

PEMODELAN EMPIRIS COST 231-WALFISCH IKEGAMI GUNA ESTIMASI RUGI-RUGI LINTASAN ANTENA RADAR DI PERUM LPPNPI INDONESIA

Ria Oktavia Manalu¹, Aryanti², Sopian Soim

Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang
Jl Srijaya Negara, Bukit Besar, Ilir Barat 1, Kota Palembang, Sumatera Selatan

Telp. (0899) 4273916

E-mail: riamanalu@yahoo.com

ABSTRAK

Propagasi gelombang radio memegang peranan yang sangat penting untuk dimengerti dalam perencanaan sistem komunikasi wireless. Besarnya rugi-rugi lintasan (*pathloss*) yang terjadi di sepanjang lintasan mempengaruhi kualitas sinyal yang dihasilkan di antena receiver. Oleh sebab itu besarnya rugi-rugi tersebut sangat mempengaruhi besarnya parameter fisik, jarak, dan frekuensi yang akan digunakan dalam perencanaan sebuah sel. Penelitian ini dilakukan menggunakan model empiris COST 231-Walfisch Ikegami untuk mengestimasi besarnya Received Signal Level di antena receiver radar sehingga dapat ditentukan posisi dan jarak ideal antena radar yang terbaik. Model ini dipilih karena tidak hanya menghasilkan besarnya harga *pathloss* sebagai output proses perhitungan, tetapi diperoleh juga rugi-rugi pada daerah kosong, rugi-rugi pada permukaan, dan rugi-rugi difraksi pada atap-jalan dan hamburan. Model ini akan disimulasikan menggunakan perangkat lunak Matlab 7 untuk berbagai frekuensi, tinggi antena, dan jarak. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa jarak ideal posisi antena radar Perum LPPNPI Indonesia adalah $\leq 500m$.

Kata Kunci: *pathloss*, wireless, Received Signal Level, Model COST 231-Walfisch Ikegami.

1. PENDAHULUAN

Pathloss merupakan rugi-rugi yang terjadi di sepanjang jalur lintasan propagasi yang ditandai dengan adanya perbedaan level daya yang diterima oleh antena receiver terhadap level daya yang dipancarkan oleh antena transmitter. *Pathloss* disebabkan oleh adanya penghalang berupa gedung-gedung tinggi di antara antena transmitter dan antena receiver (Triana & Pinem, 2015).

Pemodelan empiris *pathloss* sangat dibutuhkan bagi perencanaan pembangunan dan pengembangan sistem komunikasi bergerak. Model ini diperlukan untuk menganalisis kondisi karakteristik propagasi, dan memprediksi level daya terima antena receiver, sehingga dapat menunjang pembuatan sistem komunikasi dengan kualitas pelayanan yang lebih baik.

Penelitian tentang model propagasi yang telah dilakukan sebelumnya ialah simulasi model empiris *pathloss* Okumura-Hatta dan model COST 231 pada komunikasi selular (Hutauruk, 2011) untuk mengetahui perbedaan perhitungan *pathloss* antara kedua model empiris tersebut. Selanjutnya, penelitian oleh (Sarjudin, 2012) melakukan simulasi *link budget* pada komunikasi selular di daerah urban dengan metode Walfisch-Ikegami. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin besar frekuensi, maka nilai *pathloss* yang dihasilkan pada perhitungan di daerah urban akan semakin besar pula. Penelitian terkait dengan menggunakan metode yang sama, selanjutnya dilakukan oleh (Triana & Pinem, 2015) untuk aplikasi *triple band* di daerah urban metropolitan centre.

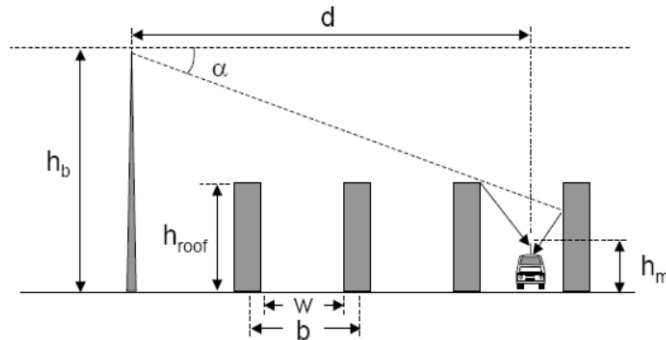
Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut, belum ada penelitian terkait dengan estimasi nilai *pathloss* menggunakan metode COST 231-Walfisch Ikegami berdasarkan parameter antena radar yang digunakan di Perum LPPNPI Indonesia. Pada penelitian kali ini akan mengestimasi rugi-rugi jalur lintasan antena radar di Perum LPPNPI Indonesia dengan melakukan pemodelan empiris propagasi *pathloss*. Model empiris yang dijadikan sebagai acuan yaitu COST 231-Walfisch Ikegami. Model ini dipilih karena tidak hanya menghasilkan besarnya harga *pathloss* sebagai output proses perhitungan, tetapi diperoleh juga Rugi-rugi pada daerah kosong (L_0), Rugi-rugi pada permukaan (L_{msd}), dan Rugi-rugi difraksi pada atap-jalan dan hamburan (L_{rts}).

Parameter yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah parameter fisik antena radar berupa frekuensi (f), tinggi antena transmitter (h_t), tinggi antena receiver (h_r), lebar jalan raya (W), jarak antar gedung (b), sudut (ϕ), serta tinggi gedung termasuk atap (h_{roof}). Model ini disimulasikan menggunakan perangkat lunak Matlab 7 yang hasilnya berupa grafik harga *pathloss* terhadap fungsi jarak sebagai output proses perhitungan. Selain itu disertakan juga variasi hasil perhitungan *pathloss* terhadap fungsi frekuensi, dan terhadap tinggi antena transmitter yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi pembuatan sistem komunikasi pada penelitian-penelitian selanjutnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Model empiris COST 231-Walfisch Ikegami merupakan model yang digunakan untuk menyempurnakan perhitungan *pathloss* dengan mempertimbangkan lebih banyak data yang menggambarkan karakter daerah urban

diantaranya: ketinggian gedung (h_{roof}), lebar jalan (W), dan jarak antar gedung (b) (Susanto, 2010). Parameter yang digunakan pada model empiris COST 231-Walfisch Ikegami dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Parameter Model Empiris COST 231-Walfisch Ikegami

2.1 Model Empiris COST 231-Walfisch Ikegami

Model empiris COST 231-Walfisch Ikegami digunakan pada kondisi jarak antara antenna *transmitter* dan antenna *receiver* dekat. Total *pathloss* untuk kondisi LOS (*Line of Sight*) dengan model ini dapat dilihat pada Persamaan (1)

$$Pathloss (dB) = 42.6 + 20 \log(d) + 20 \log(f) \quad (1)$$

Untuk kondisi non LOS (ada *obstacle*), maka formula *pathloss* yang digunakan dapat dilihat pada Persamaan (2)

$$Pathloss (dB) = I_0 + I_{ts} + I_{msl} \quad (2)$$

Dengan :

I_0 = free space loss

I_{ts} = difraksi atap gedung dengan jalan raya dan scatter loss

I_{msl} = multiscreen loss

$$I_0 = 32.4 + 20 \log(d) + 20 \log(f) \quad (3)$$

$$I_{ts} = -16.9 - 10 \log(W) + 10 \log(f) + 20 \log(h_{\text{roof}} - h_r) + I_{\text{tri}} \quad (4)$$

Dengan :

W = lebar jalan raya

h_{roof} = tinggi gedung

h_r = tinggi antenna *receiver*

Orientasi dari jalan raya dimasukkan ke dalam rumus empiris sebagai faktor koreksi I_{tri}

$$I_{\text{tri}} = -10 + 0,354 \left(\frac{\varphi}{\text{deg}} \right) \text{ for } 0^\circ \leq \varphi < 35^\circ \quad (5)$$

$$I_{\text{tri}} = 2,5 + 0,075 \left(\frac{\varphi}{\text{deg}} - 35 \right) \text{ for } 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ \quad (6)$$

$$I_{\text{tri}} = 4 - 0,114 \left(\frac{\varphi}{\text{deg}} - 55 \right) \text{ for } 55^\circ \leq \varphi < 90^\circ \quad (7)$$

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

$$I_{msl} = I_{\text{ts}} + K_a + K_d \log(d) + K_f \log(f) - 9 \log(b) \quad (8)$$

$$I_{\text{ts}} = 0 \text{ untuk } ht < h_{\text{roof}} \quad (9)$$

$$I_{\text{ts}} = -18 (1 + (ht - h_{\text{roof}})) \text{ untuk } ht > h_{\text{roof}} \quad (10)$$

$$K_a = 54 \text{ untuk } ht > h_{\text{roof}} \quad (11)$$

$$K_a = 54 - 0,8 (ht - h_r) \text{ for } d \geq 0,6 \text{ km dan } ht \leq h_{\text{roof}} \quad (12)$$

Ketergantungan nilai *pathloss* terhadap frekuensi dan jarak dihitung menggunakan parameter K_d dan K_f pada persamaan *multiscreen loss* di atas

$$K_d = 54 - 0,8 (ht - h_r) d / 0,5 \text{ for } d < 0,5 \text{ km dan } ht \leq h_{\text{roof}} \quad (13)$$

$$K_d = 18 \text{ untuk } ht > h_{\text{roof}} \quad (14)$$

$$K_d = 18 - 15 \frac{ht - hr}{hr - ht} \text{ untuk } ht < h_{roof} \quad (15)$$

$$K_f = -4 + 0,7 (f/925 - 1) \text{ for medium size city} \quad (16)$$

$$K_f = -4 + 1,5 (f/925 - 1) \text{ for metropolitan centers} \quad (17)$$

Parameter yang digunakan pada metode COST 231-Walfisch Ikegami dapat dilihat pada Tabel 1

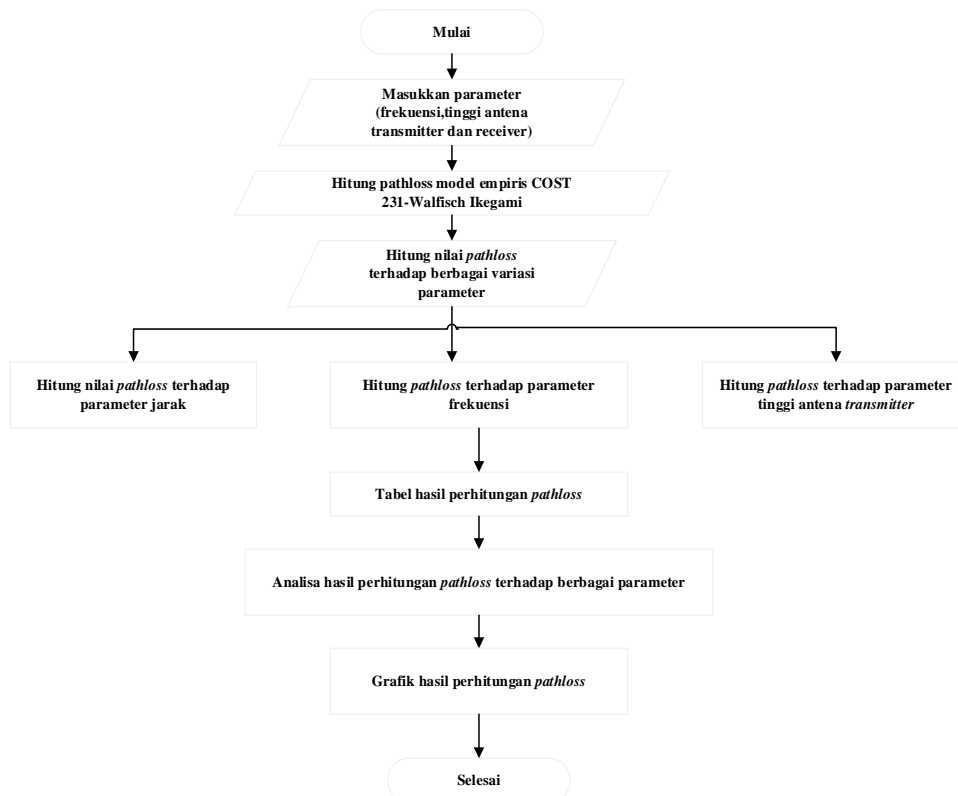
Tabel 1. Parameter Model Empiris COST 231-Walfisch Ikegami

No	Parameter	Notasi	Spesifikasi
1	Frekuensi	F	800-2000MHz
2	Tinggi antena transmitter	Ht	4-50meter
3	Tinggi antena receiver	Hr	1-3meter
4	Jarak	d	0.02-5km

3. METODOLOGI PENELITIAN

Kajian yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian yang bersifat kualitatif dan kuantitatif, yang didasarkan pada studi literatur. Studi literature dilakukan untuk mendapatkan hasil pembahasan mengenai model propagasi empiris COST 231-Walfisch Ikegami. Data sekunder yang dibutuhkan bersumber dari *handbook* Perum LPPNPI Indonesia, buku referensi, jurnal, skripsi dan berbagai *ebook*.

Perhitungan dan analisis data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah parameter antena radar Perum LPPNPI Indonesia. Perancangan simulasi ini dilakukan dengan tahap-tahap proses seperti *flow chart* pada Gambar 2



Gambar 2. Flow Chart Pathloss Model empiris COST 231-Walfisch Ikegami

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan perhitungan sesuai dengan formula model empiris COST 231-Walfisch Ikegami. Parameter yang digunakan sebagai bahan unjuk kerja adalah parameter antena radar di Perum LPPNPI Indonesia yaitu: Frekuensi Carrier (f)= 1030MHz, Tinggi antena transmitter (ht)= 20meter, Tinggi antena receiver (hr)= 2meter. Sedangkan untuk parameter lainnya diasumsikan data mengikuti model empiris

COST 231-Walfish Ikegami dengan lebar jalan raya (W) =15m, jarak antar gedung (b) =30m, sudut (ϕ) =90°, serta tinggi gedung termasuk atap (h_{roof}) =30m.

4.1 Penyelesaian Perhitungan Pathloss Terhadap Parameter Jarak

Dari formula empiris COST 231-Walfisch Ikegami pada Persamaan (2)

$$Pathloss (dB) = L_0 + L_{rts} + L_{msd}$$

$$L_0 = 32.4 + 20 \log(d) + 20 \log(f)$$

$$L_0 = 32.4 + 20 \log(d) + 20 \log(1030)$$

$$L_0 = 92.6567 + 20 \log(d)$$

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log(W) + 10 \log(f) + 20 \log(h_{roof} - h_r) + L_{ori}$$

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log(15) + 10 \log(1030) + 20 \log(30 - 2) + L_{ori}$$

$$L_{rts} = -30,411 + L_{ori}$$

$$L_{ori} = 4 - 0,114 \left(\frac{\phi}{\text{deg}} - 35 \right) \quad \text{for } 55^\circ \leq \phi < 90^\circ$$

$$L_{ori} = 4 - 0,114 \left(\frac{90}{\text{deg}} - 35 \right)$$

$$L_{ori} = -2,27$$

$$L_{msd} = L_{bsh} + K_a + K_d \log(d) + K_f \log(f) - 9 \log(b)$$

$$L_{bsh} = 0 \quad \text{untuk } ht < h_{roof}$$

$$K_a = 54 - 0,8 (ht - h_r) \quad \text{for } d \geq 0,6 \text{ km dan } ht \leq h_{roof}$$

$$K_a = 54 - 0,8 (20 - 2)$$

$$K_a = 39,6$$

$$K_d = 18 - 15 \frac{ht - h_r}{hr - ht} \quad \text{untuk } ht < h_{roof}$$

$$K_d = 18 - 15 \frac{20 - 2}{2 - 20}$$

$$K_d = 33$$

$$K_f = -4 + 0,7 (f/925 - 1) \quad \text{for medium size city}$$

$$K_f = -4 + 0,7 (1030/925 - 1)$$

$$K_f = -3,92$$

$$L_{msd} = L_{bsh} + K_a + K_d \log(d) + K_f \log(f) - 9 \log(b)$$

$$L_{msd} = 0 + 39,6 + 33 \log(d) + (-3,92) \log(1030) - 9 \log(30)$$

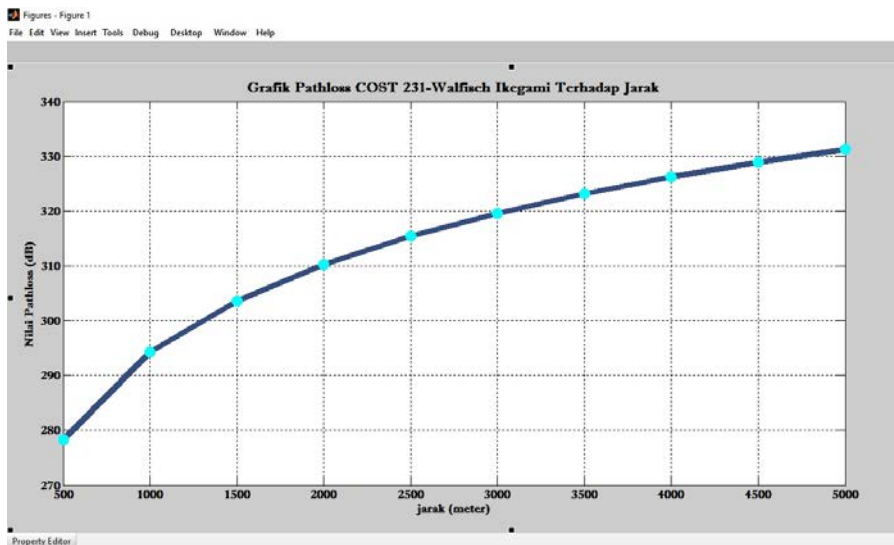
$$L_{msd} = 14,495 + 33 \log(d)$$

Dengan memasukkan nilai $d = 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500$ dan 5000 meter ke dalam persamaan di atas, maka diperoleh nilai pathloss untuk model COST 231-Walfisch Ikegami seperti pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pathloss Terhadap Jarak

No	Jarak(meter)	L_0 (dB)	L_{rts} (dB)	L_{msd} (dB)	Pathloss(dB)
1	500	146.6361	30.4206	85.5781	278.3367
2	1000	152.6567	30.4206	90.9967	294.2913
3	1500	156.1786	30.4206	94.1663	303.6242
4	2000	158.6773	30.4206	96.4152	310.2459
5	2500	160.6155	30.4206	98.1596	315.3821
6	3000	162.1992	30.4206	99.5848	319.5787
7	3500	163.5381	30.4206	100.7899	323.1269
8	4000	164.6979	30.4206	101.8337	326.2005
9	4500	165.7210	30.4206	102.7545	328.9116
10	5000	166.6361	30.4206	103.5781	331.3367

Dari tabel hasil perhitungan *pathloss* diatas, dapat dibuat grafik fungsi *pathloss* terhadap jarak seperti pada Gambar 3



Gambar 3. Grafik Pengaruh Jarak Terhadap *Pathloss* COST 231-Walfisch Ikegami

Gambar 3 merupakan *output* proses perhitungan *pathloss* dalam bentuk grafik fungsi *pathloss* terhadap jarak. Axis X merupakan fungsi jarak (meter) dari model COST 231-Walfisch Ikegami yang menggunakan range 500 meter – 5000 meter. Sedangkan Axis Y merupakan fungsi nilai *pathloss* (dB) yang dihasilkan setelah melakukan perhitungan. Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa parameter jarak antara antena *transmitter* dan *receiver* dengan *pathloss* berbanding lurus secara eksponensial. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin besar jarak antara antena *transmitter* dan *receiver* maka semakin besar pula harga *pathloss* yang dihasilkan.

Dari tabel hasil perhitungan *pathloss* juga dapat dianalisa nilai *pathloss* terkecil yaitu 278.3367dB dihasilkan oleh perhitungan *pathloss* dengan jarak 500 meter. Sedangkan nilai *pathloss* terbesar yaitu 331.3367dB dihasilkan oleh perhitungan *pathloss* pada jarak 5000 meter. Faktor yang menyebabkan perhitungan *pathloss* berbeda-beda pada setiap interval kenaikan jarak adalah faktor ketergantungan *pathloss* terhadap jarak yang diberikan melalui parameter K_d pada persamaan *multiscreen loss*. Semakin besar nilai jarak yang dimasukkan pada persamaan, maka semakin besar pula nilai *multiscreen loss* yang dihasilkan, begitupun sebaliknya.

4.2 Penyelesaian Perhitungan *Pathloss* Terhadap Parameter Frekuensi

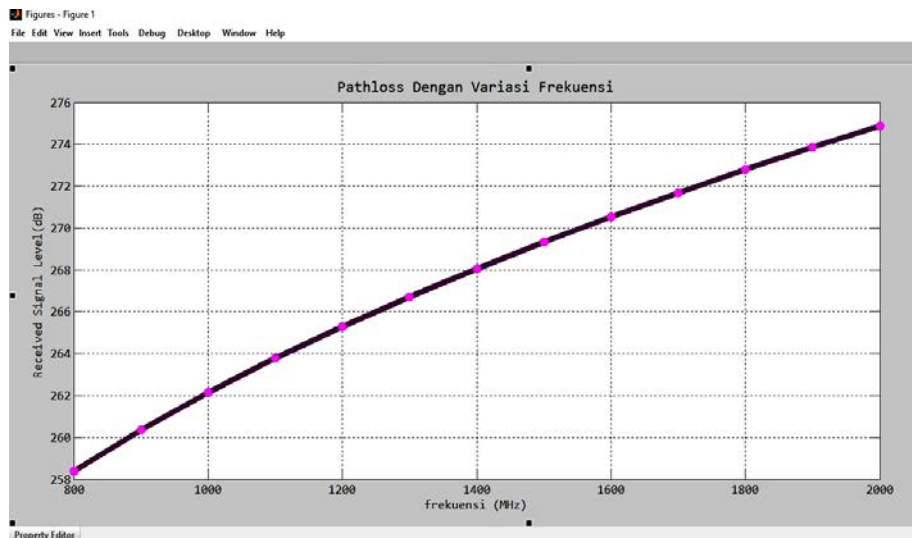
Perhitungan *pathloss* dilakukan dengan memvariasikan frekuensi sesuai dengan model COST 231-Walfisch Ikegami yaitu 800-2000MHz. Pada perhitungan ini rentang yang dipilih setiap selang interval 100MHz. Sedangkan jarak antara antena *transmitter* dan *receiver* diasumsikan sebesar 500meter.

Dengan memasukkan nilai $f=500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400$ dan 1500MHz ke dalam persamaan (2), maka diperoleh nilai *pathloss* terhadap parameter frekuensi pada model COST 231-Walfisch Ikegami seperti pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Pathloss* Terhadap Parameter Frekuensi

No	Frekuensi(MHz)	L_0 (dB)	L_{rts} (dB)	L_{msd} (dB)	<i>Pathloss</i> (dB)
1	500	140.3588	27.2819	84.2978	251.9385
2	600	141.9424	28.0783	84.6208	254.6415
3	700	143.2814	28.7432	84.8939	256.9185
4	800	144.4412	29.3231	85.1305	258.8948
5	900	145.4643	29.8347	85.3392	260.6382
6	1000	146.3794	30.2922	85.5258	262.1974
7	1100	147.2073	30.7062	85.6947	263.6082
8	1200	147.9630	31.0841	85.8488	264.8959
9	1300	148.6583	31.4317	85.9907	266.0807
10	1400	149.3020	31.7535	86.1219	267.1774
11	1500	149.9012	32.0532	86.2442	268.1986

Hasil perhitungan *pathloss* terhadap parameter frekuensi seperti pada tabel diatas dapat dibuat ke dalam bentuk grafik fungsi *pathloss* terhadap parameter frekuensi seperti pada Gambar 4



Gambar 4. Grafik Pengaruh Frekuensi Terhadap *Pathloss* COST 231-Walfisch Ikegami

Gambar 4 merupakan hasil perhitungan *pathloss* dalam bentuk grafik fungsi *pathloss* terhadap frekuensi. Axis X menunjukkan fungsi frekuensi (MHz) dari model COST 231-Walfisch Ikegami dengan range 800 – 2000 MHz. Sedangkan Axis Y merupakan fungsi nilai *pathloss* (dB) yang dihasilkan setelah melakukan perhitungan. Kurva yang dihasilkan pada perhitungan berupa kurva yang berbanding lurus secara linier. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar frekuensi *carrier* yang digunakan pada antena radar, maka akan semakin besar pula nilai *pathloss* yang dihasilkan.

Nilai *pathloss* terkecil pada Tabel 3 yaitu 251.9385dB yang dihasilkan oleh frekuensi 500MHz. Sedangkan nilai *pathloss* tertinggi yaitu 268.1986dB dihasilkan oleh perhitungan *pathloss* pada frekuensi 1500MHz. Nilai perhitungan *pathloss* yang dihasilkan pada setiap kenaikan frekuensi mempunyai nilai yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan oleh faktor ketergantungan *pathloss* terhadap frekuensi yang diberikan melalui parameter K_f pada persamaan *multiscreen loss*. Setiap interval kenaikan frekuensi sebesar 100MHz menyebabkan pembacaan *pathloss* pada model empiris COST 231-Walfisch Ikegami cenderung meningkat sebesar 0,26%.

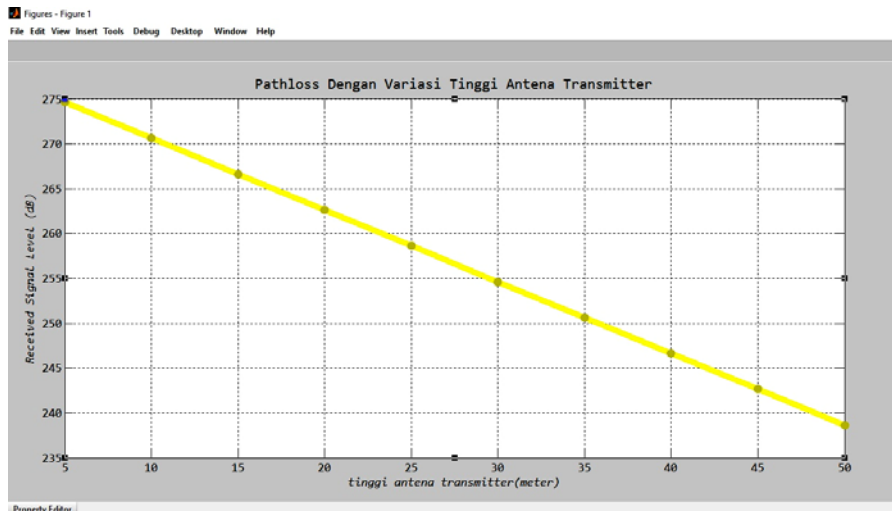
4.3 Penyelesaian Perhitungan *Pathloss* Terhadap Parameter Tinggi Antena Transmitter

Perhitungan *pathloss* dilakukan dengan memvariasikan tinggi antena *transmitter* radar sesuai dengan model COST 231-Walfisch Ikegami yaitu 4-50meter. Range yang dipilih untuk proses perhitungan yaitu setiap interval kenaikan 5 meter. Untuk parameter jarak diasumsikan 500 meter, sedangkan parameter lainnya dianggap konstan mengikuti parameter antena radar Perum LPPNPI Indonesia. Hasil perhitungan *pathloss* dengan variasi parameter tinggi antena *transmitter* dapat dilihat dalam Tabel 4

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Pathloss* Terhadap Parameter Tinggi Antena Transmitter

No	Tinggi Antena Transmitter (meter)	L_0 (dB)	L_{rts} (dB)	L_{msd} (dB)	<i>Pathloss</i> (dB)
1	5	146.6361	30.4206	97.5781	274.6349
2	10	146.6361	30.4206	93.5781	270.6349
3	15	146.6361	30.4206	89.5781	266.6349
4	20	146.6361	30.4206	85.5781	262.6349
5	25	146.6361	30.4206	81.5781	258.6349
6	30	146.6361	30.4206	77.5781	254.6349
7	35	146.6361	30.4206	73.5781	250.6349
8	40	146.6361	30.4206	69.5781	246.6349
9	45	146.6361	30.4206	65.5781	242.6349
10	50	146.6361	30.4206	61.5781	238.6349

Hasil perhitungan *pathloss* terhadap parameter tinggi antenna *transmitter* yang dihasilkan dapat dibuat grafik fungsi *pathloss* terhadap parameter tinggi antenna *transmitter* seperti pada Gambar 5



Gambar 3. Grafik Pengaruh Tinggi Antena *Transmitter* Terhadap *Pathloss*

Perhitungan *pathloss* dengan variasi tinggi antenna *transmitter* menghasilkan grafik berupa kurva linier yang berbanding terbalik. Hal ini dapat diartikan bahwa parameter tinggi antenna *transmitter* tidak mempengaruhi rugi-rugi yang terjadi di sepanjang lintasan antenna radar.

Dari tabel hasil perhitungan *pathloss* pada Tabel 4, nilai *pathloss* tertinggi yaitu 274.6349dB dihasilkan pada perhitungan *pathloss* dengan tinggi antenna *transmitter* 5 meter. Sedangkan nilai *pathloss* terkecil yaitu 238.6349dB dihasilkan pada perhitungan *pathloss* dengan tinggi antenna *transmitter* 50meter. Sehingga semakin tinggi antenna *transmitter* yang digunakan akan menghasilkan nilai *pathloss* yang semakin kecil. Hal ini mengakibatkan kinerja model empiris COST 231-Walfisch Ikegami akan meningkat.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Nilai perhitungan *pathloss* dipengaruhi oleh faktor ketergantungan *pathloss* terhadap parameter frekuensi dan jarak pada persamaan *multiscreen loss*.
2. Perhitungan *pathloss* dengan variasi parameter jarak dan frekuensi menghasilkan kurva yang berbanding lurus secara eksponensial. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar jarak dan frekuensi yang digunakan pada antenna akan menghasilkan nilai *pathloss* yang semakin besar pula.
3. Pada perhitungan *pathloss* dengan variasi parameter tinggi antenna *transmitter* menghasilkan grafik berupa kurva linier yang berbanding terbalik. Sehingga semakin tinggi antenna *transmitter* yang digunakan, menghasilkan *pathloss* yang semakin kecil. Hal ini dapat diartikan bahwa tinggi antenna *transmitter* tidak mempengaruhi rugi-rugi di sepanjang lintasan antenna radar.
4. Peningkatan frekuensi setiap selang interval 100MHz menyebabkan pembacaan *pathloss* pada model empiris COST 231-Walfisch Ikegami meningkat secara konstan sebesar 0,26%.
5. Terhadap nilai rata-ratanya (*mean*) menunjukkan estimasi *pathloss* model COST 231-Walfisch Ikegami cenderung mendekati baik karena tingkat dari mana nilai *pathloss* yang dihasilkan tidak melebihi atau berbeda dari satu sama lain secara signifikan.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian lebih lanjut dapat ditambahkan mengenai perhitungan *pathloss* menggunakan analisis perambatan gelombang seperti *reflection*, *diffraction*, dan *scattering*.

PUSTAKA

Triana, N., & Pinem, M. (2015). *Analisis Model Propagasi Path Loss Semi- Deterministik Untuk Aplikasi Triple Band Di Daerah Urban Metropolitan Centre*.

Hutauruk, S. (2011). *Simulasi Model Empiris Okumura-Hata Dan Model Cost 231 Untuk Rugi-Rugi Saluran Pada Komunikasi Selular*, (Semantik 2011).

- Sarjudin, Z. (2012). *Simulasi Link Budget Pada Komunikasi Selular Di Daerah Urban Dengan Metode Walfisch Ikegami*.
- Susanto. (2010). *Informasi Trafik Frekuensi 700 Mhz – 3 Ghz Di Surabaya Dengan Menggunakan Peta Elektronik 1*.
- Nugroho, C. (2016). *Analisa Perancangan BTS Hotel Di Kawasan Industri Pulogadung Dengan Tinjauan Network Telkomsel*.
- Hutauruk, S., Graha, B. T. S., Medan, X. L., Hilir, B. T. S. P., Rengas, B. T. S. S., Sidodadi, B. T. S., ... Test, D. (2011). BAB I, 1-2