

PENGUATAN SINYAL GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATION (GSM) 900 MHz MENGGUNAKAN ANTENA GRID

Oleh :

Afrizal YuhaneF

Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang

E-mail :

ABSTRACT

The antenna is a device used to transmit or receive electromagnetic waves electromagnetic waves. Reception using an antenna will amplify the signal acquisition in accordance with the ability of the antenna itself. Service providers GSM (Global System Mobile), with the inclusion of the network limitations make the need for strengthening the acquisition of the signal is very large. Grid antenna is one option reinforcement signal acquisition. Grid antenna has a major component that is driven in the form of a dipole and a reflector which serves to reflect the signal beam.

In this final project is designed, realized and measured at the antenna grid on GSM 900 MHz. This antenna is intended to be a media aids in strengthening the GSM signal reception to maximize the signal acquisition and connections

Keywords : Grid anntena, Driven, Reflector, GSM

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat diberbagai bidang membawa pengaruh yang sangat besar bagi seluruh aspek kehidupan, salah satunya dibidang telekomunikasi. Perkembangan dunia telekomunikasi beberapa tahun ini tumbuh dengan pesat. Dengan perkembangan zaman, alat telekomunikasi menjadi suatu sarana yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat.

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang semakin cepat membawa akibat tingginya tuntutan masyarakat pengguna jasa telekomunikasi untuk mendapatkan layanan yang mudah dan cepat yang dimanfaatkan sebagai media dalam menyampaikan informasi.

Kehidupan manusia tidak terlepas dari interaksi antara manusia sebagai kehidupan sosial dengan teknologi sebagai media yang digunakan oleh manusia. Kemampuan teknologi telah menjawab berbagai tantangan manusia untuk saling berinteraksi, dimana keterbatasan jarak, waktu dan ruang bukanlah penghalang lagi bagi keinginan manusia untuk saling berkomunikasi.

Global System for Mobile communication (GSM) merupakan teknologi komunikasi seluler yang diterapkan pada *mobile communication*, khususnya *handphone*, sehingga telah memberi kemudahan-kemudahan sebagai media dalam penyampaian informasi. Tetapi pada daerah pinggiran atau perdesaan yang jauh jaraknya dari *Base Tranceiver Station (BTS)* maka cakupan (*coverage*) sinyalnya

sangat buruk. Hal ini akan mengganggu komunikasi seperti *short message service* (SMS), telepon, internet dan komunikasi lainnya.

Antena merupakan bagian utama dari pada suatu pemancar atau penerima dalam media komunikasi, salah satunya yaitu antena grid. Antena grid yang dulunya hanya digunakan sebagai antena penerima sinyal televisi, kini dapat digunakan sebagai perangkat untuk memperkuat sinyal GSM. Antena grid memiliki polarisasi *unidirectional* yaitu polarisasi yang pancaran dan penerimaannya terfokus ke satu arah saja. Dengan bentuk polarisasi seperti ini maka pancaran antena akan semakin besar.

Oleh karena itu, penulis tertarik untuk membuat alat sebagai tugas akhir dengan judul "Pembuatan Antena Grid untuk Memperkuat Penerimaan Sinyal GSM 900 MHz".

Adapun tujuan dari pembuatan proposal tugas akhir ini adalah :

1. Merancang antena grid yang digunakan untuk memperkuat penerimaan sinyal GSM.
2. Mengukur kemampuan antena grid dalam memperkuat penerimaan sinyal GSM.
3. Dapat diaplikasikan bagi penggunaannya, terutama yang berada pada daerah pinggiran atau pedesaan.
4. Dapat digunakan sebagai alat praktikum di labor telekomunikasi.

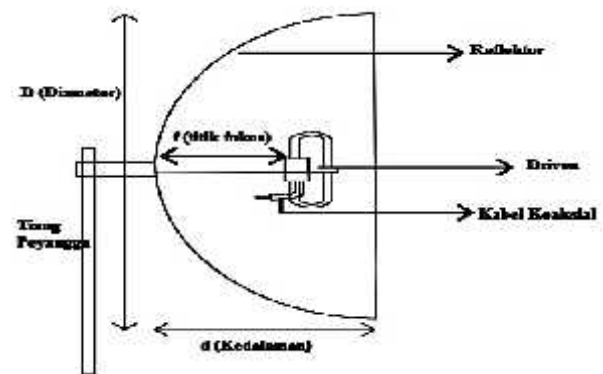
METODOLOGI

Antena Grid

Antena grid adalah antena yang memiliki jala-jala atau jarring-jaring. Antena ini merupakan salah satu antena wifi yang populer. Sudut pola pancaran antena ini lebih fokus pada titik tertentu sesuai pemasangannya. Antena ini cocok dipergunakan untuk mengatasi kendala komunikasi dan mengirimkan transmisi secara efektif. Antena ini sangat baik dipergunakan pada berbagai macam

lingkungan, seperti di atas gedung, di atas *tower*, di atas bukit maupun didaerah pinggiran atau pedesaan.

Antena Grid merupakan salah satu antena wifi yang sering digunakan karena pola pancar yang dimilikinya fokus pada titik tertentu sehingga sinyal yang dikirimkan dapat diterima dengan baik [7].



Gambar 1. Konstruksi antena grid

Pada gambar 1 tentang konstruksi antena grid, dapat dilihat bahwa terdapat tiga elemen yang sangat penting dalam antena grid yaitu *reflector*, *driven* dan kabel penghubung yang digunakan.

Pada saat membangun konstruksi antena pemantul, ada beberapa hal pokok yang perlu diperhatikan. Pertama harus membuat rangka. Pilihlah bahan yang ringan, artinya tidak berubah bentuk. Bahan yang digunakan dapat dari aluminium. Kedua membuat bahan permukaan antena, yang penting permukaan pemantul rata dan halus [8].

Reflektor

Reflektor adalah bagian belakang antena yang berfungsi sebagai pemantul sinyal, dengan panjang fisik lebih panjang dari pada *driven*.

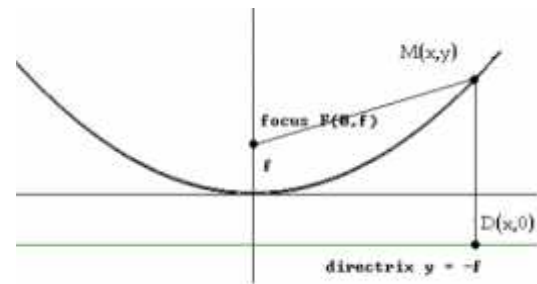
Pada dasarnya, bagian *reflector* menerima isyarat sebagai pemantul, maka isyarat itu yang diterimanya dipantulkan kembali untuk kemudian diterima oleh bagian antena. Pantulan

isyarat yang diterima dari *reflector* adalah adalah isyarat yang datang dari arah depan. Akan tetapi bila isyarat itu datang dari arah belakang sudah pasti yang pertama kali menerimanya bagian *reflector* dan karena ia bertugas untuk merefleksikan isyarat, sudah pasti yang sampai pada antenna adalah bagian intensitas yang lemah. Akibatnya akan memperlemah pula isyarat [9].

Antena grid ini menggunakan reflektor dari kawat yang berbahan aluminium, karena bahan aluminium merupakan bahan yang ringan bila dibandingkan dengan bahan logam lainnya. Hal ini merupakan sebuah keuntungan bila diimplementasikan pada antenna grid, walaupun memiliki dimensi yang besar tapi bobot dari antenna tersebut akan lebih ringan dibandingkan bahan logam yang lain. Penggunaan *reflector* ini dimaksudkan untuk mendapatkan penguatan (gain) yang lebih besar, karena setiap gelombang yang datang akan dipantulkan oleh permukaan *reflector* [8].

Pada antenna grid *reflector* yang digunakan adalah *reflector parabolic* yang berbentuk lingkaran parabola, dimana lingkaran ini merupakan diameter dari antenna tersebut. Lingkaran parabola ini memiliki titik *focus* yang berbeda-beda berdasarkan diameter dan kedalamannya. Dalam matematika, parabola adalah irisan kerucut yang bentuknya kurva yang dihasilkan oleh perpotongan menyilang yang sejajar terhadap permukaan kerucut [2].

Direktris adalah garis sumbu simetri pada parabola terhadap titik fokus. Sedangkan fokus dari parabola adalah letak suatu titik dimana jarak antara titik sembarang pada garis parabola $M(x,y)$ ke fokus adalah sama dengan jarak antara $M(x,y)$ dan $d(x,0)$. Gambar 2 menunjukkan gambar fokus dan direktris [2].



Gambar 2. Fokus dan Direktris

Dari pengertian diatas diketahui bahwa nilai dari jarak titik F (fokus) ke titik M dan jarak dari titik M ke titik D (direktris) adalah sama, sehingga dapat dihasilkan persamaan 1 [2]:

$$\sqrt{(x-0)^2 + (y-f)^2} = \sqrt{(x-x)^2 + (y-(-y))^2} \dots\dots (1)$$

Karena pada persamaan diatas kedua sisi sama-sama mempunyai akar, maka bisa dieliminasi sehingga menghasilkan persamaan 2 [2]:

$$\begin{aligned} x^2 + y^2 + f^2 - 2yf &= y^2 + f^2 + 2yf \\ x^2 + y^2 - y^2 + f^2 - f^2 &= 2yf + 2yf \\ x^2 &= 4yf \\ y &= \frac{x^2}{4f} \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

Driven

Driven adalah titik catu dari kabel antenna, biasanya panjang fisik *driven* adalah setengah panjang gelombang ($0,5 \lambda$). Elemen *driven* merupakan elemen paling penting karena melalui elemen inilah medan elektromagnetik akan diradiasikan di udara. *Driven* element adalah komponen utama pada sebuah antenna. Element ini adalah berupa kawat, jadi energi yang dipancarkan berasal dari kawat ini. Kadang kawat ini berupa kawat yang dilipat seperti bentuk kawat yang dibengkokkan di kedua sisinya sehingga bertemu satu ujung dengan ujung yang lain. Antena ini disebut *dipole balun*. Tapi bisa juga berupa kawat sejajar saja (antena *dipole*). Tipikal panjang *driven* element adalah 0.5λ , sehingga

rumus menghitung total panjang *driven* elemen sebagai berikut [12] :

$$L = 0.5 \times K \times \lambda \quad \dots\dots(3)$$

Dimana:

- L : panjang *driven elemen*
- K : *velocity factor* (pada logam 0.95)
- λ : panjang gelombang (meter)

Parameter Dasar Antena

Parameter dasar antena digunakan untuk menguji atau mengukur performa antena yang akan digunakan. Berikut penjelasan beberapa parameter antena yang sering digunakan yaitu *gain* antena, pola radiasi antena, bandwidth antena dan VSWR antena.

1. Gain Antena

Gain antena adalah perbandingan daya pancar suatu antena terhadap daya pancar antena referensi atau pertambahan daya diradiasikan pada arah tertentu. Dari antena yang dibandingkan ada daya yang diradiasikan pada arah yang sama oleh antena referensi.

Gain dapat dihitung dengan membandingkan kerapatan daya maksimum antena yang diukur (*Antenna Under Test*) dengan antena referensi yang diketahui *gain*nya. Berikut ini perhitungan *gain* [2] :

$$\text{Gain (kali)} = \frac{P_{\max}(\text{antena yang diukur})}{P_{\min}(\text{antena referensi})} \quad (4)$$

atau:

$$10 \log \frac{\text{Gain (dB)}}{P_{\min}(\text{antena referensi})} \quad \dots \quad (5)$$

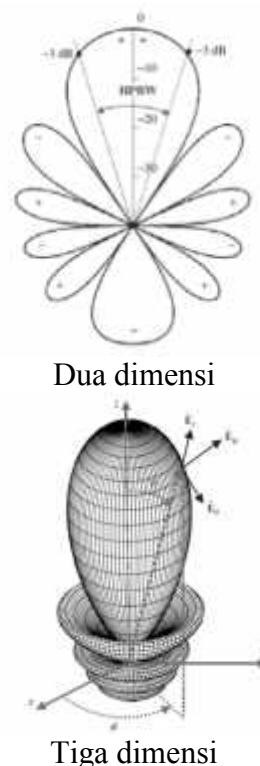
Atau dengan persamaan berikut ini [2]:

$$G \text{ (dB)} = P1(\text{dBw}) - P2(\text{dBw}) \quad (6)$$

$$G \text{ (dB)} = \left(\frac{V_{\text{antena yang diukur}}}{V_{\text{antena referensi}}} \right)^2 \quad (7)$$

2. Polaradiasi Antena

Pola radiasi antena didefinisikan sebagai gambaran kekuatan pancaran atau penerimaan sinyal suatu antena dalam fungsi sudut. Pola radiasi antena menjelaskan bagaimana antena meradiasikan energi ke ruang bebas atau bagaimana antena menerima energi. Gambar 3 menunjukkan pola radiasi antena dalam dua dimensi dan tiga dimensi [7].

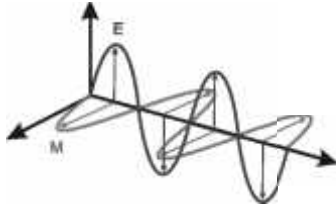


Gambar 3. Dimensi Polaradiasi Antena

3. Polarisasi Antena

Polarisasi antena (2.2) merupakan orientasi perambatan radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu antena di mana arah elemen antena terhadap permukaan bumi sebagai referensi arah. Dalam jaringan *wireless*, polarisasi dipilih dan digunakan untuk mengoptimalkan penerimaan sinyal yang diinginkan dan mengurangi derau dan interferensi dari sinyal yang tidak diinginkan. Gambar 4

menunjukkan polarisasi antenna. Ada empat macam polarisasi antenna yaitu polarisasi vertikal, polarisasi horizontal, polarisasi *circular*, dan polarisasi *cross*.



Gambar 4. Polarisasi Antena

4. Bandwidth Antena

Bandwidth suatu antenna didefinisikan sebagai jangkauan frekuensi yang berada dalam performa antenna tersebut, dengan berhubungan dengan beberapa sifat yang sesuai dengan standar yang telah ada¹.

Adapun *bandwidth* dapat dinyatakan pada persamaan 6 [5]:

$$BW\% = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan :

f_2 = frekuensi tertinggi

f_1 = frekuensi terendah

f_c = frekuensi tengah

5. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{max}$) dengan minimum ($|V|_{min}$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ), dimana cara menentukan koefisien refleksi dengan persamaan 7 sebagai berikut [8] :

$$\Gamma = \frac{V_0-}{V_0+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad .. (9)$$

Keterangan :

Γ = Koefisien refleksi

V_0- = Tegangan yang dikirim

V_0+ = Tegangan yang direfleksikan

Z_L = Impedansi beban (*load*)

Z_0 = Impedansi saluran *lossless*

Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari adalah nol, maka :

- $\Gamma = -1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat
- $\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna.
- $\Gamma = +1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

Rumus untuk mencari nilai VSWR seperti persamaan 8 dibawah ini [10]:

$$S = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (10)$$

Keterangan :

S = VSWR

$|V|_{max}$ = Tegangan maksimum

$|V|_{min}$ = Tegangan minimum

Γ = Koefisien refleksi

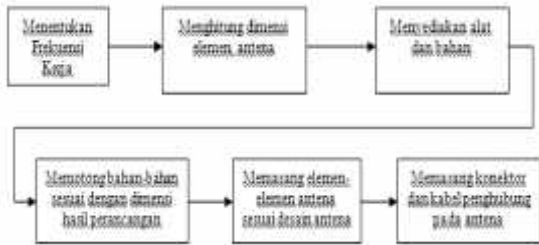
Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ($S=1$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu, nilai standar VSWR yang diijinkan untuk pabrikan antenna adalah $VSWR \leq 2$.

PERANCANGAN SISTEM

Pembuatan Antena Grid

Perancangan merupakan suatu proses yang dilakukan untuk merancang antenna grid yang akan dibuat sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Perancangan harus dilakukan dengan teliti agar mempermudah dalam pembuatan antenna grid. Adapun blok

diagram perancangan dan pembuatan antena grid ditunjukkan oleh gambar 5 berikut :



Gambar 5. Perancangan dan Pembuatan Antena Grid

Pembuatan Reflektor

Reflektor yang digunakan dalam pembuatan antena grid ini adalah reflektor *parabolic*. Menentukan panjang gelombang dapat ditung dengan menggunakan persamaan 11 yaitu :

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots (11)$$

Diameter antena dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 12 yaitu:

$$D = 2 \times \lambda \dots\dots (12)$$

Dimana kedalaman antena dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 13 :

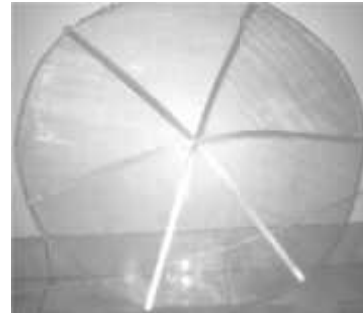
$$d = \frac{D^2}{16 \times F} \dots\dots (13)$$

d (kedalaman) reflektor *parabolic* yang akan dibuat adalah 15 cm, menentukan titik *focus* (F) dengan menggunakan persamaan 14 yaitu :

$$F = \frac{D^2}{16 \times d} \dots\dots (14)$$

Kedalaman (d) pada reflektor *parabolic* yang akan dibuat untuk antena grid adalah 15 cm. Karena antena parabola umpan depan memiliki pemantul dengan perbandingan F/D 0,25 sampai 0,4. Sebuah antena pemantul

parabola dengan F/D 0,25 disebut pemantul *focus*. Pada pemantul seperti ini maka titik *focus* akan berada pada bidang *aperture*. Jika titik *focus* (F) = 17,01 dan diameter (D) = 64 cm, maka F/D = 0,26.



Gambar 6. Reflektor Antena

Pembuatan Driven

Driven elemen merupakan antena *balun*. *Driven* elemen adalah suatu elemen yang menyediakan daya dari pemancar, biasanya melalui saluran transmisi. *Driven* element mempunyai panjang $\frac{1}{2}\lambda$. Adapun blok diagram pembuatan driven adalah sebagai berikut :



Gambar 7. Blok diagram pembuatan driven

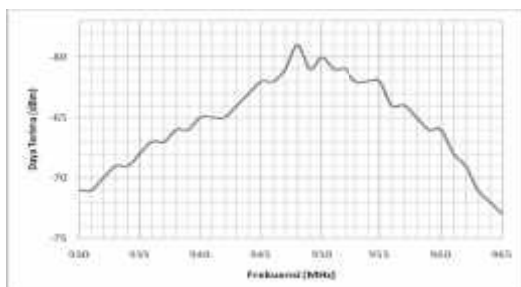


Gambar 8. Driven Antena

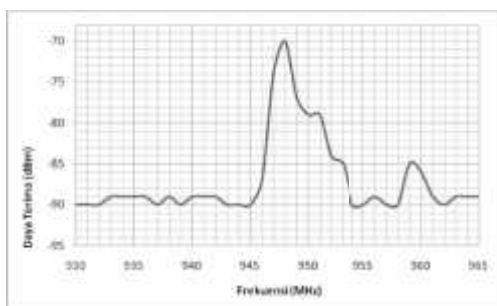
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Frekuensi Resonansi

Penentuan frekuensi resonansi adalah langkah awal dalam pengukuran antenna. Hasil dari penentuan frekuensi resonansi ini digunakan untuk melihat frekuensi kerja antenna yang dirancang sesuai atau tidaknya dengan pengukuran yang dilakukan. Pengukuran yang dilakukan menggunakan dua pemancar dan lokasi yang berbeda yaitu menggunakan antenna *folded* di ruangan labor dan menggunakan BTS diluar ruangan. Grafik hasil pengukuran untuk menentukan frekuensi resonansi yaitu



Gambar 9. Grafik Respon Frekuensi Antena Grid dengan Pemancar Antena *Folded Dipole*

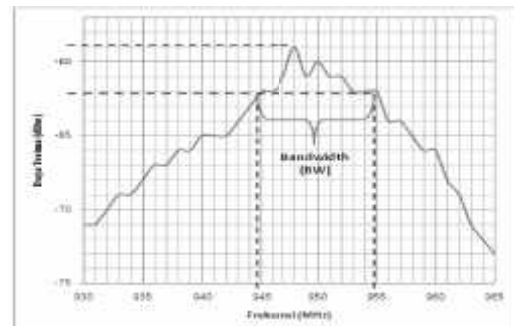


Gambar 10. Grafik Respon Frekuensi Antena Grid dengan Pemancar BTS

Pengukuran Bandwidth

Pengukuran *bandwidth* dilakukan untuk mengetahui *range* frekuensi dimana antenna dapat bekerja dengan kinerja yang baik. Untuk mendapatkan nilai *bandwidth* menggunakan gambar 11. Untuk mengetahui nilai *bandwidth* dengan diketahuinya daya terima antenna, nilai daya terima maksimal dikurangkan

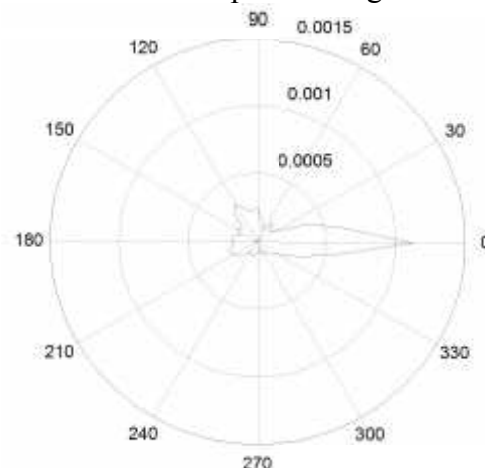
3 dBm untuk mendapatkan nilai daya antenna yang dapat bekerja dengan baik. Setelah daya terima maksimal antenna dikurangkan 3 dBm, maka dapat ditentukan *range* frekuensi yang sesuai dengan nilai daya yang telah dikurangi



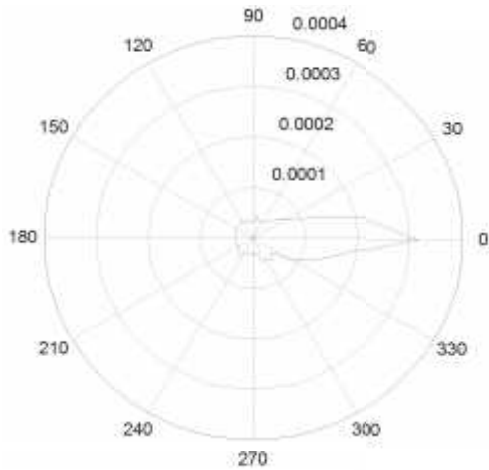
Gambar 11. Grafik Menentukan *Bandwidth* Antena Grid

Pengukuran Polaradiasi Antena

Pengukuran polaradiasi antenna dilakukan untuk mengetahui bentuk pola pancaran dari antenna. Pengukuran polaradiasi biasanya antenna yang diukur dipasang sebagai antenna penerima. Susunan pengukuran polaradiasi sama dengan pengukuran antenna sebelumnya, hanya saja kita mengukur pada frekuensi 948 MHz dan level daya pada seluruh sudut dari 0° sampai dengan 360° .



Gambar 12. Diagram Polaradiasi antenna Grid dengan Pemancar Antena *Folded Dipole*



Gambar 13. Diagram Polaradiasi Antena Grid dengan Pemancar BTS

Pengukuran Gain Antena

Pengukuran *gain* antena dilakukan dengan cara membandingkan daya pancar antena yang akan diuji dengan antena standar. Antena standar yang digunakan sebagai antena referensi adalah antena *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ yang telah dibuat dan disesuaikan dengan frekuensi kerja antena grid itu sendiri. Setelah dilakukan pengukuran, maka diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengukuran *Gain* antena grid dengan antena referensi *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ dengan pemancar antena *folded dipole*

Frekuensi (MHz)	Daya Pemancar Folded (dBm)	Daya Penerima dipole $\frac{1}{2}\lambda$ (dBm)	Daya Penerima Antena Grid (dBm)
948	+ 16,5	-70	-59

Tabel 2. Hasil Pengukuran *Gain* antena grid dengan antena referensi *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ dengan pemancar antena BTS

Frekuensi (MHz)	Daya Penerima dipole (dBm)	Daya Penerima Antena grid (dBm)
948	-80	-70

Analisis Pengaruh Penggunaan Antena grid Terhadap Kualitas Sinyal Pada Handphone GSM 900 Mhz

Untuk mengetahui tentang kekuatan sinyal atau *signal strenght* maka digunakan referensi dari jurnal Pola dan Model Keruangan Kualitas Penerimaan Sinyal Telepon Seluler di Kota Bukittinggi yang dibuat oleh Sobirin, Adi Wibowo dan Alhamdi Yosef Herman, diakses dari http://geografi.ui.ac.id/portal/sivitas-geografi/dosen/makalah_seminar/pola-dan-model-keruangan-kualitas-penerimaan-sinyal-telepon-seluler-di-kota-bukittinggi. Pada 17 Januari 2013 pukul.23.15 wib. Maka dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 3. Tingkat kuat sinyal telepon seluler

Tingkat Kuat Sinyal (bar sinyal)	Kategori	Nilai Kuat Sinyal (dBm)
5/Full	Sangat baik	> -60
4	Baik	-60 s/d -70
3	Cukup	-71 s/d -80
2	Buruk	-81 s/d -90
<1	Sangat Buruk	< -90

Menurut table diatas, dimana jika kekuatan sinyal 2 *bar* berarti kategorinya adalah sangat buruk. Sedangkan setelah menggunakan antena grid kekuatan sinyalnya berada dikategori baik, dengan penerimaan sinyal *full bar*. Untuk lebih jelasnya digunakan daya terima dengan menggunakan *handphone* menurut daya maksimal dari masing-masing antena, maka dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 4. Tabel kategori penerimaan sinyal

Handphone	Daya Terima (dBm)	Kategori
Dengan antena dipole	-83	Buruk
Dengan antena grid	-70	Baik

Maka dapat dilihat bahwa kekuatan sinyal berupa sinyal *bar* memiliki kategori yang sama yaitu dengan antena *dipole* memiliki kategori buruk dengan daya terima maksimal -83 dBm, sedangkan antena grid memiliki kategori baik dengan daya terima maksimal -70 dBm. Maka hal tersebut dapat membuktikan bahwa antena grid yang dirancang dan dibuat dapat menguatkan sinyal pada *handphone*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu: antena grid dapat memperkuat penerimaan sinyal dari kategori buruk menjadi kategori baik, gain antena grid dengan pemancar *folded dipole* yaitu 13,14 dBi lebih besar daripada dengan pemancar BTS yaitu 12,14 dBi, bandwidth antena grid hasil perancangan dan pembuatan yaitu 10 MHz, antena grid memiliki polarisasi yaitu unidirectional, dan jarak pengukuran dapat mempengaruhi daya terima antena, polarisasi dan gain.

SARAN

Dari perancangan hingga analisa hasil pengukuran antena grid, agar bisa diaplikasikan di kehidupan sehari-hari, dapat disarankan sebagai berikut :

1. Dalam melakukan pengukuran pengarahannya antena penerima sebaiknya diarahkan tepat atau fokus terhadap antena pemancar agar daya terimanya menjadi lebih baik.
2. Jika ada *software* yang bisa digunakan dalam perancangannya, sebaiknya perancangan dilakukan menggunakan *software* tersebut agar hasilnya lebih baik dan lebih akurat.
3. Penggunaan *pigtail* sebaiknya menggunakan yang standar, selain *pigtail jack audio*

DAFTAR PUSTAKA

- Yulindon & N Firdaus, 2008, *Teori dan Perancangan Antena*, Padang.
- Molin Adiyanto.2008.*Pembuatan Antena Wajanbolic*: Surabaya
- Eka Kartika Fitriani.2011.*Rancang Bangun Antena Helical 1.9 GHz untuk Memperkuat Penerimaan Sinyal WCDMA*: Medan
- MuhammadTeddy Yudhanto.2009.*Rancang Bangun Antena Eksternal Payungbolik 2,4 GHz untuk Komunikasi Wireless LAN (WLAN)*:Medan
- Tipe-tipe antena, (online), diakses dari <http://clickhere.blogspot.com/2011/tipe-tipe-antena.html>, diakses pada 13 oktober 2012 pukul 22:05 WIB.
- Antena parabola, (online), diakses dari http://id.wikipedia.org/wiki/Antena_parabola, diakses pada 15 Oktober 2012 pukul 22.35 WIB.
- Macam-macam antena, (online), diakses dari <http://teknologi.kompasiana.com/ineternet/2010/08/20/macam-macam-antena-233481.html> , 15 oktober 2012 pukul 23.08 WIB.
- Pratomo,Petrus .1991. *Merakit Sendiri Penerima TV Satelite*.Jakarta: Elex Media Komputindo
- Irawan, Ari Adimas.1999.*Antena VHF-UHF-Booster*.Solo: CV. Aneka.
- Surya Dinata YZ.2009.*Pembuatan Antena Parabolic Microstrip Patch Untuk Maenerima Sinyal Jaringan Wireless LAN 2,4 GHz*:Padang
- Saputra Wahyu.2012.*Rancang Bangun Antena Batwing Untuk Komunikasi Radio Pada Range Frekuensi 140 – 160 MHz* : Padang
- Antena dipole, (online) ,diakses dari <http://ridwanlesmana.tripod.com/antena-dipole.pdf> , diakses pada 14 oktober 2012 pukul 21.45 WIB.
- Wikipedia.2012, Global System for Mobile Communication, (Online), http://id.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications, diakses pada 15 Oktober 2012 pukul 21:47.

Jaringan GSM, (online), diakses pada <http://portal.paseban.com/article/4249/jaringan-gsm> ,diakses tanggal 13 oktober 2012 pukul 23:15 WIB.

Mengenal Jaringan GSM, (online), diakses dari <http://www.adityarizki.net/2012/mengenal-jaringan-gsm-global-for-mobile-communication> , diakses pada tanggal 13 Oktober 2012 pukul 22:45 WIB.

Arsitektur jaringan seluler GSM, (online), diakses dari <http://adeadnani.wordpress.com/2012/04126/arsitektur-jaringan-seluler-gsm> , diakses pada 13 oktober 2012 pukul 23:58 WIB.

Global system for mobile (GSM), (online), diakses dari <http://acole2-xstralen.blogspot.co/2011/10/gsm-global-system-for-mobile.html> , diakses pada 13 Oktober 2012 Pukul 23:58 WIB

Arsitektur Seluler, (online), diakses dari <http://id.scribd.com/26560499/Arsitektur-Seluler> , diakses pada 14 Oktober 2012 Pukul 20:15 WIB.

GSM, (Online), diakses dari <http://dhoney.wordpress.com/2009/04/29/gsm/> , diakses pada 14 Oktober 2012 Pukul 20:45 WIB.

Ajusady, Cell Selection dan Reselection pada GSM, diakses dari <http://radio-access.blogspot.com/2012/08/cell-selection-dan-reselection-pada-gsm.html> pada tanggal 17 Januari 2013 Pukul 23.15 WIB.
