

SIMULASI MODEL EMPIRIS OKUMURA-HATA DAN MODEL COST 231 UNTUK RUGI-RUGI SALURAN PADA KOMUNIKASI SELULAR

Sindak Hutauruk

P.S. Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas HKBP Nommensen Medan 20234

E-mail : sindak45@yahoo.com.sg

ABSTRAK

Kualitas dan kontinuitas hubungan komunikasi melalui media transmisi udara memegang peranan yang sangat penting pada komunikasi selular, baik pada daerah urban, suburban, maupun daerah rural. Besarnya rugi-rugi saluran yang terjadi di sepanjang saluran mempengaruhi kualitas dan kontinuitas komunikasi, oleh sebab itu besarnya rugi-rugi tersebut sangat menentukan besarnya parameter fisik, jarak, dan frekuensi yang akan digunakan dalam perancangan sebuah sel. Model empiris Okumura-Hata dan Model COST 231 digunakan untuk menentukan besarnya rugi-rugi disepanjang saluran tersebut sehingga dapat ditentukan posisi dan arah antena sebuah sel yang terbaik. Kedua model ini disimulasikan dengan perangkat lunak pada komputer untuk berbagai frekuensi, tinggi antena, dan jarak, sehingga dapat mempermudah untuk menentukan parameter yang terbaik. Simulasi ini cukup baik digunakan untuk percobaan pada laboratorium semu telekomunikasi.

Kata kunci : Simulasi, Rugi-rugi Saluran, Model Okumura-Hata dan COST 231, Lab. semu Telkom.

1. PENDAHULUAN

Propagasi gelombang radio pada komunikasi bergerak (selular) memegang peranan yang sangat penting karena sinyal disalurkan melalui media transmisi udara. Kualitas sinyal yang sampai pada penerima dipengaruhi oleh noise, interferensi, fading, kontur bumi yang dilalui, media pantulan atau halangan (*obstacle*), jarak, dan lain lain. Beberapa faktor yang harus diperhitungkan pada perencanaan sebuah sel adalah tinggi antena *Transmitter* (Tx) dan *Receiver* (Rx), daya yang dipancarkan, daerah radius sel (urban, suburban, atau rural) yang kesemuanya itu sangat dipengaruhi oleh besarnya redaman yang terjadi di sepanjang saluran (*pathloss*).

1.1. Latar Belakang

Perencanaan sebuah sel pada daerah urban, suburban, atau rural berbeda karena sinyal yang mengalami pantulan (*reflected*) pada ketiga daerah tersebut berbeda, hal ini disebabkan tingkat kepadatan/kerapatan rumah atau gedung berbeda. Banyaknya pantulan disepanjang saluran yang dilalui oleh sinyal akan menimbulkan redaman atau daya yang hilang disepanjang saluran atau yang lebih dikenal dengan istilah *pathloss*. Redaman ini akan mempengaruhi kualitas sinyal dan juga akan memperpendek jarak cakupan sinyal. Oleh sebab itu perhitungan *pathloss* sangat penting dilakukan dalam perencanaan sebuah sel.

Ada beberapa model perhitungan *pathloss* yang ada saat ini, diantaranya model Rayleigh yang dapat menghitung besarnya *pathloss* pada daerah yang cukup sempit (tidak luas) seperti di dalam ruangan, terowongan, ruangan di bawah tanah pada daerah urban. Sementara model Rician dikhususkan untuk menghitung *pathloss* pada daerah tanpa halangan (*obstacle*) atau yang dikenal dengan Line Of Sight (LOS) seperti terowongan, ruang bawah tanah, atau koridor yang dapat menerima gelombang lansung (*direct wave*).

Problema propagasi gelombang pada daerah urban dengan menggunakan penyelesaian analisis adalah hal yang tidak memungkinkan sehingga digunakan cara pendekatan secara statistik yang dikemukakan oleh Okumura. Okumura mengembangkan penggunaan kurva berbasis data yang dikumpulkan dari suatu daerah urban dan suburban untuk meng-estimasi *pathloss* yang timbul. Model okumura ini dikonversi oleh Hata ke dalam formula empiris yang dikenal dengan model Okumura –Hata. Model ini digunakan untuk menghitung *pathloss* yang terjadi disepanjang saluran pada daerah urban, suburban, ataupun rural pada daerah terbuka dan sangat representatif untuk daerah metropolitan dengan susunan pola rumah yang berbaris membentuk group. Model ini juga memperhitungkan difraksi, refleksi, dan scatter yang ditimbulkan akibat struktur bangunan dikota. Model ini digunakan dengan batasan frekuensi antara 150 Mhz sampai dengan 1500 Mhz. Selain model Okumura-Hata, juga ada model Walfisch dan Ikegami atau

yang dikenal dengan model COST 231. Model ini digunakan untuk daerah urban dengan frekuensi kerja 800 Mhz sampai dengan 200 Mhz. Model ini digunakan pada GSM 1800 yang direkomendasikan oleh ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) untuk digunakan pada PCN/PCS (*Personal Communication Services*).

Kedua model ini yaitu model Okumura-Hata dan Model COST 231 disimulasikan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak yang akan dirancang dan hasil kedua model tersebut dapat dilihat dan dibandingkan pada grafik sebagai output proses perhitungan yang dilakukan komputer sehingga dapat dilihat dan disimpulkan mana yang terbaik diimplementasikan untuk beberapa parameter yang berbeda.

1.2. Perumusan Masalah

Model Okumura-Hata memasukkan beberapa faktor koreksi untuk berbagai kondisi propagasi seperti :

1. Tinggi Antena dan frekuensi pembawa
2. Daerah suburban, daerah terbuka
3. Difraksi loss pada pegunungan
4. Daerah laut atau danau
5. Kemiringan jalan

Model ini dengan formula empiris yang dikemukakan Hata atas model Okumura mengklasifikasi dalam 3 model yaitu daerah tipikal urban, tipikal suburban dan daerah rural dengan jarak lintasan 1 sampai 20 Km. Model ini disimulasikan dengan perangkat lunak berdasarkan rumus Okumura-Hata dan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik.

Model COST 231 untuk daerah urban juga disimulasikan dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang dapat dibandingkan langsung dengan hasil model Okumura-Hata sehingga dapat dilihat hasil yang lebih baik untuk digunakan sebagai acuan dalam perancangan maupun perubahan parameter sebuah sel.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan simulasi ini dilakukan dengan tujuan :

1. Mensimulasikan besarnya *pathloss* yang terjadi dengan model Okumura-Hata dan dengan model COST 231 serta membandingkan hasilnya dengan grafik sehingga memudahkan untuk menentukan parameter yang akan digunakan dalam perancangan maupun perubahan sebuah sel.
2. Simulasi ini dapat digunakan atau diimplementasikan untuk menentukan *pathloss* untuk suatu daerah yang selnya akan dibangun
3. Rancangan ini dapat digunakan sebagai salah satu modul percobaan semu pada Laboratorium Telekomunikasi

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Model Okumura-Hata

Formula empiris dari model Okumura-Hata ada dua bentuk, yang pertama adalah formula *pathloss* (dB) yang ditulis,

$$PL = PL_{\text{freespace}} + A_{\text{exc}} - H_{\text{cb}} - H_{\text{cm}} \quad (1)$$

dengan, $PL_{\text{freespace}}$ = *pathloss* pada ruang bebas (*free pathloss*)

A_{exc} = excess *pathloss* sebagai fungsi dari jarak terhadap frekuensi untuk tinggi antena BTS

$h_{\text{bs}} = 200$ m dan

tinggi antena MS $h_{\text{ms}} = 3$ m

$H_{\text{cb}}, H_{\text{cm}}$ = faktor koreksi antena BTS dan MS

Bentuk yang lebih umum kurva *pathloss* dari Okumura-Hata yang diimplementasikan adalah sebagai berikut :

$$PL = A + B \log(d) + C \quad (2)$$

dengan A, B, dan C adalah faktor yang tergantung dari frekuensi dan tinggi antena, yaitu :

$$A = 69,55 + 26,16 \log(f_c) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m)$$

$$B = 44,9 - 6,55 \log(h_b)$$

dengan f_c dalam Mhz, dan d dalam Km. sedangkan h_m dan C tergantung dari klasifikasi daerah (urban, suburban, atau rural).

Untuk daerah Urban :

- Perkotaan yang kecil dan sedang :

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

$$C = 0$$

- Perkotaan yang besar (metropolitan) :

$$a(h_m) = 8,29 (\log(1,54h_m))^2 - 1,1 \quad \text{untuk } f \leq 200 \text{ MHz}$$

$$a(h_m) = 3,2 (\log(11,75h_m))^2 - 4,97 \quad \text{untuk } f \geq 400 \text{ MHz}$$

$$C = 0$$

Untuk daerah Suburban, $C = -2[\log(f_c/28)]^2 - 5,4$

Untuk daerah Rural, $C = -4,78[\log(f_c)]^2 + 18,33 \log(f_c) - 40,98$

dengan $a(h_m)$ Suburban dan Rural sama dengan $a(h_m)$ pada daerah Urban untuk perkotaan kecil dan sedang dimana,

f_c = frekuensi pembawa (MHz)

d = jarak antara Base Transceiver Station (BTS) dan Mobile Station (MS) (Km)

h_b = tinggi antenna BTS (m)

h_m = tinggi antenna MS (m)

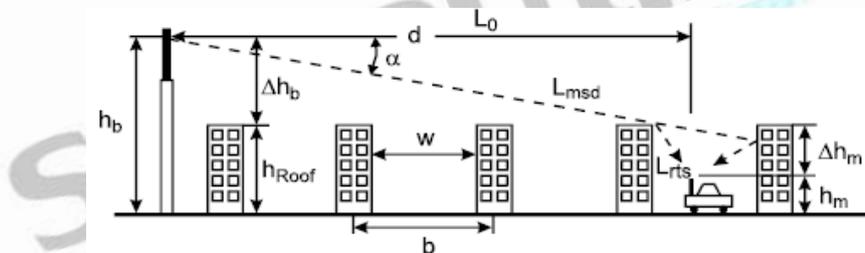
Parameter yang digunakan pada model Okumura - Hata seperti yang diperlihatkan pada Tabel. 1

Tabel 1. Parameter yang Digunakan untuk Model Okumura-Hata

Parameter	Notasi	Spesifikasi
Frekuensi Pembawa	f_c	150 – 1.500 MHz.
Tinggi Antena BTS	h_b	30 – 200 m
Tinggi Antena MS	h_m	1 – 10 m
Jarak BTS dengan MS	d	1 – 20 km

2.2. Model COST 231

Parameter yang digunakan pada model COST 231 adalah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 4. Parameter pada Model COST 231 (Walfisch – Ikegami)

Model COST 231 digunakan pada kondisi jarak antara BTS dengan MS adalah dekat dan atau antenna MS yang pendek. Total *pathloss* untuk LOS (*Line Of Sight*) dengan model tersebut adalah,

$$PL = 42,6 + 26 \log(d) + 20 \log(f_c) \quad (3)$$

dengan $d \geq 20$ m, d dalam km dan f_c dalam MHz.

Untuk non LOS atau ada hambatan (*obstacle*) maka *pathloss* adalah :

$$PL = L_0 + L_{rts} + L_{msd} \quad \text{untuk } L_{rts} + L_{msd} > 0 \quad (4)$$

$$PL = L_0 \quad \text{untuk } L_{rts} + L_{msd} \leq 0 \quad (5)$$

dengan L_0 = free space loss

L_{rts} = difraksi atap gedung dengan jalan raya dan scatter loss

L_{msd} = multiscreen loss

$$L_0 = 32,4 + 20 \log d + 20 \log f_c \text{ dB} \quad (6)$$

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

dengan w = lebar jalan raya (meter)

$$\Delta h_m = h_{Roof} - h_m \quad (8)$$

dengan Δh_m adalah besarnya perbedaan antara tinggi gedung (h_{Roof}) dengan tinggi antenna MS (h_m)
Orientasi dari jalan raya dimasukkan ke dalam rumus empiris sebagai faktor koreksi L_{ori} ,

$$\begin{aligned} L_{ori} &= -10 + 0,354 \varphi && \text{untuk } 0^{\circ} \leq \varphi \leq 35^{\circ} \\ L_{ori} &= 2,5 + 0,075 (\varphi - 35^{\circ}) && \text{untuk } 35^{\circ} \leq \varphi \leq 55^{\circ} \\ L_{ori} &= 4,0 - 0,114 (\varphi - 55^{\circ}) && \text{untuk } 55^{\circ} \leq \varphi \leq 90^{\circ} \end{aligned}$$

dengan φ adalah sudut sesaat antara orientasi jalan raya dengan arah dari sinyal dalam satuan derajat, sedangkan besarnya *multiscreen loss* adalah sebagai berikut :

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

dengan b adalah jarak antara dua gedung dalam meter.

$$\begin{aligned} L_{bsh} &= -18 \log(1 + \Delta h_b) && \text{untuk } h_b > h_{Roof} \\ L_{bsh} &= 0 && \text{untuk } h_b \leq h_{Roof} \\ K_a &= 54 && \text{untuk } h_b > h_{Roof} \\ K_a &= 54 - 0,8 h_b && \text{untuk } d \geq 0,5 \text{ km dan } h_b \leq h_{Roof} \\ K_a &= 54 - 0,8 \Delta h_b d / 0,5 && \text{untuk } d < 0,5 \text{ km dan } h_b \leq h_{Roof} \\ &= 54 - 1,6 \Delta h_b d && \text{untuk } d < 0,5 \text{ km dan } h_b \leq h_{Roof} \end{aligned} \quad (10)$$

dengan $\Delta h_b = h_b - h_{Roof}$

dimana h_b adalah tinggi antenna BTS

Ketergantungan *pathloss* terhadap frekuensi dan jarak diberikan melalui parameter k_d dan k_f pada persamaan *multiscreen loss* di atas.

$$\begin{aligned} K_d &= 18 && \text{untuk } h_b < h_{Roof} \\ K_d &= 18 - 15 \Delta h_b / \Delta h_m && \text{untuk } h_b \geq h_{Roof} \end{aligned}$$

dan,

$$\begin{aligned} k_r &= 4 + 0,7 (f_c / 925 - 1) && \text{untuk kota sedang dan daerah suburban dengan kerapatan pepohonan} \\ k_r &= 4 + 1,5 (f_c / 925 - 1) && \text{untuk kota metropolitan} \end{aligned}$$

Table 2. Parameter yang Digunakan untuk Model COST 231

Parameter	Notasi	Spesifikasi
Frekuensi Pembawa	f_c	800 – 2.000 MHz.
Tinggi Antena BTS	h_b	4 – 50 m
Tinggi Antena MS	h_m	1 – 3 m
Jarak BTS dengan MS	d	0,02 – 5 km

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi ini dilakukan dengan melakukan perhitungan sesuai dengan formula model empiris Okumura – Hata dan dengan model COST 231, hasil perhitungan kedua model ini ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga dapat dilihat dengan mudah perbandingan hasil kedua model tersebut. Dengan demikian dapat disimpulkan dan diputuskan model mana yang menjadi acuan untuk suatu perancangan sel dalam suatu daerah tertentu. Sebagai contoh : dengan menggunakan model Okumura – Hata dan model COST 231, hitunglah besarnya *pathloss* (PL) yang terjadi pada sistem PCS untuk daerah urban yang berjarak 1,2,3,4, dan 5 km. Asumsikan $h_b = 150$ m, $h_m = 2$ m, dan frekuensi pembawa $f_c = 1,8$ GHz.

3.1. Penyelesaian dengan model COST 231

Diasumsikan data mengikuti model COST 231 dengan lebar jalan raya (W) = 15 m, jarak antar gedung (b) = 30 m, sudut $\varphi = 90^{\circ}$, tinggi gedung termasuk atap (h_{Roof}) = 30 m, $h_b = h_{Roof} = 30$ m.

Penyelesaian :

dari persamaan 4,

$$PL = L_0 + L_{rts} + L_{msd}$$

dari persamaan 6,

$$\begin{aligned} L_0 &= 32,4 + 20 \log d + 20 \log f_c \text{ dB} \\ &= 32,4 + 20 \log d + 20 \log 1800 \text{ dB} \\ &= 97,51 + 20 \log d \text{ dB} \end{aligned}$$

dari persamaan 7 di atas,

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log w + 10 \log f_c + 20 \log \Delta h_m + L_{ori}$$

dengan

$$\Delta h_m = h_{Roof} - h_m = 30 - 2 = 28 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} L_{ori} &= 4,0 - 0,114 (\varphi - 55^{\circ}) && \text{untuk } 55^{\circ} \leq \varphi \leq 90^{\circ} \\ &= 4 - 0,114 (90^{\circ} - 55^{\circ}) = 0 \end{aligned}$$

sehingga

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log 15 + 10 \log 1800 + 20 \log 28 + 0 = 32,83 \text{ dB}$$

dari persamaan 9, $L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \log d + k_f \log f_c - 9 \log b$
 dengan $K_a = 54 - 0,8 h_b$ untuk $d \geq 0,5$ km dan $h_b \leq h_{Roof}$
 $= 54 - 0,8 \times 30 = 30$

$$\Delta h_b = h_b - h_{Roof} = 30 - 30 = 0$$

dari persamaan 10, $L_{bsh} = -18 \log(1 + \Delta h_b)$ untuk $h_b > h_{Roof}$
 $= -18 \log(1 + 0) = -18,75$ dB

$$K_d = 18 - 15 \Delta h_b / \Delta h_m \text{ untuk } h_b \geq h_{Roof}$$

$$= 18 - (15 \times 0) / 28 = 18$$

$$k_f = 4 + 0,7 (f_c / 925 - 1) = 4 + 0,7 (1800 / 925 - 1) = 4,66$$

sehingga $L_{msd} = -18,75 + 30 + 18 \log d + 4,66 \log 1800 - 9 \log 30 = 13,14 + 18 \log d$

sesuai dengan hasil di atas maka besarnya L_0 , L_{rts} , L_{msd} , dan PL untuk harga $d = 1,2,3,4$, dan 5 km dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Pathloss dengan model COST 231

d (km)	L_0 (dB)	L_{rts} (dB)	L_{msd} (dB)	PL (dB)
1	97,51	32,83	13,14	143,48
2	103,53	32,83	18,56	154,92
3	107,05	32,83	21,73	161,61
4	109,55	32,83	23,98	166,36
5	111,49	32,83	25,72	170,04

3.2. Penyelesaian dengan model Okumura - Hata

Dari rumus 2, pathloss dengan model Okumura – Hata,

$$PL = A + B \log (d) + C$$

dengan $A = 69,55 + 26,16 \log(f_c) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m)$

$$A = 69,55 + 26,16 \log 1800 - 13,82 \log 150 - a(h_m)$$

dimana $a(h_m)$ untuk perkotaan yang kecil dan sedang adalah

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

$$C = 0$$

sehingga $a(h_m) = (1,1 \log 1800 - 0,7) 2 - (1,56 \log 1800 - 0,8) = 1,48$ dB

$$A = 69,55 + 26,16 \log 1800 - 13,82 \log 150 - 1,48 = 123,16$$
 dB

dan $B = 44,9 - 6,55 \log(h_b) = 44,9 - 6,55 \log 150 = 30,647$ dB

sehingga $PL = A + B \log (d) + C$

$$PL = 123,16 + 30,647 \log d + 0$$

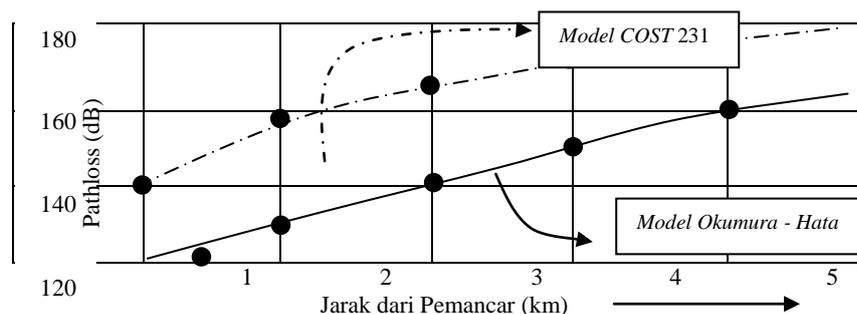
Dengan memasukkan harga $d = 1,2,3,4$, dan 5 km ke dalam persamaan di atas, maka diperoleh PL untuk model Okumura – Hata seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Pathloss Model Okumura - Hata

D (km)	PL (dB)
1	123,16
2	132,39
3	137,78
4	141,61
5	144,58

3.3. Hasil Grafik Keluaran

Dari hasil perhitungan dengan model Okumura – Hata dan model COST 231, maka dapat dibuat grafik kedua model tersebut sebagai fungsi jarak d (km) dan pathloss (dB) seperti pada Gambar 5.

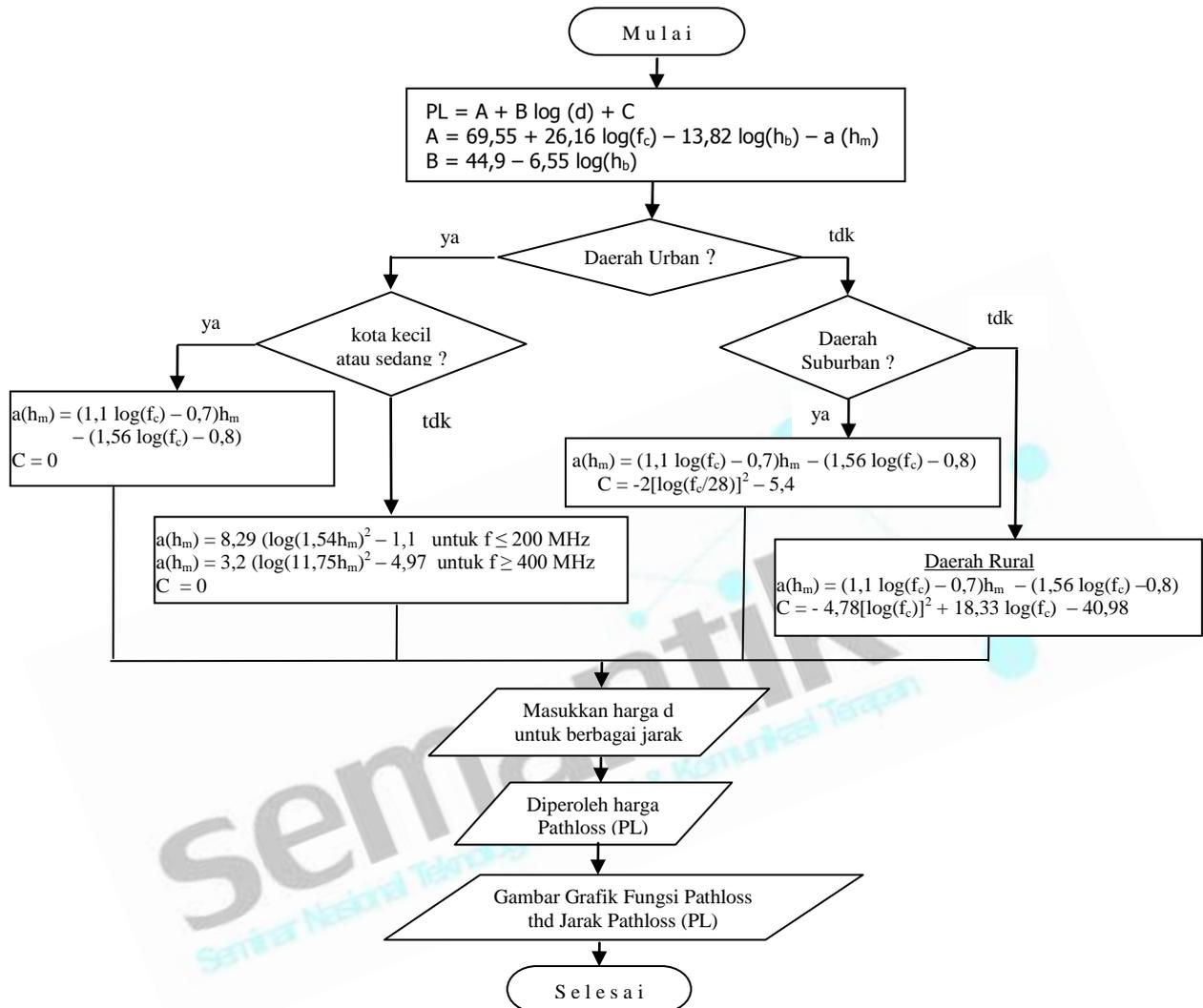


Gambar 5. Grafik Hasil Perhitungan Pathloss terhadap Jarak (d)

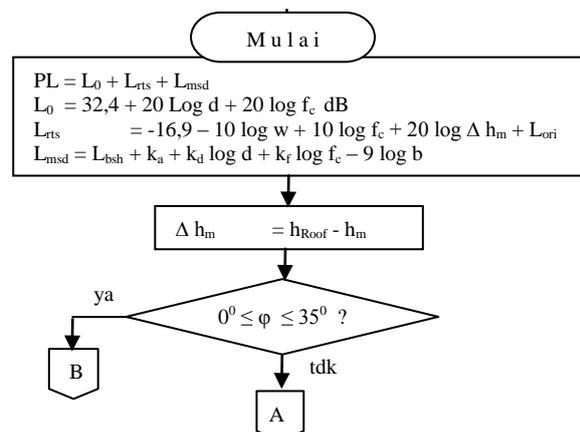
untuk Model Okumura Hata dan Model COST 231

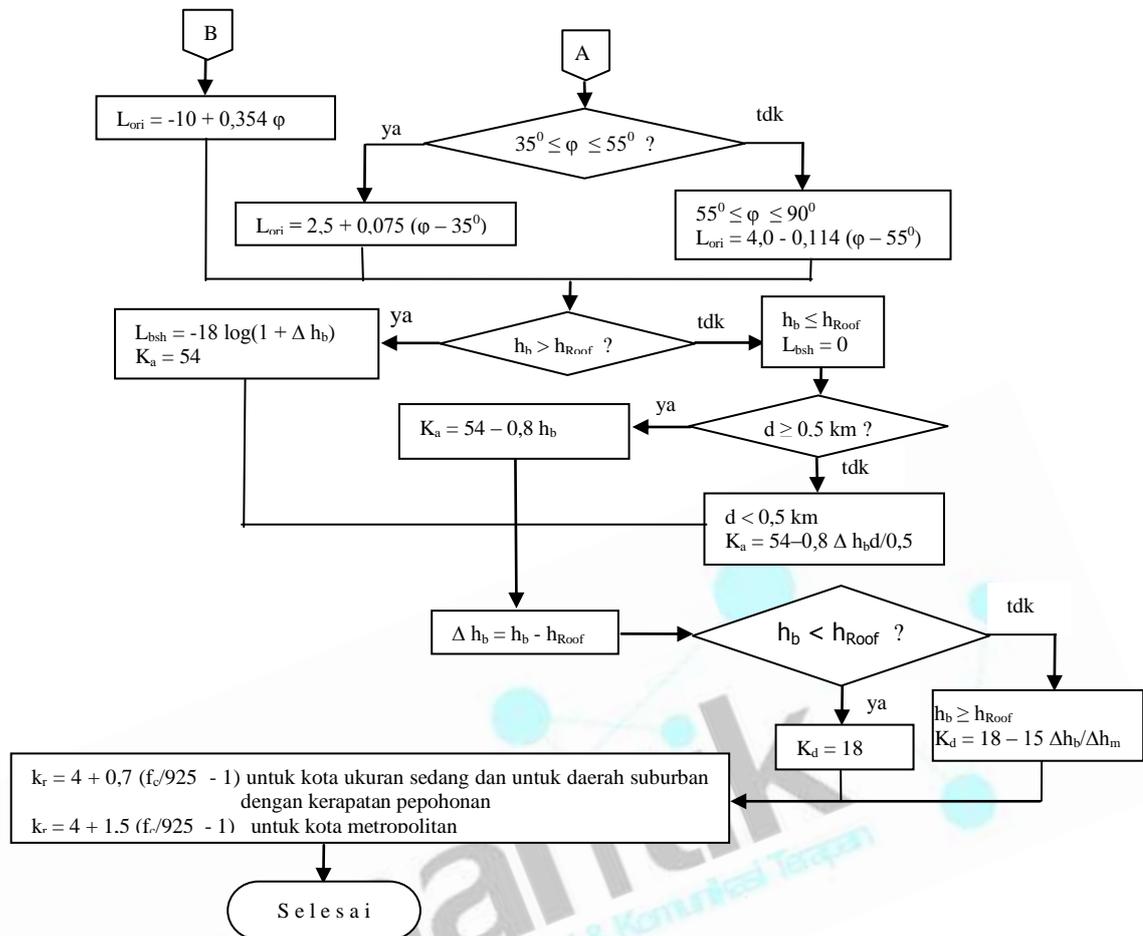
Dari Gambar 5. di atas dapat dilihat perbandingan *pathloss* yang dihasilkan dari kedua model Okumura – Hata dengan model COST 231 untuk daerah urban dengan jarak 1,2,3,4, dan 5 km dengan asumsi pada daerah perkotaan kecil dan sedang.

Perancangan simulasi ini dilakukan dengan tahap-tahap proses seperti flow chart pada gambar 6. untuk model Okumura – Hata dan Gambar 7. Untuk model COST 231.



Gambar 6. Flow Chart Simulasi *Pathloss* dengan Model Okumura - Hata





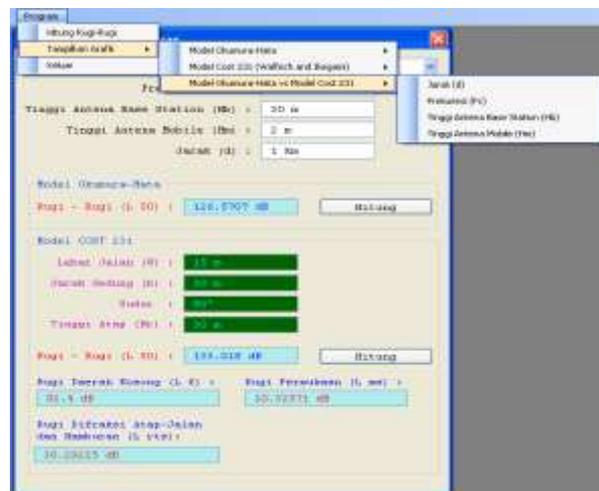
Gambar 7. Flow Chart Simulasi Pathloss dengan Model COST 231

3.3. Hasil Simulasi

Simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Visual Basic.Net mempunyai tampilan seperti pada Gambar 8.



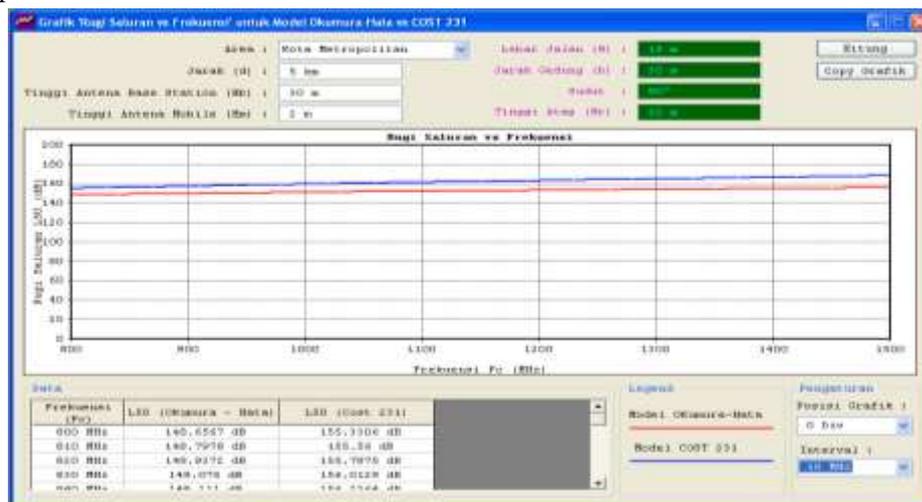
Gambar 8. Pemasukan Data pada Model



Gambar 9. Parameter-parameter yang dapat disimulasikan

Okumura-Hata dan COST 231
COST 231

pada Model Okumura-Hata dan



Gambar 10. Hasil Simulasi dengan Keluaran Berbentuk Grafik

Seperti yang terlihat pada Gambar 8. daerah yang dijadikan sebagai obyek pada simulasi dapat dipilih yaitu :

1. Daerah Urban : Metropolitan (kota besar) , kota kecil atau sedang
2. Daerah Suburban : Pinggiran kota
3. Daerah Rural : Pedesaan

Frekuensi, tinggi antena *base station*, tinggi antena *mobile station*, dan jarak yang akan digunakan dapat dimasukkan dengan batasan yang telah ditentukan kedua model tersebut, artinya bila parameter (frekuensi, tinggi antena *base station*, tinggi antena *mobile station*, jarak) yang dimasukkan diluar batasan yang ditentukan untuk model COST 231, maka perhitungan dengan model tersebut tidak dapat dilakukan demikian juga sebaliknya. Setelah semua parameter tersebut dimasukkan maka perhitungan *pathloss* dengan model Okumura-Hata dapat dilakukan dengan memilih *option Hitung*, sedangkan untuk perhitungan *pathloss* model COST 231 dapat dilakukan setelah parameter lebar jalan, jarak gedung, sudut, tinggi atap telah dimasukkan. Bila parameter COST 231 tidak dimasukkan, maka yang berlaku adalah parameter *default* (lebar jalan = 15 meter, jarak gedung = 30 meter, sudut = 90°, dan tinggi atap = 30 meter). Khusus untuk perhitungan dengan model COST 231 selain diperoleh besarnya *pathloss* (L_p) sebagai hasil simulasi juga diperoleh Rugi-rugi pada daerah kosong (L_f), Rugi-rugi pada permukaan (L_{ms}), dan Rugi-rugi difraksi pada atap-jalan dan hamburan (L_{rts}).

Pada Gambar 9. terlihat bahwa hasil perhitungan dalam bentuk grafik dapat dilakukan untuk masing-masing model atau untuk kedua model tersebut yang kesemuanya dapat ditampilkan berdasarkan jarak (d), atau frekuensi (f_c), atau tinggi antena *base station*, atau tinggi antena *mobile station*.

Gambar 10. adalah keluaran *pathloss* dalam bentuk grafik sebagai fungsi dari frekuensi untuk kedua model, garis berwarna merah untuk model Okumura-Hata dan garis berwarna biru untuk model COST 231. Gambar 10. juga menampilkan tabel hasil perhitungan *pathloss* untuk kedua model tersebut yang dilihat berdasarkan frekuensi, hasil perhitungan *pathloss* pada tabel ini dapat dilakukan untuk selang interval frekuensi yang dapat dipilih pada *option interval*. Grafik yang diperoleh dapat dikopi ke pengolah kata (*word processing*) dengan memilih *option Copy Grafik*.

4. PENUTUP

Dengan simulasi ini dapat mempermudah dan mempercepat perhitungan *pathloss* yang terjadi untuk sebuah daerah yang akan dievaluasi maupun yang akan dirancang sistem transmisi komunikasi selularnya antara *Base Station* dengan *Mobile Station*, sehingga parameter-parameter yang akan digunakan dapat dilakukan dengan tepat dan cepat. Hasil perhitungan kedua model dapat dibandingkan dengan melihat hasil perhitungan dalam bentuk grafik, sehingga mempermudah untuk mengambil kesimpulan dan keputusan dalam menentukan parameter yang akan digunakan. Simulasi ini juga dapat digunakan untuk dijadikan percobaan semu pada Laboratorium Telekomunikasi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Andreas F. Molisch, "Wireless Communications", John Wiley & Sons, Ltd., 2005

- [2] Y. Okumura, E. Ohmori, T.Kawano, and K. Fukuda, "*Field Strength and Its Variability in VHF and UHF Land-Mobile Radio Service, Review of the Electrical Communication Laboratory*", September-October 1968, 16, pp. 825-873.
- [3] Vijai K. Garg, "*Wireless Network Evolution 2 G to 3 G*", Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA, 2001
- [4] Zia Nadir, Member, IAENG, Muhammad Idrees Ahmad, "*Pathloss Determination Using Okumura-Hata Model And Cubic Regression For Missing Data For Oman*", Proceeding of the International MultiConference of Engineersand, Computer Scientists, Vol II, IMECS 2010, March 17-19, 2010, Hong Kong.
- [5] <http://www.kt.agh.edu.pl/~brus/globalne/models.pdf>, 10 Maret 2011, 20.00 WIB

