

RANCANG BANGUN ANTENNA WAJANBOLIC DENGAN DIAMETER 46 CENTIMETER PADA FREKUENSI 1900 MHz UNTUK MEMPERKUAT PENERIMAAN SINYAL WCDMA

Ichsyah Nafik, Yuniarto
Program Studi Diploma III Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

ABSTRACT

Ichsyah Nafik, Yuniarto, in paper a 1900 MHz, 46 cm wajanbolic antenna design to strengthen wcdma signal reception explain that the antenna is a device used to transmit or receive electromagnetic waves. Reception using an antenna will amplify the signal acquisition in accordance with the ability of the antenna itself. Signal instability that often occurs in WCDMA networks makes the need for strengthening the acquisition of the signal is very large. Antenna Wajanbolic is one option reinforcement signal acquisition. In WCDMA networks, downlink frequency used at 2100 MHz, while the uplink frequency to 1900MHz. Antenna wajanbolic Must ditune to resonate in the uplink frequency is 1900 MHz. The final project focuses on making wajanbolic antenna for Line of Sight (LoS) who works at a frequency of 1900 MHz for WCDMA (3G). In accordance with the name wajanbolic antenna, this antenna uses a reflector from the pan, with a waveguide of modified pipes are coated with aluminum duct tape, and a signal receiver using a USB 3G modem. From the results of the testing and analysis of the results showed that wajanbolic antenna is directional antenna that has the directivity signal. This wajanbolic got an antenna gain of 16 dB value.

Keyword: wajanbolic antenna, WCDMA, Line of Sight (LOS)

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jaringan mobile sebagian besar telah memenuhi standar koneksi dengan teknologi 3G, Next G atau HSDPA yang semakin mempermudah pengguna untuk mendapatkan layanan internet berkecepatan tinggi. Namun sayangnya, akses internet yang cepat seperti susah didapatkan karena adanya ketidakstabilan sinyal pada jaringan 3G ini, apalagi di lokasi yang kurang menguntungkan.

Salah satu solusi yang mungkin akan dapat menolong menaikkan sinyal 3G adalah menggunakan antenna wajanbolic seperti yang dilakukan pada pengguna WiFi di 2.4GHz.

Tujuan

Tujuan dari proyek ini adalah membuat antenna wajanbolic yang bekerja pada frekuensi 1900 MHz dengan menggunakan media wajan sebagai reflektor. Dengan menggunakan antenna wajanbolic bisa didapat gain antenna yang lebih besar bila dibandingkan dengan modem USB 3G standar.

Batasan Masalah

Pada proyek akhir ini akan dibuat antenna wajanbolic 3G yang bekerja pada frekuensi 1900 MHz. Batasan masalah pada proyek akhir ini antara lain:

- Merancang antenna wajanbolic yang mempunyai performa peningkatan gain yang optimal serta tidak kalah dibandingkan dengan antenna built up.

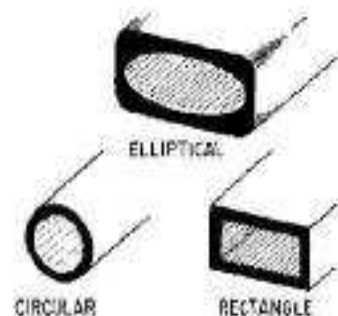
- Perancangan antenna dikhususkan pada frekuensi 1900 MHz.
- Proses pengerjaan antenna wajanbolic yang diuraikan dengan mudah dan jelas.
- Perbandingan performansi antara gain *modem USB 3G* tanpa menggunakan antenna wajanbolic dengan *modem USB 3G* yang menggunakan antenna wajanbolic.
- Penerima sinyal menggunakan modem USB 3G.

LANDASAN TEORI

Pengertian antenna

Antena adalah suatu sebuah komponen yang dirancang untuk memancarkan dan menerima gelombang radio atau elektromagnetik. Antena directional merupakan antenna yang memancarkan daya ke arah tertentu.

Waveguide



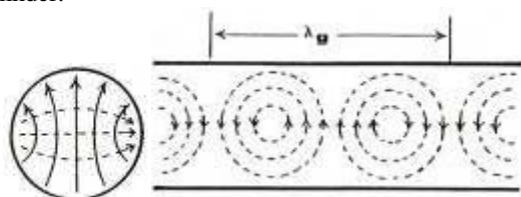
Gambar 1. Jenis Waveguide

Waveguide adalah saluran tunggal yang berfungsi untuk menghantarkan gelombang elektromagnetik (microwave) dengan frekuensi 300 MHz - 300 GHz.

Waveguide merupakan konduktor logam (biasanya terbuat dari brass atau aluminium) yang berongga didalamnya, yang pada umumnya mempunyai penampang berbentuk persegi (rectangular waveguide) atau lingkaran (circular waveguide).

Waveguide Silinder

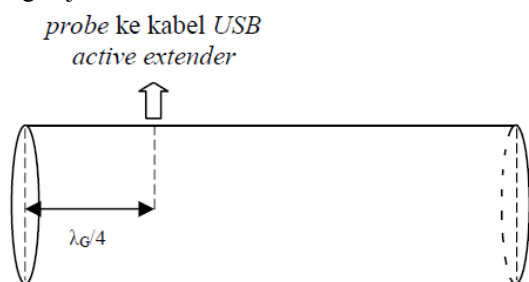
Distribusi medan untuk mode-mode dari waveguide lingkaran ditunjukkan oleh Gambar 2, Mode TE₁₁ adalah mode yang paling sederhana yang mungkin dapat terjadi pada mode TE untuk waveguide silinder.



Gambar 2. Distribusi medan untuk TE mode

Coupling Untuk Waveguide

Untuk membangkitkan suatu mode dari suatu waveguide, diperlukan peralatan untuk menghubungkan energi dari suatu saluran transmisi ke waveguide atau sebaliknya dengan cara memasukkan probe ke dalam waveguide sedemikian rupa sehingga probe muncul di dalam waveguide dengan jarak $\lambda_g/4$.



Gambar 3. Coupling untuk waveguide

Gain

Gain antenna berhubungan erat dengan directivity dan faktor efisiensi. Namun dalam praktiknya sangat jarang gain suatu antenna dihitung berdasarkan directivity dan efisiensi yang dimilikinya, karena untuk mendapatkan directivity suatu antenna bukanlah suatu yang mudah, sehingga pada umumnya gain maksimum suatu antenna dihitung dengan caramembandingkannya dengan antenna lain yang dianggap sebagai antenna standar (dengan metode pengukuran). Daya terima antenna berbanding lurus dengan gain, atau dengan perhitungan algoritma

$$P [dBm] = G [dB] + K$$

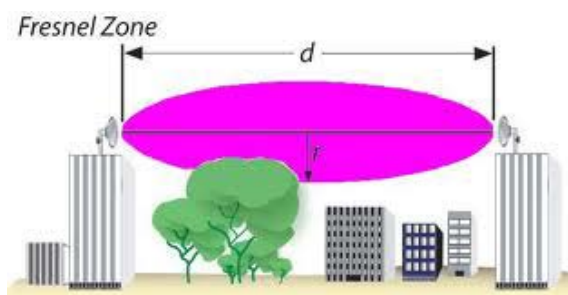
Di mana:

- P = Power signal yang diketahui
- G = Gain
- K = Power signal yang akan diukur

Line of Sight (LoS)

Pada komunikasi radio di frekuensi sangat tinggi, kondisi LoS antara pemancar dan penerima sangat penting. Ada dua jenis LoS, yaitu:

- Optical Line of Sight, kedua stasiun harus dapat melihat satu sama lain
- Radio Line of Sight, tidak boleh ada refleksi, refleksi dan difraksi dari sinyal radio



Gambar 4. Fresnel Zone

Dalam daerah Fresnel Zone tidak boleh ada pengganggu sinyal. Kita biasanya menggunakan konsensus bahwa 80% dari Fresnel Zone harus tidak ada halangan yang mengganggu sinyal. Kalkulasi radius dari Fresnel Zone yaitu:

$$r = 43,3 * \sqrt{\frac{d}{4f}}$$

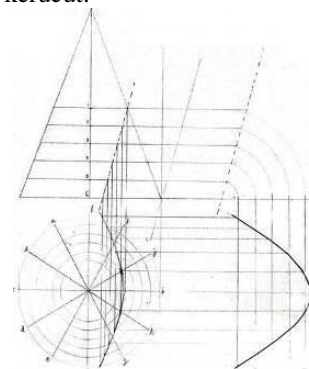
Di mana:

- r = radius dari Fresnel Zone dalam feet (1 feet = 0,3048 m)
- d = jarak antara dua titik dalam Miles (1 Miles = 1,609 Km)
- f = adalah frekuensi dalam GHz

Antena Wajanbolic

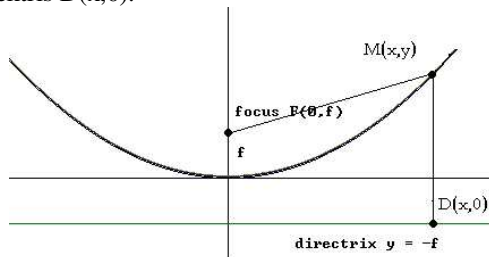
Pengertian Antena Wajanbolic

Dalam matematika, parabola adalah irisan kerucut yang berbentuk kurva yang dihasilkan oleh perpotongan menyilang yang sejajar terhadap permukaan kerucut.



Gambar 5. Irisan pada kerucut sehingga membentuk parabola

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 $M(x,y)$ ke direktris $D(x,0)$.



Gambar 6. Fokus dan direktris

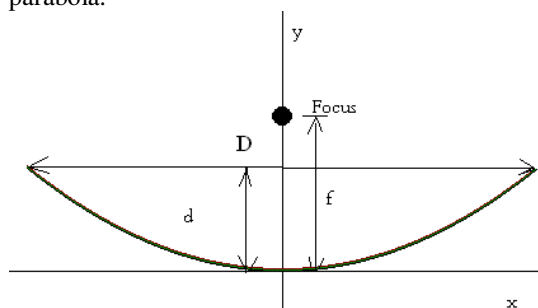
Dari pengertian diatas diketahui bahwa nilai dari jarak titik F (fokus) ke titik M dan jarak dari titik M ke titik D (direktris) adalah samam sehingga dapat dihasilkan persamaan:

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

Karena pada persamaan di atas kedua sisi sama-sama mempunyai akar, maka bias dieliminasi sehingga menghasilkan persamaan:

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

Sekarang perhatikan gambar 7. dibawah, dimana diketahui diameter dari parabola (D) dan kedalaman parabola (d). Dari dua parameter tersebut maka bisa dihitung nilai/letak dari titik fokus parabola.



Gambar 7. Nilai focus

Dari Gambar 7., diketahui titik $(D/2,d)$ dan titik $(-D/2,d)$ terletak pada parabola, sehingga:

$$\begin{aligned} y &= \frac{x^2}{4f} \\ d &= \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2}{4f} \\ d &= \frac{D^2}{4} x \frac{1}{4f} \end{aligned}$$

$$d = \frac{D^2}{16}$$

Dari persamaan di atas bisa kita ubah menjadi sebuah persamaan untuk menghitung nilai fokus.

$$\begin{aligned} d &= \frac{D^2}{16f} \\ 16f &= \frac{D^2}{d} \\ f &= \frac{\frac{D^2}{16}}{1} \\ f &= \frac{D^2}{16} x \frac{1}{D^2} \\ f &= \frac{1}{16d} \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas bisa kita perhatikan bahwa semakin besar nilai diameter dari suatu parabola (D) dan semakin kecil nilai kedalaman (d) suatu parabola, maka nilai fokusnya akan menjadi semakin besar.

Dianggap bahwa antena parabola sebagai circular aperture, maka persamaan untuk mengetahui nilai pendekatan gain maksimum adalah:

$$G \approx \frac{(\pi^2 D^2)}{\lambda^2}$$

Dimana:

- G = penguatan (gain) isotropic
- D = diameter reflektor dengan satuan yang sama dengan panjang gelombang
- λ = panjang gelombang

Reflektor

Antena wajanbolic ini menggunakan reflektor dari wajan yang berbahan aluminium. Dipilih bahan aluminium karena bahan aluminium secara umum merupakan bahan yang ringan bila dibandingkan dengan bahan logam lainnya.

Penggunaan reflector ini dimaksudkan untuk mendapatkan penguatan (gain) yang lebih besar biladibandingkan hanya menggunakan wireless USB adapter biasa atau hanya menggunakan antena kaleng (waveguide). Karena setiap gelombang yang datang dari fokus akan dipantulkan oleh permukaan reflektor dengan arah yang sejajar dengan sumbu atau sebaliknya. Sifat reflektor yang baik adalah:

- Setiap gelombang yang datang dari fokus dipantulkan oleh permukaan sejajar dengan sumbu dan sebaliknya.
- Gelombang dari fokus yang dipantulkan oleh permukaan reflektor akan memotong suatu bidang yang tegak lurus terhadap sumbu dengan fase yang sama.

Modem USB 3G

Modem USB 3G berada di dalam waveguide yang ada di depan titik focus dari wajan. Radiasi dari modem USB 3G akan merambat di dalam

waveguide, kemudian akan diradiasikan ulang oleh reflector.

Antena WCDMA (3G)

Antena WCDMA (3G) memiliki range frekuensi berkisar antara 1710-2200 MHz. Tinggi antenanya bervariasi antara 0.5 m hingga 2.5 m, dengan berat 2 kg hingga 20 kg. Power yang diperlukan untuk satu antena sekitar 300 Watt dengan penguatan (gain) berkisar antara 15 dBi -21 dBi. Umumnya impedansi antena adalah 50Ω dan memiliki dua input, yaitu Tx dan Rx. Namun untuk antena jenis tertentu inputnya bisa lebih dari dua.

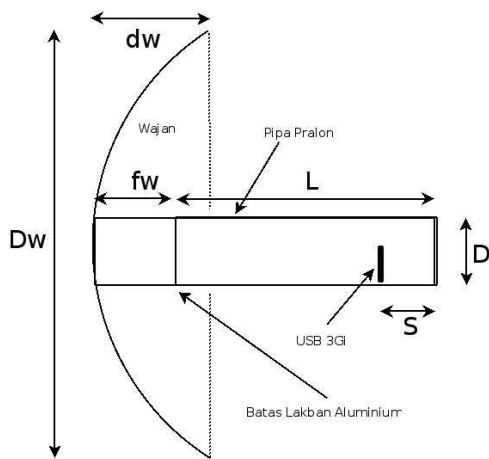
Spektrum Frekuensi WCDMA

Rentang pita frekuensi 1920 MHz sampai 1970 MHz yang berpasangan dengan pita frekuensi 2110 MHz sampai 2160 MHz merupakan pita frekuensi yang digunakan untuk jenis seluler dengan UMTS (WCDMA).

PEMBUATAN ANTENA WAJANBOLIC

Dalam merancang antena wajanbolic, kita harus mengetahui frekuensi yang digunakan untuk operasi 3G. Antena wajanbolic 3G harus ditune untuk dapat beresonansi di frekuensi uplink yaitu 1.950 MHz.

Perhitungan



Gambar 8. Bagan perhitungan antena wajanbolic

Pada gambar diatas diperlihatkan sebuah bagan antena wajanbolic. Beberapa parameter yang digunakan adalah :

- Dw = diameter wajan
- dw = kedalaman wajan
- D = diameter paralon
- fw = fokus wajan
- L = panjang pipa paralon yang diberi lakban aluminium
- S = titik tempat penempatan modem USB 3G

Penghitungan nilai titik fokus wajan dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$fw = \frac{Dw^2}{16dw}$$

Sementara menghitung panjang pipa paralon yang diberi lakban aluminium (L) dan titik penempatan modem USB 3G (S) diperlukan langkah yang lebih panjang. Maka perhitungan harus dilakukan secara bertahap.

$$\lambda = \frac{C}{Freq (Hz)}$$

Dimana:

- λ = panjang gelombang radio 1.950 MHz di udara (satuan meter)
- C = kecepatan cahaya di udara (3×10^8 meter/sekon)
- Freq = frekuensi operasi yang digunakan 1900 MHz (satuan Hz)

Sehingga bila nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan menjadi:

$$\lambda = \frac{3 * 10^8 m/s}{1900 MHz}$$

$$\lambda = 15,385 cm$$

Adapun diameter pipa paralon yang bisa digunakan harus memenuhi syarat:

$$0,6 \lambda < D < 0,75 \lambda$$

$$9,231 cm < D < 11,539 cm$$

Dalam hal ini, pipa paralon 4" yang memiliki diameter 11 cm memenuhi syarat agar bisa digunakan sebagai waveguide.

Rumus untuk menghitung panjang guiding wavelength adalah:

$$\lambda_G = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{1,706D}\right)^2}}$$

Dimana:

- λ_G = panjang guiding wavelength (dalam cm)
- λ = panjang gelombang radio 1950MHz di udara, bernilai 15,385 cm
- D = lebar diameter pipa paralon yang digunakan, dalam hal ini pipa paralon 4" mempunyai lebar 11 cm

$$\lambda_G = 26,87 cm$$

Adapun nilai panjang L minimal adalah:

$$L_{minimal} = 0,75 * \lambda_G$$

$$L_{minimal} = 20,15 cm$$

Perlu diperhatikan bahwa panjang total pipa paralon yang digunakan adalah nilai L+fw. Untuk menentukan posisi lokasi lubang S dari ujung pipa paralon dapat digunakan persamaan:

$$S = 0,25 \lambda_G$$

$$S = 6,71 cm$$

Tabel 1. Spektrum Frekuensi WCDMA

| Spektrum | Band Frekuensi | Operator | UL/DL |
|----------|----------------|------------------------------------|-------|
| | 1920 – 1925 | PT. Hutchinson CP | UL |
| | 1925 – 1930 | PT NatrindoTS | UL |
| | 1930 – 1935 | PT NatrindoTS | UL |
| | 1935 – 1940 | PT. Telekomunikasi Selular | UL |
| | 1940 – 1945 | PT. Telekomunikasi Selular | UL |
| | 1945 – 1950 | PT. Hutchinson CP | UL |
| | 1950 – 1955 | PT. Indosat | UL |
| | 1955 – 1960 | PT. Indosat | UL |
| | 1960 – 1965 | PT. XL Axiata | UL |
| | 1965 – 1970 | PT. XL Axiata | UL |
| | 1970 – 1975 | Kosong/belum ada yang dialokasikan | |
| | 1975 – 1980 | Kosong/belum ada yang dialokasikan | |
| | 2110 – 2115 | PT. Hutchinson CP | DL |
| | 2115 – 2120 | PT NatrindoTS | DL |
| | 2120 – 2125 | PT NatrindoTS | DL |
| | 2125 – 2130 | PT. Telekomunikasi Selular | DL |
| | 2130 – 2135 | PT. Telekomunikasi Selular | DL |
| | 2135 – 2140 | PT. Hutchinson CP | DL |
| | 2140 – 2145 | PT. Indosat | DL |
| | 2145 – 2150 | PT. Indosat | DL |
| | 2150 – 2155 | PT. XL Axiata | DL |
| | 2155 – 2160 | PT. XL Axiata | DL |
| | 2160 – 2165 | Kosong/belum ada yang dialokasikan | |
| | 2165 – 2170 | Kosong/belum ada yang dialokasikan | |

Alat dan Bahan

Alat-alat yang dibutuhkan dalam pembuatan antena wajanbolic adalah :

- Gergaji besi
- Penggaris
- Solder
- Cutter
- Pulpen atau sepidol untuk menandai yang akan dipotong
- Papan kayu untuk alas pengeboran
- Mesin Bor

Sedangkan bahan-bahan yang diperlukan adalah :

- Wajan aluminium dengan diameter 46 cm
- Pipa paralon PVC Ø 4" sepanjang 40 cm
- Tutup pipa paralon (Dop) PVC 4" sebanyak 2 buah
- Lakban aluminium 2 meter
- Pipa PVC 1,25" untukudukan Modem USB sepanjang 15 cm
- Tutup pipa paralon (Dop) PVC 1,25" 1 buah
- Mur baut kecil untuk membautudukan Modem USB ke pipa paralon
- Mur baut agak besar untuk meng-klem salah satu tutup pipa paralon ke wajan
- Rubber tape
- Kabel USB Extension
- Modem USB 3G

Pembuatan Antenna Wajanbolic

Langkah 1, potong pipa pralon 4" sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Beri tanda pada lokasi batas lakban aluminium dan juga lokasi untuk membuat lubang untuk memasukan USB modem 3G. Lokasi lubang modem USB 3G berada pada jarak 6.8cm dari belakang pipa pralon. Bor lubang untuk USB modem dan kerik menggunakan cutter agar USB dapat masuk ke lubang yang tersedia.

Langkah 2. Siapkan dop pralon 4" yang akan ditutupkan ke pipa pralon. Beri lakban aluminium pada dop pralon. Pastikan ada sedikit lakban aluminium di pinggir-nya supaya aluminium-nya nanti bersentuhan dengan aluminium yang ada pada badan pipa pralon.

Langkah 3. Beri lakban aluminium pada badan pipa pralon sampai 25 cm dari ujung. Lubangi menggunakan cutter lokasi tempat masuknya USB modem pada jarak 6.8cm dari ujung. Tutupkan dop pralon 4" yang kita beri lakban pada pipa pralon.

Langkah 4. Lubangi penggorengan dan dop pralon yang ke dua di tengah-nya. Pasang dop pralon ke wajan menggunakan mur dan baut.



Gambar 9. Antena wajanbolic yang telah jadi

Pembuatan Kabel USB Extender

Pada kenyatannya, aplikasi antenna wajanbolic membutuhkan kabel yang panjang untuk tersambung ke PC atau laptop. Karena antenna wajanbolic membutuhkan koneksi line of sight, maka tidak jarang harus memasang antenna wajanbolic pada ketinggian tertentu untuk memperoleh line of sight agar tidak terhalang oleh apapun. Jika menggunakan kabel USB biasa jelas tidak akan mungkin karena pada umumnya kebel USB biasa pendek, dan jika dipaksakan disambung sampai panjang maka data akan loss di tengah jalan. Jika menggunakan kabel USB active extender maka harga akan menjadi mahal. Sehingga digunakan kabel USB extender yang dibuat dari kabel UTP yang ujungnya dikonversi ke USB. Berikut akan diuraikan cara pembuatan kabel USB ekstender. Alat yang diperlukan adalah Cutter dan Solder. Sedangkan bahan yang diperlukan adalah :

- Kabel UTP ± 10 meter
- Kabel USB extender ± 1 meter
- Timah untuk menyolder
- Selotip
- Pipa kecil ± 5 cm x 2 buah
- Lakban

Cara pembuatannya adalah sebagai berikut :

- Siapkan semua alat dan bahan yang diperlukan
- Kupas selongsong luar dari kabel UTP di kedua ujung
- Potong kabel USB jadi 2
- Kupas juga selongsong luar dari kabel USB
- Kupas ujung kabel UTP dan USB ± 3 mm untuk sambungan
- Pasang potongan pipa kecil untuk melindungi kabel sebelum disolder
- Solder kabel UTP ke kabel USB dengan cara sebagai berikut:
 - Kabel UTP orange - putih orange disatukan untuk menghubungkan pin +5V (kabel USB merah)
 - Kabel UTP putih hijau dihubungkan dengan pin Data+ (kabel USB putih)
 - Kabel UTP hijau dihubungkan dengan

- Data- (kabel USB hijau)
- Kabel UTP putih biru, biru, putih coklat, coklat disatukan untuk menghubungkan ke Ground (kabel USB hitam)
- Setelah semua kabel tersambung dengan baik, lapiasi sambungan kabel dengan selotip agar tidak terjadi hubungan pendek
- Rekatkan pipa paralon dengan lakban untuk melindungi sambungan



Gambar 9. Hasil akhir pembuatan kabel USB extender

PENGUKURAN DAN ANALISIS

Umum

Pengukuran berapa penguatan sinyal yang diperoleh sebelum dan setelah menggunakan antenna wajanbolic dapat diukur dengan bantuan software, antara lain MDMA, QPST, dan QXDM.

Dalam pengujian ini tidak dapat dilakukan pengukuran pola radiasi karena selalu terdapat lebih dari 1 base station ketika pengujian.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum pengukuran adalah, menghindari gangguan pantulan (benda-benda disekitar tempat pengukuran) berdasarkan fresnel zone, jarak antara pemancar dan penerima, serta arah dari base station yang akan kita tuju.

Persiapan

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran ini adalah :

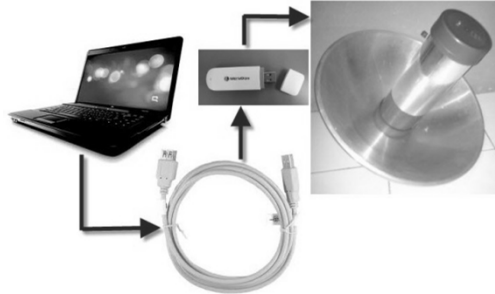
- Antena wajanbolic
- Modem USB 3G
- USB extension
- Laptop (yang telah terinstal program MDMA, QPST, dan QXDM)

Pengukuran Gain

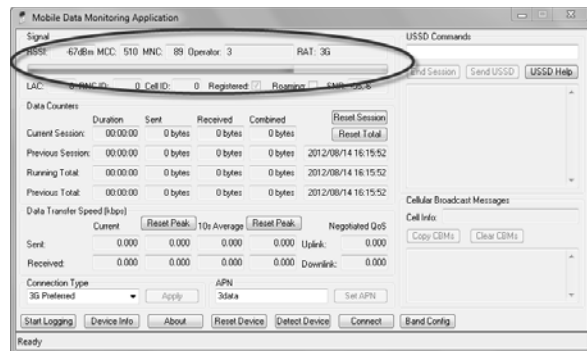
Untuk pengukuran gain maksimum antenna wajanbolic ini dilakukan dengan cara membandingkan level sinyal maksimum yang diterima modem USB 3G dengan level sinyal maksimum yang diperoleh antenna wajanbolic.

Langkah-langkah untuk mengetahui nilai level sinyal yang diperoleh oleh modem USB 3G adalah sebagai berikut:

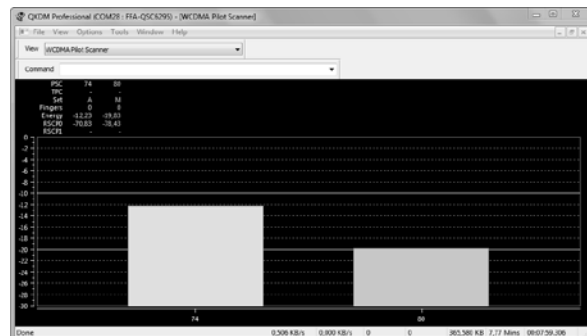
- Nyalakan laptop.
- Hubungkan modem USB 3G ke laptop.
- Jalankan program MDMA, setelah itu QXDM.
- Amati level sinyal yang diperoleh.



Gambar 10. Diagram pengukuran level sinyal

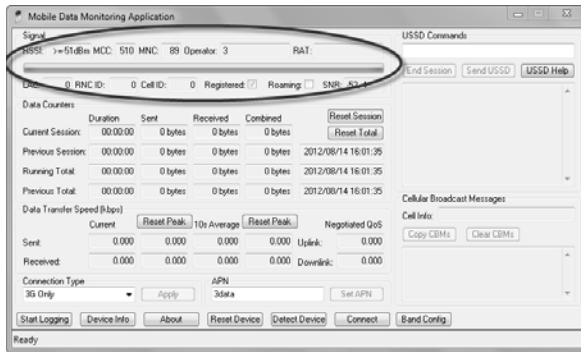


Gambar 11. Hasil pengukuran tanpa antenna wajanbolic dengan MDMA

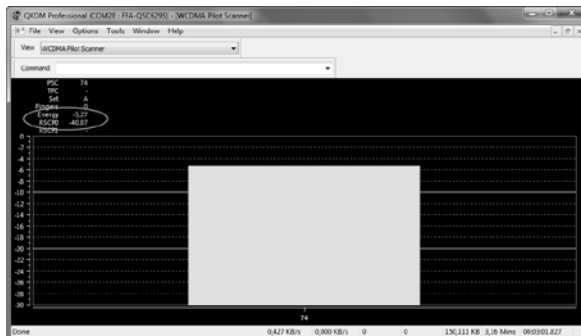


Gambar 12. Hasil Scanning Sinyal Pada QXDM

Selanjutnya amati level sinyal ketika menggunakan antenna wajanbolic yang diarahkan LoS ke base station:



Gambar 13. Hasil penguatan yang ditunjukkan program MDMA



Gambar 13. Hasil penguatan yang ditunjukkan program QXDM

Pada pengukuran antenna wajanbolic didapatkan kekuatan sinyal yang dapat dibaca dari program MDMA adalah $\geq -51\text{dBm}$. Sementara pada program QXDM hanya terdeteksi 1 sinyal BTS, hal ini menunjukkan antenna bekerja dengan baik karena pola radiasinya terarah karena sinyal dari BTS 74 menguat ke $-40,87\text{dBm}$ dan BTS yang lainnya melemah.

$$P [dBm] = G [dB] + K$$

$$-67 \text{ dBm} = G + (-51 \text{ dbm})$$

$$G = 16\text{dB}$$

Pengukuran Transfer Data

Pengujian ini dilakukan dalam waktu yang hampir bersamaan (dengan dan tanpa antenna wajanbolic serta dalam tempat yang sama). Berikut adalah hasil perbandingan kecepatannya:



Gambar 14. Pengukuran tanpa antenna



Gambar 15 Pengukuran dengan antenna

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisa, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Antena wajanbolic adalah antenna *directional* yang mempunyai keterarahan sinyal. Dalam aplikasi penggunaannya antenna wajanbolic harus dalam kondisi *Line of Sight (LoS)* antara antenna pemancar (*Base Station*) dan antenna penerima.
- Antena wajanbolic 46 centimeter ini mempunyai nilai *gain* sebesar $\pm 16 \text{ dB}$ pada jarak 2-3 km antara antenna pemancar (*Base Station*) dan antenna penerima.
- Pada Tugas Akhir ini, antenna wajanbolic yang telah dibuat telah berhasil sesuai performansi yang diharapkan. Hal ini dapat dilihat dari, *gain*, dan kecepatan transfer datayang dimiliki oleh antenna wajanbolic yang telah dibuat.

Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut dari antenna wajanbolic bisa dilakukan hal-hal sebagai berikut antara lain:

- Perbaikan dalam perancangan konstruksi, untuk mendapatkan titik focus yang optimal bisa dilakukan dengan merancang sendiri reflector yang akan digunakan. Sehingga akan didapatkan Gain yang lebih tinggi.
- Karena antenna membutuhkan keadaan LoS terhadap pemancar, kemungkinan besar akan diletakkan di ruang terbuka, oleh karena itu penambahan penangkal petir (*antenna arrester*) bisa menjadi solusi untuk proteksi antenna wajanbolic ini.
- Penggunaan *modem USB 3G* dengan merek yang lebih baik untuk mendapatkan performansi yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alaydrus, Mudrik. , 2011, **Antena (Prinsip & Aplikasi)**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
2. Purbo, Onno W., 2006, **Internet Wireless dan HotSpot**. Jakarta: P.T. Elex Media Komputindo.
3. Santoso, Gatot., 2004, **Sistem Selular WCDMA**. Yogyakarta: Graha Ilmu.

4. Zennaro, Marco dan Carlo Fonda, 2004, **Radio Laboratory Handbook Vol. 1 Cables and Antennas.**
5. **Tutorial Lengkap Cara Menggunakan Software QXDM dan QPST**
<http://teknikit.com/2012/02/tutorial-lengkap-cara-menggunakan-software-qxdm-dan-qpst.html>. (15 Agustus 2012, jam 20:48)
6. **Wajanbolic e-goen**
http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/Wajanbolic_e-goen. (2 Juni 2012, jam 19:37)
7. **Kepemilikan dan masa berlaku Spektrum frekuensi UMTS (WCDMA)**
<http://statistik.kominfo.go.id/site/data?idtree=245&iddoc=709>. (18 September 2012, jam 10:43)