

ANALISIS PENAMBAHAN ANTENA 3G DI SITE SEI BUAH PT.TELKOMSEL PALEMBANG DIVISI SERVICE QUALITY ASSURANCE

Yosi Apriani

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang Email : yosiapriani@umpalembang.ac.id

ABSTRAK

Penambahan BTS 3G bertujuan untuk memberikan layanan yang selalu lebih baik dan cepat. Perbandingan coverage 2G dan coverage 3G yang sangat dapat dirasakan oleh pelanggan adalah kualitas nilai level voice 3G jauh lebih baik dibandingkan dengan nilai level voice 2G. Untuk mengetahui kualitas layanan maka bisa dilakukan *drive test*. Dari *drive test* ini akan diketahui kualitas layanan seperti SMS (*Short Message Service*), *video*, *voice* dan data. Dari hasil *drive test* tersebut maka akan dianalisa apakah service suatu BTS pada suatu daerah tertentu dapat dikatakan baik atau belum. Maka service BTS tersebut akan dilakukan setting parameter, optimasi, audit site bahkan sampai akan dilakukan *downlit* atau *uplit* atau perlu ditambahkan BTS baru. Standar untuk nilai voice yang baik adalah -10 dBm sampai dengan -85 dBm, untuk nilai kecepatan akses data 2G yang baik adalah 51 Kbps – 256 Kbps sedangkan pada kecepatan akses data 3G 380 Kbps – 1200 Kbps. Faktor yang mempengaruhi baik buruknya nilai received level signal voice baik untuk 2G maupun untuk 3G adalah jarak antara antenna kelokasi pengukuran. Yang mempengaruhi nilai kecepatan akses data tersebut baik/cepat dan lambat/buruk adalah durasi akses data.

Kata Kunci: Drive Test, Received Level Sinyal Voice, Kecepatan Akses Data

1. PENDAHULUAN

Saat ini dunia telekomunikasi mengalami perkembangan yang sangat pesat. Beberapa tahun belakangan ini semakin gencarnya semua operator provider telekomunikasi berlomba – lomba memberikan service kepada pelanggan. Tiap operator mempunyai tantangan untuk memperoleh dan tetap mempertahankan pelanggan sebanyak – banyaknya. Selain menyediakan layanan yang beragam dan berinovasi, operator juga harus tetap memperhatikan kualitas sinyal agar pelanggan tetap merasa nyaman dalam setiap menggunakannya (Praharasty, Anggit,2009).

Salah satu faktor yang berperan penting dalam menjaga kestabilan dan kemajuan service di setiap pelanggan, maka PT. Telkomsel terus melakukan penambahan BTS 3G yang bertujuan untuk memperluas coverage. Dalam menentukan kualitas sinyal di setiap pelanggan maka PT. Telkomsel mengukur menggunakan metode Drive Test (Kiswanto, 2012). Ini dilakukan untuk mengetahui sinyal pancaran yang dipancarkan oleh antenna dari BTS di suatu tempat, apakah sudah baik atau buruk. Sehingga PT. Telkomsel dapat mengetahui apakah harus dilakukan optimasi, setting parameter atau penambahan antenna.

Sehingga pada penelitian ini akan diketahui parameter – parameter yang terukur pada saat *drive test*. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pada saat *drive test* adalah daya pancar dari antenna, ketinggian letak antenna, jarak antenna kelokasi pengukuran dan keadaan geografis.

Hasil akhir dari penelitian ini adalah melakukan analisa berdasarkan hasil pengukuran parameter – parameter *drive test* untuk mengetahui kualitas sinyal level voice dan kecepatan akses data pada saat sebelum dan sesudah penambahan antenna 3G pada Site Sei Buah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Generasi Ketiga/ 3G

Generasi yang ada sebagai trend saat ini dimana komunikasi dua orang bukan hanya melalui suara, tetapi juga dapat bertatap muka secara langsung dan *realtime (live)*. Pada tahun 1985, *internasional Telecommunication Union (ITU)* menentukan versi untuk suatu sistem seluler generasi 3G, pada pertama disebut *Future Public Land Mobile Telecommunication system (FPLMTS)* dan kemudian dinamai *Internasional Mobile Telecommunication 2000 (IMT-2000)*. ITU menyusun tujuan dari proyek *IMT-2000* dan mengalokasikan rentang frekwensi global (Jhon, Coolen dan Dennis Roddy, 1995).

Sistem komunikasi nirkabel generasi ketiga/3G dikembangkan dari sistem- sistem yang ada di generasi kedua, yang sudah matang teknologinya. Tujuan diciptakannya jaringan komunikasi

generasi ketiga adalah menyediakan seperangkat standar tunggal yang dapat memenuhi aplikasi - aplikasi nirkabel yang luas variasinya dan menyediakan akses yang sifatnya universal di seluruh dunia (Dwi, Gunadi, Gunawan Wibisono, Uke Kurniawan Usman & Hantoro 2007).

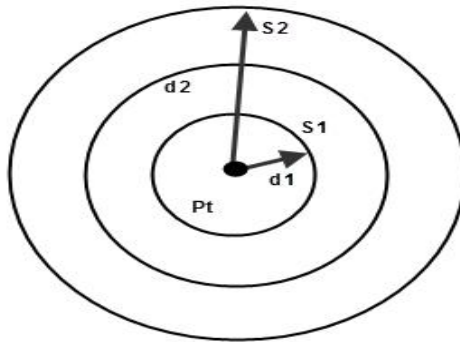
2.2 Model Propagasi Udara Bebas

Dasar dari propagasi gelombang elektromagnetik adalah medan listrik dan medan magnet merambat di udara artinya arah vector medan magnet dan arah medan elektrik saling tegak lurus terhadap perambatan gelombang. Bila antenna ditempatkan pada satu posisi transmitter (Tx), gelombang menjalar dari Tx menuju ke receiver (Rx). Dititik penerima gelombang akan diterima oleh antenna received (Rx) (Sunomo, 2004). Besar kuat sinyal yang diterima pada titik Rx sangat tergantung pada jarak dan daya pancar Tx, makin besar jarak, kuat sinyal yang diterima semakin kecil maka besar kuat sinyal S ($watt/m^2$) yang diterima adalah :

$$S = \frac{P_t}{4\pi d^2} \dots \dots \dots (1)$$

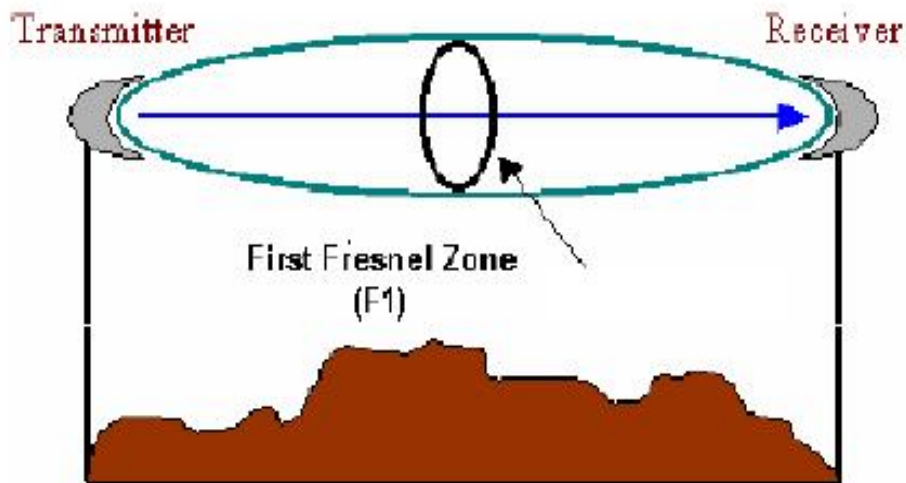
Dimana

- S : Kuat sinyal ($watt/m^2$)
- d : Jarak Tx dengan Rx(m)
- P_t : Besar Gain (watt)
- $d_2 = 2d_1$ sehingga $S_2 = S_1/4$



Gambar 2. Hubungan Tx dengan Rx

Gelombang radio terutama pada daerah UHF (*Ultra High Frequency*) keatas dalam penjalarnya antara transmitter (Tx) dan receiver (Rx) diinginkan bebas pandang LOS (*Line Of Sight*) tanpa halangan, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.3 adalah sebagai berikut ini :



Gambar 3. LOS (Line Of Sight) antara Tx (Trasmitter) dan Rx (Receiver)

Dari persamaan 1 terlihat bahwa energy yang sampai pada titik penerima berkurang makin besarnya jaraknya. Perbandingan antara daya yang diterima dengan daya yang dipancarkan P_r/P_t disebut sebagai *Free Space Loss*. Besarnya dapat diturunkan dengan menggunakan rumus formula Friis, dimana kerapatan *flux* daya (kerapatan kuat sinyal) adalah

$$P_{flux} = \frac{P_t}{4\pi r^2} \text{ apatav/flux} \dots \dots \dots (2)$$

Untuk menghitung daya diterima, dengan adanya luas efektif dari antenna A_e

$$P_r = A_e P_{flux} \text{ daya} \dots \dots \dots (3)$$

Luas efektif dari antenna A_e berkaitan dengan gain antenna G_r .

$$A_e = \frac{G_r \lambda^2}{4\pi} \text{ ini} \dots \dots \dots (4)$$

Subtitusikan persamaan 2.4 kedalam persamaan 2.3 sehingga di dapat

$$P_r = \frac{P_t G_r A_e}{4\pi r^2} \dots \dots \dots (5)$$

$$P_r = \frac{P_t G_r^2 \lambda^2}{4\pi r^2} \text{ wall} \dots \dots \dots$$

Path Loss didasarkan pada antenna isotropis yang $G_r = 1$ sehingga

$$P_r = \frac{P_t \lambda^2}{4\pi r^2} \dots \dots \dots (6)$$

Path Loss adalah perbandingan antara daya yang diterima dengan daya pancar

$$\text{Path Loss} = \frac{P_t}{P_r} \dots \dots \dots (7)$$

Sehingga didapat, free spece loss FSL adalah sebesar

$$FSL = \frac{P_t}{P_r} \dots \dots \dots (8)$$

Bila frekuensi dalam MHz, r atau d dalam km, maka *Path Loss* dalam dB menjadi

$$\text{Path Loss(dB)} = 32,45 + 20 \log(d_{\text{km}}) + 20 \log(f_{\text{MHz}}) \dots\dots\dots(9)$$

2.3 Model Propagasi di Luar Bangunan

Model – model ini ditujukan untuk memprediksi kekuatan sinyal di titik lokasi penerimaan tertentu atau wilayah local tertentu yang disebut *sector*, dengan metode yang bervariasi secara luas dalam pendekatannya, kerumitannya maupun ketepatannya. Sebagian besar model ini berlandas pada interpretasi sistematis dan pengukuran data yang diperoleh dalam wilayah layanan yang dimiliki oleh operator system komunikasi bergerak (Rizkia, Sheilla 2004)

2.3.1 Model Okumura

Model *okumura* ini diterapkan untuk frekuensi dalam rentang frekuensi 150 MHz sampai 1920 MHz (walaupun ia juga diperhitungkan kemungkinan untuk sampai pada frekuensi 3000 MHz), dan jarak 1 km sampai 100 km. Model ini dapat digunakan untuk ketinggian antenna BTS yang merentang dari 30 meter sampai 1000 meter.

Model *Okumura* ini dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$L_{50}(\text{dB}) = L_F + A_{\text{mu}}(f,d) - G(h_{\text{te}}) - G(h_{\text{re}}) - G_{\text{wilayah}} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana

- L_{50} : Nilai median dari redaman lintasan propagasi
- L_F : Redaman propagasi ruang bebas
- A_{mu} : Pelemahan relative terhadap ruang bebas
- $G(h_{\text{te}})$: Factor penguatan ketinggian antenna BTS
- $G(h_{\text{re}})$: Factor penguatan ketinggian antenna pesawat penerima
- G_{wilayah} : penguatan yang disebabkan oleh jenis lingkungan

Lebih jauh lagi Okumura menentukan bahwa $G(h_{\text{te}})$ bervariasi pada laju 20 dB/decade, dan $G(h_{\text{re}})$ bervariasi pada laju 10 dB/decade untuk ketinggian kurang dari 3 meter.

$$G(h_{\text{te}}) = 20 \log \left(\frac{h_{\text{te}}}{30} \right) \quad \text{untuk } h_{\text{te}} > 30 \text{ m} \dots\dots\dots(11)$$

$$G(h_{\text{re}}) = 10 \log \left(\frac{h_{\text{re}}}{3} \right) \quad \text{untuk } h_{\text{re}} > 3 \text{ m} \dots\dots\dots(12)$$

$$G_{\text{wilayah}} = 20 \log \left(\frac{f_c}{30} \right) \quad \text{untuk } f_c > 30 \text{ MHz} \dots\dots\dots(13)$$

2.3.2 Model Hata

Model *hata* merupakan formulasi empiris dari redaman lintasan secara grafis yang disediakan oleh Okumura dan sah untuk frekuensi sinyal dari 150 MHz sampai 2000 MHz. Hata menyajikan redaman rambatan di wilayah perkotaan sebagai rumus standar dan memberikan persamaan – persamaan koreksi untuk penerapan dalam situasi lain. Formula standar untuk median redaman lintasan didalam wilayah perkotaan. Maka model hata dapat dilihat dalam persamaan 2.15.

$$L_{50}(\text{dB}) = 69,55 + 26,16 \log f_c - 13,82 \log d + h_{\text{te}} - a(h_{\text{re}}) + (44,9 - 6,55 \log d - h_{\text{te}}) \log d \dots\dots\dots(14)$$

Dimana:

- f_c : Frekuensi (MHz) antara 150 MHz – 2000 MHz
- h_{te} : Tinggi efektif antenna BTS (m) antara 30 m – 200 m
- h_{re} : Tinggi antenna pesawat penerima antara 1m sampai 30 m
- d : Jarak antenna pemancar dan penerima (km)
- $a(h_{\text{re}})$: Factor koreksi ketinggian pesawat penerima

Untuk kota yang memiliki ukuran sedang – sedang saja, factor koreksi antenna pesawat komunikasinya diberikan oleh persamaan

$$a(h_{\text{re}}) = (11 \log f_c - 0,7) h_{\text{re}} - (1,56 \log f_c - 0,8) \text{ dB} \dots\dots\dots(15)$$

Untuk kota besar, pada frekuensi $f_c \leq 300$ MHz, factor koreksinya adalah

$$a(h_{\text{re}}) = 8,29 (\log 1,54 h_{\text{re}})^2 - 1,1 \text{ dB} \dots\dots\dots(16)$$

Untuk kota besar, pada frekuensi $f_c = 300$ MHz, factor koreksinya adalah:

$$a(h_{\text{re}}) = 3,2 (\log 11,54 h_{\text{re}})^2 - 4,97 \text{ dB} \dots\dots\dots(17)$$

2.4 Desibel

Pengukuran *drive test* digunakan satuan *decibel* (dB) dimana *decibel* (Lambang Internasional = dB) Satu *decibel ekuivalen* dengan sepersepuluh Bel. Huruf “B” pada dB ditulis dengan huruf besar karena merupakan bagian dari nama penemunya, yaitu *Bell*. Desibel juga merupakan sebuah unit logaritmis untuk mendeskripsikan suatu rasio. Rasio tersebut dapat berupa daya(*power*), tekanan suara(*sound pressure*), tegangan/voltasi(*voltage*), intensitas(*intensity*), atau hal-hal lainnya. Terkadang dB juga dapat dihubungkan dengan *Phon* dan *Sone* (satuan yang berhubungan dengan kekerasan suara). Untuk mengukur rasio dengan menggunakan dB dapat digunakan logaritma.

Penguatan Daya =

$$10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \dots\dots\dots(18)$$

Penguatan Tegangan =

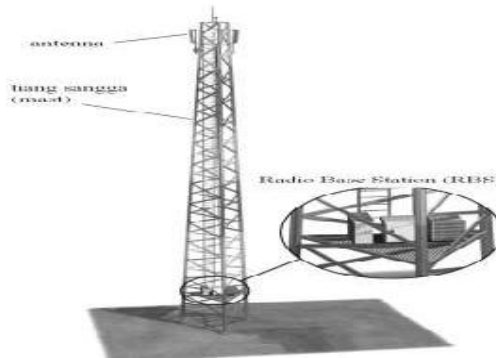
$$20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1} \dots\dots\dots(19)$$

Penguatan Arus =

$$20 \log_{10} \frac{I_2}{I_1} \dots\dots\dots(20)$$

2.5 Antenna

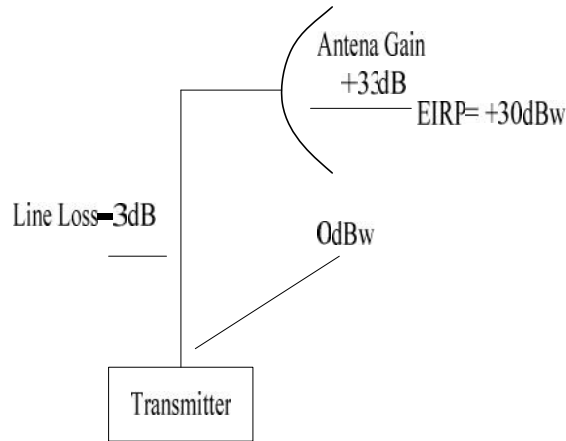
Antenna adalah alat untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik, bergantung kepada pemakaian dan penggunaan frekuensinya, Antenna adalah alat pasif tanpa *catu daya (power)*, yang tidak bisa meningkatkan kekuatan sinyal radio. Kekuatan dalam mengkonsentrasi dan memfokuskan sinyal radio, satuan ukurnya adalah *dB*. Jenis antenna yang akan dipasang harus sesuai dengan sistem yang akan kita rencanakan, juga disesuaikan dengan kebutuhan penyebaran sinyalnya (Shoji, Shigeki dan Suhana,2004).



Gambar 5. Menara, Antenna dan Radio Base Station

2.6 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) adalah nilai daya yang dipancarkan antenna *directional* untuk menghasilkan puncak daya yang diamati pada arah radiasi maksimum penguatan antenna. *EIRP* merupakan daya maksimum gelombang sinyal mikro yang keluar transmitter antenna.



Gambar 6. Komponen EIRP

EIRP merupakan besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar suatu antenna di bumi dapat dihitung sebagai berikut :

$$EIRP = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} \dots \dots \dots (21)$$

Dimana :

- P_{TX} : Daya pancar (dBm)
- G_{TX} : Penguatan ntena pemancar (dB)
- L_{TX} : Rugi – rugi pada pemancar (dB)

2.7 Received Signal Level

Receive signal level adalah level sinyal yang diterima di penerima 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

$$RSL = EIRP - L_{propagasi} - G_{RX} - L_{RX} \dots \dots \dots (22)$$

Dimana :

- EIRP = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)
- $L_{propagasi}$ = Rugi – rugi gelombang saat berpropagasi (dB)
- G_{RX} = Penguatan antenna penerima (dB)
- L_{RX} = Rugi-rugi saluran penerima (dB)

$$Kecepatan\ Data = \frac{Rugi - rugi\ gelombang\ sa}{uatan\ ntena} \dots \dots \dots (23)$$

Kecepatan data 2G adalah 9,6 kbps – 100 Kilo bit per detik dan kecepatan data adalah 3G adalah 144 Kbps – 2 Mega bit per detik. Satuan dari jumlah file transfer data pada kecepatan akses data adalah menggunakan satuan byte atau bit. Dengan 1 Byte = 8 Bit dan 1 Bit = 0.125 Byte.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, penulis menggunakan metodologi penelitian sebagai berikut:

- 1. Tahap Studi Literatur**
Pada tahap ini akan dilakukan metode pengambilan dan pengumpulan data dari jurnal penelitian, buku-buku, dan internet.
- 2. Tahap Pengukuran Menggunakan Drive Test**
Pada tahap ini akan dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter penelitian.
- 3. Tahap Analisa & Perhitungan**
Pada tahap ini akan dilakukan analisa tentang hasil pengukuran kualitas sinyal voice dan kecepatan akses data pada saat sebelum dan sesudah penambahan antenna 3G di area Jalan RE Martadinata.

4. Tahap Pengambilan Kesimpulan.

Pada tahap ini ditarik suatu kesimpulan dari semua proses yang telah dijalani dan dituliskan menjadi penelitian.

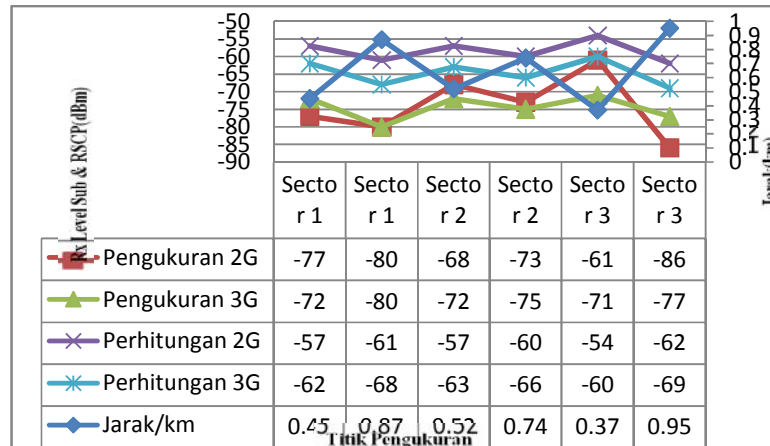
4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Received Sinyal Level Voice 2G

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran dan Perhitungan untuk Received Signal Level Voice 2G dan 3G

No	Lokasi	Jarak/km	Received Signal Level Voice (dBm)			
			Pengukuran		Perhitungan	
			2G	3G	2G	3G
1	Sector 1	0,45	-77	-72	-57	-62
2	Sector 1	0,87	-80	-80	-61	-68
3	Sector 2	0,52	-68	-72	-57	-63
4	Sector 2	0,74	-73	-75	-60	-66
5	Sector 3	0,37	-61	-71	-54	-60
6	Sector 3	0,95	-86	-77	-62	-69

Gambar 4.1 Grafik Pengukuran dan Perhitungan untuk Received Signal Level Voice 2G dan 3G

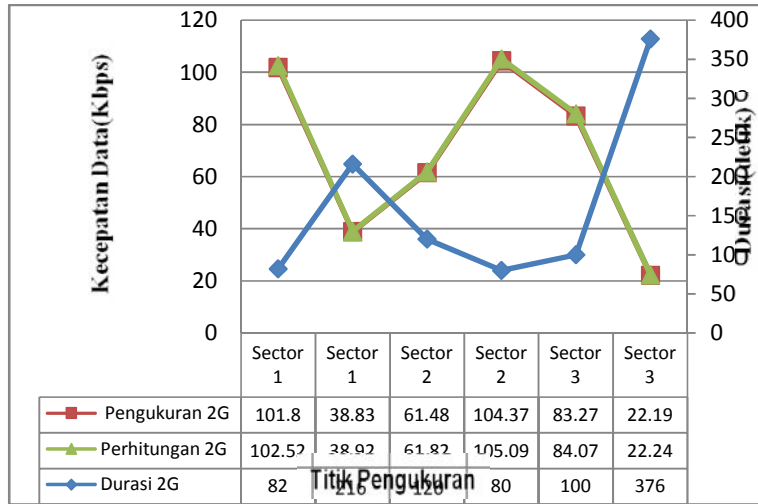


4.2 Perhitungan Kecepatan Akses Data 2G File Transfer 1 Megabyte

Tabel 4. 2. Hasil Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Akses Data 2G Jumlah Transfer Data 1 Megabyte

No	Lokasi	Durasi 2G	Jumlah File (Bit)	Kecepatan Akses Data 2G File Transefer 1 Megabyte (Kbps)	
				Perhitungan 2G	Pengukuran 2G
1	Sector 1	82	8406848	102,52	101,8
2	Sector 1	216	8406848	38,92	38,83
3	Sector 2	120	8406848	61,82	61,48
4	Sector 2	80	8406848	105,09	104,37
5	Sector 3	100	8406848	84,07	83,27
6	Sector 3	376	8406848	22,24	22,19

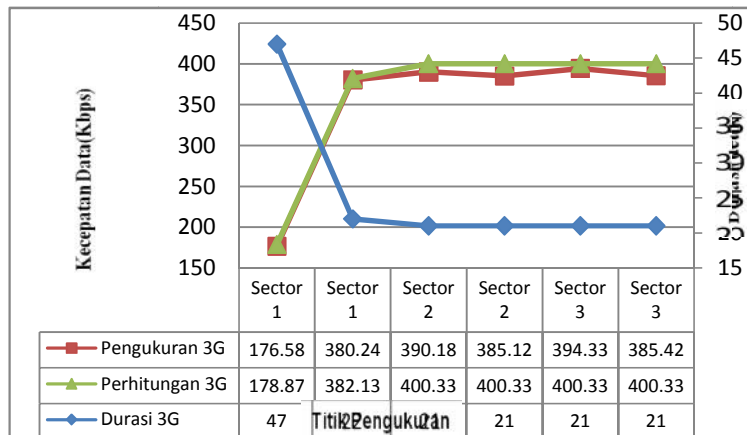
Gambar 4.2 Grafik Pengukuran dan Perhitungan untuk Kecepatan Data 2G Jumlah File 1 Megabyte



Tabel 4.3 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Akses Data 3G Jumlah Transfer Data 1 Megabyte

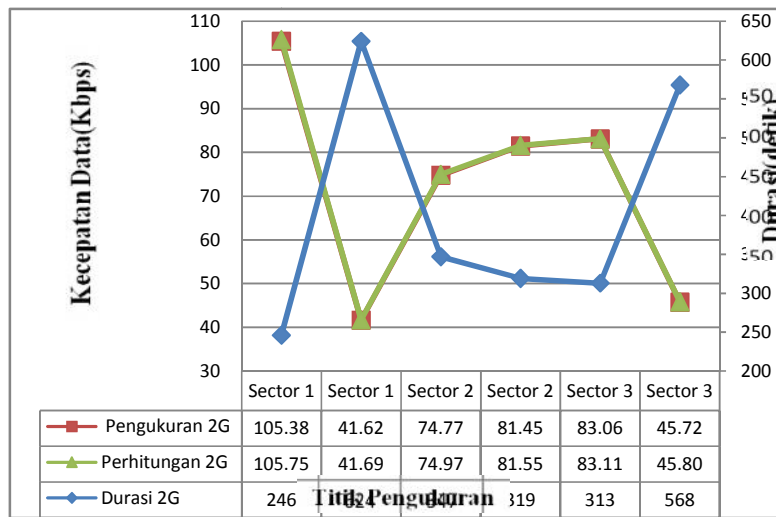
No	Lokasi	Durasi 3G	Jumlah File (Bit)	Kecepatan Akses Data 3G File Transefer 1 Megabyte(Kbps)	
				Perhitungan 3G	Pengukuran 3G
1	Sector 1	47	8406848	178,87	176,58
2	Sector 1	22	8406848	382,13	380,24
3	Sector 2	21	8406848	400,33	390,18
4	Sector 2	21	8406848	400,33	385,12
5	Sector 3	21	8406848	400,33	394,33
6	Sector 3	21	8406848	400,33	385,42

Gambar 4.3 Grafik Pengukuran dan Perhitungan untuk Kecepatan Data 3G Jumlah File 1 Megabyte



Tabel 4.4 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Akses Data 2G Jumlah Transfer Data 3 Megabyte

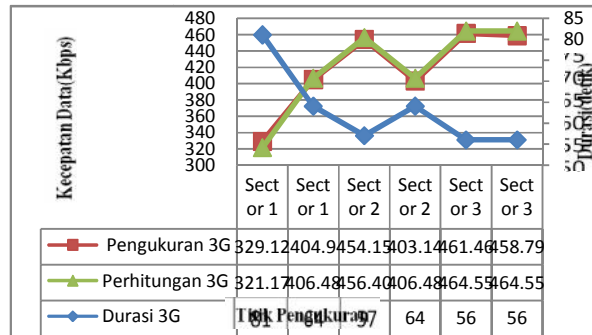
No	Lokasi	Durasi 2G	Jumlah File (Bit)	Kecepatan Akses Data 2G File Transfer 3 Megabyte(Kbps)	
				Perhitungan 2G	Pengukuran 2G
1	Sector 1	246	26014976	105,75	105,38
2	Sector 1	624	26014976	41,69	41,62
3	Sector 2	347	26014976	74,97	74,77
4	Sector 2	319	26014976	81,55	81,45
5	Sector 3	313	26014976	83,11	83,06
6	Sector 3	568	26014976	45,80	45,72



Gambar 4.4 Grafik Pengukuran dan Perhitungan untuk Kecepatan Data 2G Jumlah File 3 Megabyte

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Akses Data 3G dengan Jumlah Transfer Data 3 Megabyte

No	Lokasi	Durasi 3G	Jumlah File (Bit)	Kecepatan Akses Data 3G File Transfer 3 Megabyte(Kbps)	
				Perhitungan 3G	Pengukuran 3G
1	Sector 1	81	26014976	321,17	329,12
2	Sector 1	64	26014976	406,48	404,9
3	Sector 2	57	26014976	456,40	454,15
4	Sector 2	64	26014976	406,48	403,14
5	Sector 3	56	26014976	464,55	461,46
6	Sector 3	56	26014976	464,55	458,79



Gambar 4.5 Grafik Pengukuran dan Perhitungan untuk Kecepatan Data 3G Jumlah File 3 Megabyte

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini :

1. Bahwa nilai kualitas sinyal level voice yaitu $-85\text{ dBm} \leq x < -10\text{ dBm}$ dan kecepatan akses data pada coverage antenna 2G yaitu $51\text{Kbps} - 100\text{Kbps}$ dan antenna 3G yaitu $380\text{Kbps} - 1200\text{Kbps}$ pada beberapa lokasi titik pengukuran telah memenuhi standar dari PT. Telkomsel.
2. Semakin jauh lokasi pengukuran ke antenna 2G maupun 3G kualitas sinyal level voice semakin buruk, begitu pula sebaliknya semakin dekat lokasi titik pengukuran ke antenna 2G maupun 3G maka kualitas sinyal level voice semakin baik (Tabel 4.1).
3. Semakin cepat durasi akses data maka kecepatan akses data juga semakin cepat/baik, begitu pula sebaliknya semakin lama durasi akses data maka kecepatan akses data akan semakin lambat/buruk.
4. Kecepatan akses data coverage antenna 3G antara $144\text{ kbps} - 2\text{ Mbps}$ jauh lebih cepat dan baik dibandingkan dengan kecepatan akses data pada coverage antenna 2G $10\text{kbps} - 256\text{kbps}$.

DAFTAR PUSTAKA

Dwi, Gunadi, Gunawan Wibisono, Uke Kurniawan Usman & Hantoro, “Konsep Teknologi Selular”, Informatika Bandung, Bandung, 2007.

Jhon, Coolen dan Dennis Roddy , “Komunikasi Elektronik”, PT. Prenhalindo, Jakarta, 1995.

Kiswanto, “Analisa Kerja Jaringan Operator 3G (WCDMA – UMTS) Menggunakan Metode Drive Test”, Politeknik Negeri Surabaya, Surabaya, 2012.

Riyanto, “ Sistem Informasi Geografis Berbasis Mobile”, Gava Media, Yogyakarta, 2010.

Shoji, Shigeki dan Suhana, “Buku Pegangan Teknik Telekomunikasi” , PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2004.

Sunomo, “Pengantar Sistem Komunikasi Nirkabel” , Grasindo, Jakarta, 2004.

Praharasty, Anggit, ”Analisis Kualitas Panggilan Pada Jaringan GSM Menggunakan Tems Investigation” , Universitas Diponegoro, Semarang, 2009

Rizkia, Sheilla, “Model Propagasi Jaringan Komunikasi Selular”, 2012

Yuli, Kurnia, Indra Surjati & Hendri Septiana, “Analisa Perhitungan Link Budget” , Universitas Trisakti, Jakarta,2015