

**SIMULASI DAN ANALISIS RECEIVE SIGNAL LEVEL (RSL)
PADA JARINGAN OPENBTS MENGGUNAKAN
UNIVERSAL SOFTWARE RADIO PERIPHERAL (USRP)**

**SIMULATION AND ANALYSIS OF RECEIVE SIGNAL LEVEL (RSL)
ON THE OPENBTS NETWORK USING UNIVERSAL SOFTWARE RADIO
PERIPHERAL (USRP)**

Mufti Gafar¹ dan Alwin Bahari²

¹Program Studi Elektro, Fakultas Teknik Industri,

²Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi Informasi

Institut Sains dan Teknologi Nasional,

Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640

Telp. (021) 7874647, Fax. (021) 7866955

mufti.gafar@yahoo.com alwinbahari.165@gmail.com

ABSTRAK

OpenBTS adalah aplikasi BTS (Base Transceiver Station) yang berjalan pada platform linux dan merupakan perangkat lunak terbuka. OpenBTS menggunakan sebuah perangkat keras yang bernama USRP (Universal Software Radio Peripheral). Perangkat inilah yang menghubungkan OpenBTS dengan jaringan standar telepon selular (GSM). OpenBTS mengganti infrastruktur tradisional operator GSM, dari Base Transceiver Station (BTS) ke belakangnya. Dari yang biasanya trafik diteruskan ke Mobile Switching Center (MSC), pada OpenBTS trafik diterminasi pada box yang sama dengan cara memneruskan data ke Asterisk PBX melalui SIP dan *Voice-over-IP* (VoIP).

Kegiatan ini akan melakukan simulasi berupa tes call dan SMS. Selanjutnya pada OpenBTS akan dilakukan pengukuran dan perhitungan kekuatan sinyal / receive signal level (RSL). Dari pengukuran dan perhitungan akan dibandingkan dan kemudian dilakukan analisis.

Pada tabel standarisasi nilai RSL pada sistem komunikasi GSM bahwa kualitas sinyal dianggap sangat bagus pada rentang nilai -75 dBm hingga 0. Sehingga hal itu akan coba dibandingkan pada jaringan OpenBTS dengan cara melakukan pengukuran secara manual dan perhitungan secara rumus teori.

Kata kunci : OpenBTS, USRP, Asterisk, RSL, Propagasi

ABSTRACT

OpenBTS is the application of BTS (Base Transceiver Station) which runs on linux platform and an open software. OpenBTS uses a hardware device called USRP (Universal Software Radio Peripheral). OpenBTS is what connects devices with a standard mobile phone networks (GSM). OpenBTS GSM operator replace traditional infrastructure, from the Base Transceiver Station (BTS) to end main components. The traffic is usually forwarded to the Mobile Switching Center (MSC), the OpenBTS traffic terminated in the same box by transmitting the data to the Asterisk PBX through SIP and Voice-over-IP (VoIP).

This final project will be carried out simulation test call and SMS. Next on OpenBTS will take measurements and calculation of signal strength / receive signal level (RSL). Of measurements and calculations will be compared and then analyzed.

In the table the value of standardization RSL on GSM communications system that the signal quality is considered very good value in the range -75 dBm to 0. So that it will try to compare the OpenBTS network by manually taking measurements and theoretical calculation formula.

Keywords: OpenBTS, USRP, Asterisk, RSL, Propagation

1. PENDAHULUAN

Jaringan GSM merupakan teknologi sululer yang populer dan paling banyak digunakan oleh masyarakat di Indonesia. Untuk membangun jaringan GSM membutuhkan biaya yang sangat besar. Misalnya untuk membangun 1 BTS saja operator

harus mengeluarkan biaya miliaran rupiah. Oleh sebab itu setiap operator biasanya melakukan survei diantaranya mendata jumlah populasi dan observasi topografi di suatu area jika ingin membangun sebuah BTS. Hal ini dilakukan agar operator juga mendapatkan keuntungan dari pemasukan.

Saat ini penyedia jaringan telekomunikasi sudah ada dimana-mana. Berbagai macam BTS dari banyaknya operator seluler sudah tersebar baik dari Sabang sampai Merauke. Terlepas dari itu semua ternyata masih banyak daerah-daerah yang masih terisolasi dari jaringan telekomunikasi. Daerah-daerah seperti pegunungan, perbatasan negara, desa pedalaman bahkan sampai daerah pasca bencana ada yang belum bisa dijangkau oleh jaringan seluler. Atau di sebuah area komunitas tertentu seperti kawasan pendidikan, pesantren, balai desa, dan lain-lain yang ingin membuat jaringan telekomunikasi internal yang bersifat lokal juga belum terlayani. Oleh sebab itu dibutuhkan solusi dan terobosan untuk mengatasi hal tersebut.

OpenBTS (*Open Base Transceiver Station*) sebagai salah satu solusi yang memungkinkan untuk membangun sistem komunikasi internal di suatu daerah dengan jangkauan terbatas secara bebas dan gratis. Dengan OpenBTS memberikan kemudahan bagi masyarakat suatu daerah agar bisa tetap saling berkomunikasi. Dibandingkan dengan jaringan GSM, OpenBTS hanya membutuhkan infrastruktur yang minimal dengan biaya murah karena semuanya berjalan secara *open source*. Dengan menggunakan perangkat radio yang disebut *USRP (Universal Software Radio Peripheral)* dan beberapa aplikasi seperti OpenBTS dan asterisk, sudah dapat membangun jaringan telekomunikasi secara gratis.

Selain dilakukan implementasi simulasi, juga akan dilakukan pengukuran dan perhitungan RSL (*Receive Signal Level*). RSL merupakan kekuatan sinyal OpenBTS yang diterima dari perangkat penerima. Akan digunakan 2 metode untuk mendapatkan nilai RSL yaitu dengan cara otomatis menggunakan sebuah aplikasi android dan perhitungan teori rumus. Sehingga didapatkan kuat sinyal berdasarkan jarak tertentu yang kemudian menjadi patokan mengetahui kualitas suara yang diterima.

Secara umum permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana cara melakukan instalasi, konfigurasi dan simulasi sebuah sistem telekomunikasi berbasis OpenBTS dengan menggunakan perangkat USRP dan kemudian menganalisis hasil pengukuran dan perhitungan *nilai receive signal level (RSL)*.

Untuk menjaga agar pembahasan materi penelitian ini tidak meluas, maka penulis membatasi permasalahan dalam penelitian ini hanya mencakup hal-hal diantaranya: Aplikasi yang digunakan adalah OpenBTS, sedangkan perangkat radio yang dipakai

adalah USRP 1 keluaran *ettus*, lokasi pengujian mengambil jaringan lokal dimana OpenBTS diletakkan secara indoor dan tidak dipasang pada tiang pancang antena, sistem operasi yang digunakan adalah berbasis *open source, mobile System (MS)* yang digunakan adalah berbasis GSM-GSM, jumlah user yang digunakan hanya 2 (dua) user dan Hanya melakukan analisis pengukuran dan perhitungan terhadap nilai *receive signal level (RSL)*

2. IMPLEMENTASI

a. OpenBTS Application Suite

Perangkat USRP merupakan perangkat *Software-Defined Radio* yang relatif lebih murah yang di kembangkan oleh *Ettus Research*. Baik harga maupun kemampuan dari berbagai pilihan dapat dikembangkan dalam penggunaannya sehingga membuat USRP menjadi perangkat yang bernilai penting dalam melakukan penelitian dan eksperimen. OpenBTS terdiri dari beberapa aplikasi yang berbeda, diantaranya:

- Transceiver

Aplikasi penerima memiliki fungsi sebagai *radio-modem* GSM dan dihubungkan melalui interface USB ke perangkat radio. Dalam sistem OpenBTS, USRP akan memproses ADC dan sampling rate fungsi konversi sedangkan *transceiver software* mengimplementasikan tuner sub-band, modem GMSK dan menyinkronkan *master clock*

- Asterisk

Asterisk adalah IP PBX yang terintegrasi dengan VoIP gateway, system call center, Konferensi Bridge dan server *voice mail*. Asterisk digunakan untuk semua panggilan fungsi kontrol serta bagian dari manajemen mobilitas. Utilitas pelanggan menggunakan IMSIs sebagai penamaan *Session Initiation Protokol (SIP)* dan menyediakan setiap handset GSM untuk Asterisk sebagai klien SIP.

b. USRP

USRP atau Universal Software Radio Peripheral merupakan sebuah perangkat keras berbasis radio yang di instal dan dapat dikonfigurasi secara komputerisasi. Perangkat ini dirancang dan dikomersiilkan sebuah perusahaan yang bernama Ettus Research, LLC (<http://www.ettus.com/>) . USRP dapat dikoneksikan ke sebuah komputer melalui interface USB berkecepatan tinggi dan bisa juga melalui interface GigabitEthernet. USRP merupakan produk *open source* sehingga dirancang untuk keperluan aksesibilitas. Semua produk USRP di kontrol secara *open source* menggunakan UHD driver. Dalam menjalankan dan mengkonfigurasi USRP diperlukan sebuah aplikasi berbasis *open source* yaitu GNU Radio. Dengan adanya perangkat

USRP ini bertujuan untuk memfasilitasi riset dan pengembangan jaringan berbasis radio yang open source dengan biaya yang murah. Salah satu pemanfaatan USRP yaitu untuk membangun sebuah jaringan OpenBTS. Dalam pengujian kali ini jenis USRP yang digunakan adalah USRP 1.

c. Path Calculation Link

Path calculation Radio Link merupakan perhitungan daya pancar sinyal dari pemancar sampai ke penerima, sehingga informasi yang ada di dalam sinyal tersebut dapat diterima dengan baik dengan adanya sinyal gangguan (*noise*) dan pelemahan sinyal (*absorbition dan attenuation*). Parameter-parameter yang mempengaruhi kondisi propagasi suatu kanal Radio Link adalah sebagai berikut:

- Daya Pemancar (Tx Power)

Semua radio akan mempunyai daya pancar tertentu. Daya pancar ini menentukan energi yang ada sepanjang lebar bandwidth tertentu. Untuk mengetahui seberapa besar daya pemancar, terlebih dahulu harus pahami satuan berikut :

dB

dBW

dBm

dB (decibel) : Adalah satuan faktor penguatan jika nilainya positif, dan pelemahan / redaman / loss jika nilainya negative, misal:

Jika input = 1 watt, output = 100 watt maka terjadi penguatan 100 kali

Jika input = 100 watt, output = 50 watt maka terjadi redaman/loss ½ daya.

Jika dinyatakan dalam dB :

$$G = 10 \log 100/1 = 20 \text{ dB}$$

In Out

$$G = 10 \log 50/100 = -3 \text{ dB} = \text{maka disebut redaman / loss 3 dB}$$

dBW dan dBm adalah satuan level daya dalam 1 watt
 $P(\text{dBW}) = 10 \log P(\text{watt})/1 \text{ watt}$

dBm satuan level daya dengan referensi daya 1 mW
 $= 10^{-3} \text{ watt}$

$$P(\text{dBm}) = 10 \log P(\text{watt})/10^{-3} \text{ watt}$$

- Penguat Antena (Gain)

Penguatan antenna adalah besarnya penguatan energi yang dapat dilakukan oleh antenna pada saat memancarkan dan menerima sinyal. Antena Omni merupakan antenna yang dapat memancarkan sinyal ke segala arah karena pada umumnya antenna *Omnidirectional* mempunyai pola radiasi 360° apabila pola radiasinya dilihat pada bidang medan magnet (H). *Gain* antenna *Omnidirectional* antara 3 dBi sampai 12 dBi

d. Rugi-Rugi Propagasi

Perambatan gelombang radio di ruang bebas dari stasiun pemancar ke stasiun penerima akan mengalami penyebaran energi di sepanjang lintasannya, yang mengakibatkan kehilangan energi yang disebut rugi (redaman) propagasi. Rugi propagasi adalah akumulasi dari redaman saluran transmisi, redaman ruang bebas (*free space loss*), redaman oleh gas (*atmosfer*), dan redaman hujan.

- Redaman saluran transmisi

Redaman saluran transmisi ditentukan oleh *loss feeder* dan *branching*. Redaman *feeder* terjadi karena hilangnya daya sinyal sepanjang *feeder*, sehingga redaman *feeder* identik dengan panjang dari *feeder* tersebut. Sedangkan redaman *branching* terjadi pada percabangan antara perangkat transmisi radio Tx/Rx.

- Redaman ruang bebas (*free space loss*)

Redaman ruang bebas merupakan redaman sinyal yang terjadi akibat dari media udara yang dilalui oleh gelombang radio antara pemancar dan penerima. Perambatan gelombang radio di ruang bebas akan menghalangi penyebaran energi di sepanjang lintasannya sehingga terjadi kehilangan energi. Untuk mengetahui kondisi point to point dengan saluran transmisi, maka perhitungan redaman ruang bebasnya menggunakan rumus model propagasi umum (*Free Space Loss*) sebagai berikut:

$$\text{FSL (dB)} = 20 \log (d) + 20 \log (f) + 92,44 \dots \dots (2-1)$$

Dimana:

f = Frekuensi kerja (GHz)

d = Panjang lintasan propagasi (Km)

- Sensivitas Penerima Radio

Rx adalah kependekan dari "Receive" atau penerima. Semua radio mempunyai titik minimal, dimana jika sinyal yang diterima lebih rendah dari titik minimal tersebut maka data yang dikirim tidak dapat di terima. Titik minimal sensitivitas RX didefinisikan dalam dBm atau W. Bagi sebagian besar radio, sensitivitas RX di definisikan sebagai level dari *Bit Error Rate* (BER). Biasanya digunakan standard Bit Error Rate (BER) sama dengan 10⁻⁵ (99.999%).

e. Perhitungan EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*)

EIRP merupakan besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar suatu antenna di bumi, dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{EIRP} = P_{\text{TX}} + G_{\text{TX}} - L_{\text{TX}}$$

Dimana :

P_{TX} = Daya pancar (dBm)

G_{TX} = Penguatan antenna pemancar (dB)

L_{TX} = Rugi-rugi pada pemancar/feeder loss (dB)

f. Perhitungan RSL (*Receive Signal Level*)

RSL (*Receive Signal Level*) adalah level sinyal yang diterima dipenerima dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima ($RSL \geq R_{th}$). Sensitivitas perangkat penerima merupakan kepekaan suatu perangkat pada sisi penerima yang dijadikan ukuran threshold. Nilai RSL dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$RSL = EIRP - L_{propagasi} + G_{RX} - L_{RX}$$

Dimana :

$$EIRP = \text{Effective Isotropic Radiated Power (dBm)}$$

$$L_{propagasi} = \text{Rugi-rugi gelombang saat berpropagasi (dB)}$$

$$G_{RX} = \text{Penguatan antena penerima (dB)}$$

$$L_{RX} = \text{Rugi-rugi pada pemancar/feeder}$$

loss(dB)

Tabel 1 Standar Receive Signal Level (RSL)

Rentang Nilai (dBm)	Golongan
-75 hingga 0	Sangat bagus
-85 hingga -75	Bagus
-95 hingga -85	Sedang
-105 hingga -95	Buruk
-120 hingga -105	Sangat buruk

- Fading Margin

Fading margin adalah level daya yang harus dicadangkan yang besarnya merupakan selisih antara daya rata-rata yang sampai di penerima dan level sensitivitas penerima.

$$F = RSL - R_{th}$$

Dimana :

$$RSL = \text{level daya terima (dBm atau dBw)}$$

$$R_{th} = \text{level sensitivitas penerima (threshold) (dB)}$$

g. Mencari Nilai RSL

Sangat penting untuk mengetahui nilai suatu RSL karena hal itu menunjukkan kualitas layanan sebuah operator telekomunikasi. Untuk mendapatkan nilai RSL pada jaringan OpenBTS dapat dilakukan dengan 2 metode/cara, yaitu :

- Cara Otomatis

Cara ini sangat mudah dan sederhana karena hanya memerlukan sebuah aplikasi yang diinstal kedalam sebuah perangkat. Salah satu aplikasi yang berbasis android yang bisa digunakan adalah RF Signal Tracker.

- Cara Manual

Cara manual yaitu dengan menggunakan teori perhitungan rumus dengan memasukkan parameter-parameter yang diperlukan.

h. Pengukuran RF Signal Tracker

RF Signal Tracker adalah salah satu aplikasi android yang berfungsi untuk me-record data RSSI beserta teknologinya melalui smartphone Android. Data yang ter-record ini bisa diolah menjadi berbagai hal misalnya :

- Untuk menampilkan data RSSI suatu daerah
- Untuk menampilkan daerah tersebut dilayani oleh teknologi apa, EDGE/GPRS atau UMTS
- Untuk menampilkan daerah tersebut dilayani oleh CI (Cell ID) dari BTS mana, dll.

i. Pengukuran Persamaan Rumus

Nilai RSL dapat dihitung dengan mencari nilai L Propagasi dan nilai EIRP menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_{Propagasi} = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_1 - a(h_2) + (44,9 - 6,55 \log h_1) \log \dots \dots \dots (2-2)$$

$$a(h_2) = (1,1 \log f - 0,7)h_2 - (1,56 \log f - 0,8) \dots \dots \dots (2-3)$$

Dimana :

$$f = \text{Frekuensi kerja dari OpenBTS (Mhz)}$$

$$h_1 = \text{Tinggi Antena Tx (m)}$$

$$h_2 = \text{Tinggi Antena Rx (m)}$$

$$a(h_2) = \text{Faktor koreksi Antena Height-Gain (dB)}$$

$$d = \text{Jarak antara OpenBTS dengan MS (Km)}$$

- EIRP

EIRP merupakan besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar suatu antena di bumi, dapat dihitung dengan rumus:

$$EIRP = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} \dots \dots \dots (2-4)$$

Dimana :

$$P_{TX} = \text{Daya pancar dari OpenBTS (dBm)}$$

$$G_{TX} = \text{Penguatan antena pemancar (dB)}$$

$$L_{TX} = \text{Rugi-rugi pada pemancar (dB)}$$

RSL (*Receive Signal Level*)

$$RSL = EIRP - L_{propagasi} + G_{RX} - L_{RX} \dots \dots \dots (2-5)$$

Dimana:

$$EIRP = \text{Effective Isotropic Radiated Power (dBm)}$$

$$L_{propagasi} = \text{Rugi-rugi gelombang saat berpropagasi (dB)}$$

$$G_{RX} = \text{Penguatan antena penerima (dB)}$$

$$L_{RX} = \text{Rugi-rugi saluran penerima (dB)}$$

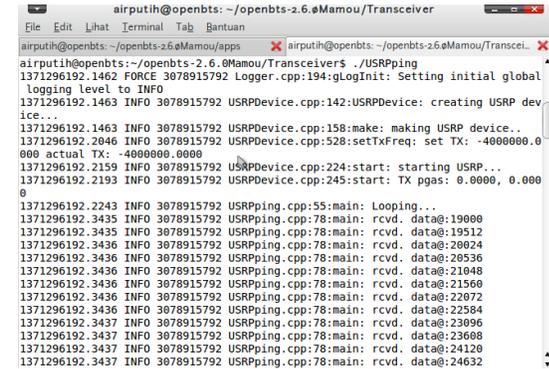
Simulasi

Uji Koneksi OpenBTS

Sebelum melakukan pengujian/simulasi menggunakan MS, pastikan hubungan antara OpenBTS ke USRP telah tersambung dan terkoneksi secara logis. Hal ini dapat dilakukan dengan cara melakukan perintah USRPping sebagai berikut:

Masuk ke terminal:

cd /home/airputih/openbts-2.6.0Mamou/Transceiver
 masukkan perintah : ./USRPping



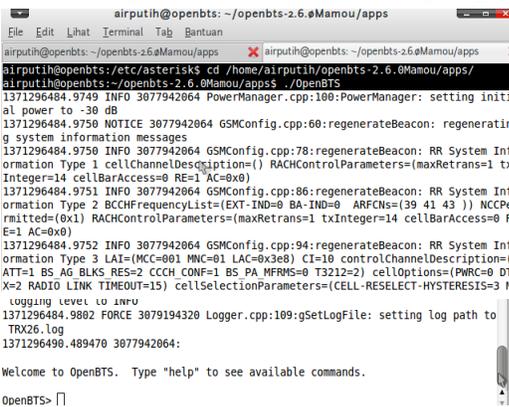
Gambar Uji koneksi OpenBTS-USRP

3.2 Aktifasi OpenBTS

Setelah koneksi OpenBTS dan USRP berhasil dibangun maka selanjutnya kita akan melakukan aktivasi server OpenBTS dan juga asterisk, berikut langkah-langkah yang harus dilakukan:

a. Jalankan OpenBTS:

Masukkan perintah pada terminal : ./apps/OpenBTS



Gambar Aktivasi Server OpenBTS

b. Jalankan Asterisk atau restart Asterisk

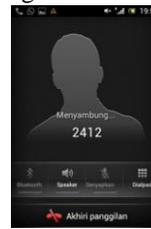
```
airputih@openbts:/etc/asterisk$ sudo /etc/init.d/asterisk restart
Stopping Asterisk PBX: asterisk.
Asterisk PBX is already running. Use restart.
airputih@openbts:/etc/asterisk$
```

Gambar Restart Asterisk

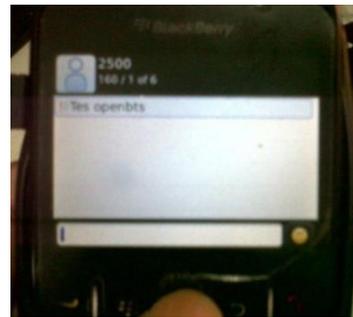
Setelah server dijalankan maka selanjutnya akan dilakukan pendaftaran nomer IMSI yang ada pada tiap-tiap MS kedalam file sip.conf yang ada di asterisk. Sebelum itu akan dijelaskan langkah-langkah cara melakukan koneksi awal dari MS ke OpenBTS:

2.2 Tes Call dan SMS

Setelah setiap nomer IMSI pada MS didaftarkan di sip.conf dan mendapatkan nomer inisialisasi, maka restart ulang asterisk. Dan openBTS siap digunakan dan disimulasikan.



Gambar Call ke 2500

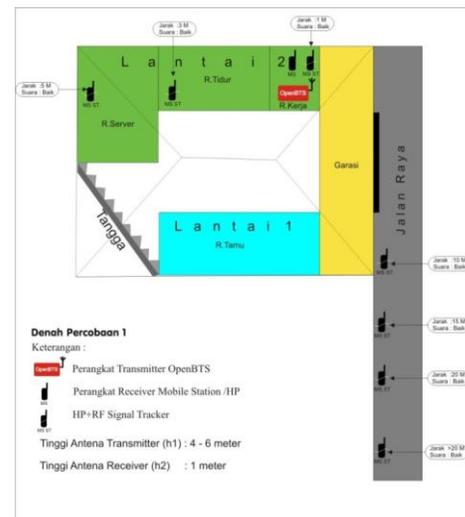


Gambar Terima SMS dari 2412

3. ANALISIS

Lokasi Pengujian

Kondisi area pada saat dilakukan simulasi dan pengujian merupakan sebuah bangunan yang memiliki 2 buah lantai. Pengujian pada jarak 1 meter, 3 meter dan 5 meter terletak dilantai 2 dengan kondisi redaman di ruangan bebas. Sedangkan pada pengujian pada jarak 10 meter, 15 meter dan 20 meter terletak di lantai 1 hingga luar bangunan dengan kontur dinding bersekat-sekat.



Gambar Denah Pengujian

Hasil Pengukuran RSL dengan RF Signal Tracker

Selanjutnya akan diukur kuat sinyal sekaligus mengetahui kualitas suara yang didapatkan dari pengukuran jarak yang berbeda-beda.

Dan berikut salah satu hasil *capture* dari jarak 1 meter.

a. Jarak 1 meter



Gambar Hasil RSL jarak 1 meter

Tabel Hasil Receive Signal Level (RSL) dari RF Signal Tracker

NO	Jarak MS ke OpenBTS (meter)	Average RSL (dBm)	Kualitas Suara
1.	1	-67	Sangat bagus
2.	3	-69	Sangat bagus
3.	5	-81	Bagus
4.	10	-89	Sedang
5.	15	-95	Buruk
6.	20	-101	Buruk

Dari hasil pengujian diatas, didapatkan beberapa informasi diantaranya kuat sinyal dari jarak terdekat adalah sebesar -67dBm. Dari jarak tersebut suara masih dapat diterima dengan jelas. Sedangkan pada jarak 20 meter kualitas suara sudah mulai menurun karena terdengar suara kemrosok. Pada kondisi tersebut kuat sinyal yang diterima adalah -101 dBm. Dan suara mulai tidak terdengar penting bahwa semakin jauh jarak penerima sinyal mobile station dengan pemancar OpenBTS maka semakin lemah kuat sinyal yang didapatkan.

Perhitungan RSL Menggunakan Teori Rumus

Pada perhitungan RSL dilakukan pada 2 kondisi yang berbeda yaitu kondisi LOS (Light Of Sight) pada jarak 1 meter, 3 meter dan 5 meter.

Kondisi tersebut merupakan jalur ruang bebas langsung tanpa adanya obstacle dari pemancar ke penerima. Sedangkan pada kondisi yang kedua adalah ruangan bersekat serta ketinggian lantai yang berbeda, sehingga menjadi obstacle yang akan mempengaruhi kekuatan sinyal yang diterima.

Berikut data parameter yang sudah dimasukkan kedalam bentuk tabel:

Tabel 4.2 Komponen parameter perhitungan RSL

No	Parameter Teknis	Satuan dan Besaran
1.	Daya pancar maksimum (P _{TX})	15 dBm
2.	Frekuensi kerja	900 Mhz
3.	Gain antena Pemancar Tx (G _{TX})	3 dBi
4.	Gain antena penerima Rx (G _{RX})	5 dBi
5.	Tinggi antena pemancar Tx (h ₁)	6 meter
6.	Tinggi antena penerima Rx (h ₂)	1,6 meter
7.	Redaman Receiver (L _{RX})	1 dB

a. Kondisi LOS (Line Of Sight)

Pada kondisi LOS, maka jalur propagasinya berada di ruang bebas dilakukan untuk mengukur pada jarak 1 meter, 3 meter dan 5 meter. Sehingga persamaan yang digunakan adalah menggunakan rumus FSL (Free Space Loss).

$$FSL (dB) = 20 \log (d) + 20 \log (f) + 92,44$$

Dimana:

- f = Frekuensi kerja (GHz)
- d = Panjang lintasan propagasi (Km)

• Perhitungan RSL Pada Jarak, d = 1 meter

Diketahui : d = 1 m = 0,001 Km
f = 900 Mhz

$$FSL(dB) = 20 \log d (Km) + 20 \log f (Mhz) + 32,45$$

$$= 20 \log 0,001 + 20 \log 900 \text{ Mhz} + 32,45$$

$$= -60 + 59,08 + 32,45$$

$$= -60 + 0,9 + 92,44$$

$$= \mathbf{31,53 \text{ dB}}$$

$$EIRP = P_{TX} + G_{TX} + L_{TX}$$

$$= 15 \text{ dBm} + 3 \text{ dBi} - 1 \text{ dB}$$

$$= \mathbf{17 \text{ dBm}}$$

$$RSL = EIRP - L_{propagasi} + G_{RX} - L_{RX}$$

$$= 17 \text{ dBm} - 31,53 \text{ dB} + 5 \text{ dBi} - 1 \text{ dB}$$

$$= \mathbf{-10,53 \text{ dBm}}$$

• Perhitungan RSL Pada Jarak, d = 3 meter

Diketahui : d = 3 m = 0,003 Km
f = 900 Mhz

Maka sesuai dengan rumus persamaan LOS, dihasilkan data sebagai berikut:

$$FSL (dB) = \mathbf{41,08 \text{ dB}}$$

$$EIRP = \mathbf{17 \text{ dBm}}$$

$$RSL = \mathbf{-20,8 \text{ dBm}}$$

• Perhitungan RSL Pada Jarak, d = 5 meter

Diketahui : d = 5 m = 0,005 Km
f = 900 Mhz

Maka sesuai dengan rumus persamaan LOS, dihasilkan data sebagai berikut:

- FSL (dB) = **45,51 dB**
- EIRP = **17 dBm**
- RSL = **-24,51 dBm**

b. Kondisi NLOS (Non-Line-of-Sight)

Pada kondisi ini terdapat penyekat-penyekat sebagai obstacle pada ruangan. Dengan adanya obstacle tersebut membuat level sinyal mengalami pelemahan karena lintasan propagasinya bersifat Non-Line-of-Sight. Akan dilakukan pengukuran RSL untuk kondisi NLOS pada jarak dibawah ini dengan menggunakan persamaan propagasi sebagai berikut:
 $L_{propagasi} = 69,55 + 26,16 \text{ Log } f - 13,82 \text{ Log } h_1 - a(h_2) + (44,9 - 6,55 \text{ Log } h_1) \text{ Log } d$

$$a(h_2) = (1,1 \text{ Log } f - 0,7)h_2 - (1,56 \text{ Log } f - 0,8)$$

Dimana :

- f = Frekuensi kerja dari OpenBTS (Mhz)
- h_1 = Tinggi Antena Tx (m)
- h_2 = Tinggi Antena Rx (m)
- $a(h_2)$ = Faktor koreksi Antena Height-Gain (dB)
- d = Jarak antara OpenBTS dengan MS (Km)

- Perhitungan RSL Pada Jarak, d = 10 meter

$$L_{propagasi} = 69,55 + 26,16 \text{ Log } f - 13,82 \text{ Log } h_1 - a(h_2) + (44,9 - 6,55 \text{ Log } h_1) \text{ Log } d$$

$$= 163,72 \text{ dB}$$

$$= 69,55 + 77,28 - 10,75 - a(h_2) + (44,9 - 5,09) (-2)$$

$$a(h_2) = (1,1 \text{ Log } f - 0,7)h_2 - (1,56 \text{ Log } f + 0,8)$$

$$= 4,07 - 5,40$$

$$= -1,33$$

$$L_{propagasi} = 136,08 - a(h_2) - 79,62$$

$$= 136,08 - (-1,33) - 79,62$$

$$= 57,79 \text{ dB}$$

EIRP = **17 dBm**

$$RSL = EIRP - L_{propagasi} + G_{RX} - L_{RX}$$

$$= 17 \text{ dBm} - 57,79 \text{ dB} + 5 \text{ dBi} - 1 \text{ dB}$$

$$= -36,79 \text{ dBm}$$

- Perhitungan RSL di Jarak, d = 15 meter

Pada perhitungan RSL kali ini jarak antara OpenBTS dengan MS sejauh 15 meter. Sehingga didapatkan hasil dari perhitungan sebelumnya, sebagai berikut:

- d = 15 meter = 0,15 Km
- $L_{propagasi}$ = **104,62 dB**
- EIRP = **17 dBm**
- RSL = **-83,62 dBm**

- Perhitungan RSL di Jarak 20 meter

Pada perhitungan RSL kali ini jarak antara OpenBTS dengan MS sejauh 15 meter. Sehingga didapatkan hasil dari perhitungan sebelumnya, sebagai berikut:

d = 20 meter = 0,2 Km

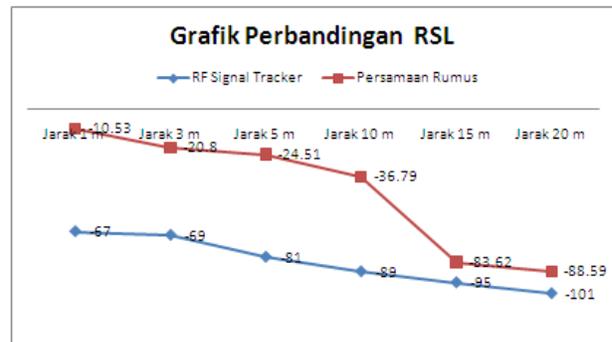
- $L_{propagasi}$ = **109,59 dB**
- EIRP = **17 dBm**
- RSL = **-88,59 dBm**

Hasil Perbandingan Pengukuran dan Perhitungan RSL

Setelah diketahui hasil RSL menggunakan aplikasi android *RF Signal Tracker* maka selanjutnya akan dibandingkan dengan hasil perhitungan secara matematis. Hasil data perbandingan adalah sebagai berikut:

Perbandingan hasil nilai RSL

No	Jarak (m)	Hasil Rata-Rata RF Signal Tracker (dBm)	Hasil Teori Rumus (dBm)	Selisih Data (dBm)
1.	1	-67	-10,53	56,47
2.	3	-69	-20,8	48,2
3.	5	-81	-24,51	56,49
4.	10	-89	-36,79	52,21
5.	15	-95	-83,62	11,38
6.	20	-101	-88,59	12,41



Gambar Grafik Perbandingan RSL

Dari gambar tabel dan grafik perbandingan antara pengukuran menggunakan aplikasi RF Signal Tracker dengan perhitungan menggunakan persamaan rumus terdapat perbedaan. Pada simulasi jarak terdekat yaitu 1 meter hasil pengukuran menunjukkan bahwa kuat sinyal / RSL rata-rata adalah sebesar -67 dBm sedangkan jika menggunakan rumus perhitungan didapatkan RSL jarak terdekat sebesar -10,53 dBm. Selisih antara keduanya adalah sebesar 56,47 dBm. Pada jarak tersebut kondisi jalur perambatan secara bebas tidak ada penghalang. Sedangkan pada jarak terjauh yaitu 20 meter hasil pengukuran menggunakan RF Signal Tracker menunjukkan hasil rata-rata sebesar -101 dBm sedangkan dari hasil perhitungan rumus sebesar -88,59 dBm atau terdapat selisih sebesar 12,41 dBm. Pada jarak ini nilai RSL

mengalami penurunan sangat signifikan karena berbagai faktor selain jarak juga faktor medium perambatan sinyal yang terhalang-halangi oleh tembok yang bersekat-sekat.

Analisis Hasil Pengukuran Dengan RF Signal Tracker

Dari hasil pengukuran pada jarak 1 meter, RSL yang didapatkan merupakan hasil yang terbaik karena merupakan jarak terdekat dengan OpenBTS. Selain karena jarak juga tidak ada obstacle yang menghalangi perambatan sinyal. Pada jarak tersebut RSL rata-rata adalah sebesar -67 dBm. Suara yang dihasilkan juga masih terdengar jelas. Pada jarak 3 nilai RSL mengalami penurunan menjadi sebesar -69 dBm tetapi kualitas suara yang didapatkan masih cukup baik. Pada percobaan jarak 20 meter, sinyal RSL melemah cukup drastis menjadi -101 dBm sehingga kualitas suara sudah mulai terganggu. Selain jarak yang semakin jauh dari pemancar, pengaruh obstacle berupa dinding dari ruangan yang bersekat-sekat juga mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima.

Analisis Hasil Perhitungan Dengan Teori Rumus

Dalam perhitungan RSL, persamaan yang digunakan dibedakan berdasar cara bagaimana gelombang merambat pada saluran transmisi. Cara pertama pada saat *Free Space Loss*, kondisi dimana pada saat gelombang radio merambat pada ruang bebas sehingga tidak ada penghalang pada saluran transmisi. Cara ini dilakukan pada jarak terdekat 1 meter yang didapatkan RSL sebesar -10,53 dBm hingga pada jarak 3 meter dengan nilai RSL sebesar -81 dBm. Sedangkan cara yang kedua, gelombang akan mengalami redaman sepanjang lintasan karena kontur ruangan yang bersekat-sekat. Pada kondisi ini dilakukan pada jarak 10 meter dimana dihasilkan nilai RSL sebesar -36,79 dBm sedangkan pada jarak 20 meter sebesar -88,59 dBm.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan antara lain :

- a. Pengukuran RSL menggunakan sebuah aplikasi RF Signal Tracker pada jaringan OpenBTS mengalami pelemahan / penurunan nilai RSL yang cukup signifikan pada jarak lebih dari 20 meter yaitu sebesar -101 dBm, sedangkan untuk hasil terbaik pada jarak 1 meter rata-rata berkisar -67 dBm, hasil ini menunjukkan sudah paling mendekati standard RSL pada jaringan GSM.

- b. Terdapat hasil perbedaan yang sangat mencolok dari perhitungan menggunakan persamaan rumus RSL pada saat kondisi LOS dan NLOS. Pada saat jarak terdekat dimana kondisi LOS, RSL yang diperoleh sebesar -10,53 dBm, hal ini dikarenakan gelombang sinyal merambat pada ruang bebas tanpa adanya redaman saluran transmisi, sedangkan pada jarak terjauh dimana kondisi NLOS, nilai RSL yang didapatkan sebesar -88,59 dBm, hal ini selain disebabkan karena jarak, juga disebabkan faktor ruangan yang bertembok dan bersekat sebagai jalur transmisi gelombang.
- c. OpenBTS secara teknis bisa diterapkan tetapi terkendala perijinan sehingga perlu adanya regulasi dari pemerintah sehingga bisa dimanfaatkan pada daerah-daerah terpencil.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alexsander Loula . Open BTS Installation and Configuration Guide, v0.1, 2009.
2. Matthias Fahnle. Software Defined Radio with GNU Radio, 2009
3. Hutomo, Widi Sulisty. "Analisa Pengukuran Receive Signal Level Pada Jaringan GSM". Proyek Akhir Jurusan Teknik Elektro ISTN, Jakarta, 2009.
4. Ettus Research, "USRP 1 Specification", (<https://www.ettus.com/product/details/USRPPKG>), diakses tanggal 20 Juni 2013).
5. Cooper, A. Thomas. "Integration of Open-Source GSM Networks". Thesis Master of Science in Electrical Engineering Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, 2012.
6. Safrudin, Akhmat. "OpenBTS" Yayasan Air Putih, Jakarta, 2012.
7. John D. Krous. "Antenas". McGraw-Hill Book Company, 1988.
8. Siwiak, Kazimierz. "Radiowave Propagation and Antennas For Personal Communicatioan", Artech House, Inc, 2007.
9. Milligan, Thomas A. "Modern Antenna Design", John Wiley & Sons, Inc, 2005.
10. Linnartz, Jean-Paul M.G. "The Basic of Mobile Propagation", Philip Research, Eindhoven University of Technology, 2007