BAB III

PERANCANGAN, PEMBUATAN, DAN PENGUKURAN PARAMETER ANTENA HORN PIRAMIDA

3.1 Perencanaan Suatu Antena Horn

Dari rumus-rumus antena yang diketahui, dapat direncanakan suatu antena horn piramida yang optimum. Ada beberapa ketentuan yang harus diperhatikan adalah :

1. Antena horn yang akan direncanakan dalam kondisi optimum, artinya ukuran dari antena ini mampu menghasilkan gain yang maksimum.
2. HP bidang-E dan HP bidang-H mempunyai ukuran yang seimbang.
3. Antena yang direncanakan mempunyai gain yang tertentu.
4. Antena horn ini dapat dicatu dengan memakai bumbung gelombang yang sederhana (bumbung gelombang persegi).

3.2 Perencanaan Antena Horn Piramida

Secara umum, geometri antena horn piramidal ditunjukkan pada Gambar 3.1. Mulut dari antena ini melebar kearah medan listriknya (E) dengan dimensi pelebaran *Ae* dan ke arah medan magnet (H) dengan pelebaran dimensi ini *Ah*. Panjang antena dari '*Virtual apex*' ke bidang *aperture* dinyatakan dengan *R*. Antena ini di catu oleh bumbung gelombang persegi (*Rectanguler waveguide*) dengan dimensi penampang *a x b* (*a* = panjang penampang, *b* = lebar penampang). Untuk mencari dimensi mulut dari antena horn piramida digunakan persamaan sebagai berikut :

$$A_h = a_1 = 0{,}45 \cdot \lambda \cdot \sqrt{G} \quad \text{.....(3.1)}$$

$$A_e = b_1 = \frac{G \cdot \lambda^2}{0{,}15 \cdot 4 \cdot \pi \cdot a_1} \quad \text{.....(3.2)}$$

Direktivitas antena ini berbanding lurus dengan pengarahan radiasi dari masing-masing antena horn sektoralnya, yaitu sektoral bidang medan listrik (E), sektoral bidang magnet (H). Pada analisa ke arah sektoral bidang medan listrik, menghasilkan bentuk antena horn sektoral bidang-E yang di tunjukkan pada Gambar 3.1, dengan pengarahan radiasi dinyatakan dengan persamaan (3.3)

$$D_E = \frac{32 A_e A_h}{\pi \lambda^2} \frac{C^2(q) + S^2(q)}{q} \quad \text{……(3.3)}$$

Dimana :

$a1 = A_e$ = ukuran mulut antena horn ke arah medan listrik

b1=A_h = ukuran mulut antena horn ke arah medan magnet

a, b = ukuran dari penampang bumbung gelombang (*waveguide*)

ρ1, ρ2 = panjang axial dari horn dilihat dari bidang-E dan bidang-H.

λ : Panjang gelombang.

C (q) dan S (q) merupakan integral *Fresnel* yang didefinisikan dengan persamaan (3.2) dan (3.3)

$$q = \frac{A_e}{\sqrt{2\lambda R}} \quad \text{……...(3.4)}$$

$$C(q) = \int_0^q \cos(\pi x^2 / 2) dx \quad \text{……....(3.5)}$$

$$S(q) = \int_0^q \sin(\pi x^2 / 2) dx \quad \text{……..(3.6)}$$

Apabila analisa kearah sektoral bidang medan magnet, bentuk antena menjadi antena horn sektoral bidang-H, dengan direktivitas dinyatakan dengan persamaan (3.7)

$$D_H = \frac{4\pi A_e R}{\lambda A_h}\left\{\left[C(P_1)-C(P_2)\right]^2+\left[S(P_1)-S(P_2)\right]^2\right\} \text{.....(3.7)}$$

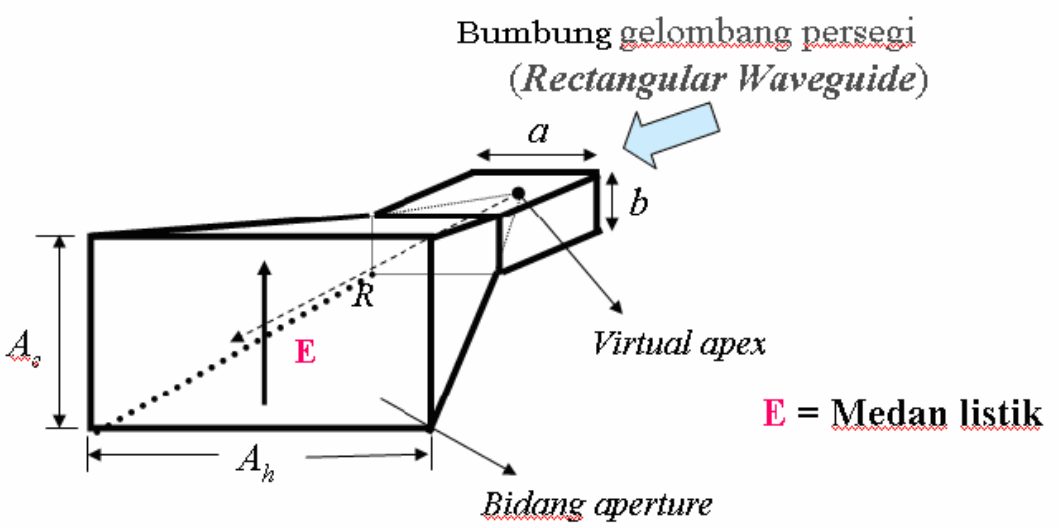
$$P_1 = \frac{(a_1)^2}{3\lambda} \text{.....(3.8a)}$$

$$P_2 = \frac{(b_1)^2}{2\lambda} \text{.....(3.8b)}$$

Harga direktivitasnya berbanding lurus denganpengarahan radiasi masing-masing antena sektoral tersebut dan dinyatakan dengan persamaan (3.9)

$$D_p = \frac{\pi}{32}\cdot\left(\frac{\lambda}{a}\cdot D_E\right)\cdot\left(\frac{\lambda}{b}\cdot D_H\right) \text{.....(3.9)}$$

Dengan *DE* dan *DH* berturut-turut direktivitas antena horn sektoral bidang-E dan antena sektoral bidang-H.



Gambar 3.1 Geometri Antena Horn piramida

Dengan :

R : Jarak dari *virtual apex* ke bidang aperture

Ae : pelebaran ke arah medan listrik

Ah : pelebaran ke arah medan magnet

a x b : dimensi penampang bumbung gelombang (*waveguide*)

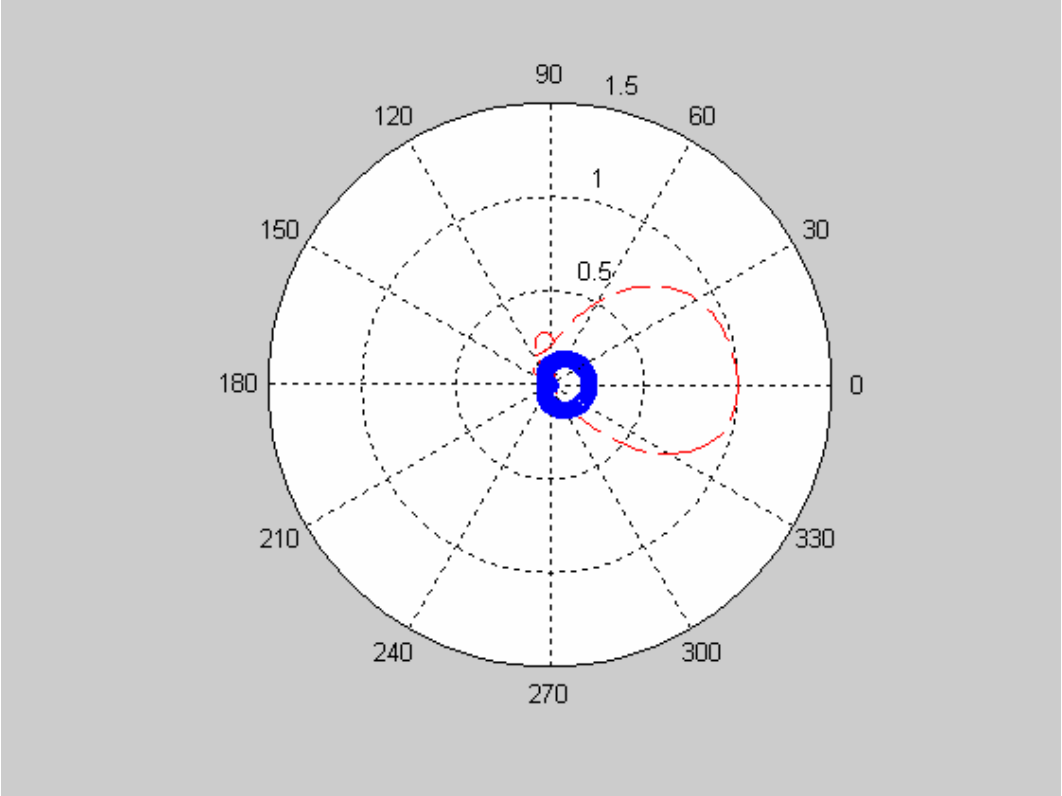
3.3 Perancangan Menggunakan Matlab

Antena horn beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz. Antena ini dicatu dengan bumbung gelombang tipe WR340 dengan ukuran dalam a = 8,636 cm dan b = 7 cm. Antena ini direncanakan mempunyai gain sebesar 16 dB dari pengukuran awal. Sesuai dengan prosedur diatas dengan bantuan program Matlab dapat ditentukan dimensi antena horn, yang sebelumnya memberikan harga gain, a, b. Hasil running program didapatkan :

Tabel 3.1 Parameter dalam perancangan antena horn dengan Gain 16 dB

Desain Parameter untuk Gain Optimum Antena Horn Piramida		
a1	=	35.4910 cm
b1	=	27.3972 cm
p1	=	33.5897 cm
p2	=	29.9149 cm
IH	=	37.9891 cm
IE	=	32.8918 cm
pE	=	22.3576 cm
pH	=	24.1163 cm
befa (Γ)	=	0.0574
VSWR	=	1.1219
HPh	=	27.6126^0
HPe	=	24.6826^0
Direktivitas	=	85.5916 = 19,324 dB

Hasil running program untuk Pola Radiasi Antena Horn Piramida pada bidang E



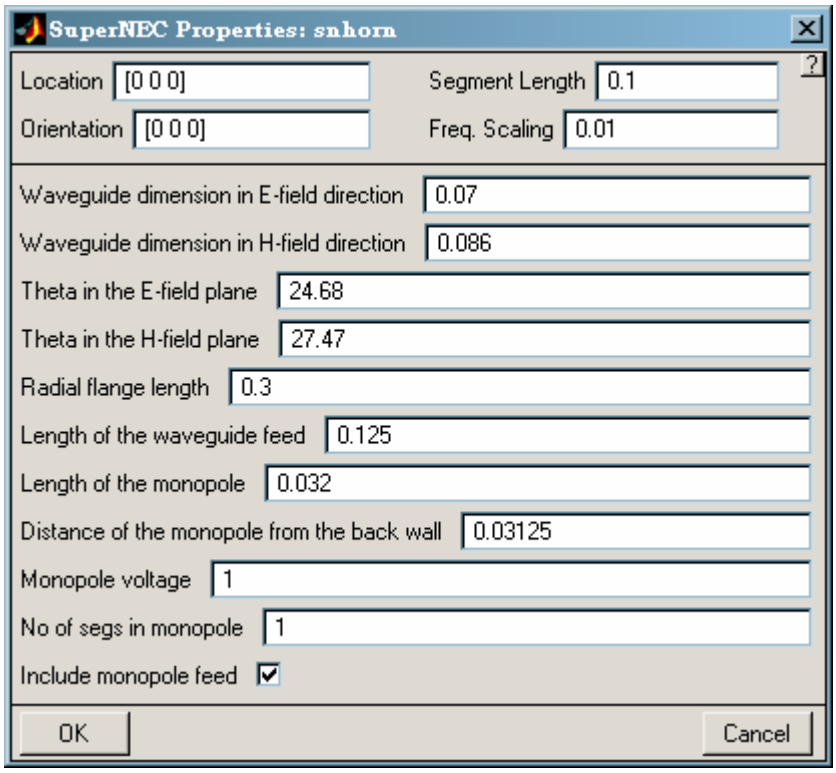
Gambar 3.2 Pola Radiasi Antena Horn Piramida

3.4 Simulasi Menggunakan SuperNEC 2.9

Setelah tahap perancangan selesai, langkah selanjutnya adalah mensimulasikan hasil rancangan tadi sebelum diimplementasikan dalam bentuk sebenarnya. Simulasi digunakan sebagai pendekatan antara perancangan dengan keadaan sebenarnya. Dalam simulasi, akan diketahui apakah hasil rancangan sudah sesuai dengan kondisi yang diinginkan atau belum.

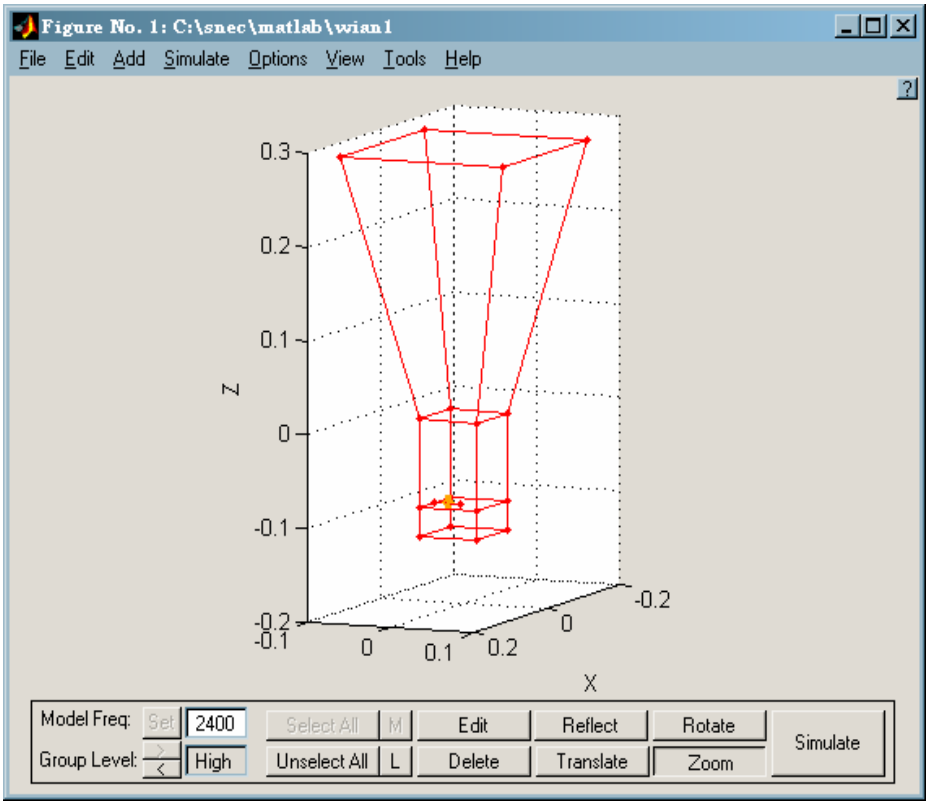
Untuk mensimulasikan antena horn piramida ini, penulis menggunakan software SuperNEC 2.9. SuperNec adalah salah satu software simulasi medan elektromagnetik yang menggunakan perhitungan berbasis *Method of Moment* dan dapat memeberikan banyak informasi untuk perancangan pada output filenya.

Parameter-parameter pada tabel 3.1 selanjutnya digunakan sebagai input bagi software untuk membuat model dari antena horn yang dirancang. Prose memasukan parameter-parameter input dari natena horn dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.3 Memasukan Parameter Rancangan pada Software SuperNec

Setelah model dari antena selesai dibuat oleh software, selanjutnya model tadi ditampilkan bentuk geometrinya sesuai dengan parameter yang telah penulis masukan. Atur frekuensi kerja dari model antena horn yang dibuat agar software dapat menentukan secara otomatis bentuk dari antenna horn yang akan dibuat. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.4

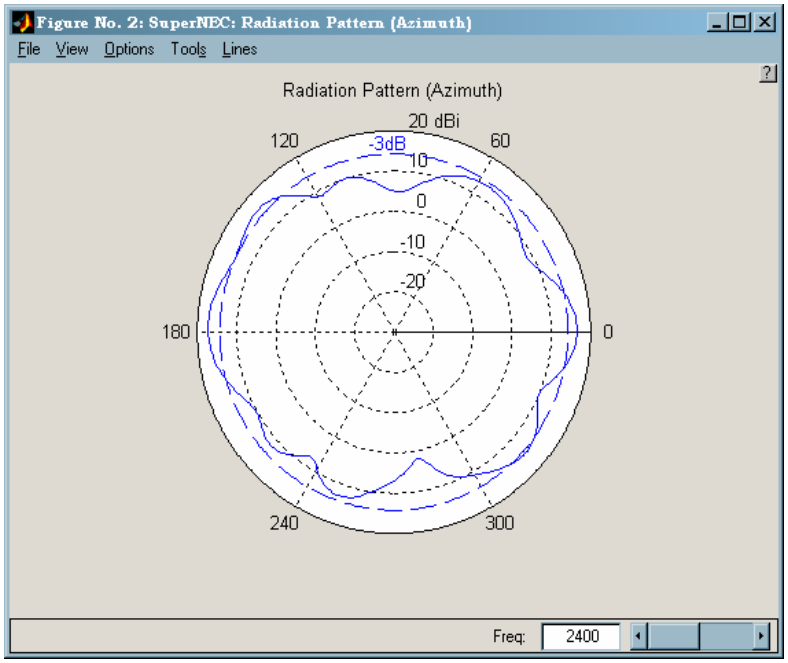


Gambar 3.4 Model Antena Horn Hasil Perancangan Pada SuperNEC

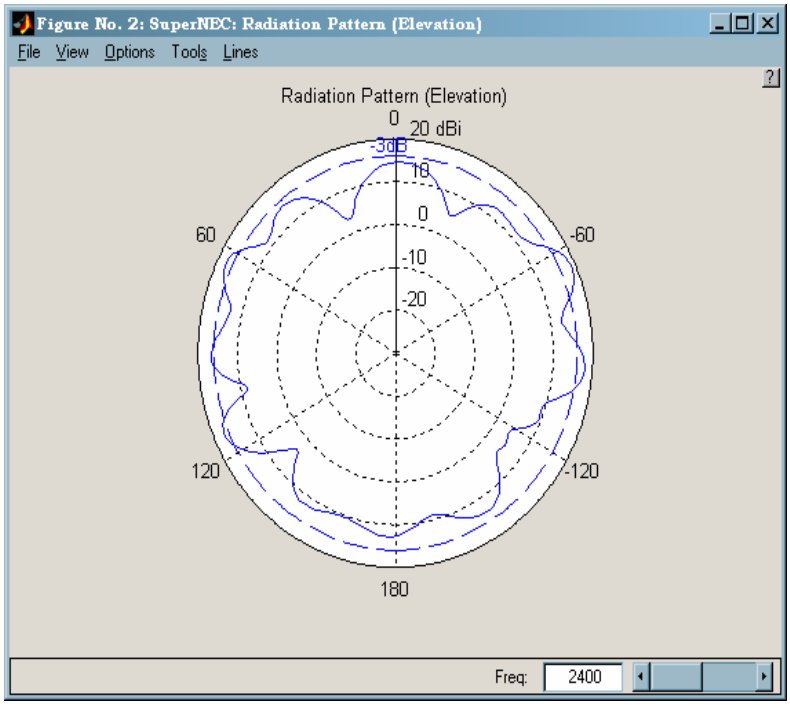
Langkah selanjutnya adalah mengatur parameter simulasi. Parameter simulasi yang dimaksud antara lain sebagai berikut :

1. Frekuensi uji, frekuensi uji dapat dipilih pada frekuensi 2400 MHz
2. *Near Field plot*
3. *Radiation Pattern*, *radiation pattern* dapat dipilih untuk beberapa orientasi arah.

Sampai disini model antena horn telah siap disimulasikan. Software SuperNEC secara otomatis melakukan perhitungan-perhitungan berdasarkan pada parameter simulasi yang telah diatur tadi. Gambar pola radiasi *azimuth* dan *elevation* hasil simulasi dari antena horn hasil perancangan pada frekuensi 2,4 GHz dapat dilihat pada gambar 3.5



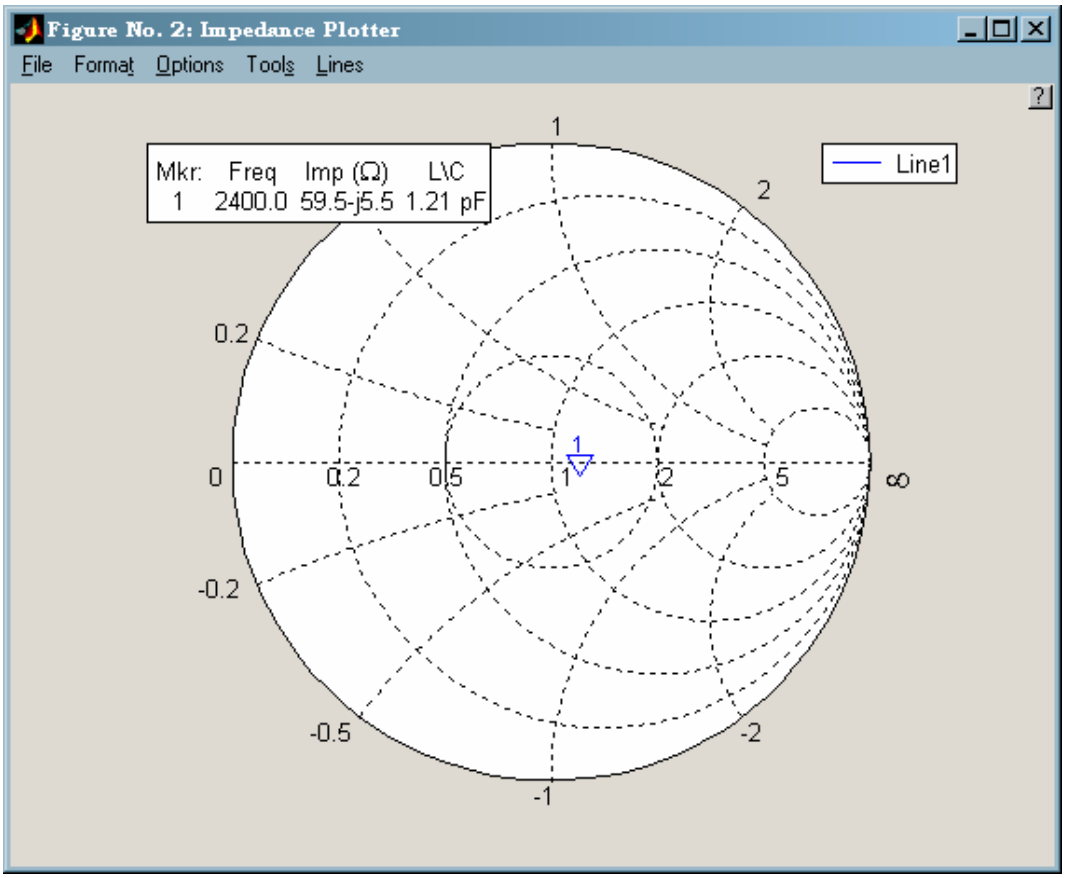
(a)



(b)

Gambar 3.5 Hasil Simulasi Pola Radiasi dari Antena Horn dalam Koordinat Polar 2D pada Frekuensi 2,4 GHz (a) Azimuth (b) Elevasi

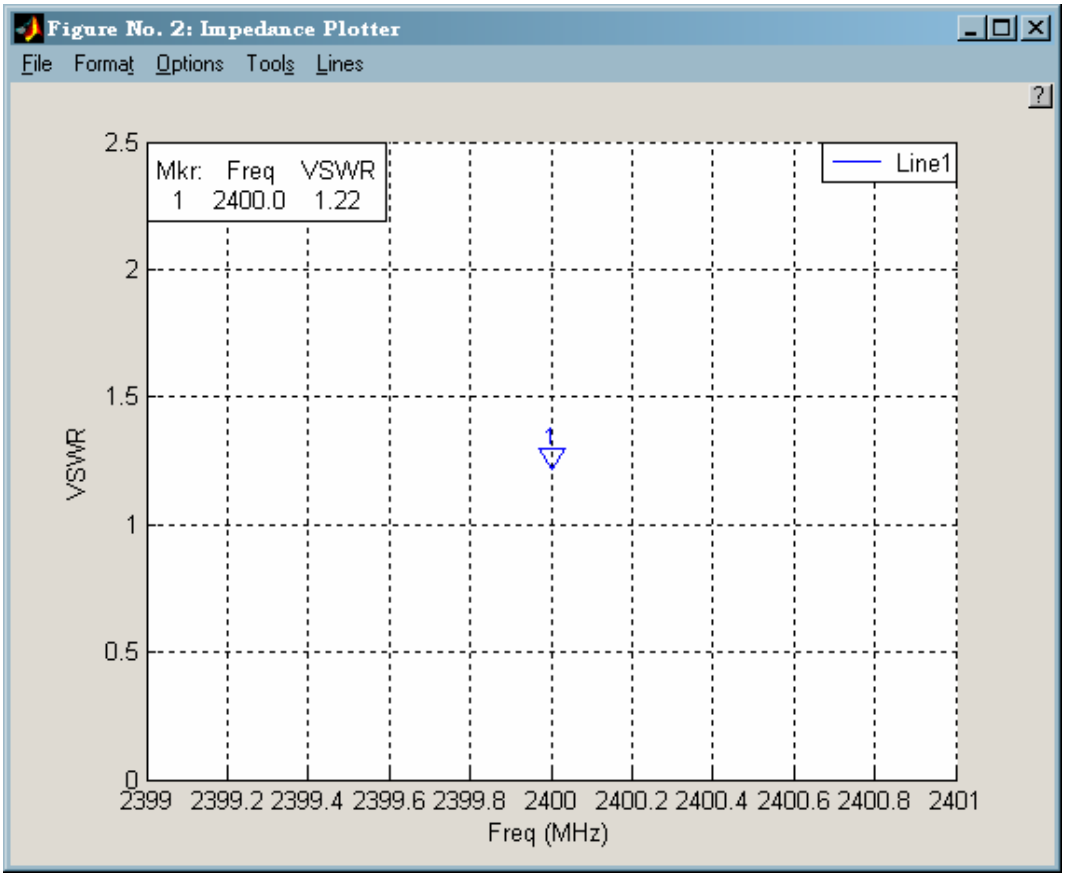
Berikutnya akan dilihat berapa besar impedansi dari antena horn hasil perancangan ini. Dalam simulasi, impedansi dari antena horn adalah sebesar 59,5-j5,5Ω seperti digambarkan dalam *smith chart* pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Hasil Simulasi Impedansi Antena Horn pada Frekuensi 2,4 GHz Digambarkan dalam *Smith Chart*

Dengan nilai impedansi 59,5-j5,5Ω, apabila antena horn dihubungkan dengan saluran transmisi yang mempunyai impedansi karakteristik sebesar 50 Ω, maka akan menimbulkan gelombang pantul yang perbandingannya kita kenal dengan istilah VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*).

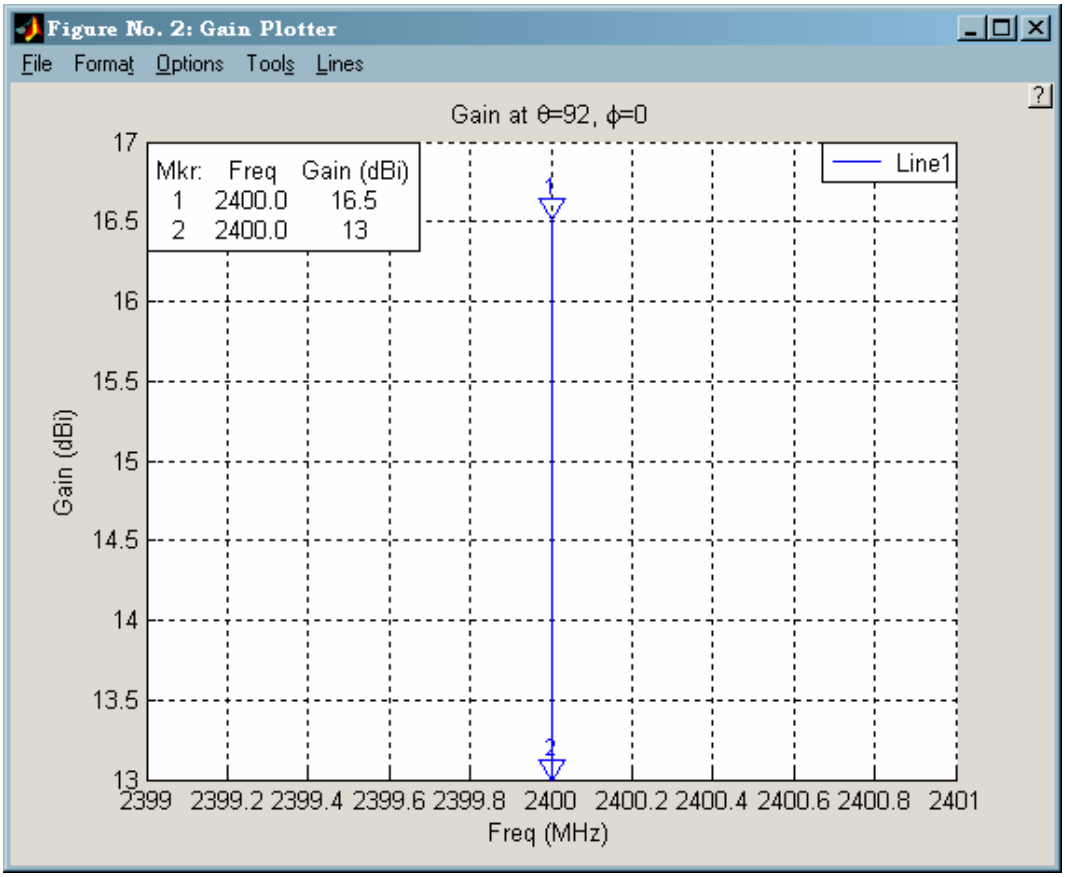
Nilai VSWR antena horn hasil perancangan dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Hasil Simulasi VSWR dari Antena Horn pada Frekuensi 2,4 GHz

Dari hasil simulasi, diketahui bahwa antena horn mempunyai nilai VSWR sebesar 1,22 jika dihubungkan dengan saluran transmisi yang mempunyai nilai impedansi karakteristik sebesar 50 Ω.

Berikutnya akan dilihat berapa besar gain dari antena horn hasil perancangan ini. Dalam simulasi, gain dari antena horn adalah sebesar 16,3 dBi seperti digambarkan pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Hasil Simulasi Gain dari Antena Horn pada Frekuensi 2,4 GHz

3.5 Pembuatan Antena Horn Piramida

Setelah perhitungan dan simulasi selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan hasil perancangan antena horn untuk frekuensi 2,4GHz tadi . Sebelum pembuatan antena ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu : bahan antena dan teknik pembuatan antena.

3.5.1 Bahan Antena

Bahan yang diperlukan untuk membuat suatu antena horn piramida ini diharapkan dapat memberikan daya pancar radiasi gelombang elektromagnetik yang cukup besar, sehingga dibutuhkan pemilihan bahan yang cukup memadai. Pada pembentukan antena horn piramida ini dipilih dari plat almunium dengan

ukuran tebal 1,7 mm. Ada beberapa hal yang memungkinkan bahan tersebut digunakan : mudah didapat, ringan, konduktivitasnya cukup besar, mudah untuk konstruksi dan penyambungannya. Adapun konduktivitas dari beberapa penghantar ditunjukkan pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Konduktivitas dari beberapa penghantar

Konduktor	Konduktivitas (mho/meter)
Baja	2×10^6
Kuningan	$1{,}1 \times 10^7$
Almunium	$3{,}5 \times 10^7$
Emas	$4{,}1 \times 10^7$
Tembaga	$5{,}7 \times 10^7$
Perak	$6{,}1 \times 10^7$

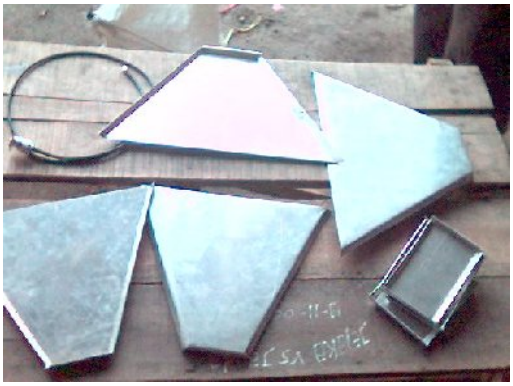
3.5.2 Teknik Pembuatan

Teknik pembuatan antena horn piramida ini cukup rumit dilakukan tanpa peralatan yang memadai untuk mendapatkan dimensi antena yang tepat (presisi).

- Alat dan Bahan :
    1. Kertas Karton, spidol, penggaris, gunting (pola).
    2. gunting seng, plat alumunium dengan ketebalan 1,7 mm, palu kayu (pemotongan plat).
    3. Baut dengan ukuran 4 mm dan 0.5 mm, Obeng, sekerup.
    4. Bor dengan mata bor berukuran 14 mm, 5 mm, 1 mm, kikir besar dan kecil.
    5. type N-connector male dan female, kabel pigtail.

- Langkah-langkah yang di lakukan pada pembuatan antena ini yaitu :

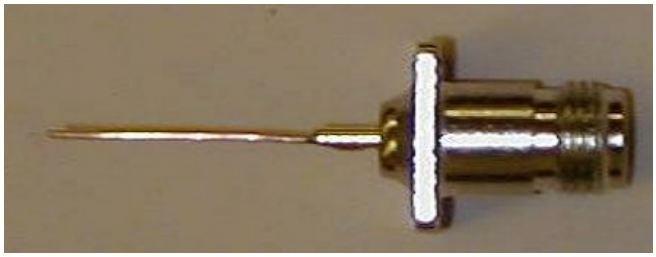
    1. Dimensi antena didapatkan dari bantuan program matlab.
    2. Membuat pola konstruksi dari kertas karton yang sedemikian rupa sehingga bila dibentuk akan sama dengan bentuk antena.
    3. Menerapkan pola konstruksi pada plat almunium yang sudah disediakan.
    4. Memotong plat almunium sesuai dengan pola,



Gambar 3.9 Hasil Potong plat alumunium sesuai dengan pola.

    5. Membentuk potongan plat sesuai dengan bentuk yang diharapkan (dimensinya cocok dengan program).
    6. Menyambung bagian yang belum tertutup dengan menggunakan las alumunium sehingga didapatkan bentuk seperti corong berbentuk persegi.

Setelah antena horn terbentuk, selanjutnya akan disambung dengan bumbung gelombang, sedangkan untuk tuning antena ditambahkan kabel tembaga sepanjang 3 cm pada type N-connector dan lokasi optimum untuk N-connector adalah 3,125 cm dari belakang bumbung gelombang. Berikut gambar N-connector untuk tuning.



Gambar 3.10 N-connector dengan penambahan kabel tembaga 3 cm

3.5.3 Hasil Rancangan Antena Horn Piramida

Antena horn piramida yang telah dibuat merupakan hasil dari perancangan yang ada, dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.11 Hasil Rancangan Antena Horn

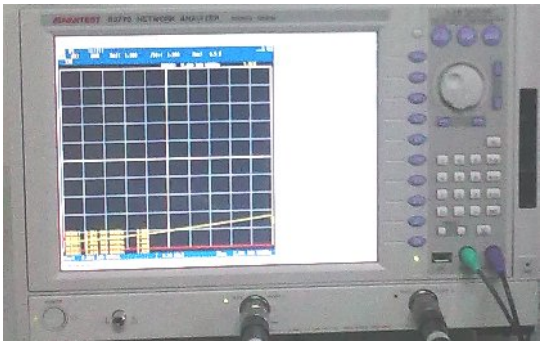
3.6 Pengukuran Parameter Antena Horn Piramida

Setelah menjalani proses perancangan dan pembuatan antena horn piramida, proses berikutnya adalah pengujian atau pengukuran beberapa parameter antena yang dibutuhkan untuk mengetahui apakah antena yang sudah dirancang memenuhi standar antena horn piramida 2,4 GHz dan layak untuk digunakan pada komunikasi data atau jaringan komputer secara *wireless* dengan frekuensi 2,4 GHz.

Ada beberapa parameter antena yang diukur untuk menunjukkan karakteristik serta kemampuan kerja dari antena, antara lain: *SWR, impedansi, pola radiasi, dan gain.*

3.6.1 Pengukuran VSWR dan Impedansi Input

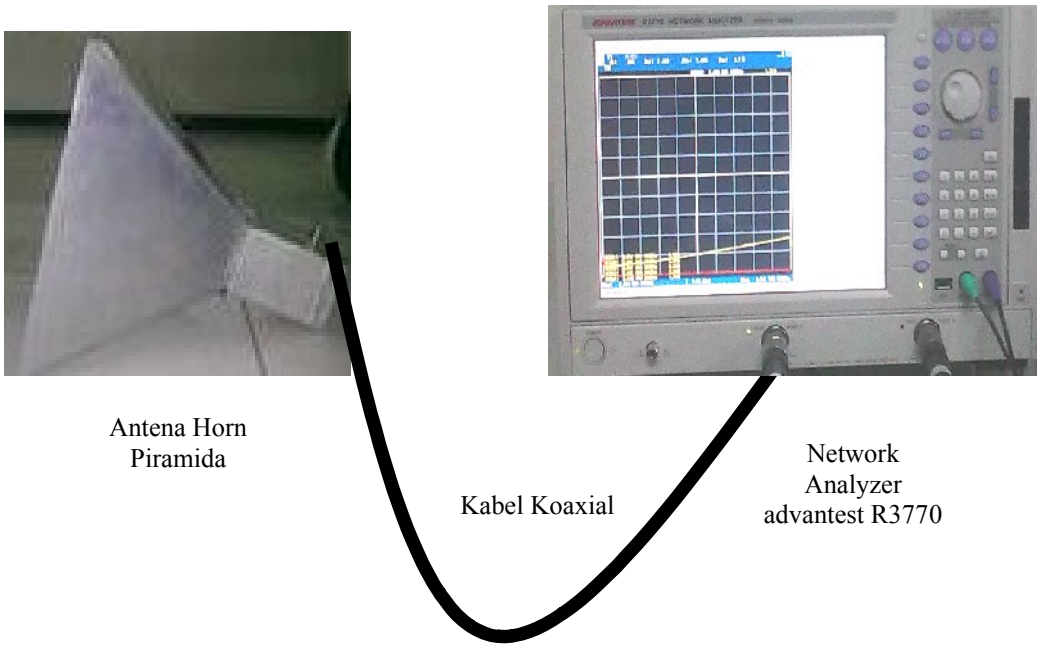
Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) dan impedansi input merupakan parameter yang mengindikasikan kesesuaian sebuah antena terhadap saluran transmisi dan frekuensi kerjanya, sehingga mempengaruhi daya yang diterima. Pada pengukuran ini menggunakan *Advantest* R3770 *Network Analyzer* (NA) untuk mendapatkan nilai VSWR dan impedansi input antenna horn piramida.



Gambar 3.12 *Advantest* R3770 *Network Analyzer*

Peralatan yang digunakan pada pengukuran VSWR dan impedansi input:

1. *Advantest* R3770 *Network Analyzer*
2. Antena horn piramida 2,4 GHz
3. Kabel Koaxial



Gambar 3.13 Rangkaian Pengukuran VSWR dan Impedansi Input

Langkah-langkah pengukuran VSWR dan impedansi input::

1. Merangkai peralatan seperti pada Gambar 3.13.
2. Menghidupkan dan mengalibrasi *Network Analyzer* (NA).
3. Menghubungkan antena horn piramida yang sudah dirancang dengan NA menggunakan kabel koaxial.
4. Mengambil gambar dari display NA untuk nilai VSWR yang kemudian file disimpan.
5. Mengambil gambar dari display NA untuk nilai impedansi input dengan mode diagram smith-chart yang kemudian file disimpan.

3.6.2 Pengukuran Pola Radiasi Antena

Pengukuran pola radiasi dilakukan untuk mengetahui bagaimanakah bentuk pola radiasi antena horn piramida yang telah dibuat. Selain itu yang paling penting adalah mengetahui seberapa jauhkah ketepatan perancangan antena dan apakah antena yang telah dibuat telah sesuai dengan harapan.

Terdapat beberapa jenis pola radiasi, antara lain dinyatakan dalam pola kerapatan daya (W/m) serta pola kuat medan (A/m). Secara ideal, antena penerima dapat digunakan sebagai antena pemancar dengan sifat yang sama (prinsip reprositas). Untuk memudahkan pengukuran, maka antena horn piramida digunakan sebagai antena penerima dengan memakai asumsi prinsip reprositas.

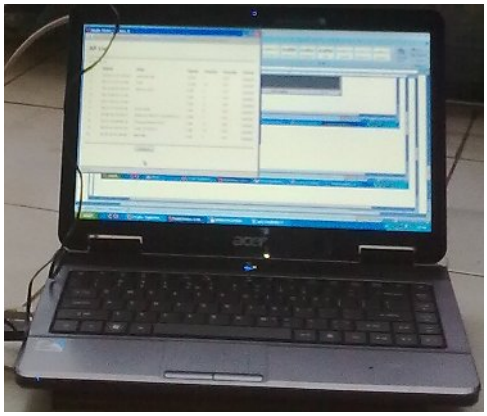
Untuk mendapatkan hasil yang baik dari pengukuran pola radiasi ada beberapa hal yang harus diperhatikan adalah menghindari gangguan pantulan dari benda disekitar pengukuran, tinggi antena *default* sebagai pemancar di sisi *access point* dengan antena horn piramidal yang diukur sebagai penerima di sisi laptop haruslah sejajar dan lurus. Pola radiasi suatu antena merupakan karakteristik yang menggambarkan sifat radiasi antena pada medan jauh sebagai fungsi dari arah.

Arah disini adalah memutar antena penerima dari posisi 0^0 sampai 360^0, baik pada bidang H maupun pada bidang E. Untuk mengukur pola radiasi antena yang sudah dibuat, maka antena tersebut dipakai sebagai antena penerima, dengan bantuan laptop dan di tambahkan *access point* dengan frekuensi 2,4 GHz yang kemudian diletakkan antena horn piramida sebagai pengganti antena eksternal dari *access point*. Pada pengukuran ini antena pemancar menggunakan antena yang sudah terpasang oleh *access point* TP-link (TL-WA5110G) standar protokol 802.11g dengan frekuensi 2,4 GHz.

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran pola radiasi ini diantaranya adalah :

1. Laptop

Pada pengukuran parameter antena dan pengujian antena pada jaringan *wireless* ini penggunaan laptop sangat dibutuhkan. Laptop yang digunakan adalah laptop *support* dengan jaringan *wireless*. Melalui laptop, kita dapat memantau aktifitas *wireless* yang ada dengan menggunakan *software* monitor. *Software* yang digunakan adalah ***Netstumbler*** dan software dari *access point*.



Gambar 3.14 Penggunaan Laptop pada Pengukuran

2. *Access Point*

Alat ini sering digunakan sebagai piranti *server* pada jaringan WLAN. Dan biasanya diletakkan di langit-langit dalam ruangan WLAN *indoor*. Alat ini dapat menyalurkan data secara *wireless* dari PC ke PC secara *infrastruktur*.

Access Point (AP) ini disertai adaptor sebagai pencatu daya dari alat tersebut, juga tersedia kabel UTP agar dapat terhubung secara *wired* dan antena eksternal dengan gain 4 dBi. Ada 3 indikator led di pinggir alat ini terdiri dari : *power,* LAN dan WLAN. Led pada *power* menyala memberitahukan AP tercatu oleh listrik melalui adaptor, led pada LAN menyala memberitahukan AP oleh listrik melalui adaptor, led pada LAN menyala memberitahukan AP terhubung

secara *wired* melalui kabel UTP dan led pada WLAN memberitahukan AP terhubung secara *wireless* dengan piranti lain.



Gambar 3.15 *Access Point* TP-Link tipe TL-WA5110G

Pada tugas akhir ini, digunakan AP produk TP-Link tipe TL-WA5110G standar IEEE 802.11g dengan frekuensi 2,4 GHz. *Access Point* digunakan sebagai pemancar dan penerima, dimana antena yang digunakan sebagai antena eksternal disisi penerima digantikan dengan antenna horn piramida. Sebelumnya yang perlu diperhatikan dalam menggunakan AP untuk koneksi antar jaringan komputer secara *wireless* adalah penamaan SSID (*Service Set IDentifier*).

3. Kabel *pigtail*

Kabel ini digunakan untuk menghubungkan antena Horn piramida yang sudah dibuat dengan *access point* yang terhubung dengan laptop. Gambar kabel *pigtail* dapat dilihat pada Gambar 4.7 . Pigtail merupakan kabel yang berdiameter relatif kecil sepereti ekor babi yang terdiri dari sambungan antara konektor tipe male MC-*card* dan konektor tipe male N-*type*, dimana konektor tipe male MC-*card* untuk menghubungkan *pigtail* dengan *access point* dan konektor tipe male N-*type* untuk menghubungkan *pigtail* dengan antena.



Gambar 3.16 Kabel Pigtail

Pengukuran Pola radiasi dilakukan dua kali, yaitu pola radiasi pada bidang H dan pola radiasi pada bidang E. Dalam pengukuran harus memperhatikan jarak pada proses pengukuran.

Peralatan yang digunakan pada pengukuran pola radiasi ini diantaranya adalah :

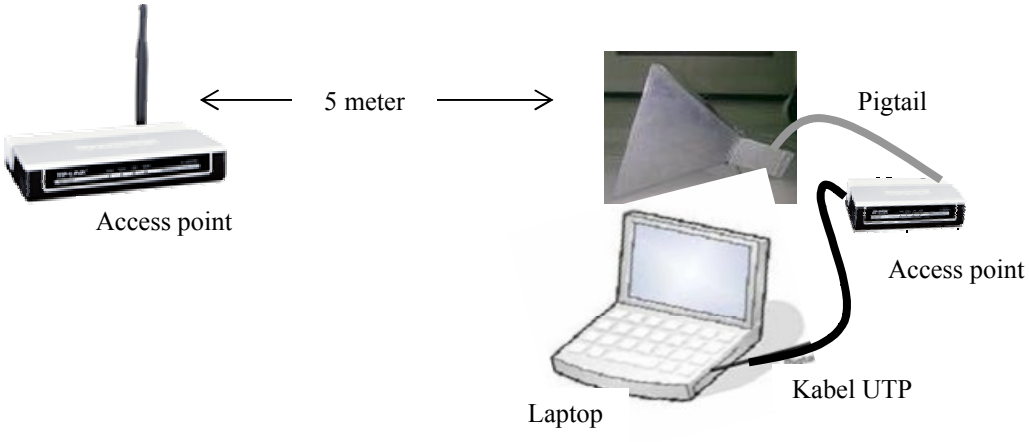
a. Antena horn piramida yang telah dibuat

b. Laptop

c. 2 buah *Access Point* pada sisi pengirim dan penerima

Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam melakukan pengukuran pola radiasi yaitu :

1. Merangkai peralatan-peralatn seperti pada Gambar 3.17 , memastikan posisi *Access Point* (AP) dan antena yang diukur sejajar.

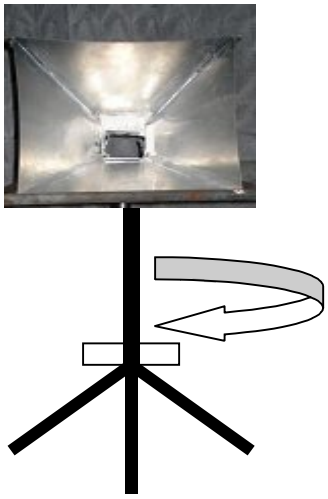


Gambar 3.17 Rangkaian Peralatan Pengukuran Pola Radiasi

2. Menyalakan laptop dan memasangkan *access point*, memastikan antena dan *access point* sudah benar-benar terhubung dengan menggunakan kabel pigtail. Jika laptop yang digunakan *support* dengan *wireless* maka perangkat *wireless* pada laptop dipastikan mati.
3. Menyalakan *Access Point* (AP), memastikan indikasi led pada power menyala. AP yang terpasang adalah AP yang telah diset .
4. Set alamat IP pada laptop. IP pada laptop harus satu *network* dengan IP pada AP. IP pada AP adalah 192.168.1.1.
5. Setelah semua terangkai dengan benar cek apakah sinyal AP telah dapat tertangkap oleh antena horn piramida yang terhubung dengan laptop. Ini dapat dilihat dengan memilih menu *Wireless mode* ⟶ *client* ⟶ *survey.*
6. Mencatat nilai level sinyal yang tertera pada laptop pada sudut 0^0. Level sinyal pada laptop dapat dipantau dengan menggunakan *sotware Netstumbler* atau dari nilai sinyal yang terdapat pada AP *List.*
7. Memutar posisi antena menjadi 10^0, 20^0, 30^0 hingga posisi 360^0 dengan aturan seperti pada Gambar 3.18, lalu mencatat nilai level daya ke dalam tabel pada posisi sudut tersebut, untuk mendapatkan hasil pola radiasi bidang H.
8. Setelah mendapatkan nilai tersebut konversi level dalam unit dB tersebut menjadi satuan milliwatt menggunakan persamaan:

$$\mathrm{dB}(W) = 10 \log \frac{P}{1\,W} \quad \ldots\ldots\ldots\

10. Setelah mendapatkan gambar grafik pola radiasi untuk bidang H, maka ulangi langkah percobaan 1 - 6.
11. Memutar posisi antena menjadi 10^0, 20^0, 30^0, ... , 360^0 dengan aturan seperti pada Gambar 3.19, lalu mencatat nilai level dBW ke dalam tabel pada posisi sudut tersebut, untuk mendapatkan hasil pola radiasi bidang E.
12. Mengulangi langkah percobaan 8, setelah itu melakukan langkah percobaan 9 untuk hasil data level sinyal pola radiasi bidang E.



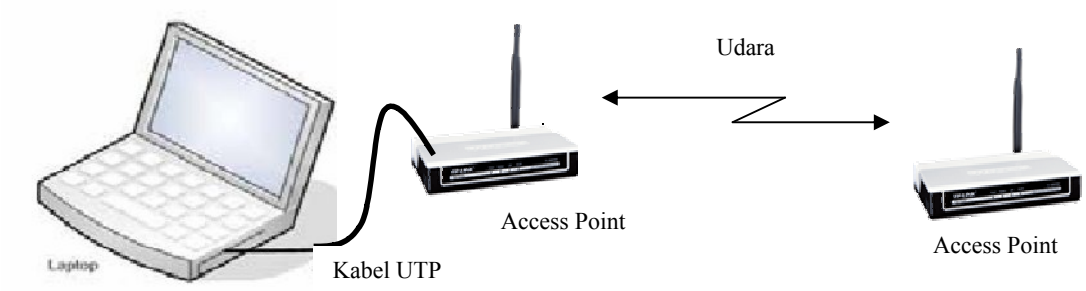
Gambar 3.18 Posisi Antena untuk Pola Radiasi Bidang H



Gambar 3.19 Posisi Antena untuk Pola Radiasi Bidang E

3.6.3 Pengukuran Gain

Untuk menyatakan gain maksimum antena horn piramida ini dengan cara membandingkan dengan antena lain dari *Access Point* (dengan metode pengukuran). Dalam posisi ini antena penerima harus mempunyai polarisasi yang sama dengan antena pada *Access Point* dan selanjutnya ia diarahkan sedemikian rupa agar diperoleh daya output maksimum.



Gambar 3.20 Pengukuran Gain dengan Membandingkan Besarnya Daya yang Diterima