

Perancangan *Simulator* Pemodelan Prediksi Redaman Propagasi *Outdoor* pada Sistem Komunikasi Seluler

Daniel Adi Nugroho¹, Dwi Aryanta²

^{1,2}Institut Teknologi Nasional

^{1,2}Jalan PH.H. Mustofa No.23 Bandung

danieladinugroho07@gmail.com¹, dwiaryanta@gmail.com²

Abstrak – *Pathloss* yang terjadi pada hubungan pemancar dan penerima akan mempengaruhi kualitas jaringan komunikasi. Banyak model yang digunakan sebagai cara untuk memprediksi besaran *pathloss* tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk membuat simulator perhitungan prediksi redaman propagasi *outdoor* menggunakan model Lee, Okumura-Hatta, dan SUI. Kalkulator digunakan untuk membandingkan nilai *pathloss* pada frekuensi 900 MHz, 1800 MHz, dan 2300 MHz. Simulator dapat memasukkan variasi nilai dari parameter ketinggian antena BTS, ketinggian antena MS, dan frekuensi. Hasil simulasi menunjukkan nilai *pathloss* dari model SUI pada daerah urban menggunakan frekuensi 2300 MHz sebesar 190,89 dB dan merupakan yang terbesar, sedangkan yang terkecil didapat dari model Lee pada daerah rural menggunakan frekuensi 900 MHz dengan nilai *pathloss* sebesar 51,12 dB.

Kata Kunci: *pathloss*, model, lee, okumura-hatta, SUI, simulator.

1. Pendahuluan

Perencanaan dalam komunikasi seluler pada daerah *urban*, *sub urban*, dan *rural* berbeda-beda. Hal ini disebabkan tingkat kerapatan/kepadatan gedung dan bangunan lainnya berbeda-beda dalam setiap kategori daerahnya. Adanya pantulan (*reflection*), penghamburan (*scattering*), difraksi (*diffraction*) akan menimbulkan redaman atau daya yang hilang di sepanjang saluran yang dilalui oleh sinyal atau yang lebih dikenal dengan istilah *pathloss* [1]. Redaman akan mempengaruhi kualitas dari sinyal tersebut dan juga akan memperpendek jarak cakupan sinyal. Maka perhitungan *pathloss* perlu dilakukan untuk mengetahui bahwa nilai redaman tidak melebihi batas yang ditentukan.

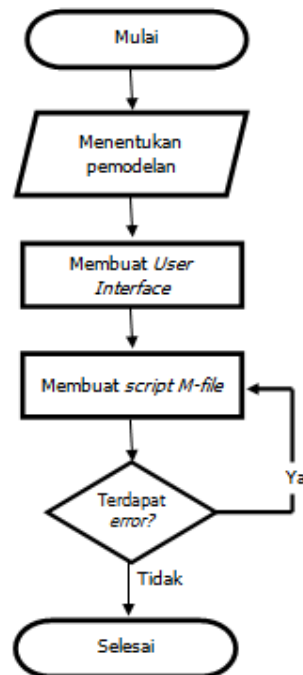
Model propagasi digunakan untuk melihat karakter propagasi gelombang radio sebagai fungsi frekuensi transmisi, jarak dan kondisi lain yang mempengaruhi perilaku propagasi gelombang radio dalam lingkungan perambatan yang diberikan. Suatu model biasanya dikembangkan untuk memprediksi perilaku propagasi di bawah batasan yang sama.

Simulator model propagasi dibuat untuk mensimulasikan karakteristik perilaku suatu jaringan seluler pada suatu daerah sebelum jaringan tersebut diterapkan. Hal ini diperlukan karena sistem komunikasi seluler mahal untuk diterapkan dan kekurangan dalam perencanaan jaringan dapat menyebabkan biaya-biaya yang tidak perlu sebagai tindakan korektif.

Berdasarkan hal tersebut maka pada tugas akhir ini akan dilakukan perancangan *simulator* untuk menghitung nilai prediksi redaman propagasi *outdoor* menggunakan aplikasi MATLAB.

2. Metoda Penelitian

Perancangan *simulator* pemodelan prediksi redaman propagasi *outdoor* pada sistem komunikasi seluler meliputi: penentuan pemodelan yang akan digunakan, perancangan *Graphic User Interface* (GUI), dan perancangan *m-file*. Diagram alir perancangan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perancangan *simulator*

Perancangan *simulator* prediksi redaman propagasi *outdoor*, pemodelan yang akan digunakan adalah model Lee, model Okumura-Hatta, dan model SUI yang nantinya akan ditampilkan menjadi bentuk grafik nilai *pathloss* dan berbanding terhadap nilai jarak.

Langkah berikutnya adalah mengimplementasikan GUI menjadi sebuah *figure* yang berisi berbagai macam komponen kontrol, sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan dalam perancangan *simulator*. Komponen kontrol yang telah selesai diplot ke dalam *layout editor* kemudian diprogram agar dapat bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing. GUI yang telah diprogram selanjutnya dapat diaktifkan/dijalankan oleh pengguna sebagai sarana untuk menghitung nilai *pathloss* propagasi *outdoor* tanpa perlu merubah *script/syntax* MATLAB dari nilai setiap parameter yang digunakan secara langsung.

2.1. Model Lee

Model Lee didasarkan pada data hasil pengukuran di Amerika Serikat. Model Lee dapat digunakan untuk penerapan prediksi *point to point* atau *area to area*. Model ini sesuai untuk penggunaan pada daerah *urban*, *sub urban* dan daerah *rural* [2]. Adapun persamaan untuk mencari nilai *pathloss* (redaman) dari model Lee adalah sebagai berikut:

$$L_p = L_0 + \left(\gamma \log \left(\frac{d}{d_0} \right) \right) + \left(30 \log \left(\frac{f}{f_0} \right) \right) - \left(\left(20 \log \left(\frac{h_b}{30,48} \right) \right) + \left(10 \log \left(\frac{h_m}{3} \right) \right) \right) [dB] \quad (1)$$

Dimana:

L_0 = *Pathloss* (pada $d = 1\text{km}$) [dB]

γ = Konstanta propagasi yang menyatakan berapa cepat redamannya bertambah sebagai fungsi dari jarak

d = Jarak [km]

f = Frekuensi [MHz]

d_0 = Jarak referensi (1,6 km)

f_0 = Frekuensi referensi (900 MHz)

h_b = Tinggi Antena BTS

h_m = Tinggi Antena BTS

Nilai γ dan L_0 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai γ dan L_0 untuk setiap Area

Area	L_0 [dB]	γ
Ruang Terbuka (Free Space)	91,2	2
Daerah Terbuka (Rural Area)	90,4	43,5
Sub Urban Area	104,3	38,4
Urban Area (New York)	117,5	48
Urban Area (Philadelphia)	112,8	36,8
Urban Area (Tokyo)	128,1	30,6

2.2. Model Okumura-Hatta

Hatta membuat persamaan standar untuk menghitung redaman lintasan di daerah *urban*, sedangkan untuk menghitung redaman lintasan di tipe daerah lain (*suburban*, *open rural*, dll), Hatta memberikan persamaan koreksinya. Persamaan prediksi Hatta adalah:

$$L_{(urban)} = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_b - ah_m + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log d \text{ [dB]} \quad (2)$$

$$L_{(suburban)} = L_{(urban)} - 2 \left[\log \left(\frac{f}{28} \right) \right]^2 - 5,4 \text{ [dB]} \quad (3)$$

$$L_{(openrural)} = L_{(urban)} - 4,78 (\log f)^2 - 18,33 \log f - 40,98 \text{ [dB]} \quad (4)$$

$$ah_m = 3,2 (\log 11,75 h_m)^2 - 4,97 \text{ [dB]} \quad (5)$$

Dimana:

f = frekuensi kerja (MHz)

h_b = tinggi efektif antena *transmitter* (BTS) sekitar 30 - 200 m

h_m = tinggi efektif antena *receiver* (*unit mobile*) sekitar 1 - 10 m

d = jarak antara Tx - Rx (km)

ah_m = faktor koreksi untuk tinggi efektif antena *unit mobile*

Persamaan $L_{(urban)}$ diatas digunakan pada rentang frekuensi 150 MHz s/d 1500 MHz, sedangkan persamaan $L_{(urban)}$ untuk penggunaan frekuensi diatas 1500 MHz adalah sebagai berikut [4]:

$$L_{(urban)} = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log h_b - ah_m + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log d + C_m \text{ [dB]}$$

2.3. Model Stanford University Interim (SUI)

Model SUI (*Stanford University Interim*) adalah model yang dikembangkan untuk IEEE 802.16 oleh *Stanford University*. Pemodelan ini digunakan untuk tiga kategori daerah yang berbeda, yaitu daerah padat penduduk atau daerah *urban* (*Terrain A*), daerah pinggiran kota atau daerah *sub urban* (*Terrain B*), dan daerah yang sepi penduduk dan bangunan atau daerah *rural* (*Terrain C*) [3]. Pemodelan SUI dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$LP = A_0 + 10\gamma \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_f + X_h + S \quad (7)$$

$$\gamma = a - b(h_b) + \left(\frac{c}{h_b} \right) \quad (8)$$

$$A_0 = 20 \log \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right) \quad (9)$$

$$X_f = 6 \log \left(\frac{f}{2000} \right) \quad (10)$$

$$X_h = -10,8 \log \left(\frac{h_m}{2} \right) \quad (\text{untuk Terrain A dan B}) \quad (11)$$

$$X_h = -20 \log \left(\frac{h_m}{2} \right) \quad (\text{untuk Terrain C}) \quad (12)$$

Dimana:

A_0 = Free space loss pada jarak referensi 100 m

γ = Komponen pathloss

d_0 = Referensi jarak (100 m)

X_f = Faktor koreksi frekuensi

X_h = Faktor koreksi tinggi antena BTS

S = Shadowing Margin

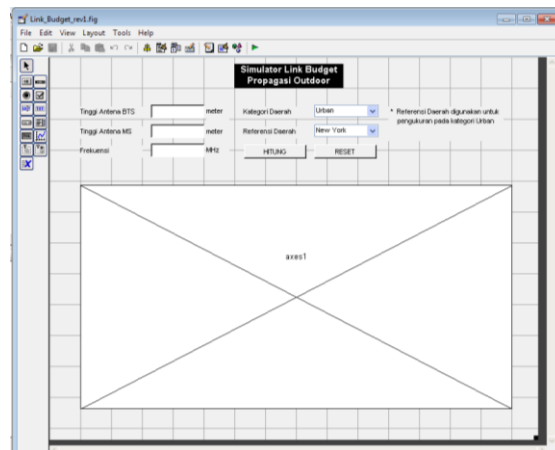
Nilai Terrain untuk beberapa parameter dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Perbedaan Terrain

Parameter	Terrain A	Terrain B	Terrain C
a	4,6	4	3,6
b	0,0075	0,0065	0,005
c	12,6	17,1	20
S	10,6 dB	9,4 dB	8,2 dB

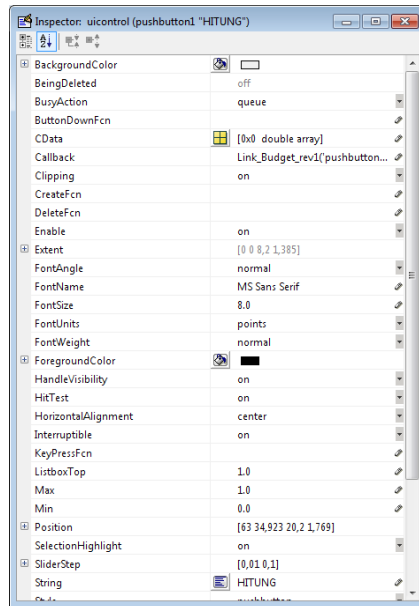
2.4. Perancangan Graphic User Interface (GUI)

Untuk mengimplementasikan sebuah persamaan ke dalam GUI maka langkah-langkah yang harus dikerjakan dalam membuat GUI adalah menentukan komponen kontrol yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan perancangan *simulator* kemudian ditempatkan dan diatur ke dalam *layout editor*. Tampilan keseluruhan simulator diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan keseluruhan simulator

Masing-masing komponen kontrol dapat diatur desain ukuran, warna *font*, warna *background*, *stylefont*, *string (caption)*, dan sebagainya melalui *property inspector* seperti pada Gambar 3.

Gambar 3. Menu *property inspector*

2.5. Perancangan *m-file*

Agar *simulator* dapat difungsikan dengan benar maka GUI yang sudah dibuat pada GUIDE harus diprogram terlebih dahulu. Cara untuk memprogram *m-file* dengan cara menekan tombol *m-file editor* pada GUIDE maka secara otomatis *m-file* yang terintegrasi dengan GUI tersebut akan terbuka. Saat *m-file* terbuka, di dalamnya sudah terdapat beberapa *script* yang mendeskripsikan fungsi komponen kontrol yang telah dibuat pada GUIDE sebelumnya. Fungsi setiap komponen ditabelkan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. *Property inspector* setiap komponen kontrol

Komponen Kontrol	<i>Property Inspector</i>		Fungsi
	<i>String</i>	<i>Tag</i>	
<i>Edit box 1</i>	-	<i>editbox1</i>	Memasukkan nilai tinggi antenna BTS
<i>Edit box 2</i>	-	<i>editbox2</i>	Memasukkan nilai tinggi antenna MS
<i>Edit box 3</i>	-	<i>editbox3</i>	Memasukkan nilai frekuensi
<i>Popup menu 1</i>	Urban Sub Urban Rural	<i>popupmenu1</i>	Menentukan kategori daerah
<i>Popup menu 2</i>	New York Philadelphia Tokyo	<i>popup menu2</i>	Menentukan referensi daerah <i>urban</i> untuk pemodelan Lee
<i>Push button 1</i>	HITUNG	<i>pushbutton1</i>	Mengeksekusi perhitungan
<i>Push button 2</i>	RESET	<i>pushbutton2</i>	Mereset grafik
<i>Axes</i>	-	<i>axes1</i>	Menampilkan grafik pemodelan

Dalam penulisan *script* pada *m-file* harus memperhatikan fungsi dalam setiap *tag* yang digunakan agar tidak tertukar dalam penulisan fungsinya, sehingga hasil yang ditampilkan merupakan nilai perhitungan yang benar.

Seluruh persamaan yang digunakan dalam pembuatan simulasi diubah menjadi *script m-file*, kemudian diintegrasikan dengan komponen kontrol yang terdapat pada GUI yang sudah dibuat sebelumnya.

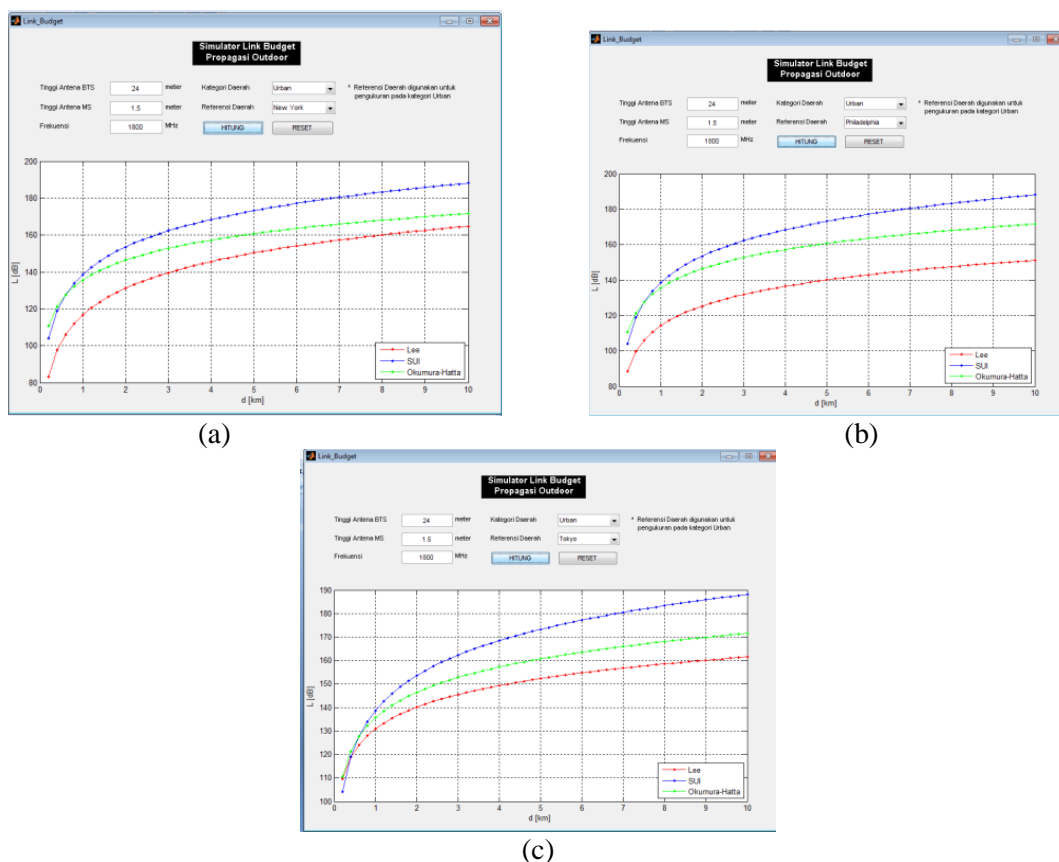
3. Hasil Perhitungan Dan Analisis

3.1. Hasil Simulasi pada Frekuensi 900 MHz

Berdasarkan pada jurnal yang berjudul “*Radio Field Strength Propagation Data and Pathloss Calculation Methods in UMTS Network*” [4] sampel data untuk nilai ketinggian antenna BTS adalah 24 Meter sedangkan ketinggian antenna MS yang digunakan adalah 1,5 meter. Simulasi dilakukan menggunakan *simulator* yang sudah dibuat dengan cara memasukkan nilai-nilai dari setiap parameternya. Simulasi pada daerah *urban* dilakukan sebanyak 3 kali karena pada pemodelan Lee terdapat 3 referensi daerah yang berbeda-beda. Perhitungan untuk model Lee pada daerah *urban* terdapat 3 referensi daerah yang berbeda, sedangkan untuk perhitungan model Okumura-Hatta dan model SUI tidak menggunakan referensi daerah. Garis pada grafik yang berwarna merah menunjukkan grafik model Lee, garis berwarna hijau menunjukkan grafik model Okumura-Hatta, dan garis berwarna biru menunjukkan grafik model SUI.

3.1.1. Hasil Simulasi pada Frekuensi 900 MHz di Daerah *Urban*

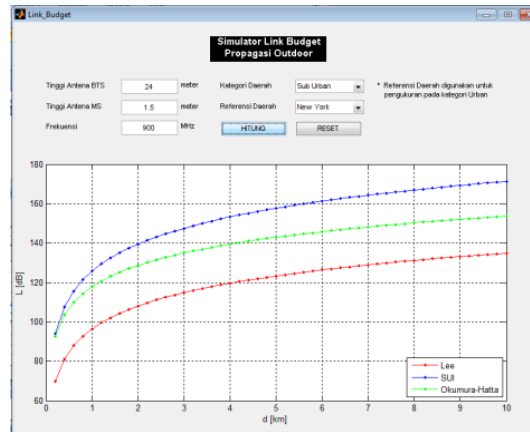
Pada Gambar 6, grafik model Okumura-Hatta dan model SUI tidak ada perubahan sama sekali, sedangkan grafik model Lee selalu berubah-ubah. Hal ini disebabkan karena pada simulasi di daerah *urban*, model Lee memiliki 3 nilai L_0 yang berbeda-beda di setiap referensi daerah yang digunakan sehingga hasil simulasinya akan berbeda juga walaupun simulasi sama-sama dilakukan pada kategori daerah *urban*, sedangkan pada model Okumura-Hatta dan model SUI tidak memiliki referensi daerah yang berbeda-beda.



Gambar 6. (a) New York (b) Philadelphia (c) Tokyo

3.1.2. Hasil Simulasi pada Frekuensi 900 MHz di Daerah *Sub urban*

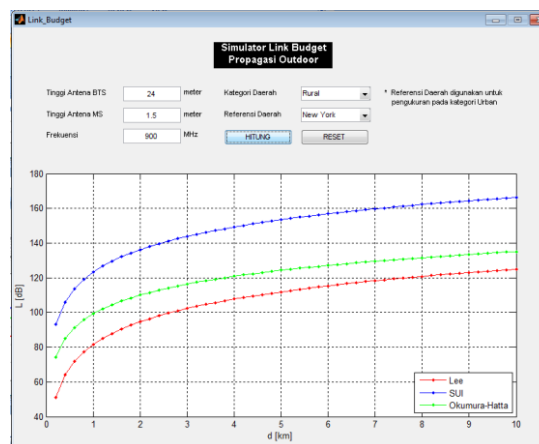
Pada Gambar 7 nilai *pathloss* yang ditampilkan lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil simulasi di daerah *urban*. Hal ini disebabkan karena karakteristik daerah *sub urban* merupakan daerah yang memiliki bangunan-bangunan yang tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu padat jika dibandingkan dengan daerah *urban*, maka pengaruh dari faktor *multipath* akan semakin berkurang dan hal itu berdampak pada berkurangnya nilai *pathloss* di daerah *sub urban*.



Gambar 7. Hasil simulasi pada frekuensi 900 mhz daerah *sub urban*

3.1.3. Hasil Simulasi pada Frekuensi 900 MHz di Daerah *Rural*

Jika membandingkan nilai *pathloss* di daerah *rural* dengan daerah *urban* dan *sub urban*, maka dapat terlihat bahwa nilai *pathloss* daerah *rural* pada Gambar 8 di atas memiliki nilai yang paling kecil. Hal ini disebabkan karena daerah *rural* merupakan daerah yang karakteristiknya memiliki sedikit bangunan dan lebih banyak daerah lapang sehingga pengaruh faktor *multipath* semakin berkurang.



Gambar 8. Hasil simulasi pada frekuensi 900 mhz daerah *rural*

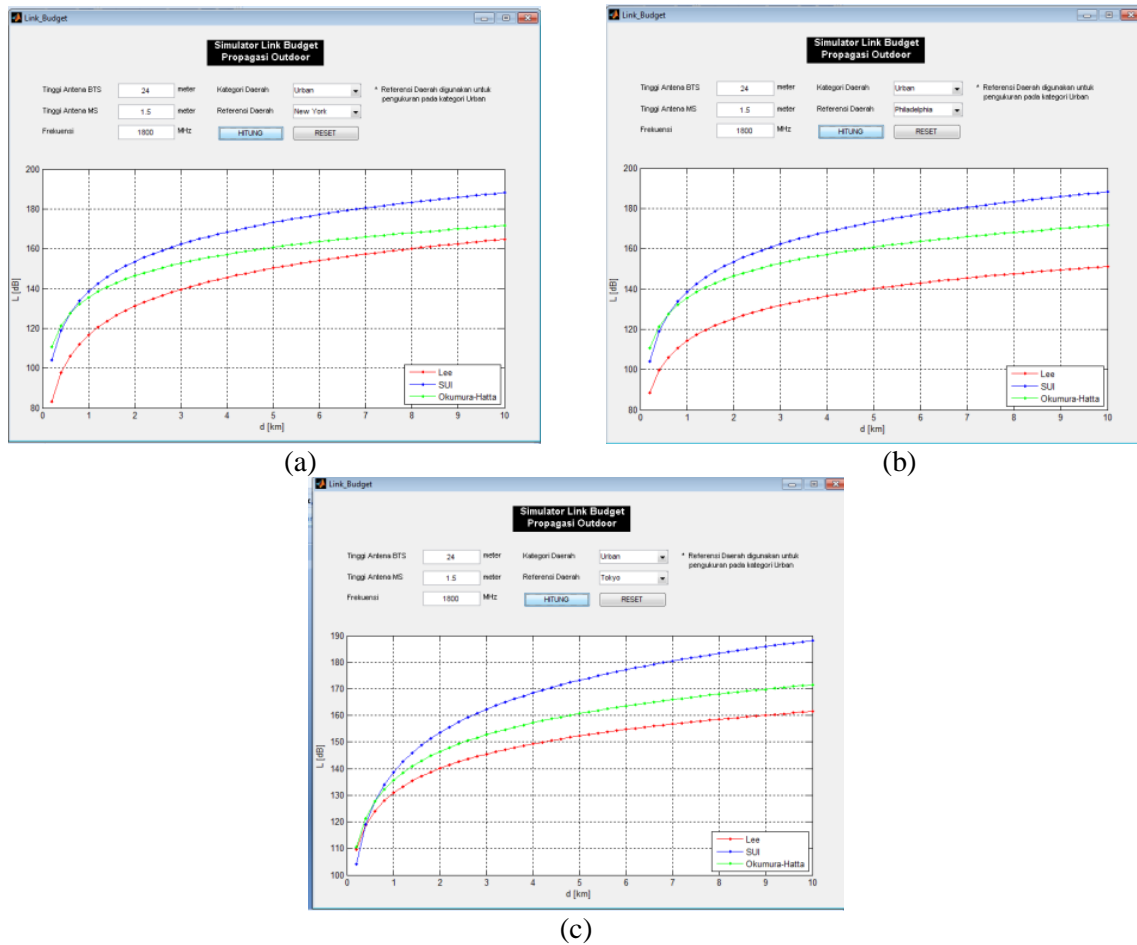
3.2. Hasil Simulasi pada Frekuensi 1800 MHz

Hasil simulasi pada frekuensi 1800 MHz dilakukan pada kategori daerah *urban*, *sub urban*, dan *rural* dalam bentuk grafik dari *simulator* yang telah dibuat.

3.2.1. Hasil Simulasi pada Frekuensi 1800 MHz di Daerah *Urban*

Hasil simulasi dengan menggunakan frekuensi 1800 MHz dengan frekuensi 900 MHz terdapat perbedaan yaitu pada simulasi menggunakan frekuensi 1800 MHz memiliki nilai *pathloss* yang lebih besar dibandingkan dengan simulasi menggunakan frekuensi 900 MHz. Hal ini dikarenakan pada persamaan yang digunakan dalam perhitungan *pathloss*, nilai frekuensi berbanding lurus dengan *pathloss*, sehingga jika nilai frekuensi semakin besar membuat nilai

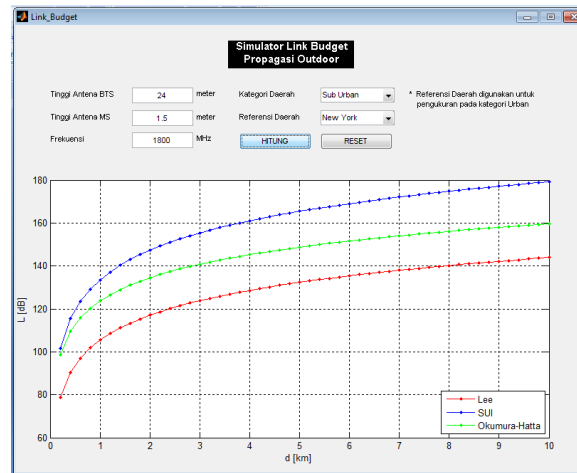
pathloss semakin besar pula. Hal ini dapat dilihat dan dibandingkan pada Gambar 9 dan Gambar 6.



Gambar 9. (a) New York (b) Philadelphia (c) Tokyo

3.2.2. Hasil Simulasi pada Frekuensi 1800 MHz di Daerah Sub urban

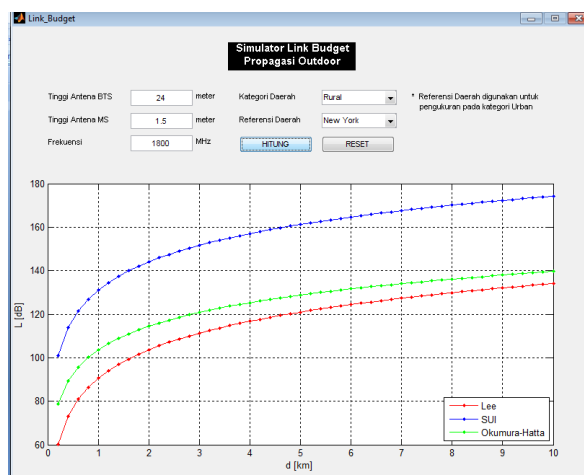
Pada Gambar 10 menunjukkan bahwa *pathloss* daerah *sub urban* pada frekuensi 1800 MHz yang ditampilkan memiliki nilai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil simulasi di daerah *urban*. Hal ini juga disebabkan karena karakteristik daerah *urban* lebih padat dibandingkan dengan daerah *sub urban*, maka pengaruh dari faktor *multipath* akan semakin berkurang dan hal itu berdampak pada berkurangnya nilai *pathloss* di daerah *sub urban*.



Gambar 10. Hasil simulasi pada frekuensi 1800 mhz daerah *sub urban*

3.2.3. Hasil Simulasi pada Frekuensi 1800 MHz di Daerah *Rural*

Nilai *pathloss* di daerah *rural* memiliki nilai *pathloss* yang terkecil dibandingkan dengan daerah *urban* dan *sub urban*. Hal ini disebabkan karena daerah *rural* merupakan daerah yang memiliki faktor *multipath* yang kecil karena daerahnya yang tidak terdapat bangunan-bangunan tinggi dan lebih banyak daerah lapang. Faktor *multipath* yang kecil menyebabkan *pathloss* menjadi lebih kecil juga. Grafik hasil simulasi diperlihatkan pada Gambar 11.



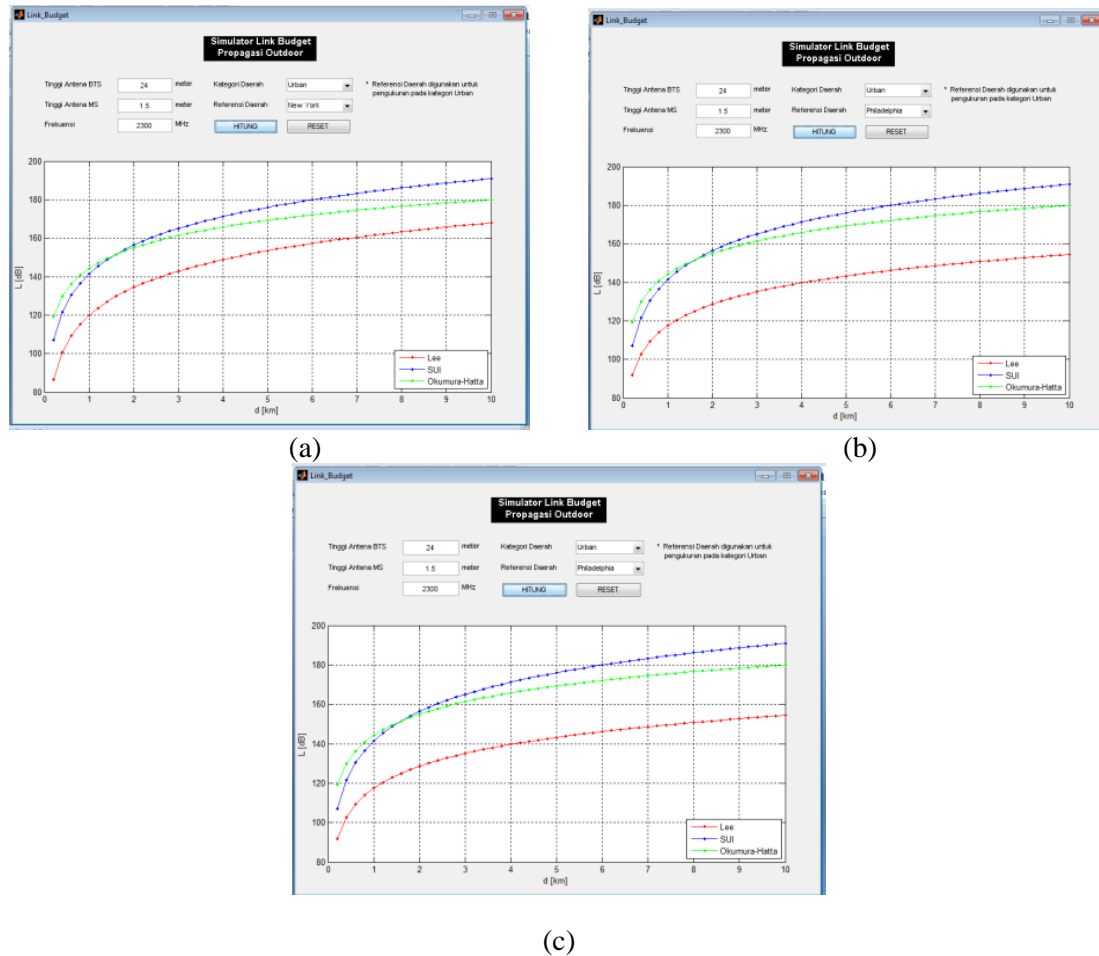
Gambar 11. Hasil simulasi pada frekuensi 1800 mhz daerah *rural*

3.3. Hasil Simulasi pada Frekuensi 2300 MHz

Hasil simulasi pada frekuensi 2300 MHz dilakukan pada kategori daerah *urban*, *sub urban*, dan *rural* dalam bentuk grafik dari *simulator* yang telah dibuat.

3.3.1. Hasil Simulasi pada Frekuensi 2300 MHz di Daerah *Urban*

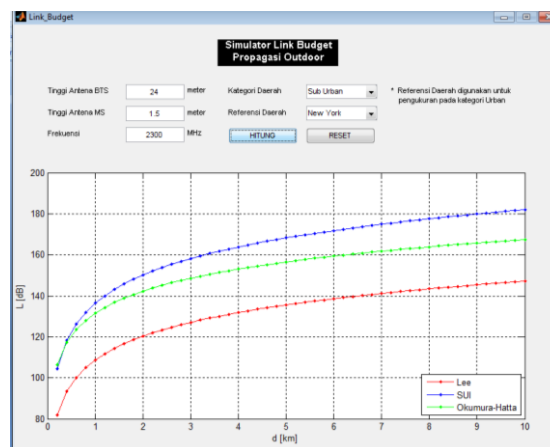
Pada simulasi menggunakan frekuensi 2300 MHz, persamaan dalam menghitung nilai *pathloss* Okumura Hatta tidak lagi menggunakan Persamaan (2), melainkan menggunakan Persamaan (6). Hal ini dikarenakan penggunaan Persamaan (2) hanya untuk perhitungan dengan rentang frekuensi 150 MHz sampai dengan 2000 MHz, sedangkan untuk penggunaan frekuensi diatas 2000 MHz memakai Persamaan (6) atau persamaan COST-231 Hatta. Hasil simulasi diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 12. (a) New York (b) Philadelphia (c) Tokyo

3.3.2. Hasil Simulasi pada Frekuensi 2300 MHz di Daerah Sub urban

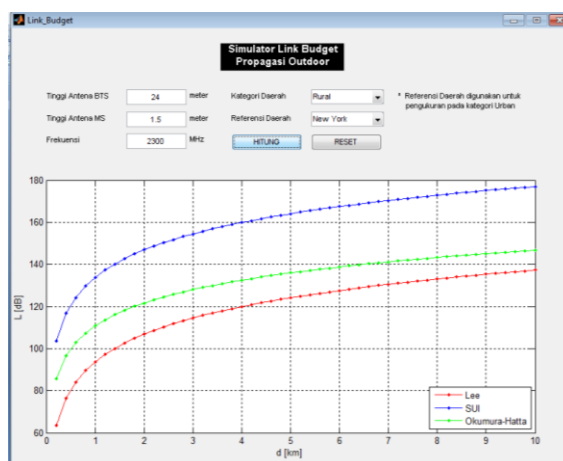
Simulasi menggunakan frekuensi 2300 MHz di daerah *sub urban*, persamaan Okumura-Hatta yang digunakan sama dengan persamaan yang digunakan untuk menghitung *pathloss* daerah *sub urban* pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz, hanya saja besaran nilai *pathloss* daerah *urban* yang digunakan adalah dari hasil perhitungan COST-231 Hatta. Hal ini dikarenakan frekuensi yang digunakan dalam simulasi diatas 2000 MHz. Hasil simulasi diperlihatkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil simulasi pada frekuensi 2300 MHz daerah *sub urban*

3.3.3. Hasil Simulasi pada Frekuensi 2300 MHz di Daerah Rural

Dari keseluruhan simulasi tampak bahwa hasil dari setiap pemodelan nilainya selalu berbeda. Model SUI memiliki nilai *pathloss* tertinggi, sedangkan model Lee memiliki nilai *pathloss* terendah. Hal ini juga bisa disebabkan karena masing-masing model dibuat dalam tempat dan kondisi yang berbeda-beda. Model Lee yang dibuat dan dikembangkan dari hasil pengukuran di Amerika Serikat, sedangkan model Okumura-Hatta yang dibuat dan dikembangkan dari hasil pengukuran di Jepang. Data pengukuran yang berbeda-beda dapat mengakibatkan perbedaan dalam hasil simulasi dan perhitungan. Hasil simulasi diperlihatkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Hasil simulasi pada frekuensi 2300 MHz daerah *sub urban*

4. Kesimpulan

Setelah membuat *simulator* prediksi redaman propagasi *outdoor* kemudian melakukan proses simulasi, perhitungan, dan menganalisis setiap model yang digunakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini, simulator berhasil dibuat dan dapat dioperasikan untuk menampilkan hasil perhitungan prediksi redaman propagasi *outdoor* dengan memasukkan nilai-nilai dari ketinggian antena BTS, ketinggian antena MS, frekuensi, dan kategori daerah yang akan digunakan.
2. Pada hasil simulasi menggunakan frekuensi 900 MHz dengan jarak 0,2 km hingga 10 km diperoleh nilai *pathloss* terkecil pada daerah *rural* dengan model Lee sebesar 51,12 dB dan nilai *pathloss* terbesar pada daerah *urban* dengan model SUI sebesar 180,29 dB.
3. Pada hasil simulasi menggunakan frekuensi 1800 MHz dengan jarak 0,2 km hingga 10 km diperoleh nilai *pathloss* terkecil pada daerah *rural* dengan model Lee sebesar 60,15 dB dan nilai *pathloss* terbesar pada daerah *urban* dengan model SUI sebesar 180,11 dB.
4. Pada hasil simulasi menggunakan frekuensi 2300 MHz dengan jarak 0,2 km hingga 10 km diperoleh nilai *pathloss* terkecil pada daerah *rural* dengan model Lee sebesar 63,34 dB dan nilai *pathloss* terbesar pada daerah *urban* dengan model SUI sebesar 190,89 dB.

Daftar Pustaka

- [1] Usman, Uke Kurniawan. (2006). Diktat Sistem Komunikasi Bergerak. Bandung: STT Telkom.
- [2] Away, Gunaidi Abdia. (2006). *The Shortcut of Matrix Laboratory (MATLAB) Programming*. Bandung: Informatika.

- [3] Lee, W. C. Y. (1993). *Mobile Communication Design Fundamentals*. New York: Wiley and Sons.
- [4] Hutauruk, Sindak. (2011). Simulasi Model Empiris Okumura-Hata dan Model COST-231 untuk Rugi-Rugi Saluran pada Komunikasi Seluler. *Jurnal Semantik*.
- [5] Rani, M. S. (2012). *Comparison of Standard Propagation Model (SPM) and Stanford Universit Interim (SUI) Radio Propagation Models for Long Term Evolution (LTE)*. IJAIR.
- [6] Joseph, Isabona. (2013). *Radio Field Strength Propagation Data and Pathloss Calculation Methods in UMTS Network*. IISTE.