

ANALISIS MODEL PROPAGASI *PATH LOSS* SEMI-DETERMINISTIK UNTUK APLIKASI *TRIPLE BAND* DI DAERAH *URBAN METROPOLITAN CENTRE*

Nining Triana, Maksum Pinem

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: ningningtriana77@gmail.com

Abstrak

Gedung-gedung bertingkat yang ada di daerah perkotaan (urban), khususnya daerah perkotaan yang sangat padat dengan beberapa gedung pencakar langit (*metropolitan centre*) merupakan faktor utama penyebab terjadinya path loss. Hal ini ditandai dengan menurunnya level daya yang diterima dibandingkan dengan level daya efektif yang dipancarkan. Pada tulisan ini, untuk memprediksikan nilai path loss yang terjadi adalah dengan menggunakan model propagasi yang cocok untuk daerah urban metropolitan centre, yaitu model propagasi COST231 Hata dan COST231 Walfisch-Ikegami dengan frekuensi kerja triple band, yaitu 935 Mhz untuk sistem GSM900, 1812,5 MHz untuk sistem GSM1800 dan 2140 MHz untuk sistem 3G. Dari analisis yang dilakukan secara perhitungan dan pengukuran di lokasi penelitian diperoleh bahwa model propagasi COST231 Walfisch-Ikegami adalah model yang paling cocok dan layak digunakan untuk sistem GSM1800 dan 3G dengan mean error masing-masing sebesar 1,84 dB dan 0,57 dB dan standar deviasi sebesar 1,45 dB.

Kata kunci : model propagasi, *path loss*, *triple band*

1. Pendahuluan

Path loss adalah merupakan rugi-rugi jalur lintasan propagasi yang ditandai dengan adanya perbedaan level daya yang diterima oleh MS (*Mobile Station*) terhadap level daya efektif yang dipancarkan oleh BS (*Base Station*). Penyebab terjadinya *path loss* di daerah *urban* (perkotaan) adalah adanya gedung-gedung tinggi di antara pemancar dan penerima. *Path loss* yang paling besar terjadi di daerah *urban* dengan kategori *metropolitan centre*. Karakteristik daerah ini adalah daerah perkotaan yang memiliki gedung-gedung bertingkat dengan tinggi rata-rata lebih dari 5 tingkat dan terdapat beberapa gedung pencakar langit dengan lebar jalan lebih besar dari 15 meter[1]. Oleh sebab itu jarak jangkauan dari antena pemancar menjadi lebih pendek yang menyebabkan daerah cakupan pemancar tersebut menjadi lebih kecil.

Model propagasi *path loss* dapat digunakan untuk memprediksikan besarnya nilai *path loss* yang terjadi di daerah *urban*. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, prediksi *path loss* di daerah *urban* dapat menggunakan model propagasi *path loss* semi-deterministik dengan mempertimbangkan topografi daerah, seperti kerapatan dan ketinggian gedung di daerah *urban* tersebut. Oleh sebab itu dilakukan analisis perhitungan *path loss* khusus untuk

daerah *urban* dengan frekuensi kerja *triple band*, yaitu 935 Mhz untuk GSM900, 1812,5 MHz untuk GSM1800 dan 2140 MHz untuk 3G. Frekuensi ini sesuai dengan frekuensi kerja pemancar yang digunakan oleh salah satu operator di Indonesia. Model propagasi yang digunakan adalah model propagasi *path loss* semi-deterministik COST231 Hata dan model COST231 Walfisch-Ikegami untuk daerah *urban* dengan kategori *metropolitan centre*.

Dari analisis yang dilakukan, diharapkan dapat memperoleh nilai *path loss* dengan *mean error* dan standar deviasi yang terkecil dari kedua model propagasi yang digunakan, sehingga dapat ditentukan model propagasi yang cocok dan layak untuk digunakan.

2. Studi Pustaka

Nilai *path loss* di daerah *urban* dapat diprediksi dengan menggunakan model propagasi COST231 Hata dan COST231 Walfisch-Ikegami.

2.1 Model propagasi COST231 Hata

European Co-operative untuk penelitian sains dan teknologi (EURO-COST) membentuk komite kerja COST231 untuk mengembangkan model Hata. Tujuan dari COST231 adalah menaikkan frekuensi operasi model Hata hingga 2 GHz dengan menganalisa

kurva propagasi Okumura di rentang frekuensi yang lebih tinggi[2]. Kombinasi ini disebut dengan model COST231-Hata. Prediksi model COST31-Hata untuk daerah *urban* adalah seperti Persamaan 1.

$$L_{urban}(dB) = 46.3 + 33,9 \log(f_c) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \log(h_b)) \log(d) + C_m \quad (1)$$

dimana :

- f_c = frekuensi kerja antara 1500 MHz – 2000 MHz
- h_b = tinggi efektif antena pemancar antara 30 m – 200 m
- h_m = tinggi efektif antena penerima antara 1 m – 10 m
- d = jarak antara BS – MS antara 1 km - 20 km
- $a(h_m)$ = faktor koreksi untuk tinggi efektif antena MS
- C_m = 0 dB untuk *medium-sized city* dan daerah *suburban* dan 3 dB untuk *Metropolitan-centre*.

Untuk kota kecil sampai kota sedang (*small to medium sized city*), faktor koreksi $a(h_m)$ dapat dihitung dengan Persamaan 2.

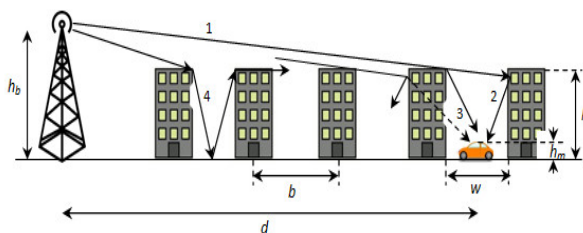
$$a(h_m) = (1,1 \log(f_c) - 0,7)h_m - (1,56 \log(f_c) - 0,8) \quad (2)$$

Dan untuk kota besar (*large city*), faktor koreksi $a(h_r)$ diberikan oleh Persamaan 3.

$$a(h_m) = \begin{cases} 8,29(\log(1,54h_m))^2 - 1,1 & f \leq 200 \text{ MHz} \\ 3,2(\log(11,75h_m))^2 - 4,97 & f \geq 400 \text{ MHz} \end{cases} \quad (3)$$

2.2 Model propagasi COST231 Walfisch-Ikegami

Geometri dari model COST231 Walfisch-Ikegami ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Geometri model COST231 Walfisch-Ikegami

Ada 4 faktor yang diikutsertakan dalam perhitungan *path loss* untuk model ini, yaitu:

1. Tinggi gedung (h)
2. Lebar jalan (w)
3. Jarak antar gedung (b)
4. Orientasi jalan yang berkaitan dengan jalur LOS (ϕ)

Model ini membedakan antara propagasi LOS dan non-LOS. Untuk propagasi LOS, model ini menggunakan Persamaan 4.

$$L_{LOS} = 42,6 + 26 \log(d) + 20 \log(f_c) \text{ untuk } d \geq 20 \text{ m} \quad (4)$$

Untuk propagasi non-LOS, model ini menggunakan Persamaan 5.

$$L_{NLOS} = L_{FSPL} + L_{rts} + L_{msd} \quad (5)$$

L_{FSPL} adalah rugi-rugi ruang bebas (*free space loss*) yang dihitung dengan Persamaan 6.

$$L_{FSPL} = 32,4 + 20 \log(d) + 20 \log(f_c) \quad (6)$$

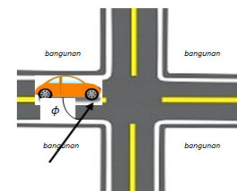
L_{rts} adalah rugi-rugi yang disebabkan oleh difraksi "*rooftop to street*", yang besarnya dihitung dengan Persamaan 7.

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log(w) + 10 \log(f_c) + 20 \log(h - h_m) + L_{ori} \quad (7)$$

dimana L_{ori} adalah faktor orientasi jalan terhadap BS dan dihitung dengan Persamaan 8.

$$L_{ori} = \begin{cases} -10 + 0,354\phi & 0^\circ \leq \phi \leq 35^\circ \\ 2,5 + 0,075(\phi - 35) & 35^\circ \leq \phi \leq 55^\circ \\ 4,0 - 0,114(\phi - 55) & 55^\circ \leq \phi \leq 90^\circ \end{cases} \quad (8)$$

Dimana ϕ adalah sudut orientasi jalan, yaitu sudut yang dibentuk oleh sinyal langsung (*direct path*) dan jalan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sudut orientasi jalan ϕ

Rugi-rugi difraksi *multiple-screen* (L_{msd}) adalah rugi-rugi yang diperkirakan akibat adanya pengaruh difraksi dari banyaknya objek penghalang antara BS dan gedung yang terdekat dengan MS. L_{msd} dihitung dengan Persamaan 9.

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \log(d) + k_f \log(f_c) - 9 \log(b) \quad (9)$$

dimana L_{bsh} , k_a , k_d dan k_f dihitung dengan Persamaan 10, Persamaan 11, Persamaan 12 dan Persamaan 13.

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \log[1 + (h_b - h)] & h_b > h \\ 0 & h_b \leq h \end{cases} \quad (10)$$

$$k_a = \begin{cases} 54 & h_b > h \\ 54 - 0,8(h_b - h) & h_b \leq h \text{ dan } d \geq 0,5 \text{ km} \\ 54 - 0,8(h_b - h) \frac{d}{0,5} & h_b \leq h \text{ dan } d < 0,5 \text{ km} \end{cases} \quad (11)$$

$$k_d = \begin{cases} 18 & h_b > h \\ 18 - 15 \frac{(h_b - h)}{h} & h_b \leq h \end{cases} \quad (12)$$

$$k_f = \begin{cases} -4 + 0,7 \left(\frac{f_c}{925} - 1 \right) & \text{untuk medium - sized city} \\ -4 + 1,5 \left(\frac{f_c}{925} - 1 \right) & \text{untuk metropolitan centre} \end{cases} \quad (13)$$

k_a merepresentasikan kenaikan *path loss* ketika antenna BS berada di bawah ketinggian atap. k_d dan k_f adalah faktor rugi-rugi difraksi yang besarnya bergantung pada frekuensi.

Jika data ketinggian gedung tidak diperoleh, maka model ini memberikan nilai *default* yang direkomendasikan, seperti pada Persamaan 14.

$$\text{tinggi gedung } (h) = 3 \text{ m} \times \text{jiln lantai} + \text{tinggi atap} \quad (14)$$

$$\text{tinggi atap} = \begin{cases} 3 \text{ m} & \text{untuk atap berbentuk segitiga} \\ 0 \text{ m} & \text{untuk atap rata} \end{cases}$$

dengan jarak antar gedung (b) antara 20 m sampai dengan 50 m, lebar jalan (w) sebesar $b/2$ dan sudut orientasi jalan (ϕ) sebesar 90° .

Model COST231 Walfisch Ikegami dibatasi untuk :

1. Frekuensi kerja (f_c) = 800 MHz sampai dengan 2000 MHz
2. Tinggi antenna BS (h_b) = 4 m sampai dengan 50 mTinggi MS (h_m) = 1 m sampai dengan 3 m
3. Jarak antara BS dan MS (d) = 0,02 km sampai dengan 5 km.

Model ini telah diterima oleh badan standarisasi internasional ITU-R dan dapat diaplikasikan untuk tinggi antenna BS diatas *rooftop*. *Mean error* yang diijinkan adalah sebesar ± 3 dB dan standard deviasi sebesar 4 – 8 dB[3].

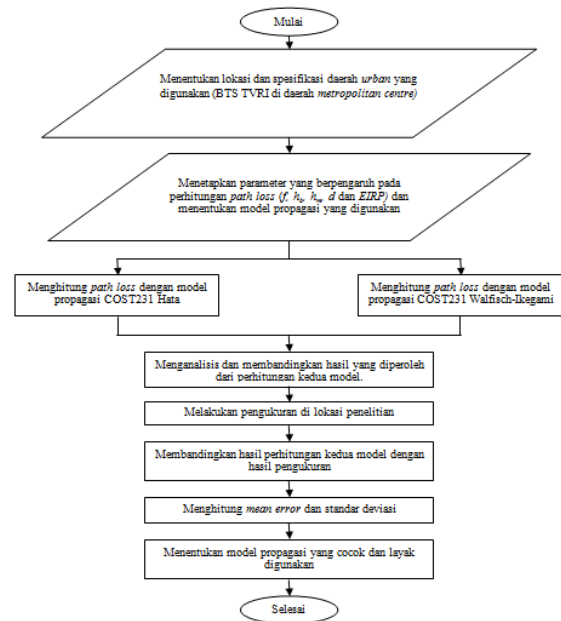
3. Metodologi Penelitian

Untuk menganalisis model propagasi *path loss* semi-deterministik untuk aplikasi *triple band* di daerah *urban* dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu :

1. Menentukan lokasi penelitian
2. Menetapkan parameter perhitungan *path loss*
3. Menentukan model propagasi *path loss* yang digunakan, yaitu COST231 Hata dan COST231 Walfisch-Ikegami
4. Menghitung besarnya nilai *path loss* dari kedua model propagasi.

5. Menganalisis dan membandingkan hasil perhitungan dari kedua model propagasi
6. Melakukan pengukuran di lokasi penelitian
7. Membandingkan hasil perhitungan dengan hasil pengukuran dan menentukan model propagasi yang cocok dan layak digunakan.

Secara keseluruhan, metodologi penelitian yang dilakukan untuk analisis *path loss* ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir metode penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di daerah urban *metropolitan centre* (BTS TVRI) dengan spesifikasi daerah yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi daerah penelitian

No	Parameter	Medium-sized City
1	Tinggi gedung rata-rata (h)	36 m
2	Jarak antar gedung (b)	20 m
3	Lebar jalan (w)	20 m

Parameter - parameter yang digunakan untuk perhitungan *path loss* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Parameter model propagasi *path loss* untuk daerah *urban*

No.	Parameter	Medium-sized City		
		GSM900	GSM1800	3G
1	Frekuensi (f)	935 MHz	1812,5 MHz	2140 MHz
2	Tinggi antenna BS (h_b)	38 m	38 m	37,5 m
3	Tinggi antenna MS (h_m)	3 m		
4	Jarak antara BS dan MS (d)	0,33 km; 0,35 km; 0,36 km; 0,38 km; 0,40 km; 0,41 km; 0,42 km; 0,44 km		

Tabel 3. Spesifikasi antena pemancar

Frekuensi Kerja BTS	Nama BTS	Tinggi BTS (m)	Daya BTS (dBm)	EIRP (dBm)	Gain Antena (dB)
Triple Band	TVRI	70	47,3	52,873 ₅	18

Selanjutnya *path loss* hasil perhitungan dari kedua model dibandingkan dengan hasil pengukuran. Untuk memperoleh nilai *path loss* hasil pengukuran di lokasi penelitian, maka dilakukan pengukuran kuat sinyal yang diterima oleh MS dari BTS di dalam daerah cakupan BTS tersebut. Pengukuran ini dilakukan dengan cara *drive test*[4].

Oleh karena data pengukuran yang diperoleh di lapangan merupakan data statistik, maka perlu dilakukan regresi untuk mendapatkan kurva *path loss* yang lebih baik. Kurva regresi yang didasarkan pada persamaan polinomial pangkat dua disebut dengan Regresi Parabola Kuadratik[5]. Rumus umum regresi parabola ini adalah seperti pada Persamaan 15.

$$Y = a + bX = cX^2 \tag{15}$$

a, b dan c merupakan konstanta yang masing-masing besarnya dapat ditentukan dengan Persamaan 16, Persamaan 17 dan Persamaan 18.

$$a. \sum(Y) = na + b\sum(X) + c\sum(X^2) \tag{16}$$

$$b. \sum(XY) = a\sum(X) + b\sum(X^2) + c\sum(X^3) \tag{17}$$

$$c. \sum(X^2Y) = a\sum(X^2) + b\sum(X^3) + c\sum(X^4) \tag{18}$$

dimana n adalah jumlah data.

Untuk menentukan model propagasi yang layak dan cocok digunakan adalah dengan menghitung 2 parameter berikut, yaitu :

1. *Mean error* merupakan rata-rata kesalahan ramalan yang terjadi akibat adanya perbedaan antara nilai pengukuran terhadap nilai prediksi atau perhitungan dan besarnya dapat dihitung dengan Persamaan 19[6].

$$Mean\ error\ (dB) = \frac{1}{n} \sum (P_{Lmi} - P_{Li}) \tag{19}$$

dimana :

- n = jumlah data *path loss*
- P_{Lmi} = nilai pengukuran *path loss* ke-i
- P_{Li} = nilai perhitungan *path loss* ke-i

2. Standar deviasi adalah rata-rata jarak penyimpangan titik-titik data *path loss* yang diukur atau dihitung dari nilai rata-rata data tersebut dan besarnya dapat dihitung dengan Persamaan 20[5].

$$Standar\ deviasi\ (\sigma) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_{Li} - \bar{P}_L)^2} \tag{20}$$

dimana :

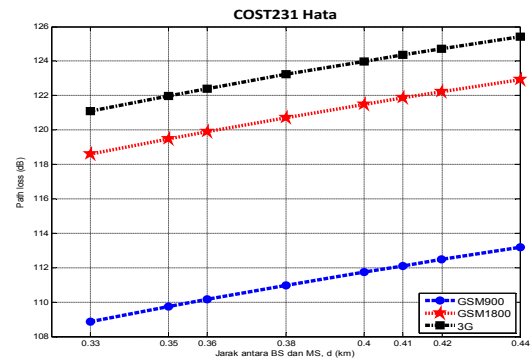
- n = jumlah data *path loss*
- P_{Li} = nilai *path loss* data ke-i
- \bar{P}_L = nilai rata-rata *path loss*

4. Hasil dan Pembahasan

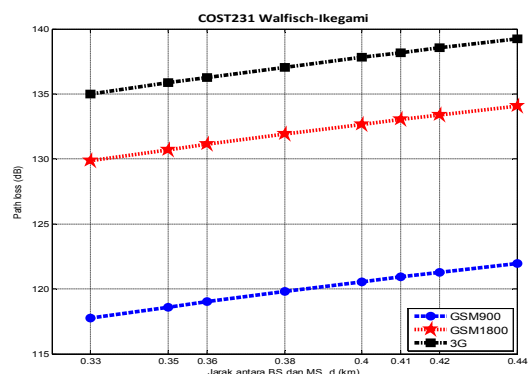
Untuk mendapatkan model propagasi yang layak dan cocok untuk digunakan maka dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut.

4.1 Analisis Perhitungan *Path Loss* Model Propagasi

Dari analisis perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan model propagasi COST231 Hata dan COST231 WI, maka diperoleh grafik *path loss* fungsi jarak yang terdapat pada Gambar 4 (a) dan (b).



(a) *Path loss* model COST231 Hata



(b) *Path loss* model COST231 Walfisch-Ikegami

Gambar 4. *Path loss* di daerah urban metropolitan centre

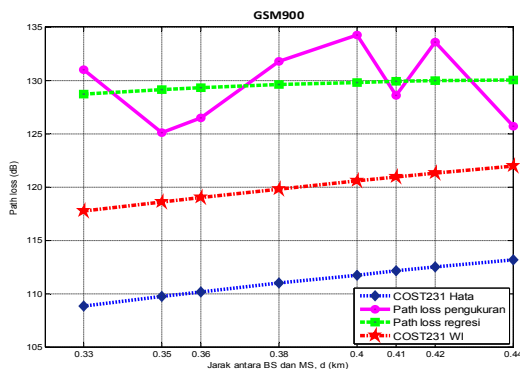
Dari analisis perhitungan yang dilakukan di daerah *urban metropolitan centre* dapat diketahui bahwa nilai *path loss* yang diprediksikan dengan model propagasi COST231 WI lebih besar dibandingkan dengan nilai *path loss* yang diprediksikan oleh model propagasi COST231 Hata. Hal ini terjadi karena tinggi antenna pemancar hampir sama dengan tinggi gedung-gedung yang ada di sekitarnya. Sehingga *path loss* yang terjadi selain dipengaruhi oleh rugi-rugi ruang bebas (L_{fspl}), juga dipengaruhi oleh rugi-rugi difraksi atap gedung terhadap jalan (L_{rts}) dan rugi-rugi difraksi *multiple screen* (L_{msd}) yang nilainya cukup besar. Sehingga semakin tinggi gedung-gedung yang ada di sekitar pemancar dan penerima, maka nilai *path loss* yang diprediksikan oleh model propagasi COST231 WI akan semakin besar.

4.2 Analisis Perbandingan *Path Loss*

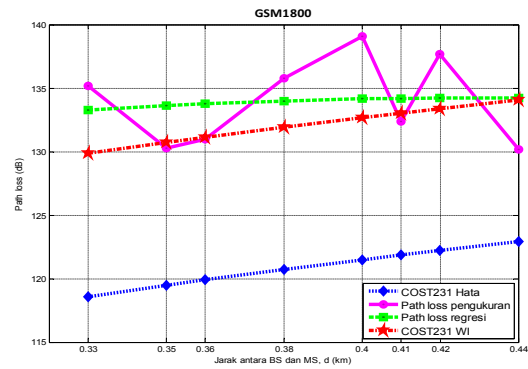
Hasil perhitungan yang dilakukan dengan model propagasi mempunyai nilai yang berbeda dengan hasil pengukuran di lapangan. Data pengukuran di lapangan terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Path loss* hasil pengukuran di daerah *urban metropolitan centre*

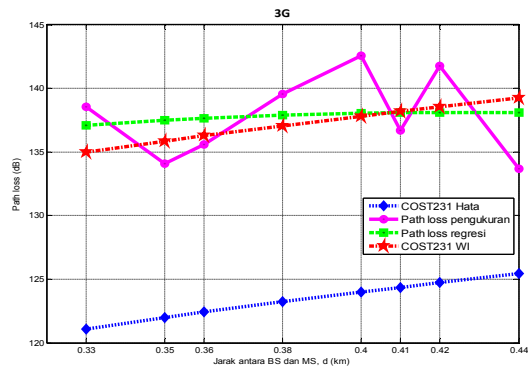
d (km)	BTS TVRI		
	Path Loss (dB)		
	GSM900	GSM1800	3G
0,33	130,9735	135,1735	138,5735
0,35	125,0735	130,2735	134,0735
0,36	126,4735	130,9735	135,5735
0,38	131,7735	135,7735	139,5735
0,40	134,2735	139,0735	142,5735
0,41	128,5735	132,3735	136,6735
0,42	133,5735	137,6735	141,7735
0,44	125,6735	130,1735	133,6735



(a) Perbandingan *path loss* sistem GSM900



(b) Perbandingan *path loss* sistem GSM1800



(c) Perbandingan *path loss* sistem 3G

Gambar 5. Perbandingan *path loss* di daerah *urban metropolitan centre*

Dari analisis perbandingan nilai prediksi *path loss* terhadap hasil pengukuran pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa di daerah *urban metropolitan centre* besarnya nilai pengukuran *path loss* di lapangan hampir mendekati nilai prediksi *path loss* model propagasi COST231 Walfisch-Ikegami untuk semua sistem yang digunakan. Bahkan pada sistem GSM1800 dan 3G, terdapat beberapa beberapa titik pengukuran yang nilai *path loss*-nya hampir sama dengan hasil prediksi model propagasi COST231 Wlafisch-Ikegami, yaitu di jarak 0,35 km, 0,36 km dan 0,41 km. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5 (b) dan Gambar 5 (c), dimana grafik *path loss* hasil regresi menyinggung grafik prediksi model COST231 Walfisch-Ikegami.

4.3 Model Propagasi yang Layak dan Cocok Digunakan

Untuk mendapatkan model propagasi *path loss* yang layak dan cocok untuk digunakan di daerah *urban metropolitan centre* ini, maka dilakukan perhitungan rata-rata kesalahan antara data pengukuran dan data perhitungan

(*mean error*) dan standar deviasi nilai *path loss* perhitungan.

Mean error dan standar deviasi untuk masing-masing perhitungan dihitung dengan menggunakan Persamaan 19 dan 20 dan diperoleh hasil seperti yang terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. *Mean error* dan standar deviasi (σ) model propagasi

No	Jenis	COST231 Hata			COST231 WI		
		GSM 900	GSM 1800	3G	GSM 900	GSM 1800	3G
1	<i>Mean error</i> (dB)	18,40	13,04	14,41	9,57	1,84	0,57
2	Standar deviasi (dB)	1,48	1,48	1,48	1,45	1,45	1,45

Dari Tabel 5 diketahui bahwa model propagasi COST231 Walfisch-Ikegami memiliki nilai *mean error* yang lebih kecil dibandingkan dengan model COST231 Hata. Sesuai dengan kriteria yang ditentukan oleh ITU-R untuk model COST231 Walfisch-Ikegami, model ini paling cocok dan layak untuk digunakan di daerah *urban metropolitan centre* untuk sistem GSM1800 dan 3G saja dengan *mean error* masing-masing sebesar 1,84 dB dan 0,57 dB dan standar deviasi masing-masing sebesar 1,45 dB.

5. Kesimpulan

Dari pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Di daerah *urban metropolitan centre*, *path loss* model propagasi COST231 Walfisch-Ikegami lebih besar dibandingkan dengan *path loss* model propagasi COST231 Hata.
2. Semakin besar frekuensi dan jarak yang digunakan, maka *path loss* yang dihasilkan akan semakin besar pula. Dengan demikian sistem 3G mempunyai nilai *path loss* yang lebih besar dibandingkan dengan sistem GSM900 dan GSM1800.
3. Model propagasi COST231 Walfisch-Ikegami paling cocok dan layak digunakan di daerah *urban metropolitan centre* untuk aplikasi GSM1800 dan 3G dengan nilai kesalahan rata-rata (*mean error*) masing-masing sebesar 1,84 dB dan 0,57 dB dan standar deviasi masing-masing sebesar 1,45 dB.

Daftar Pustaka

- [1] J. D. Parsons, 2000 “*The Mobile Radio Propagation Channel*”, University of Liverpool, United Kingdom.
- [2] John S. Seybold, Ph.D, 2005 “*Introduction to RF Propagation*”, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.
- [3] COST Action 231, 1999 “*Digital Mobile Radio Towards Future Generation Systems – Final Report*”, European Communities, Luxembourg.
- [4] Temsindo, 2012 “*Pengertian Drive Test*”, <http://temsindo.com/pengertian-drive-test/>, 02 April 2015 jam 20.15 WIB.
- [5] Prof. DR. Sudjana, M.A., M.Sc, 2002 “*Metoda Statistika Edisi ke-6*”, Tarsito, Bandung.
- [6] Winita, 2011 “*Pemilihan Teknik Peramalan*”, <http://winita.staff.mipa.uns.ac.id/files/2011/09/pemilihan-teknik-peramalan.pdf>, 20 Januari 2015 jam 09.51 WIB.