

Analisa Rugi-Rugi Propagasi Gelombang Radio Cellular Pada Ruang Koridor Di Jaringan 4g Telkomsel Lhokseumawe

Amir D¹, Fakhur Razi², Jamaluddin³, Naziruddin⁴, Ariefin⁵*

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

⁵ Jurusan Teknik Mesin

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹amird@pnl.ac.id

Abstrak— Gelombang radio merambat melalui mekanisme *refleksi*, *difraksi* dan *scattering*. Mekanisme ini membentuk lintasan jamak, baik pada ruang *indoor* maupun ruang *outdoor*. Permasalahan yang dihadapi saat transmisi, gelombang radio akan mengalami rugi-rugi lintasan atau *pathloss*. Rugi-rugi ini disebabkan oleh perubahan lintasan, saat merambat dan perubahan lingkungan gelombang. Kondisi tersebut akan mengakibatkan terjadinya penurunan level sinyal yang sampai pada penerima, penurunan tersebut dinamakan rugi-rugi propagasi. Penelitian rugi-rugi propagasi dilakukan pada ruang koridor tipe terbuka, berlokasi dikampus Politeknik Negeri Lhokseumawe. Dipilih 3 lokasi pengamatan, yaitu; koridor 1, koridor 2 dan koridor 3. Ruang ini saling terhubung satu dengan lainnya, Rugi-rugi propagasi gelombang radio dianalisa menggunakan metode Log-Distance Pathloss, sedangkan hubungan antara rugi-rugi lintasan dengan lingkungan dianalisis menggunakan analisa *cross correlasi*. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa sinyal gelombang radio *cellular* yang sampai pada penerima berfluktuasi sesuai keadaan lingkungannya. Berdasarkan analisa regresi diketahui bahwa level amplituda sinyal yang terdeteksi di penerima pada ke-3 ruang koridor menurun secara linier seiring dengan perubahan jarak antara Tx-Rx. Konstanta propagasi berbeda-beda, pada koridor 1 konstantanya sebesar 3,1, pada koridor 2 sebesar 3,3 dan pada koridor 3 sebesar 2,9. Rugi-rugi lintasan pada ke-3 ruang tersebut bertambah besar seiring perubahan jarak antara Tx dan RX. Nilai rata-rata rugi-rugi lintasan pada koridor 1 sebesar 174,33 dB, koridor 2 sebesar 186,56 dB dan pada koridor 3 sebesar 186,66 dB. Lingkungan gelombang radio dari material beton dan besi memiliki korelasi yang kuat, material kaca memiliki korelasi dari kuat sampai sangat kuat dan material kayu, memiliki korelasi yang lemah mempengaruhi rugi-rugi lintasan gelombang radio.

Kata Kunci:., gelombang, jarak, korelasi, *pathloss*, radio

Abstract— Radio waves propagate through the mechanism of reflection, diffraction and scattering. This mechanism forms multipath, both in indoor and outdoor spaces. Problems encountered during transmission, radio waves will experience path loss. These losses are caused by changes in the multipath, during propagation and changes in the wave environment. This condition will result in a decrease in the signal level reaching the receiver, this decrease is called propagation losses. The research on propagation losses was carried out in an open-type corridor, located on the Lhokseumawe State Polytechnic campus. Selected 3 observation locations, namely; corridor 1, corridor 2 and corridor 3. These spaces are connected to each other, radio wave propagation losses are analyzed using the Log-Distance Path loss method, while the relationship between path losses and the environment is analysed using cross correlation analysis. Based on the test results, it is known that the cellular radio wave signal that reaches the receiver fluctuates according to environmental conditions. Based on the regression analysis, it is known that the signal amplitude level detected at the receiver in the 3 corridor spaces decreases linearly with changes in the distance between Tx-Rx. The propagation constant is different, in corridor 1 the constant is 3.1, in corridor 2 it is 3.3 and in corridor 3 it is 2.9. The path losses in the 3 spaces increase as the distance between Tx and RX changes. The average value of path losses in corridor 1 is 174.33 dB, corridor 2 is 186.56 dB and in corridor 3 is 186.66 dB. The radio wave environment of concrete and iron material has a strong correlation, glass material has a strong to very strong correlation and wood material, has a weak correlation affecting radio wave multipath losses.

Keywords— Wave, distance, correlation, pathloss, radio

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Gelombang radio merambat diudara melalui mekanisme refleksi, difraksi dan scattering. Mekanisme ini menyebabkan terjadinya *multipath fading*, yaitu penurunan level amplitudo sinyal yang sampai pada penerima yang biasa disebut rugi-rugi propagasi, biasa disebut path loss adalah perbedaan dB antara sinyal yang ditransmisikan dan kekuatan sinyal yang diterima di suatu lokasi.

Permasalahan yang muncul pada propagasi gelombang radio adalah rugi-rugi propagasi. Untuk memprediksi rugi-rugi propagasi antara dua titik atau lebih dapat dilihat sebagai fungsi dari beberapa input dan output tunggal. *input* berisi informasi tentang jarak pemancar dan penerima, bangunan di sekitarnya, frekuensi, sementara *output* memberikan informasi kerugian propagasi untuk input tersebut [1].

Proses Propagasi gelombang radio di udara, pada sebuah ruang berbeda-beda karakteristiknya. Gelombang saat berpropagasi mengalami 3 mekanisme dalam perambatannya, yaitu; refleksi, difraksi dan *scattering*. Proses perambatan ini

akan menimbulkan lintasan jamak atau multipath. Lintasan ini memberi kontribusi terjadinya rugi-rugi propagasi.

Hasil-hasil penelitian terdahulu telah menyebutkan bahwa, yang mendominasi proses perubahan propagasi gelombang radio di udara adalah jarak lintasan dan keadaan disekitar lingkungan gelombang radio [2], [3].

Perambatan gelombang radio *cellular* di luar ruangan, akan mengalami perubahan amplitudo dan perubahan lintasan yang membentuk multipath fading menuju ke antena penerima. Perubahan lintasan gelombang radio ini dapat terjadi karena keadaan lintasan disekitar Tx-Rx, seperti konstruksi dan interior bangunan koridor [3]. Penelitian akan memaparkan analisa rugi-rugi propagasi gelombang radio *cellular* pada ruangan koridor.

Analisa menjelaskan tentang keadaan rugi-rugi gelombang radio sebagai sebuah parameter output yang diprediksi terhadap beberapa parameter input yang menyertainya, seperti jarak, keadaan sekitar lingkungan TX-Rx. Selanjutnya dijelaskan korelasi antara parameter input dan output tersebut, seberapa kuat keadaan input mempengaruhi output.

Penelitian mengambil objek lokasi koridor kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe.

B. Tinjauan pustaka

1) *Lingkungan Kanal Radio*: Keadaan spsesifik lingkungan memiliki karakteristik yang berbeda antara satu ruang dengan ruang lainnya. Sebagai contoh karakteristik pada ruang indoor berbeda dengan karakteristik pada ruang outdoor [4]. Ruang indoor seperti ruang kantor, ruang kelas, aula dan koridor. Untuk koridor terbagi 2 yaitu koridor tertutup dan koridor terbuka, Ruang koridor adalah lorong yang menghubungkan anatara suatu gedung dan gedung yang lainnya. memiliki karaktersistik lingkungan antara satu dengan lainnya berbeda-beda[5].

2) *Model Ruang Bebas*: Model ruang bebas merupakan model yang valid untuk memprediksi rugi-rugi propagasi yang terjadi antara Tx dan Rx pada jarak d yang berada di medan jauh dari antena pemancar. Medan jauh antena pemancar didefinisikan sebagai perkalian dari dua kali dimensi linier kuadrat terbesar dari antena pemancar dan hasilnya berbanding terbalik dengan panjang gelombang radio pembawa. Medan jauh diberikan oleh Persamaan (1).

$$d_f = \frac{2D^2}{\lambda} \tag{1}$$

atau

$$d_f \gg \lambda \tag{2}$$

Dimana D adalah dimensi linier fisik antena (m). Daerah medan jauh, d_f seperti persamaan (2).

3) *Perhitungan Rugi-rugi Propagasi*: Rugi-rugi propagasi dapat dihitung dengan beberapa tahap perhitungan.

a) *Konstanta Propagasi*: Konstanta propagasi disimbolkan dengan huruf n. menunjukkan laju perubahan rugi-rugi lintasan terhadap penambahan jarak dan keadaan spesifik propagasi [6].

Tabel 2 Konstantan Propagasi

Lingkungan	Nilai n
Udara bebas	2
Daerah urban	2,7 – 3,5
Daerah shadowed	3 – 5
Dalam gedung	1,6 – 1,8
Obstruksi dalam gedung	4 – 6
Obstruksi dalam pabrik	2 – 6

b) Konstanta propagasi dapat dihitung dengan persamaan yang diturunkan dari Persamaan 3 regresi linier.

$$n = \left[\frac{N \sum_{i=1}^N (\log_{10} d_i) p(d_i) - \left(\sum_{i=1}^N (\log_{10} d_i) \right) \left(\sum_{i=1}^N p(d_i) \right)}{N \sum_{i=1}^N (\log_{10} d_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^N (\log_{10} d_i) \right)^2} \right] \tag{3}$$

Dimana d_i adalah jarak tiap titik sampel pengukuran dan N adalah jumlah titik pengukuran, $P(d_i)$ adalah daya yang sampai pada penerima pada jarak d_i [7][8]

c) *Model Log-Distance*: Pada model propagasi ini mengidentifikasi bahwa rata-rata daya yang diterima menurun secara logaritmis dengan jarak baik untuk kanal radio pada outdoor dan indoor. Rata-rata rugi-rugi propagasi untuk suatu jarak transmitter receiver sejauh (d) pada Persamaan (4).

$$\overline{PL} \text{ (dB)} = PL(d_0) + 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) \tag{4}$$

4) *Analisa regresi linier*: Alat analisis regresi menggunakan metode "kuadrat terkecil" agar sesuai dengan serangkaian pengamatan. Menganalisis bagai-mana variabel dependen tunggal dipengaruhi oleh nilai dari satu atau lebih variabel independen [9]. Persamaan regresi linier diberikan pada persamaan (5).

$$\hat{y} = a + bX \tag{5}$$

Dimana

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \tag{6}$$

dan

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \tag{7}$$

Dimana Y variable dependen. X adalah variable independen, a adalah konstanta dan b adalah koefisien regresi.

5) *Perhitungan Korelasi*: Korelasi adalah teknik statistik yang digunakan untuk meguji ada dan tidaknya hubungan serta arah hubungan dari dua variabel atau lebih yang dinyatakan dalam koefisien korelasi. Berikut ini dijelaskan secara singkat.

a. *Korelasi Sendiri*: Korelasi sendiri adalah suatu pendekatan untuk mempelajari variabel tunggal. Dalam korelasi sendiri, x adalah nilai sebelumnya. Koefisien korelasi sendiri dinyatakan dalam persamaan (8).

$$\rho_x = \frac{R(\tau) - (x_1)^2}{R(0) - (x_1)^2} \tag{8}$$

Dimana kekuatan rata-rata x_1 dapat diperoleh $R(\tau)$ dengan mengatur = 0, sehingga $E[x^2] = 2x = Rx(0)$ dan $R_x(0) \geq R(\tau)$.

d) *Korelasi Silang*: Korelasi silang (*Cross Correlation*) merupakan salah metode yang banyak digunakan dalam analisis data secara series. Metode ini dapat digunakan sebagai alat memprediksikan suatu hubungan suatu series data

dengan data y (output) pada suatu sistem. Untuk melakukan analisis korelasi silang, kedua seri tersebut harus sampel interval waktu yang sama dan diasumsikan stasioner dalam dan varians[10]. dapat dinyatakan seperti persamaan (9) .

$$\rho_{xy}(\tau) = \frac{R(xy)(\tau) - (x)(y)}{\sqrt{(x^2) - (x^2)}\sqrt{(y^2) - (y^2)}} \quad (9)$$

Dimana x dan y adalah variabel acak dan R_{xy} adalah rata-rata ensemble. Berikut ini nilai korelasi dan kategorinya pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai koefisien korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00-0,199	Sangat Lemah
0,20-0,399	Lemah
0,40-0,599	Cukup
0,60-0,799	Kuat
0,80-1,000	Sangat

C. Maksud dan Tujuan Riset

Adapun maksud dan tujuan riset ini dapat dijelaskan secara singkat berikut ini:

1) **Maksud riset:** Riset ini dilakukan dengan maksud menghasilkan parameter pengujian propagasi gelombang radio cellular berdasarkan ruang rambatannya.

2) **Tujuan riset:** Menghitung dan menentukan nilai konstanta propagasi pada ketiga jenis ruang koridor tipe terbuka tersebut, serta memberikan rekomendasi tentang ada-tidaknya korelasi material yang berada dilingkungan gelombang radio merambat dengan besar-kecilnya fluktuasi rata-rata rugi-rugi lintasan propagasi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Sinyal gelombang radio *cellular* dideteksi menggunakan Network Cell Info Lite (NCIL). Ada tiga parameter yang dapat diobservasi melalui NCIL, yaitu *Recieved Signal Reference Power* (RSRP) dan *Recieved Signal Reference Quality* (RSRQ), frekuensi BTS dan yang lainnya adalah *cell id*.

NCIL dipasang pada sebuah kereta dorong dengan ketinggian 1,6 meter dari permukaan tanah. Pengukuran level daya pada lintasan gelombang radio antara Tx dan Rx dimulai dari jarak d_0 , yaitu jarak reference dimana gelombang radio mulai berfluktuasi. Selanjutnya bergerak mengukur pada titik-titik lainnya sepanjang lintasan dimana jarak antara satu titik ke titik lainnya diambil dari kelipatan jarak medan jauh d_f .

Deteksi sinyal Pengukuran rugi-rugi lintasan propagasi gelombang radio, dilakukan pada 3 lokasi koridor, yaitu lokasi koridor sektor satu yang terletak dari depan bengkel Jurusan Teknik Elektro sampai Depan gedung I Jurusan Teknik Elekktro, koridor sektor dua terletak membentang dari gedung 1 Jurusan Teknik Elektro sampai ke gedung Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe dan koridor sektor 3, membentang dari kantin koperasi mahasiswa sampai sisi timur gedung Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe. Data input yang diobservasi adalah jarak, parameter lingkungan, dan RSRP.



Gambar 1. Metode pengukuran gelombang radio

Berdasarkan data input tersebut, selanjutnya dilakukan analisa untuk menghitung rugi-rugi lintasan gelombang radio pada ruang koridor. Model perhitungan yang digunakan adalah *Log-distance pathloss* dan untuk mengetahui hubungan antara input dan output digunakan *cross correlation analysis*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sub-bab ini dibahas tentang pengenalan daerah pengukuran, penentuan lokal mean, penentuan jarak titik pengukuran, pengukuran level daya terima pada masing-masing koridor, konstanta propagasi, perhitungan pathloss rata-rata, dan pengujian korelasi. Lebih rinci dijelaskan pada sub-bab di bawah ini.

A. Lingkungan gelombang radio pada ruang koridor

Tipe ruang koridor sebagai objek pengukuran adalah koridor ruang terbuka dan berada diluar gedung. Secara umum, ruang koridor yang diobservasi merupakan koridor yang dibangun dari struktur tiang dan atap dari beton, dengan fasilitas jalan setapak yang dibuat dari lantai beton kasar. Lingkungan disekitar koridor terdiri dari bangunan dan tumbuhan pohon yang terdiri dari empat material, yaitu tembok beton, kaca, besi dan pohon. Persentasi material pada 3 lokasi koridor dilihat dari luas permukaan diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3 Lngkungan gelombang radio pada ketiga koridor

Lokasi Pengukuran	% Luasan Benda			
	Beton	Kayu (pohon)	Kaca	Besi
Sektor 1 Depan Jurusan Teknik Elektro	99.9971	0.00	0.0029	0.00
Sektor 2 Samping Masjid dan Perpustakaan	99.9712	0.0090	0.0198	0.00
Sektor 3 Samping Kandos	31.8094	0.0117	59.9606	8.2183

Berdasarkan data pada Tabel 2 diperoleh informasi bahwa lingkungan gelombang radio pada koridor 1 didominasi oleh permukaan dengan material beton sebanyak 99,9971 % dan selebihnya 0,0029% kaca. Pada koridor sektor 2, lingkungan gelombang radionya didominasi oleh material beton dengan persentase 99,9712% dan selebihnya 0,0198% kaca. Berikutnya adalah koridor sektor 3. Pada sektor ini material

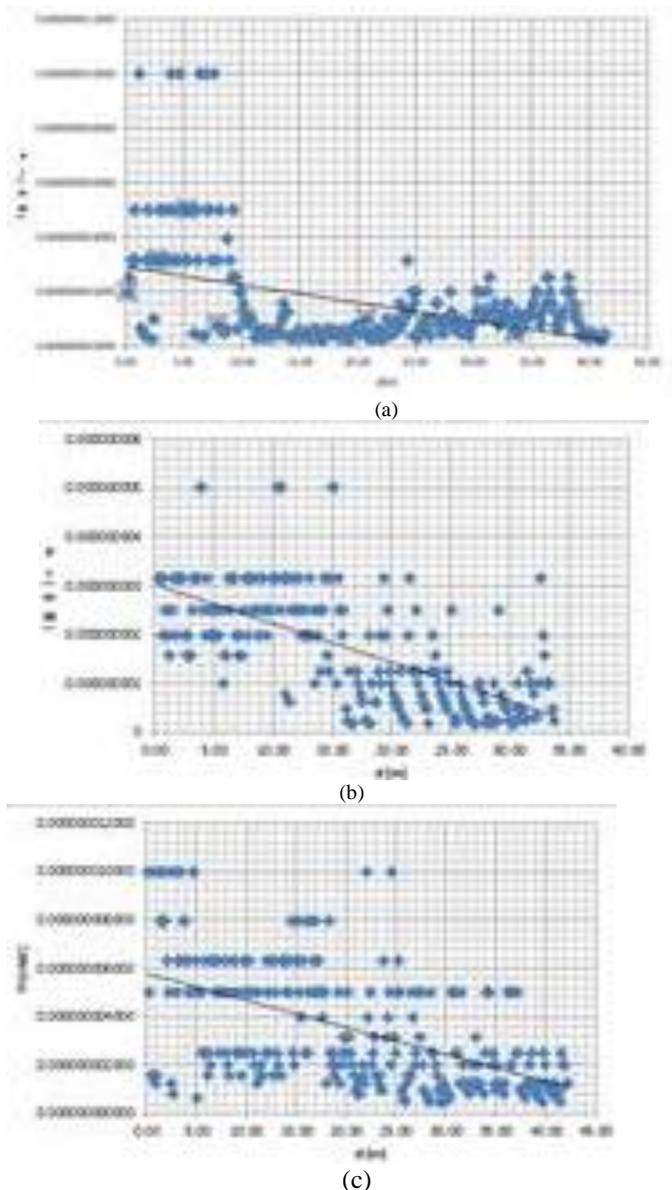
beton 31,8094%, kayu 0,0117%, kaca sebesar 59,9606% dan besi 8,2181%.

B. Karakteristik Rugi-Rugi Lintasan gelombang radio Pada Ruang Koridor

Pada sub-bab ini akan diuraikan beberapa karakteristik dari gelombang radio saat merambat pada sebuah ruang koridor, lebih jelasnya seperti pada sub-bab berikut.

1) Pengukuran level daya pada penerima.

Berdasarkan data hasil pengukuran level daya yang terdeteksi oleh alat ukur sebagai penerima $P_r(mw)$ disepanjang lintasan Tx-Rx pada masing-masing ruang koridor, seperti diperlihatkan pada Gambar 2 (a), 2 (b) dan 2 (c) diketahui bahwa level daya sinyal yang terdeteksi di penerima berfluktuasi mengikuti perubahan jarak dan faktor lingkungan.



Gambar 2. Level daya yang sampai pada penerima sepanjang lintasan (a) Koridor 1, (b) koridor (2) dan (c) koridor 3

Penomena menarik terlihat bahwa sinyal gelombang radio pada sistem komunikasi *cellular*, berfluktuasi naik dan turun seiring dengan perubahan jarak lintasan, perubahan ini terjadi karena lingkungan radio berubah saat penerima berpindah dari satu titik ke titik lintasan lainnya.

Dari analisis regresi menggunakan persamaan 5 terhadap data hasil pengukuran pada ketiga ruang koridor tersebut, diketahui bahwa level amplituda sinyal yang terdeteksi pada ke-3 ruang koridor menurun secara linier seiring dengan perubahan jarak antara Tx-Rx. Perubahan lebih tajam terjadi pada koridor 2, disusul koridor 3 dan terendah pada koridor 1. Fenomena ini juga dapat dilihat dari hasil perhitungan daya rata-rata pada pada ke-3 ruang koridor tersebut. Daya rata-rata penerima \bar{P}_r (dBm) terbesar sampai yang terkecil secara berurut adalah koridor 3 sebesar -86,32 dBm, koridor 2 sebesar -88,45 dBm dan terkecil ke-3 sebesar -90,87. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 2 Pengukuran level daya terima pada setiap koridor

No	Lokasi Pengukuran	Kategori	Daya Pancar (dBm)	Level Daya Terima Rata-Rata
1	Koridor Sektor 1	NLOS	39	-90,87
2	Koridor Sektor 2	NLOS	39	-88,45
3	Koridor Sektor 3	NLOS	39	-86,32

Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa pada masing-masing koridor propagasi gelombang radio yang sampai pada penerima berbeda-beda berdasarkan jarak dan lingkungan gelombang radionya.

2) Konstanta propagasi: Konstanta propagasi menunjukkan laju perubahan rugi-rugi lintasan terhadap pertambahan jarak dan perubahan keadaan spesifik lingkungan propagasi [4]. Berdasarkan hasil analisis data menggunakan persamaan 3, maka konstanta propagasi dapat dihitung dan hasilnya di tampilkan pada tabel 3.

Tabel 3 Konstanta Propagasi

No	Lokasi Pengukuran	Jumlah Data (N)	Tipe	n
1	Koridor 1	258	NLOS	3,1
2	Koridor 2	2011	NLOS	3,3
3	Koridor 3	265	NLOS	2,9

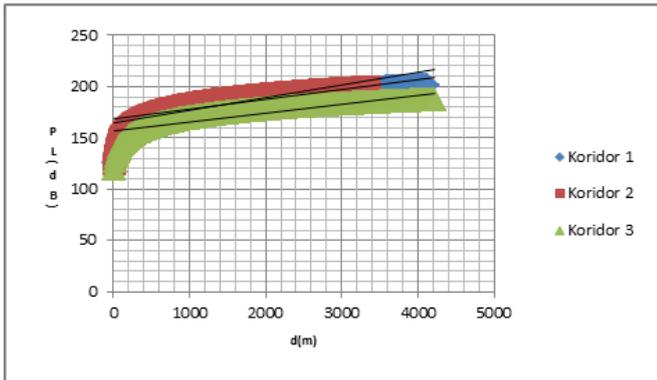
Dari hasil perhitungan seperti Tabel 3 diketahui bahwa, konstanta propagasi pada koridor 1 sebesar 3,1, koridor 2 sebesar 3,3 dan koridor 3 sebesar 2,9. Konstanta propagasi (n) yang besar menunjukkan bahwa pada ruang tersebut, gelombang radio saat merambat memiliki laju redaman atau laju rugi-rugi propagasi yang lebih cepat dibanding dengan ruang koridor lainnya. Konstanta propagasi gelombang radio saat merambat diruang koridor terbuka sama dengan sifat gelombang saat merambat didaerak urban.

3) Rugi lintasan rata-rata: Rugi-rugi lintasan gelombang radio atau path loss menunjukkan besarnya

redaman transmisi gelombang radio pada saat merambat dari Tx ke Rx sepanjang lintasannya.

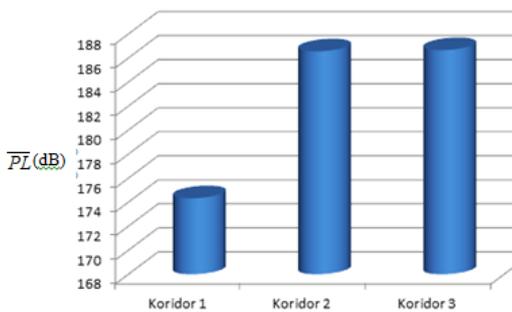
Berdasarkan data hasil pengukuran pada gambar 2(a), 2(b) dan 2(c), maka dengan menggunakan persamaan 4, rugi-rugi propagasi dapat diketahui, seperti diperlihatkan pada kurva Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3, rugi-rugi propagasi pada ke-3 ruang koridor berubah secara linier, dimana nilainya bertambah seiring dengan pertambahan jarak lintasan dan perubahan lingkungan gelombang radio. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diketahui bahwa rata-rata rugi propagasi gelombang radio pada koridor 1 sebesar 174,44 dB, pada koridor 2 sebesar 186,56 dan pada koridor 3 sebesar 188,56 dB.



Gambar 3 Kurva rugi-rugi lintasan propagasi pada tiga ruang koridor

Rugi-rugi lintasan terbesar terjadi pada daerah yang lingkungan gelombang radionya didominasi oleh material pohon. Daerah ini terdapat diruangan sektor 3 dengan persentase sebesar 59,96% dan pada ruang 3 dengan persentase 0,0198%.



Gambar 3 Perhitungan rugi-rugi lintasan rata-rata

C. Uji Korelasi

Pada bagian ini dijelaskan tentang uji korelasi antara beberapa keadaan lingkungan terhadap rugi-rugi propagasi gelombang radio. Keadaan lingkungan diwakili oleh beberapa keberadaan material disekitar ruangan dimana gelombang radio tersebut merambat, keadaan lingkungan pada perhitungan ini diasumsikan sebagai parameter input dan rugi-rugi propagasi gelombang radio sebagai parameter output.

Dengan menggunakan Persamaan 6, koefisien korelasi antara parameter input dan output dapat dihitung. Hasil perhitungan diperlihatkan pada Tabel 4. Lebih rinci akan dijelaskan pada sub-bab dibawah ini.

Tabel 4 Hasil perhitungan Korelasi material terhadap rugi-rugi lintasan

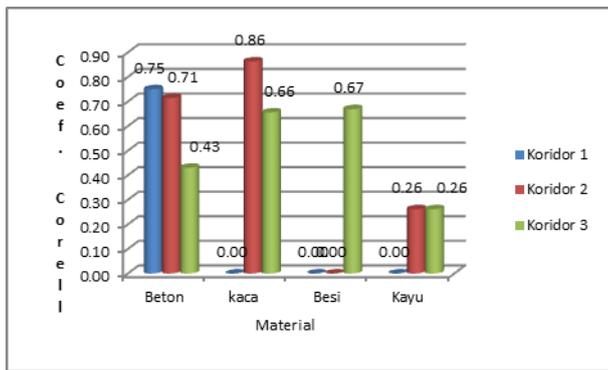
Ruang	\overline{PL} (dB)	Luasan Material (m ²)				Korelasi			
		Beton	Kaca	Besi	Kayu (Pohon)	Beton	Kaca	Besi	Kayu (Pohon)
Koridor 1	186,85	79,597	0	0	0	0,75	0	0	0
Koridor 2	186,86	377,254	7,38	0	3,77	0,71	0,86		0,26
Koridor 3	174,45	5.917,20	89	1.528,77	2.18	0,43	0,66	0,67	0,26

1) **Ruang Koridor sektor 1:** Pada koridor ini, material lingkungan gelombang radio disepanjang lintasan didominasi oleh beton dengan luas permukaan 79.597 m², pada ruang ini rugi-rugi lintasan rata-rata 186,85 dB. Korelasi antara material beton dan rugi-rugi lintasan sebesar 0,75. Hasil ini menunjukkan bahwa material beton memiliki pengaruh yang kuat terhadap terjadinya rugi-rugi lintasan gelombang radio.

2) **Ruang Koridor sektor 2:** Pada koridor ini, material lingkungan gelombang radio yang terdapat disepanjang lintasan terdiri dari beton dengan luas permukaan 377.254 m², kaca 7,38 m² dan kayu 3,37 m². Pada ruang koridor ini lintasan gelombang radio menghasilkan rugi-rugi lintasan sebesar 186,86 dB. Korelasi antara material beton dengan rugi-rugi lintasan sebesar 0,71; antara material kaca dengan rugi-rugi lintasan sebesar 0,86 dan antara material kayu dengan rugi-rugi lintasan sebesar 0,26. Hasil ini menunjukkan bahwa pada ruang koridor 2, material beton memiliki hubungan yang kuat dengan terjadinya rugi-rugi lintasan gelombang radio, selanjutnya material kaca memiliki hubungan yang sangat kuat mempengaruhi terjadinya rugi-rugi lintasan pada ruang ini, sementara material kayu memiliki hubungan yang lemah terhadap terjadinya rugi-rugi propagasi gelombang radio.

3) **Ruang Koridor sektor 3:** Pada koridor ini, material lingkungan gelombang radio terdiri dari beton dengan luas permukaan 5.917,20 m², kaca 89 m², besi 1.528,77 m² dan kayu 2,18 m². Pada ruang koridor ini lintasan gelombang radio menghasilkan rugi-rugi lintasan sebesar 174,45 dB. Korelasi antara material beton dengan rugi-rugi lintasan sebesar 0,43; antara material kaca dengan rugi-rugi lintasan sebesar 0,66, antara material besi dengan rugi-rugi lintasan sebesar 0,67 dan antara material kayu dengan rugi-rugi lintasan sebesar 0,26. Hasil ini menunjukkan bahwa pada ruang koridor 3, material beton memiliki hubungan yang cukup dengan terjadinya rugi-rugi lintasan gelombang radio, selanjutnya material kaca dan besi memiliki hubungan yang kuat mempengaruhi terjadinya rugi-rugi lintasan pada ruang ini, sementara material kayu memiliki hubungan yang lemah terhadap terjadinya rugi-rugi propagasi gelombang radio.

Lebih rinci, korelasi material lingkungan gelombang radio dengan rugi-rugi gelombang radio pada setiap ruang koridor dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Koefisien korelasi antara material ruang dan rugi-rugi lintasan

IV. KESIMPULAN

Sinyal gelombang radio pada sistem komunikasi *cellular*, berfluktuasi naik dan turun seiring dengan perubahan jarak lintasan, fluktuasi ini terjadi karena lingkungan radio berubah saat penerima berpindah dari satu titik ke titik lintasan lainnya. Level amplituda sinyal yang terdeteksi pada ke-3 ruang koridor menurun secara linier seiring dengan pertambahan jarak antara Tx-Rx. Laju rugi-rugi propagasi pada ke-3 ruangan berbeda-beda bergantung konstanta propagasinya. Laju terbesar terjadi pada koridor 2 dengan konstanta propagasi sebesar 3,3. Rugi-rugi propagasi pada ke-3 ruang koridor, nilai bertambah secara linier seiring dengan pertambahan jarak dan perubahan lingkungan. Rata-rata rugi propagasi gelombang terbesar terjadi pada koridor 3 dengan nilai sebesar 188,56 dB. Material beton dan besi memiliki hubungan yang kuat mempengaruhi terjadinya rugi-rugi lintasan gelombang radio, material kaca memiliki hubungan yang sangat kuat mempengaruhi terjadinya rugi-rugi lintasan pada ruang koridor, sementara material kayu memiliki hubungan yang lemah mempengaruhi terjadi rugi-ruygi lintasan gelombang radio pada ruang koridor. .

REFERENSI

[1] S. K. Noh and D. Y. Choi, "Propagation model in indoor and outdoor for the LTE communications," *Int. J. Antennas Propag.*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/3134613.

[2] O. E. Jackson, M. Uthman, and S. Umar, "Performance Analysis of Path Loss Prediction Models on Very High Frequency Spectrum," *Eur. J. Eng. Technol. Res.*, vol. 7, no. 2, pp. 87–91, 2022, doi: 10.24018/ejeng.2022.7.2.2783.

[3] D. Amir, S. Aiyub, Indrawati, and mulyadi, "Analisa Korelasi Antara Rugi Propagasi Gelombang Radio Broadcast dalam Ruang Terhadap perubahan Dimensi Volume Ruang," vol. 3, no. 1, pp. 362–368, 2019.

[4] Arief Fareza Rosadi, "Analisis Perbandingan Rugi-Rugi Propagasi Outdoor dan Indoor Pada Jaringan 900MHz-1800MHz Band Pada Fakultas Teknik USU," 2019.

[5] V. S. Abhayawardhana, I. J. Wassell, D. Crosby, M.

P. Sellars, and M. G. Brown, "Comparison of empirical propagation path loss models for fixed wireless access systems," *IEEE Veh. Technol. Conf.*, vol. 61, no. 1, pp. 73–77, 2005, doi: 10.1109/vetecs.2005.1543252.

[6] T. S. Rappaport, *Wireless Communication - Principles & Practice*. New Jersey: Prantice Hall PTR, 2002.

[7] W. Y. C. Lee, *Mobile Counciations Design Fundamentals*. 2010.

[8] W. Y. C. Lee, *Mobile Communications Engineer*, Second Edi. Wiley-Interscience, 2010.

[9] Wufron, *Analisis Regresi Linier dengan IBM SPSS Statistics*, vol. 1, no. March 2020. 2020. doi: 10.31219/osf.io/fwex8.

[10] P. Chege, *Probabilistic and Statistics*, vol. 376, no. 8442. African: ACreative Commonsy, 2005. doi: 10.1080/07293682.1982.9657016.