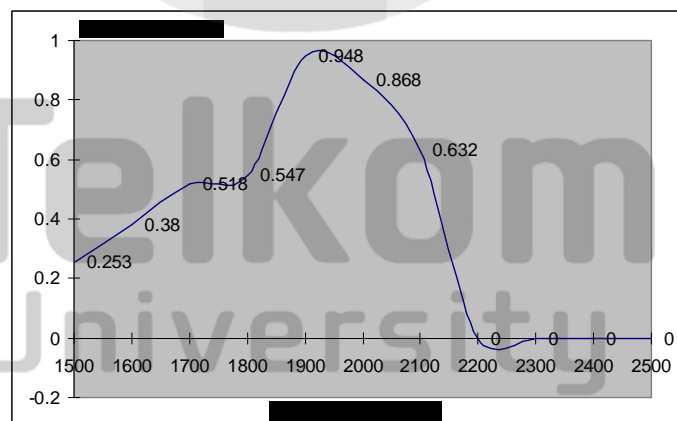
$$\mu_0 = 4 \mu 10^{-7} \text{ H/m}$$

Nilai  $\mu_r$  yang didapat dari hasil pengukuran yaitu 0,868 yang menunjukkan bahwa hasil pengukuran nilainya mendekati nilai permeabilitas yang ditetapkan pada bab I yaitu 1.

Berdasarkan tabel 4.2 dapat pula ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti gambar berikut:



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Nilai Induktansi dengan Frekuensi



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Nilai Permeabilitas dengan Frekuensi

Pada gambar yang ditunjuk pada grafik 4.4 secara umum dapat dilihat pengukuran induktansi terdapat beberapa frekuensi yang dominan mencuplikan hasil pengukuran yang sebenarnya.

Seperti yang terlihat pada grafik pengukuran induktansi diatas, terlihat bahwa ditinjau dari segi frekuensi terdapat cuplikan dominan nilai induktansi yang ditetapkan pada *range* frekuensi 1850-2000 MHz. Pada grafik 4.4 diatas pada rentang frekuensi  $\geq 2000$  MHz terdapat induktansi yang bernilai nol, *hal ini bukan menunjukkan nilai permeabilitas bernilai nol tetapi bernilai kapasitif*. Hal ini diduga karena adanya kapasitansi yang terjadi antara dua kawat.

#### 4.4 Analisis Penyerap Elektromagnetik Bentuk Piramida

Setelah kita mendapatkan hasil ukur dari butir-butir diatas, dalam kasus ini akan dianalisis cuplikan pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian penyerap elektromagnetik bentuk piramida. Dapat dilihat di bagian lampiran yang tercantum pada halaman belakang bahwa beberapa tahapan yang dilakukan untuk menentukan besar nilai konstanta bahan yang diinginkan yaitu  $\epsilon_r$  dan  $\mu_r$ . Dalam hal ini, akan ditinjau hasil pengukuran keseluruhan dari pencuplikan pengujian bahan-bahan yang akan diteliti.

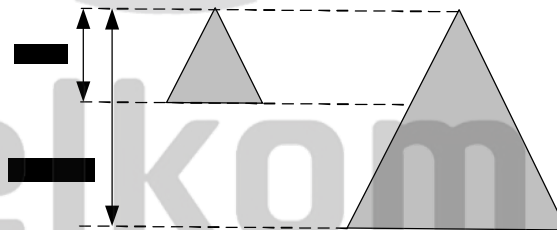
Pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan *Gun Osilator+Power Supply*. Alat ini dalam prakteknya menggunakan frekuensi kerja 9,4 GHz. Hasil yang diperoleh dari pengukuran bahan uji mengikuti ketetapan seperti yang tercantum dalam tabel di bawah ini:

Telkom  
University

Tabel 4.3 Koefisien Pantul Penyerap Piramida  
Redaman (dB) vs Frekuensi (MHz)

Tebal Nominal(inci)	120	200	300	500	1000	2000-4000	4000-8000	8000-1240	1240-1800	1800-2650
3	...	...	...	...	...	...	30	40	45	50
5	...	...	...	...	...	30	40	45	50	50
8	...	...	...	...	30	40	45	50	50	50
12	...	...	...	...	35	40	45	50	50	50
18	...	...	...	30	40	45	50	50	50	50
24	...	...	30	35	40	50	50	50	50	50
45	...	30	35	40	45	50	50	50	50	50
70	30	35	40	45	50	50	50	50	50	50
106	35	40	45	50	50	50	50	50	50	50
144	40	45	50	50	50	50	50	50	50	50

Perlu ditekankan lagi bahwa dalam pengukuran bahan uji ini menggunakan perbandingan 1:2,7, yang berarti bahwa nilai ukuran penyerap piramida elektromagnetik ini lebih kecil dari ukuran aslinya. Tinggi piramida yang diinginkan adalah 10,9 cm, sehingga dengan perbandingan tersebut bahan yang dibuat mempunyai tinggi 4 cm. Hal ini diperlukan karena mengingat dalam pembuatan bahan ini membutuhkan bahan dasar yang cukup banyak sehingga dengan menggunakan skala perbandingan diharapkan dapat menghemat bahan itu sendiri tanpa mengurangi hasil ukur, seperti ditunjukkan gambar berikut ini:



Gambar 4.6 Perbandingan Piramida

Dalam pengukuran penyerap piramida elektromagnetik diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Pengukuran pertama dengan mengatur puncak bahan uji (piramida) kearah antenna horn seperti yang, diperoleh nilai redaman sebesar 9 dB

dengan tinggi piramida 4 cm, artinya nilai  $\alpha = 9 \text{ dB}/4 \text{ cm}$ . Dengan perbandingan bahan 1:2,7 maka nilai  $\alpha$  pada 10,9 cm adalah:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{9\text{dB}/4\text{cm}}{x\text{dB}/10,9\text{cm}}$$

$$x = 24,5\text{dB}$$

2. Pengukuran *kedua* dengan mengatur alas bahan uji (piramida) kearah antenna horn diperoleh nilai redaman sebesar 9,5 dB dengan tinggi piramida 4 cm, artinya nilai  $\alpha = 9,5 \text{ dB}/4 \text{ cm}$ . Dengan perbandingan bahan 1:2,7 maka nilai  $\alpha$  pada 10,9 cm adalah:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{9,5\text{dB}/4\text{cm}}{x\text{dB}/10,9\text{cm}}$$

$$x = 25,9\text{dB}$$

Berdasarkan hasil tersebut dapat dianalisis bahwa dalam dalam pengukuran yang *kedua* nilai redaman yang dihasilkan lebih besar dari pengukuran yang *pertama*. Analisis awal, hal ini disebabkan beberapa faktor, diantaranya gelombang elektromagnetik:

- § mengalami redaman
- § mengalami pembiasan
- § mengalami pemantulan
- § mengalami hamburan

Dari hasil pengukuran juga diketahui bahwa nilai redaman yang dihasilkan tidak sepenuhnya sesuai dengan tabel 4.3 hal ini karena dalam pengukuran bahan dihadapkan oleh beberapa faktor, beberapa faktor tersebut diantaranya:

1. Alat ukur *Gun Osilator+Power Supply* tidak menghasilkan frekuensi kerja yang stabil.
2. Pengaruh derau dan interferensi yang ada disekitarnya yang tidak dapat dihindari.
3. Dipengaruhi oleh pantulan gelombang yang tidak diinginkan.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bowick,Chris. 1985. RF Circuit Design. Howard W.Sams & Co.,Indianapolis.
- [2] Foster, Bob. 2003. *Fisika SMU*. Jakarta : Erlangga.
- [3] Hemming, Leland H. 2002. *Electromagnetic Anechoic Chambers : A Fundamental Design and Spesification Guide*. Wiley Interscience. USA
- [4] Jasik. 1961.**Antennas Engineering Handbook**. Mc-graw-Hill Company. New York.
- [5] Kraus, J.D. 1998. *Antennas:For All Applications, 3<sup>rd</sup> edition, Mc-graw-Hill International*. New York.
- [6] Nachwan Mufti A. 2006 .**Materi dan Slide Kuliah Antena**. IT Telkom. Bandung
- [7] Soetamso, Drs. 2006. **Diktat dan Catatan Kuliah Antena**. IT Telkom. Bandung
- [8] Suprayogi. 2006. **Diktat dan Catatan Kuliah Elektromagnetika**. IT Telkom.

Bandung



Telkom  
University