

PENGUKURAN PROPAGASI RADIO AKSES DI AREA BANDUNG TENGAH DALAM KAITANNYA DENGAN MODEL OKUMURA-HATA & COST-231

Dina Angela, T.A Nugroho^{#3}

Departemen Teknik Elektro dan Sistem Komputer

Institut Teknologi Harapan Bangsa, Jln. Dipati Ukur no. 80-84 Bandung 40132,

tel. 022-2506636/fax. 022-2507901

dina_angela@ithb.ac.id

tunggul@ithb.ac.id

Abstrak— Pada sistem transmisi radio komunikasi bergerak yang dilayani biasanya berupa daerah yang tidak teratur permukaannya. Oleh karena itu diperlukan perhitungan yang cukup rumit untuk memperkirakan redaman lintasannya. Beberapa model propagasi yang akan dikemukakan dibawah ini layak untuk memperkirakan redaman lintasan sepanjang permukaan daerah yang tidak teratur. Kebanyakan model-model propagasi ini didapatkan dari data hasil pengukuran yang dilakukan dalam jumlah besar dan cukup lama. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis keadaan propagasi di kota Bandung dengan menerapkan beberapa model propagasi, yaitu model Okumura-Hata dan model COST-231. Hasil perhitungannya dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung di lapangan. Pengukuran dilakukan di kota Bandung Tengah, yaitu daerah dago dan sekitarnya dan dilakukan terhadap layanan GSM.

Kata kunci— Okumura-Hata, COST-231, *pathloss*, model propagasi, Network Monitor.

Abstract— *In a wireless mobile transmission system, the served area are usually have ragged surface. Because of this, complicated calculations are needed to predict the path attenuation. Propagation models mentioned in this research are suitable to calculate attenuation path along areas with ragged surface. Most of these propagation models are obtained through long term repeated measurements. This research is aimed to analyze the propagation condition in Bandung by applying Okumura Hata and Cost 231 model. The calculation result then compared with the field measurement result which is attained by using Hand Phone and Netmon™. The measurement was done in Dago area, Bandung Tengah and GSM measurement. This research is expected to become a recommendation for GSM operator in optimizing their network.*

Keywords— Okumura-Hata, COST-231, *pathloss*, propagation models, Network Monitor.

I. PENDAHULUAN

Penelitian yang akan dilakukan ini adalah mencari model pendekatan propagasi yang cocok dengan keadaan propagasi di kota Bandung yang dilakukan dengan cara menerapkan rumus-rumus propagasi yang ada. Lalu hasil pengukuran dan perhitungannya dibandingkan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi masukan bagi operator telekomunikasi untuk mengoptimalkan perencanaan radio di kota Bandung.

Model propagasi yang dipilih untuk digunakan sebagai pembanding hanya Okumura-Hata dan COST-231. Daerah yang dipilih adalah daerah urban, yaitu Bandung Tengah dan BTS (Base Transceiver System) yang diukur adalah milik sebuah operator GSM yang berada di Bandung. Namun, informasi yang akan digunakan terbatas maka jumlah BTS yang diukur hanya 3 buah, yaitu Radio K-Lite, Renarity, dan Dago Plaza.

II. TUJUAN

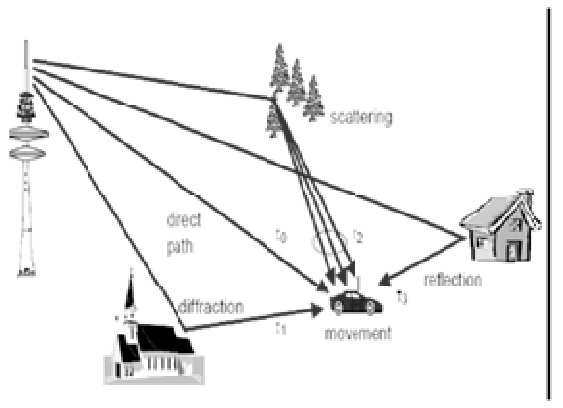
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa propagasi di area Bandung dengan melakukan pengukuran di lapangan dan perhitungan menggunakan model propagasi Okumura dan COST-231 lalu membandingkan hasil dari kedua model tersebut dengan pengukuran di lapangan sehingga hasilnya adalah berupa rekomendasi bagi operator-operator GSM dalam hal mengoptimalkan jaringannya.

III. MEKANISME DASAR PROPAGASI

Tiga mekanisme propagasi gelombang elektromagnetik dalam sistem komunikasi wireless adalah *reflection* (pantulan), *diffraction* (dikfraksi), dan *scattering* (hamburan). Pantulan terjadi ketika perambatan gelombang elektromagnetik mengenai objek yang ukurannya jauh lebih besar dari panjang gelombang yang dipancarkan. Pantulan dapat terjadi pada permukaan tanah, gedung serta tembok.

Difraksi terjadi pada saat gelombang yang dipancarkan dibelokkan oleh benda dengan permukaan yang memiliki sisi

yang tajam. Gelombang-gelombang yang dihasilkan dari difraksi



Gambar 1. Mekanisme Propagasi

ini juga akan mempengaruhi gelombang yang diterima, meskipun tidak terlihat halangan langsung. Pada frekuensi tinggi, difraksi sangat tergantung pada bentuk objek. Difraksi dapat membuat sinyal radio mampu merambat melalui kelengkungan bumi, melewati horizontal, dan merambat dibelakang halangan. Kekuatan sinyal akan semakin turun ketika receiver bergerak mendekati halangan, tetapi dengan difraksi sinyal yang berguna akan masih dapat dihasilkan.

Hamburan terjadi ketika medium yang dilewati gelombang terjadi dari benda-benda yang ukurannya lebih kecil dibanding dengan panjang gelombangnya. Hamburan dihasilkan oleh permukaan kasar, benda kecil, atau ketidakteraturan dalam saluran frekuensi. Pada prakteknya, penunjuk jalan, lampu dan sebagainya akan menghasilkan hamburan pada komunikasi bergerak.

Dalam kenyataan, sinyal yang diterima pada komunikasi radio sering kali besar dari yang diperkirakan oleh model pantulan dan difraksi. Ini terjadi karena ketika gelombang radio merambat melewati daerah yang kasar, maka energi yang direfleksikan menyebar ke semua arah yang disebabkan oleh hamburan. Gambar 1 menunjukkan beberapa mekanisme propagasi gelombang.

IV. MODEL OKUMURA-HATA

Model ini adalah metode prediksi empiris yang didasarkan pada rangkaian pengukuran lebih luas yang dilakukan di seputar kota Tokyo di antara frekuensi 200MHz dan 2GHz. Di sini tidak ada upaya untuk mendasarkan prediksi pada suatu model fisik seperti *plane earth loss*. Prediksi dibuat melalui serangkaian grafik, yaitu grafik terpenting yang dimiliki sejak diperkirakan dalam rangkaian rumus Hata. Keseluruhan dari dua penelitian ini dilakukan bersama dan membuatnya menjadi model prediksi *macrocell* yang paling banyak digunakan, dan seringkali disebut sebagai standar untuk menentukan pendekatan baru. Nilai yang didapat di daerah perkotaan dalam model yang ditampilkan di bawah ini telah distandarisasikan untuk pemakaian internasional (ITU 529).

Metode prediksi tersebut meliputi pembagian bidang prediksi ke dalam rangkaian *clutter* dan kategori topografi,

terbuka, pinggiran, dan perkotaan. Kategori tersebut dirangkum secara singkat seperti berikut ini:

- Wilayah terbuka: ruang terbuka, tidak ada pohon atau bangunan tinggi, plot tanah bersih sejauh 300-400m, seperti daerah pertanian, lahan tanaman padi, atau lapang terbuka.
- Wilayah pinggiran: pedesaan atau jalan raya di mana terdapat pohon dan rumah, beberapa penghalang dekat mobile tetapi tidak berdempetan.
- Daerah perkotaan: bangunan kota atau kota besar dengan bangunan dan rumah yang tinggi dengan dua lantai atau lebih, pedesaan yang lebih besar dengan perumahan yang padat dan tinggi, pohon yang tumbuh ramping.

Okumura menggunakan daerah perkotaan sebagai acuan dan mengaplikasikan faktor perbaikan (*correction factor*) untuk konversi terhadap klasifikasi lain. Ini adalah pilihan rasional karena wilayah tersebut menghindarkan variabilitas besar yang muncul di daerah pinggiran dan tidak melibatkan efek gangguan yang lebih baik ketimbang yang bisa terjadi di daerah terbuka. Topografi bidang relatif datar dijadikan sebagai acuan dan faktor perbaikan disertakan dalam jenis topografi yang lain.

Prediksi Okumura tentang *median pathloss* biasanya dihitung dengan menggunakan perkiraan Hata sebagai berikut:^[1]

$$\text{Daerah perkotaan} : L_{dB} = A + B \log R - E \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Daerah pinggiran} : L_{dB} = A + B \log R - C \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Daerah terbuka} : L_{dB} = A + B \log R - D \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

$$A = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_b \dots\dots\dots (4)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log h_b \dots\dots\dots (6)$$

$$C = 2(\log(f_c/28))^2 + 5.4 \dots\dots\dots (7)$$

$$D = 4.78(\log f_c)^2 + 18.33 \log f_c + 40.49 \dots\dots\dots (8)$$

$$E = 3.2(\log(11.75 h_m))^2 - 4.97 \dots\dots\dots (9)$$

; untuk kota besar, $f_c \geq 300$ MHz

$$E = 8.29(\log(1.54 h_m))^2 - 1.1 \dots\dots\dots (10)$$

; untuk kota besar, $f_c < 300$ MHz

$$E = (1.1 \log f_c - 0.7) h_m - (1.56 \log f_c - 0.8) \dots\dots\dots (11)$$

; untuk medium kota kecil.

Model ini hanya berlaku untuk $150\text{MHz} \leq f_c \leq 2000\text{MHz}$, $30\text{m} \leq h_b \leq 200\text{m}$, $1\text{m} < h_m < 10\text{m}$ dan $R > 1\text{km}$. Eksponen *pathloss* didapat dari $B/10$, sedikit lebih rendah dari 4, menurun seiring naiknya tinggi antenna stasiun bumi.

Tinggi antenna stasiun bumi, h_b , didefinisikan dengan ketinggian di atas rata-rata permukaan tanah yang berkisar antara 3-10 km dari stasiun bumi; h_b menjadi bervariasi dengan arah pergerakan dari dasar tersebut. Faktor peningkatan ketinggian bervariasi diantara 6dB/oktaf dan 9dB/oktaf ketika ketinggian naik dari 30m menjadi 1km. Pengukuran juga menunjukkan bahwa faktor ini sangat tergantung pada jarak.

Okumura menemukan bahwa kenaikan ketinggian antenna adalah 3 dB/oktaf naik hingga $h_m = 3\text{m}$ dan 8 dB/oktaf lebih. Model ini secara parsial tergantung pada kepadatan kota, di mana itu merupakan hasil dari efek ketinggian bangunan pada

sudut datang dari energi gelombang pada *mobile* dan akibat variasi kehilangan bayangan. Daerah kota dibagi lagi ke dalam kota besar dan kota kecil atau sedang, di mana daerah memiliki tinggi bangunan rata-rata di atas 15m didefinisikan sebagai kota besar.

Prediksi Okumura banyak digunakan dalam beberapa kasus, terutama di daerah pinggiran. Akan tetapi, pengukuran lain telah ditolak dengan prediksi tersebut; alasan kesalahan seringkali dikarenakan perbedaan dalam karakteristik suatu bidang di bawah percobaan di kota Tokyo. Penulis lain, seperti Kozono, telah berusaha untuk memodifikasi metode Okumura dengan menyertakan pengukuran kepadatan bangunan, tetapi pendekatan tersebut belum diterima secara umum.

Model Okumura-Hata bersama dengan koreksi terkaitnya, barangkali merupakan model tunggal paling umum yang digunakan dalam merancang sistem yang nyata. Beberapa perangkat prediksi komersial pada dasarnya mengandalkan kepada variasi model ini, yang dioptimalisasikan untuk lingkungan tertentu yang dipersiapkan untuk dasar prediksinya. Model Okumura-Hata merupakan model yang disempurnakan dari model Okumura, valid untuk lingkungan *quasi smooth terrain* dan tidak mengakomodasi perubahan *radio path profile* yang cepat. Selain itu model ini hanya cocok untuk makro sel (radius sel lebih dari 1km).

Kelebihan dari model Okumura Hata adalah mudah digunakan dengan menggunakan persamaan yang telah ditetapkan, sedangkan kekurangannya adalah tidak ada parameter eksak yang tegas antara daerah kota, daerah suburban maupun daerah terbuka.^[1]

V. MODEL COST-231

European Co-operative for Scientific and Technical Research (EURO-COST) membentuk komite kerja COST-231. COST-231 merupakan pengembangan rumus Okumura-Hata dengan menggunakan frekuensi antara $1500\text{MHz} < f_c < 2000\text{MHz}$. Model redaman lintasan yang diajukan oleh COST-231 ini memiliki bentuk persamaan:^[1]

$$L_{dB} = F + B \log R - E + G \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan:

$$F = 46.3 + 33.9 \log f_c - 13.82 \log h_b \dots\dots\dots (13)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log h_b \dots\dots\dots (14)$$

$$E = 3.2 (\log(11.75 h_m))^2 - 4.97 \dots\dots\dots (15)$$

; untuk kota besar, $f_c \geq 300 \text{ MHz}$

$G = \begin{cases} 0 \text{ dB} & \text{untuk daerah kota sedang/suburban} \\ 3 \text{ dB} & \text{untuk daerah pusat metropolitan} \end{cases}$

Setelah dilakukan prediksi redaman *area to area*, yang dimaksudkan sebagai prediksi kasar kondisi redaman lintasan, baru kemudian dilakukan prediksi redaman *point to point* yang bertujuan untuk meningkatkan akurasinya. Model prediksi *area to area* akan memberikan akurasi prediksi dengan standar deviasi $\pm 8 \text{ dB}$. Artinya, data aktual *pathloss* akan bervariasi $\pm 8 \text{ dB}$ dari nilai yang diprediksikan oleh hasil perhitungan. Dengan perhitungan *point to point* akurasi yang dapat diharapkan adalah memiliki standar deviasi $\pm 3 \text{ dB}$. Pada prediksi *point to point*, diperlukan gambar penampang kontur

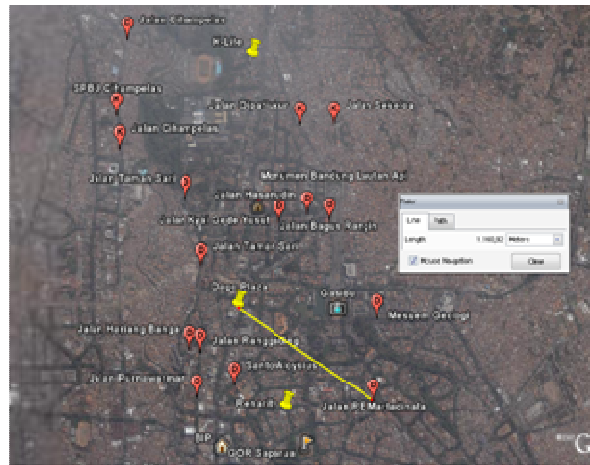
wilayah pelayanan yang bisa diperoleh dari peta kontur bumi. Ditarik garis lurus lintasan antara dua titik pada peta. Selanjutnya perbedaan ketinggian bisa dilihat dari garis-garis kontur yang ada dalam peta.

Kasus yang umum terjadi adalah timbulnya *loss* difraksi pada daerah yang berbukit-bukit. *Loss* difraksi tersebut ditambahkan pada redaman kontur datar/*flat* pada model prediksi *area to area*.^[1]

VI. PROSES PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN

Penentuan besarnya daya pancar berdasarkan prediksi redaman propagasi radio akses sangat sulit dilakukan karena kontur tanah yang berpengaruh dan hasilnya cenderung kurang teliti, maka untuk merencanakannya ditempuh dengan pengukuran langsung pada daerah urban. Karena keterbatasan data yang diperoleh dari operator maka area yang diukur adalah hanya daerah Bandung Utara yaitu sepanjang Jalan Riau, Jalan Merdeka, Jalan Ir. H. Djuanda, Jalan Taman Sari, Jalan Sumur Bandung, Jalan Sekeloa dan Jalan Gasibu, Jalan RE Martadinata, dll.

Pengukuran ini dilakukan terhadap BTS milik salah satu operator GSM yang beroperasi di Bandung. Sejumlah data yang dibutuhkan dari operator tersebut adalah *gain* dan daya pancar antenna, *feeder loss*, tinggi BTS (h_b). Perangkat keras yang digunakan pada pengukuran adalah 1 buah pesawat telepon genggam yang telah dilengkapi dengan perangkat lunak NetMonitorTM.



Gambar 2. Beberapa tempat penguku

Data tinggi BTS (h_b) adalah sebagai berikut: BTS di atap gedung Dago Plaza adalah 40 meter, BTS di atap gedung *factory outlet* Renarity adalah 33 meter dan menara BTS di halaman stasiun radio K-Lite di jalan Sumur Bandung adalah 55 meter. Kuat sinyal terima yang diukur dari tiap BTS dilakukan pada 20 titik lokasi yang berada pada radius 1-1,7 km dari BTS tersebut. Perhitungan jarak dari BTS sampai ke *mobile station* (MS) diukur dari peta yang diambil dari Google EarthTM, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 yang diamati dari tampak atas. Tentunya semakin banyak jumlah sampel pengukuran akan semakin teliti hasilnya dalam menentukan besarnya daya pancar yang melayani seluruh

daerah pengukuran. Pengukuran ini dilakukan selama 2 minggu, yaitu pada pukul 09.00-11.00 WIB pada minggu pertama dan pukul 13.00-15.00 WIB pada minggu kedua.

Dari data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan maka akan dilakukan perhitungan menurut model Okumura-Hata dan model COST-231. Hasilnya akan dibandingkan dengan perhitungan *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP).

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Perangkat keras
 - Handphone Nokia™ seri 3315.
 - Komputer:
 - Prosesor : Intel(R) core(TM)2 Duo CPU
 - Memori : 502 MB RAM
 - Harddisk : 80 GB
2. Perangkat lunak
 - Ms. Excel Windows XP Professional
 - Network Monitor versi 0.95

Parameter yang telah diketahui yang diperoleh dari operator GSM:

- *Power output* : 39 dB
- *Antenna gain* : 18 dBi
- *Feeder loss* : 3 dB
- *T_x power* : 16,18 W

VII. PENGUKURAN KUAT SINYAL

Dua model dasar propagasi (*free space loss* dan *plane earth loss*) pada dasarnya diperuntukkan bagi semua mekanisme utama yang termasuk dalam prediksi macrocell. Akan tetapi, untuk menggunakan model-model tersebut diperlukan pengetahuan yang lebih jauh tentang lokasi, dimensi dan parameter konstitutif dari ketiganya, bangunan dan fitur topografi di wilayah yang menjadi cakupannya. Ini terlalu rumit untuk dipraktekkan dan akan menghasilkan jumlah detail yang tidak penting, karena desainer sistem biasanya tidak tertarik dengan lokasi tertentu yang menjadi cakupannya, tetapi lebih tertarik pada luasnya wilayah cakupan. Salah satu cara tepat untuk menghitung efek yang rumit tersebut adalah dengan melalui model empiris. Format yang paling sederhana untuk model empiris *pathloss* adalah sebagai berikut:^[2]

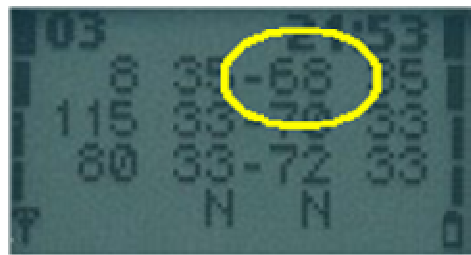
$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{1}{L} = \frac{k}{r^n} \dots\dots\dots (16)$$

atau

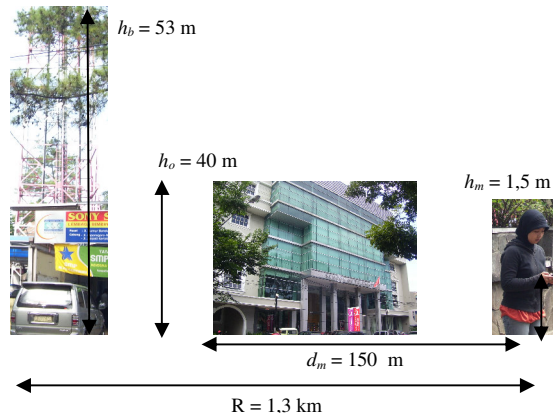
$$L_{pathloss} = P_{TX} - L_f + G_{TX} - P_{RX} \dots\dots\dots (17)$$

P_T dan P_R adalah isotropik efektif yang ditransmisikan dan daya yang diterima isotropik yang diprediksikan, L adalah *pathloss*, r adalah jarak antara stasiun bumi dan MS, dan $K = 10\log_{10}k$ dan n adalah nilai tetap dari model.

Hasil pengukuran di lapangan, yaitu daya yang diterima MS, diperoleh dari yang diukur pada *NetMonitor™*. Gambar 3 memperlihatkan tampilan yang muncul pada layar *handphone*. Gambar 4 adalah salah satu pengukuran yang dilakukan di lapangan Radio K-Lite FM.



Gambar 3. Tampilan NetMon™



Gambar 4. Pengukuran pada BTS radio K-Lite

VIII. PERHITUNGAN HASIL PENGUKURAN

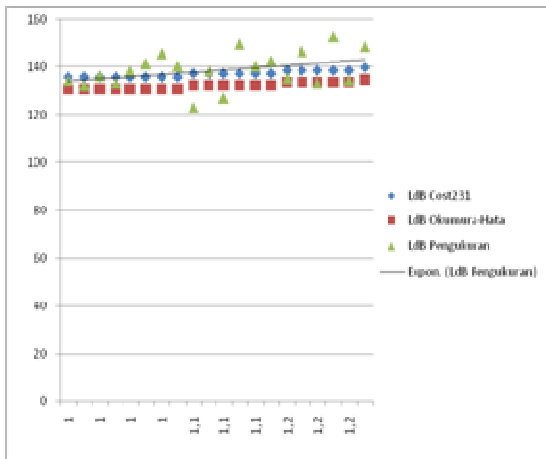
Dari data yang telah diperoleh, yaitu P_{RX} , P_{TX} , L_f dan G_{TX} maka *pathloss* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 16. Salah satunya adalah pengukuran yang dilakukan di radio K-Lite di Jln. Sumur Bandung adalah sebagai berikut:

$$L_{pathloss (minimum)} = (16,18 - 3 + 17,15 - (-93)) = 123,33 \text{ dB}$$

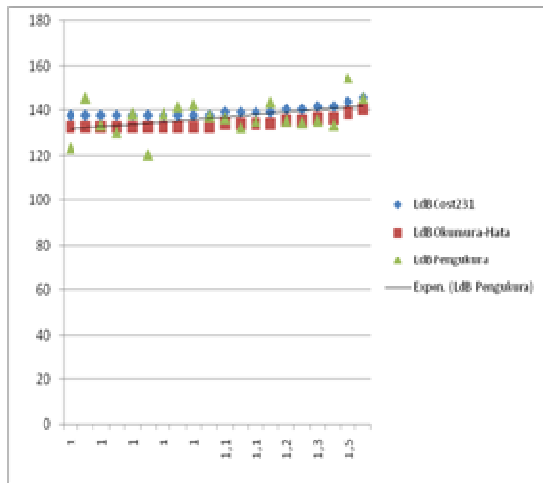
$$L_{pathloss (maksimum)} = (16,18 - 3 + 17,15 - (-122)) = 152,33 \text{ dB}$$

Hal yang sama dilakukan di lokasi pengukuran lainnya dan memberikan hasil yang menunjukkan bahwa semakin kecil nilai P_{RX} maka semakin besar nilai $L_{pathloss}$ yang didapat.

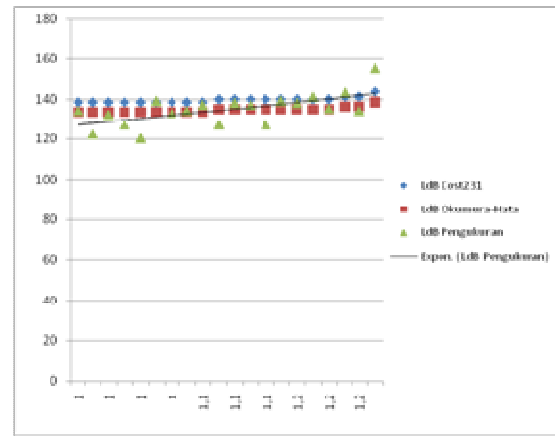
Gambar 5 sampai dengan Gambar 7 memperlihatkan bahwa nilai $L_{pathloss}$ yang besar adalah nilai yang dihasilkan oleh model Cost-231, yaitu 145,44 dB. Garis yang terdapat pada tiap-tiap grafik adalah nilai rata-rata dari hasil pengukuran.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengukuran di Radio K-Lite



Gambar 6. Grafik Hasil Pengukuran di Dago Plaza



Gambar 7. Grafik Hasil Pengukuran di Renarity

IX. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil dan analisa yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan, yaitu:

1. Pengukuran pada R dari 1,2km pada tiap BTS menghasilkan nilai selisih rata-rata yang berbeda pada Radio K-Lite, yaitu sebesar 5,48 dB, pada daerah Dago Plaza 5,39 dB dan pada daerah Renarity adalah 5,55 dB.
2. Pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan dua *handphone* nilainya akan berbeda, memberikan selisih hampir 4 dBW karena setiap *handphone* memiliki sensitivitas yang berbeda.
3. Rekomendasi untuk operator GSM yang memiliki BTS di Bandung Tengah dalam hal mengoptimalkan jaringannya dapat menggunakan model Okumura-Hata karena hasil perhitungan lebih mendekati hasil pengukuran di lapangan.

REFERENSI

- [1] Simon R Saunders, *Antenas And Propagation For Wireless Communication System*, United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 1999.
- [2] Theodore S Rappaport, *Wireless Communications Principles And Practice*, United States of America: Prentice Hall PTR, 2002.
- [3] Uma Sekaran, *Research Methods For Business A Skill Building Approach*, United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2003.
- [4] Wibisono Gunawan, Usman Kurniawan Uke, Hantoro Dwi Gunadi, *Konsep Teknologi Seluler*, penerbit Informatika Bandung, 2007.
- [5] Adit Kurniawan, *Penentuan Kebutuhan Daya Pancar Pada Sistem Telepon Radio Diam Dengan Pengukuran Sampel*, Bandung: Majalah Ilmiah Teknik Elektro ITB, Vol. 1 No. 2, 1995.
- [6] Maitham Al-Safwani and Asrar U.H. Sheikh, *Signal Strength Measurement At VHF In The Eastern Region Of Saudi Arabia*, Saudi Arabia: The Arabian Journal For Science and Engineering Volume 28, Desember 2003.
- [7] http://radar.ee.itb.ac.id/kuliah_wireless/bab5/main.html.