

PERHITUNGAN LINK BUDGET PADA KOMUNIKASI GSM DI DAERAH URBAN CLUSTER CENTRAL BUSINESS DISTRICT (CBD), RESIDENCES, DAN PERKANTORAN

Ratih Hikmah Puspita¹, Hani'ah Mahmudah, ST. MT²,
Ari Wijayanti, ST. MT².

¹Mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi.

²Dosen Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
Kampus ITS, Surabaya 60111.

Email : airapink@gmail.com

ABSTRAK

Pada saat ini, kebutuhan terhadap komunikasi wireless sangat tinggi sehingga diperlukan suatu perencanaan jaringan komunikasi wireless. Dalam perencanaan sistem komunikasi wireless diperlukan perhitungan link budget yang merupakan perhitungan loss dari antena transmitter menuju receiver. Perhitungan link budget mempunyai peranan penting agar rancangan jaringan komunikasi dapat mencapai hasil yang optimum dan efisien baik dari segi kehandalan teknis maupun biaya.

Oleh karena itu pada proyek akhir ini telah dibuat sebuah software visualisasi perhitungan link budget dari provider GSM di daerah urban cluster CBD, Residences, dan Perkantoran. Data yang digunakan dalam perhitungan link budget GSM adalah data hasil pengukuran dengan metode *drive test*. Dari data tersebut dihitung nilai *pathloss* dan *coverage area*-nya. Untuk menghitung besar *pathloss* di daerah urban menggunakan model Okumura Hata sedangkan untuk menentukan *coverage area* menggunakan *Two Ray Model*.

Berdasarkan software perhitungan link budget yang telah dibuat, pada jarak 2 km; ht=30m; hr=1m; f=1875MHz diperoleh nilai *pathloss* pada cluster CBD sebesar 127.8dB, cluster residences sebesar 121.8dB, dan cluster perkantoran sebesar 119.9dB.

Kata Kunci : *pathloss*, *Okumura Hata*, *link budget*, *coverage area*, *Two Ray Model*, *GSM*

I. PENDAHULUAN

Mobile komunikasi merupakan layanan telekomunikasi yang memiliki kemampuan untuk berpindah / bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya. Seiring dengan perkembangan layanan telekomunikasi yang telah ada saat ini, dan banyaknya feature dimana semua user mengharapkan service yang maksimum dari penyedia jenis layanan telekomunikasi (Operator), maka sudah seharusnya operator telekomunikasi dapat memberikan layanan yang baik kepada masing-masing pelanggannya. Perhitungan link budget GSM

mempunyai peranan penting agar perencanaan jaringan komunikasi GSM dapat mencapai hasil yang maksimal.

Pada pengukuran sebelumnya, A. Mawjoud [1] telah melakukan perhitungan power budget pada range frekuensi komunikasi GSM di daerah urban, suburban, dan rural di Arab. Dalam perhitungan power budget pada jarak 2 km; f=900MHz; ht=30m ;hr=1.5m., diperoleh nilai *pathloss* okumura hata di daerah urban sebesar 138 dB, daerah suburban sebesar 128 dB, dan rural sebesar 109 dB.

Dalam proyek akhir ini, range frekuensi yang dihitung oleh penulis adalah frekuensi kerja komunikasi GSM. Sedangkan lokasi perhitungan link budget terdapat pada daerah urban cluster CBD, Residences, dan Perkantoran. Cluster CBD merupakan daerah pusat perbelanjaan atau pasar, residences merupakan daerah perumahan padat penduduk, sedangkan perkantoran merupakan daerah industri. Berdasarkan perhitungan link budget penulis, pada jarak 2 km; ht=30m; hr=1m; f=1875MHz diperoleh nilai *pathloss* pada cluster CBD sebesar 127.8dB, cluster residences sebesar 121.8dB, dan cluster perkantoran sebesar 119.9dB.

Perhitungan link budget yang telah dibuat ini diharapkan bisa memberikan informasi kepada praktisi telekomunikasi dalam mendesain jaringan komunikasi secara maksimal di daerah urban cluster CBD, Residences, dan Perkantoran.

II. DASAR TEORI

2.1 Pathloss

2.1.1 Pathloss Okumura Hata

Path loss merupakan komponen penting dalam perhitungan dan analisis desain link budget sistem telekomunikasi. Perhitungan *pathloss* dengan menggunakan rumus Okumura-Hata model untuk urban area, dimana daerah urban merupakan kawasan perkotaan yang baru bertumbuh dengan banyak bangunan, rumah – rumah, gedung – gedung bertingkat, serta pohon – pohon yang tinggi. Model Hata didasarkan atas pengukuran empiris ekstensif yang dilakukan di lingkungan perkotaan. Dengan jarak antara mobile station ke base station dibuat teratur.

Persamaan Hata untuk daerah urban dapat diringkas sebagai berikut [1] :

$$L_{hata} = [69,55 + 26,16 \times \log(f)] - 13,82 \times \log(ht) - A(hr) + [44,9 - 6,55 \times \log(ht)] \times \log(d) \quad (1)$$

Dimana :

$$A(hr) = 3,2 \times [\log(11,75) \times hr]^2 - 4,97 \quad (2)$$

Keterangan :

- Lhata : Path loss okumura hata (dB)
- f : frekuensi (MHz)
- ht : tinggi antenna pemancar (m)
- d : jarak Tx-Rx (km)
- A (hr) : Faktor koreksi (m)
- hr : tinggi antenna penerima (m)

2.1.2 Pathloss Dengan Nilai Exponent

Pathloss dengan nilai exponent ini merupakan nilai pathloss yang disertai nilai pathloss exponent (n). Nilai n ini berbeda-beda sesuai dengan kondisi lingkungan. [3]

$$PL = PL_{do} + 10 n \log 10 (d/d_0) \quad (3)$$

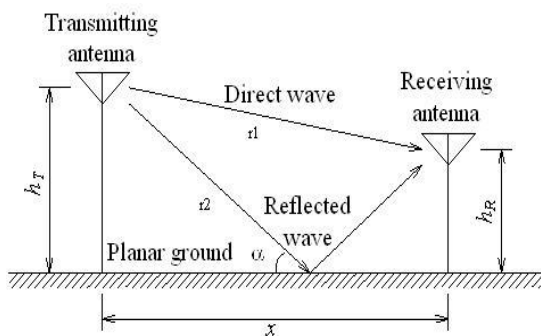
Keterangan :

- PL_{do} = path loss okumura hata di d₀ (dB)
- d₀ = 100 m (jarak terdekat dengan BTS) (m)
- n = path loss exponent
- d = jarak base station ke mobile station (m)

2.2 Coverage Area

2.2.1 Two Ray Model

Two-ray model digambarkan seperti gambar 1 dengan tinggi antenna pemancar ht dan antenna penerima hr. Pemodelan ini berlaku untuk komunikasi *Line of sight*, tidak ada halangan diantara stasiun pemancar dan penerima. Pemodelan ini mengasumsikan dua sinar, 1 sinar jalur langsung dan 1 sinar pantul yang dominan (biasanya dari tanah). Dengan menjumlahkan pengaruh dari masing-masing sinar, daya terima (Pr) dapat dihitung berdasarkan persamaan 4.[9]



Gambar 1 : Two Ray Model

$$Pr = Pt \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \left| \frac{1}{r1} \exp(-jkr1) + \Gamma(a) \frac{1}{r2} \exp(-jkr2) \right|^2 \quad (4)$$

Dimana :

- ht = ketinggian antenna pemancar (Tx)
- hr = ketinggian antenna penerima (Rx)
- d = jarak antara antenna pemancar dan penerima
- Pt = daya pancar
- Pr = daya terima
- λ = panjang gelombang
- r1 = pancaran langsung dari Tx ke Rx
- r2 = jarak pancaran dari Tx ke titik pantul pada tanah
- Γ = koefisien refleksi yang tergantung dari sudut datang
- α = sudut datang
- k = 2π / λ

Besarnya koefisien refleksi tergantung pada besar sudut datang (α) yang dapat dihitung menggunakan persamaan 5.

$$\Gamma(\theta) = \frac{\cos\theta - a\sqrt{\epsilon_r - \sin^2\theta}}{\cos\theta + a\sqrt{\epsilon_r - \sin^2\theta}} \quad (5)$$

dengan θ=90-α dan a=1/ε_r untuk polarisasi vertical, a=1 untuk polarisasi horizontal, konstanta dielektrik relatifnya bernilai ε_r=15-j60τλ, dimana untuk konduktivitas permukaan tanah (τ) adalah 0,005 mho/m.

2.2.2 Regresi Linier

Regresi linier sederhana didasarkan pada hubungan fungsional ataupun kausal satu variabel independen dengan satu variabel dependen. Persamaan umum dari regresi linier sederhana adalah [9]:

$$Y = a + bX \quad (6)$$

$$a = \frac{(\sum Y1)(\sum X1^2) - (\sum X1)(\sum X1 Y1)}{n \sum X1^2 - (\sum X1)^2} \quad (7)$$

$$b = \frac{n \sum X1 Y1 - (\sum X1)(\sum Y1)}{n \sum X1^2 - (\sum X1)^2}$$

Dimana: Y : variabel dependen yang diprediksikan

a : konstanta

b : koefisien regresi X terhadap Y

X: variabel independen yang mempunyai nilai tertentu.

2.2.3 Free Space Loss [7]

$$FSL = 32,45 + 20 \log f + 20 \log d \quad (8)$$

Keterangan : f = frekuensi operasi (MHz)

d = jarak Tx-Rx (km)

2.3 Parameter Lain Yang Dihitung

1. Perhitungan EIRP (Effective Isotropic Received Power) [4]

$$EIRP = P_t + G_t - L_s \quad (9)$$

Dimana, Pr = daya terima (dB)

Gr = penguatan antenna penerima (dB)

Ls = body loss (3 dB)

2. Panjang saluran pemancar [8]

$$Fltx = ht \times 1,5 \quad (10)$$

Keterangan :ht = tinggi antenna pemancar (m)
 1,5 merupakan panjang saluran pencatu

3. Perhitungan Fade Margin [5]

$$\text{Fade Margin} = Pt - Pr + Gt + Gr - PL \quad (11)$$

4. Perhitungan Link Margin [6]

$$\text{Link Margin} = Pr + Gr + Gt - Rs \quad (12)$$

Ket :Rs= Level daya terima minimum (-120dB)

5. Perhitungan Fresnel Zone [6] :

$$R = 0,6 \times 17,32 \times \sqrt{d/4f} \quad (14)$$

Keterangan : R = radius dari fresnel zone (m)
 d = jarak antara Tx-Rx (km)
 f = frekuensi (GHz)

6. Perhitungan Thermal Noise [5] :

$$N = KTB \quad (15)$$

Keterangan :N = kekuatan noise (mW)
 K = Konstanta Boltzmann (1.38×10^{-23} J/K)
 T = Temperatur absolute (K)
 B = bandwidth (Hz)

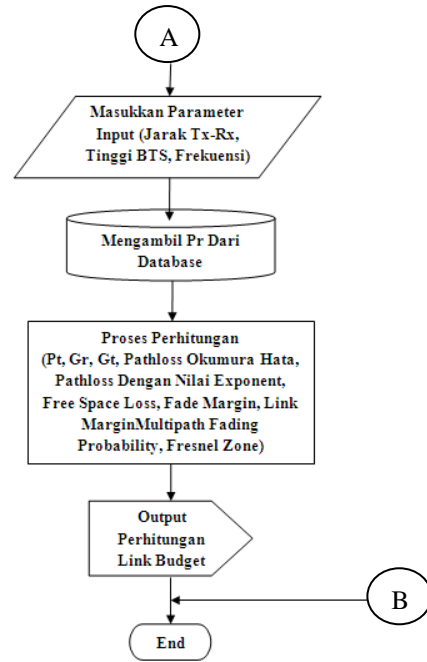
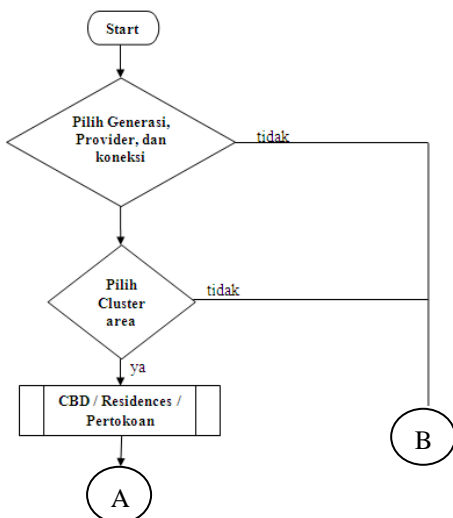
7. Multipath Fading Probability [8]

$$Po = (1,4 \times 10^{-8}) \times f \times B \times d \times n \quad (16)$$

Keterangan: f = frekuensi (GHz)
 B = bandwidth (GHz)
 d = jarak Tx-Rx (km)
 n = pathloss exponent
 $1,4 \times 10^{-8}$ merupakan konstanta

III. METODOLOGI

Data diperoleh berdasarkan hasil pengukuran secara drive test. Setelah diperoleh data hasil pengukuran, maka dibuat program untuk menghitung link budget untuk masing – masing *cluster area*. Data daya terima hasil pengukuran dimasukkan dalam database. Software database server yang digunakan adalah MySQL. Visualisasi perhitungan link budget dibuat menggunakan pemrograman PHP.



Gambar 2 : Flowchart Perhitungan Link Budget

Dalam proyek akhir ini, dilakukan perhitungan link budget komunikasi GSM. Oleh karena itu, frekuensi yang digunakan adalah frekuensi provider GSM, yaitu 1-satu, 2-dua, 3-tiga, 4-empat, 5-lima. Setiap provider memiliki range frekuensi yang berbeda, baik dalam kondisi uplink ataupun downlink. Tabel 1 merupakan tabel alokasi frekuensi GSM. [10]

Tabel 1 : Alokasi Frekuensi Provider GSM

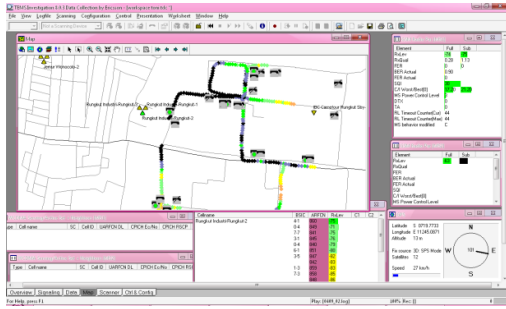
Provider	Standar	Frekuensi (MHz)	
		Uplink	Downlink
1-satu	GSM	890-900	935-945
	GSM	1717.5-1722.5	1812.5-1817.5
	GSM	1750-1765	1845-1860
	UMTS	1950-1955	2140-2145
	UMTS	1955-1960	2145-2150
2-dua	GSM	900-907.5	945-952.5
	GSM	1722.5-1730	1817.5-1825
	GSM	1745-1750	1840-1845
	GSM	1765-1775	1860-1870
	UMTS	1935-1940	2125-2130
3-tiga	UMTS	1940-1945	2130-2135
	GSM	907.5-915	952.5-960
	GSM	1710-1717.5	1805-1812.5
4-empat	UMTS	1945-1950	2135-2140
	GSM	1730-1745	1825-1840
5-lima	UMTS	1930-1935	2120-2125
	GSM	1775-1785	1870-1880
	UMTS	1920-1925	2110-2115

IV. DATA PENGUKURAN DAN PEMBUATAN SISTEM

4.1 Data Pengukuran

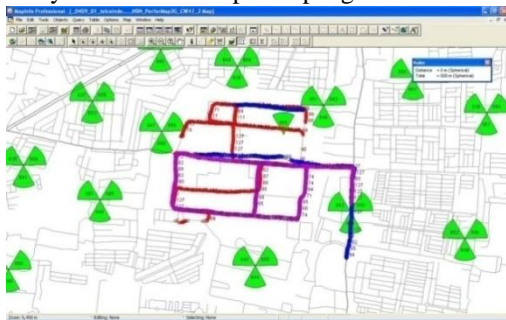
Data level daya terima diperoleh berdasarkan hasil pengukuran secara drive test. Gambar 3

menunjukkan hasil pengukuran yang ditampilkan oleh TEMS dalam bentuk log-file.



Gambar 3 : Hasil Pengukuran pada TEMS

Hasil pengukuran pada TEMS di konversi dari log-file ke tab-file. Kemudian Tab-file dibuka menggunakan software map info untuk mengetahui nilai daya terima di setiap titik pengukuran.



Gambar 4 : Daya Terima Pada Map Info

Data dari tiap titik pengukuran dirata-rata per jarak dalam setiap daerah. Tabel 2 merupakan data level daya terima hasil pengukuran secara drive test.

Tabel 2 : Level Daya Terima Rata-rata

Jarak (d) (m)	Level Daya Terima (Pr) (dBm)		
	CBD	Residences	Perkantoran
100	-58	-59	-67
200	-65	-63	-69
300	-72	-66	-75
400	-76	-68	-80
500	-79	-79	-75
600	-82	-79	-77
700	-84	-78	-87
800	-86	-80	-90
900	-86	-81	-98
1000	-88	-84	-95
1100	-85	-86	-87
1200	-86	-86	-94
1300	-85	-89	-104
1400	-91	-89	-96
1500	-106	-92	-90
1600	-90	-90	-91
1700	-89	-93	-90
1800	-97	-87	-92
1900	-120	-89	-91
2000	-91	-89	-111

4.2 Proses Perhitungan Link Budget

Dalam perhitungan link budget, terdapat beberapa parameter yang diasumsikan, yaitu :

Tabel 3 : Parameter Yang Diasumsikan

Parameter	Nilai
Gain Pemancar (Gt) [2]	17 dB
Gain Penerima (Gr) [1]	0 dB
Body loss	3 dB

Dalam perhitungan link budget ini hal pertama yang dilakukan adalah memilih parameter pilihan, misal user memilih parameter pilihan seperti gambar 5.



Gambar 5 : Parameter Yang Dipilih User

Database akan mencari nilai level daya terima hasil pengukuran drive test yang berada pada tabel “residences” dengan nama kolom data “Daya_Terima” dengan jarak 200m. Kemudian klik tombol “Hitung”, sehingga tabel link budget akan menampilkan nilai parameter input yang telah dipilih dan parameter output hasil perhitungan.

Parameter Input :		
Cluster Area	Residences	
Pathloss Exponent (n)	2.75	
Range Frekuensi	1870-1880	MHz
Bandwidth	10	MHz
Frekuensi (f)	1875	MHz
Jarak Tx-Rx (d)	200	m
Tinggi BTS (ht)	40	m
Tinggi MS (hr)	1	m

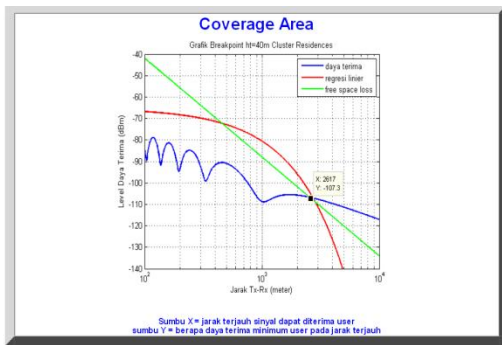
Gambar 6 : Parameter Input User

Parameter Output :		
Daya Pancar (Pt)	55	dBm
Daya Terima (Pr)	-62	dBm
Gain Antena Pemancar (Gt)	17	dB
Gain Antena Penerima (Gr)	0	dB
Pathloss Okumura Hata (Lhata)	110.268188495	dB
Pathloss dengan nilai Exponen (PL)	108.209122706	dB
Free Space Loss (FSL)	83.9306253546	dB
EIRP	39	dB
Panjang saluran pemancar	60	m
Fade Margin (FM)	25.7908772941	dB
Link Margin (LM)	75	dB
Multipath Fading Probability	1.44375E-8	%
Fresnel Zone (R)	1.6970064938	m

Gambar 7 : Parameter Output Hasil Perhitungan

3.2.2 Coverage Area pada Web

Setelah user klik tombol hitung, maka akan ditampilkan parameter input, parameter output, serta grafik breakpoint. Misal user memasukkan parameter cluster Residences, range frekuensi 1870-1880MHz, tinggi antenna pemancar (ht) 40 m, maka akan ditampilkan grafik breakpoint seperti gambar 8. Apabila user memasukkan parameter yang berbeda (misal cluster Perkantoran; ht=60m), maka grafik breakpoint yang ditampilkan adalah breakpoint cluster Perkantoran dengan ht=60m.



Gambar 8 : Coverage Area Cluster Residences

Pada gambar 8 diinformasikan seberapa jauh coverage area dari cluster Residences; ht=40m (sumbu X = 2617meter) dan berapa daya minimum yang dapat diterima oleh user (sumbu Y = -107,3 dBm).

V. ANALISA

4.1 Perhitungan Link Budget

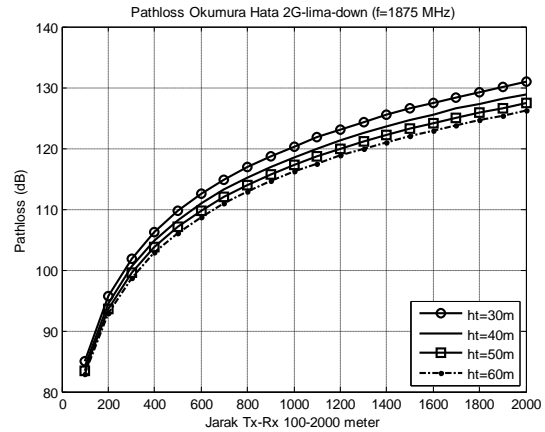
Dari hasil perhitungan link budget, apabila user menghitung berkali-kali dengan variasi parameter input, maka akan di analisa perubahan parameter outputnya, yaitu:

- 1) Pathloss Okumura Hata fungsi jarak, fungsi frekuensi, dan tinggi BTS.
- 2) Pathloss dengan nilai exponent pada cluster CBD, Residences, dan Perkantoran.
- 3) Free Space Loss fungsi jarak.
- 4) Fade Margin pada cluster CBD, Residences, dan Perkantoran.
- 5) Multipath Fading Probability pada cluster CBD, Residences, dan Perkantoran.
- 6) Fresnel Zone fungsi jarak.

4.1.1 Pathloss Okumura Hata

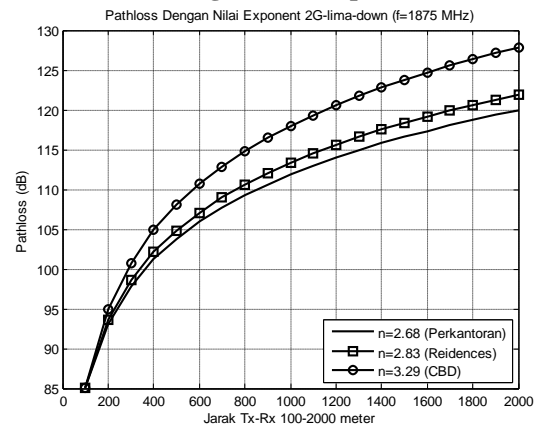
Gambar 9 menyatakan nilai pathloss okumura hata yang dihasilkan apabila user memilih parameter frekuensi yang sama dengan jarak dan tinggi antenna pemancar berbeda pada generasi 2G provider 5-lima dengan koneksi downlink pada frekuensi (f) = 1875 MHz; hr = 1 m dan ht=30,40,50,60 m. Dari tabel 4 dapat diketahui pengaruh jarak terhadap nilai pathloss yang diperoleh. Semakin jauh jarak Tx-Rx, maka pathlossnya semakin besar. Selain itu, semakin tinggi

antena pemancar, maka pathlossnya semakin besar karena penghalang dan pantulannya semakin banyak.



Gambar 9 : Pathloss Okumura Hata 2G-lima-Downlink Fungsi Jarak

4.1.2 Pathloss Dengan Nilai Exponent



Gambar 10 : Pathloss Dengan Nilai Exponen Di Cluster CBD, Residences, Perkantoran 2G-lima-Downlink Fungsi Jarak

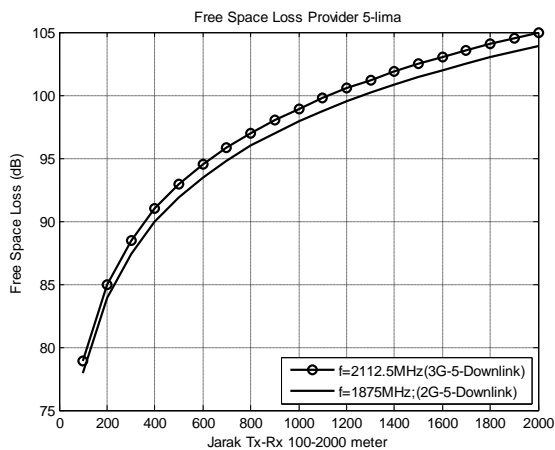
Tabel 4 : Perbandingan Nilai Pathloss Okumura Hata & Pathloss Dengan Nilai Exponen Pada Cluster CBD, Residences, dan Perkantoran.

Jarak (meter)	Pathloss Okumura Hata (dB)	Pathloss Dengan Nilai Exponen (dB)		
		CBD	Residences	Perkantoran
100	85,077	85,077	85,077	85,077
200	95,680	94,981	93,596	93,144
300	101,883	100,774	98,579	97,864
400	106,284	104,885	102,115	101,212
500	109,698	108,073	104,858	103,809
600	112,487	110,678	107,098	105,931
700	114,845	112,880	108,993	107,725
800	116,888	114,788	110,634	109,280
900	118,690	116,471	112,082	110,650
1000	120,302	117,977	113,377	111,877
1100	121,760	119,339	114,548	112,986
1200	123,091	120,582	115,618	113,999
1300	124,315	121,725	116,601	114,930
1400	125,449	122,784	117,512	115,793
1500	126,504	123,770	118,360	116,596

1600	127,492	124,692	119,153	117,347
1700	128,419	125,559	119,898	118,053
1800	129,294	126,375	120,601	118,718
1900	130,121	127,148	121,265	119,347
2000	130,905	127,881	121,896	119,944

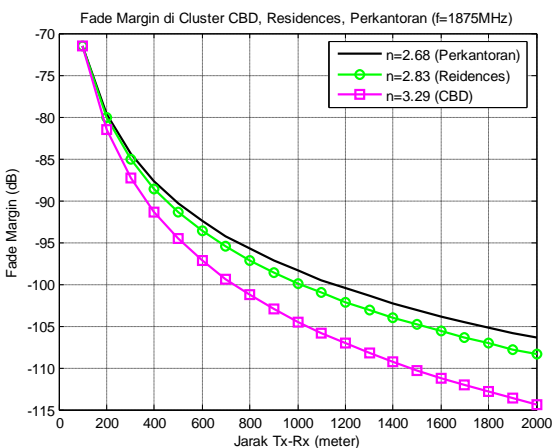
Analisa terhadap pathloss dengan nilai exponent ini diambil ketika user menghitung link budget pada cluster CBD, Residences, Perkantoran dengan frekuensi dan tinggi BTS tetap, sedangkan jarak Tx-Rx berbeda (100-200m). Jika ketiga cluster dibandingkan, akan terlihat bahwa pathloss pada cluster CBD (n=3,29) lebih besar daripada residences (n=2,83) dan perkantoran (n=2,68), yaitu pada jarak 2000m, pathloss pada cluster CBD adalah 127,881 dB sedangkan pada cluster Residences dan Perkantoran adalah 121,896 dB dan 119,944 dB. Semakin besar nilai pathloss exponent, maka nilai pathloss yang dihasilkan semakin besar. Berarti, semakin besar nilai pathloss exponent, maka kondisi lingkungan tersebut semakin buruk untuk menerima sinyal, dan sebaliknya.

4.1.3 Free Space Loss



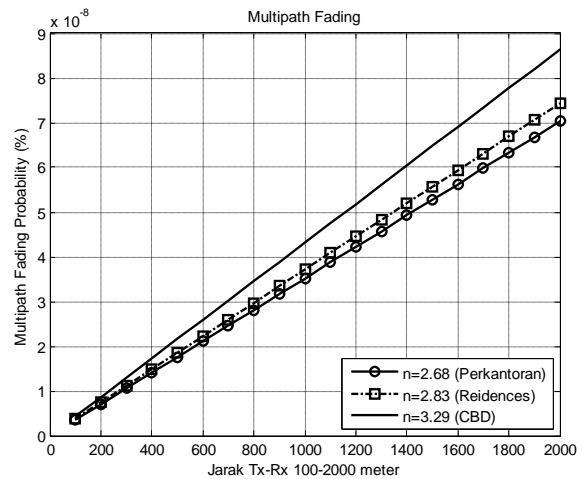
Gambar 11 : Free Space Loss Fungsi Jarak

4.1.4 Fade Margin



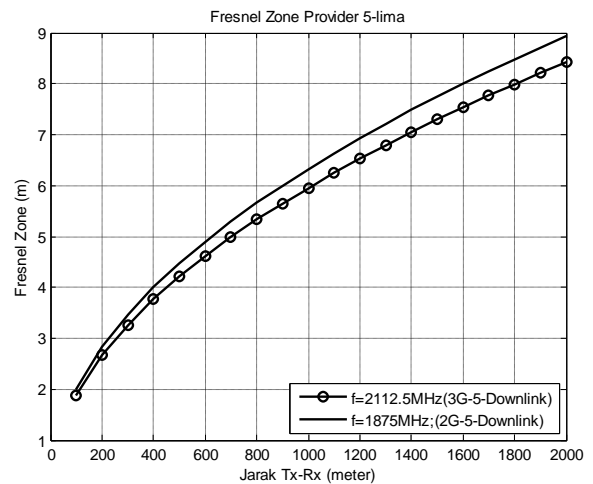
Gambar 12 : Fade margin Pada Cluster CBD, Residences, Perkantoran 2G-lima-Downlink Fungsi Jarak

4.1.5 Multipath Fading Probability



Gambar 13 : Multipath Fading Probability Pada Cluster CBD, Residences, Perkantoran 2G-lima-Downlink Fungsi Jarak

4.1.6 Fresnel Zone

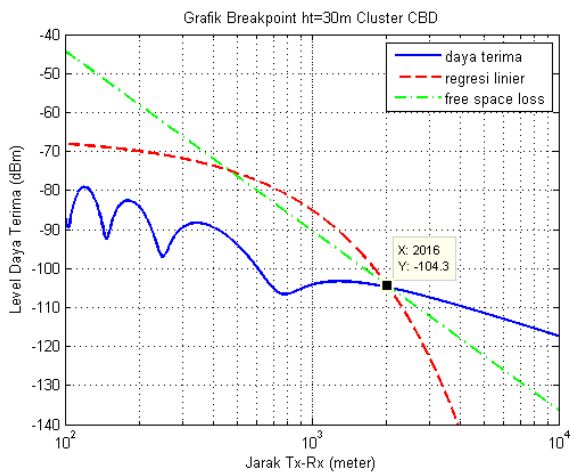


Gambar 14 : Fresnel Zone Fungsi Jarak

4.2 Coverage Area

Coverage area akan menunjukkan seberapa jauh area yang dapat menerima sinyal dari provider. Perhitungan coverage area ini menggunakan Two-Ray model (persamaan 4 dan 5), free space loss (persamaan 8), dan regresi linier (persamaan 6 dan 7). Ketiga perhitungan tersebut diplot dalam 1 figure dan menghasilkan 3 grafik yang akan memotong pada satu titik potong yakni *breakpoint*. Sumbu X pada titik potong grafik *breakpoint* merupakan jarak terjauh dimana sinyal dapat dipancarkan. Sumbu Y adalah besar daya terima minimum yang dapat diterima user.

Gambar 12 merupakan contoh grafik *breakpoint* pada cluster CBD. Grafik yang berwarna merah adalah regresi linier, warna biru adalah daya terima dari Two Ray Model, dan warna hijau adalah free space loss. Ketiga grafik tersebut memotong di satu titik, yaitu titik *breakpoint* pada jarak 2016 meter dan daya terima (Pr) -104,3 dBm.



Gambar 15 : Breakpoint 2G_lima_Downlink Cluster CBD (ht=30)

Tabel 5 : Coverage Area Cluster CBD, Residences, Perkantoran Pada Tinggi Antena 30-60 meter

Cluster Area	Sumbu	Tinggi Antena Pemancar (meter)			
		ht 30	ht 40	ht 50	ht 60
CBD	X (m)	2037	2151	2213	2294
	Y (dBm)	-104.3	-105.7	-107	-108.4
Residences	X (m)	2557	2650	2842	3012
	Y (dBm)	-105.1	-107.3	-109.8	-111.8
Perkantoran	X (m)	2089	2195	2288	2384
	Y (dBm)	-103.6	-104.4	-106	-107.7

Dari tabel 5, diketahui bahwa semakin tinggi BTS, maka coverage areanya semakin jauh dan daya terima minimumnya semakin kecil. Jika ketiga cluster dibandingkan, dapat diketahui bahwa coverage area paling jauh adalah cluster Residences, yaitu mencapai 3012m dengan Pr = -111,8dBm dan paling dekat adalah cluster CBD, yaitu mencapai 2294m dengan Pr = -108,4dBm. Sementara Perkantoran coverage areanya diantara Residences dan CBD, yaitu mencapai 2384m dengan Pr = -107,7dBm.

VI. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan perhitungan dengan menggunakan web yang telah dibuat, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Saat tinggi BTS 30meter, pada jarak 100 meter nilai pathloss okumura hata adalah 85,077dB dan saat jarak 2000meter nilai pathlossnya mencapai 130,905dB.
2. Saat jarak 2000meter, tinggi BTS 60 meter, nilai pathloss okumura hata adalah 126,152dB dan tinggi BTS 30meter, nilai pathloss okumura hata mencapai 130,905.
3. Pada jarak 2000meter, saat frekuensi 2112.5MHz pathlossnya mencapai 132,26 sedangkan saat frekuensi 2148.5 pathlossnya mencapai 132,45.

4. Pada Jarak 2000 meter, pathloss pada cluster CBD=127,881 dB; Residences=121,896 dB; Perkantoran=119,944 dB.
5. Pada cluster Residences coverage area mencapai 3012meter dengan daya terima (Pr) -111,8dBm, cluster Perkantoran coverage area mencapai 2384meter dengan daya terima (Pr) -107,7dBm, dan cluster Residences coverage area mencapai 2294meter dengan daya terima (Pr) -108,4dBm.

5.2 Saran

Dari hasil perhitungan link budget alangkah baiknya jika grafik breakpoint/coverage area dibuat lebih interaktif sesuai dengan parameter input user, sehingga lebih mempermudah user dalam membantu perancangan jaringan komunikasi GSM di cluster CBD, Residences, dan Perkantoran yang akan dibuat nantinya.

VII. DAFTAR PUSTAKA

1. Mawjoud, A, "Evaluation Of Power Budget and Cell Coverage Range In Cellular GSM System", Al – Rafidain Engineering, 2008.
2. "Panel Directional Antenna Series (for GSM & CDMA BTS)", Amoy Triath Communication Technology Development Inc.
3. Abhayawardhana, V.S., dkk, "Comparison of Empirical Propagation Path Loss Models For Fixed Wireless Access Systems", University of Cambridge, December, 2003.
4. Surjati Indra, dkk, "Analisis Perhitungan Link Budget Indoor Enetration Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) Dan High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) Pada Area Pondok Indah", Jakarta, Februari 2008.
5. Zyren Jim and Al Petrick, "Tutorial on Basic Link Budget Analysis", June 1998.
6. The Abdus Salam, "Link Budget Calculation", International Centre for Theoretical Physics.
7. Tranzeo, "Wireless Link Budget Analysis", Tranzeo Wireless Technologies Inc., 2010.
8. Aswoyo Budi, "Antena dan Propagasi", 2006.
9. Howard H. Xia, et all, "Radio Propagation Characteristics For Line-of-Sight Microcellular and Personal Communications", VOL.14, NO.10, OCTOBER 1993.
10. Alokasi Frekuensi, "Kebijakan dan Perencanaan Spektrum Indonesia", Koppistel, Jakarta, 2010.