



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167 (print)

Pengaruh Koridor Terhadap Rugi-Rugi Lintasan Gelombang Radio Di Dalam Gedung Kampus

Panangian Mahadi Sihombing¹, Indah Vusvita Sari², Junaidi Pratama³, Dwiyanto⁴, Muhammad Amril Siregar⁵, dan Sari Novalianda⁶

¹Universitas Al-Azhar, Teknik Elektro, mahadinababan@gmail.com

²Politeknik Caltex Riau, Teknik Telekomunikasi, indahvusvita@gmail.com

³Universitas Al-Azhar, Teknik Elektro, junaidipratama754@gmail.com

⁴Politeknik Penerbangan Medan, Teknik Listrik Bandar Udara, dwiyanto@gmail.com

⁵Politeknik Penerbangan Medan, Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara, m.amrilsiregar@gmail.com

⁶Universitas Al-Azhar, Teknik Elektro, sari_novalianda@yahoo.com

Abstrak

Rugi-rugi lintasan gelombang radio menjadi salah satu parameter penting untuk menjamin kelancaran komunikasi nirkabel. Saat ini, penggunaan komunikasi nirkabel untuk mendukung proses pembelajaran di ruang perkuliahan telah banyak diaplikasikan. Namun, rugi-rugi lintasan gelombang radio di ruang perkuliahan mengalami peningkatan jika gelombang radio berpropagasi dari luar gedung. Hal tersebut disebabkan gelombang radio mengalami rugi-rugi lintasan secara dua tahap, yaitu di luar gedung dan di dalam gedung. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan mengukur dan menganalisis pengaruh koridor di gedung kampus terhadap rugi-rugi lintasan gelombang radio di ruang perkuliahan. Sebuah antena pemancar di luar gedung kampus milik salah satu penyedia jasa layanan telekomunikasi digunakan pada penelitian ini. Selanjutnya metode drive test digunakan untuk mengukur rugi-rugi lintasan gelombang radio di ruang perkuliahan. Tiga model rugi-rugi lintasan yang kontemporer juga digunakan untuk memprediksi rugi-rugi lintasan gelombang radio. Ketiga model tersebut adalah Model Winner+, Model COST231, dan Model 3GPP. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa koridor di dalam gedung mampu menurunkan rugi-rugi lintasan gelombang radio. Selain itu, diketahui juga bahwa Model COST231 lebih akurat memprediksi rugi-rugi lintasan gelombang radio dari luar ke dalam gedung kampus daripada model rugi-rugi lintasan lain yang digunakan.

Kata kunci: rugi-rugi lintasan gelombang radio, komunikasi nirkabel, rugi-rugi lintasan dari luar ke dalam gedung, drive test, Model Winner+, Model COST231, dan Model 3GPP.

Abstract

Path losses are one of the important parameters to ensure smooth wireless communication. Currently, the use of wireless communication to support the learning process in the lecture room has been widely applied. However, the path loss increases in the lecture room if the radio waves propagate from outside the building. This is because radio waves experience path losses in two stages, namely outside the building and inside the building. Based on this background, this study aims to measure and analyze the influence of corridors in campus buildings on path losses in

lecture rooms. A transmitting antenna outside the campus building belonging to one of the telecommunications service providers was used in this study. Furthermore, the drive test method is used to measure the path losses in the lecture room. Three contemporary path loss models are also used to predict path losses. The three models are the Winner+ Model, COST231 Model, and 3GPP Model. Based on the results of the study, it is known that the corridors in the building are able to reduce the path losses. In addition, it is also known that the COST231 Model more accurately predicts the path losses from outdoor to indoor than other path loss models used.

Keywords: path losses, wireless communication, outdoor to indoor path losses, drives test, Winner+ Models, COST231 Models, and 3GPP Models.

1. Pendahuluan

Perangkat penguat daya dan/ atau *wireless fidelity* (wifi) yang terpasang di dalam gedung sangat diperlukan untuk menjamin kelancaran komunikasi nirkabel di dalam gedung. Namun, kebanyakan gedung tidak memiliki perangkat tersebut atau penggunaannya yang terbatas, sehingga setiap pengguna masih bergantung pada gelombang radio yang dipancarkan oleh antena pemancar dari luar gedung. Level daya gelombang radio yang diterima oleh pengguna belum tentu memadai akibat peningkatan rugi-rugi lintasan gelombang radio. Selama gelombang radio berpropagasi, level daya gelombang radio menurun seiring dengan peningkatan rugi-rugi lintasan yang disebabkan oleh peningkatan jarak dan jumlah penghalang diantara pemancar dan penerima. Oleh karena itu, diperlukan sebuah model rugi-rugi lintasan untuk memprediksi rugi-rugi lintasan dari luar ke dalam gedung. Sehingga, model tersebut dapat digunakan sebagai referensi untuk meningkatkan kinerja antena pemancar yang ditempatkan di luar gedung untuk mendukung komunikasi nirkabel di dalam gedung [1], [2].

Terdapat beberapa penelitian terkait rugi-rugi lintasan dari luar ke dalam gedung. Penelitian ini merupakan pengembangan dari Penelitian [3]. Perbedaan penelitian ini terhadap penelitian sebelumnya adalah penelitian sebelumnya hanya menguji rugi-rugi lintasan pada Lantai 1. Sedangkan pada Penelitian ini menguji rugi-rugi lintasan pada Lantai 1 dan Lantai 3. Lantai 2 tidak digunakan karena merupakan ruang administrasi sehingga tidak memiliki akses masuk terbatas. Pada Penelitian [4]–[7], telah diteliti rugi-rugi lintasan dari luar ke dalam dengan mengaplikasikan frekuensi di luar dari 1.8 GHz dan 2.1 GHz. Pada Penelitian [5], frekuensi 1.8 GHz juga diaplikasikan, namun penelitian tersebut tidak mengaplikasikan model rugi-rugi lintasan dan hanya bertujuan mengukur rugi-rugi yang disebabkan oleh penyerapan dinding.

Penelitian ini mengaplikasikan tiga model rugi-rugi lintasan untuk memprediksi rugi-rugi lintasan dari luar ke dalam gedung. Ketiga model rugi-rugi lintasan tersebut, yaitu Model 3GPP, Model WINNER+ dan Model COST231 [8]. Selanjutnya, ketiga model tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran rugi-rugi lintasan. Pengukuran rugi-rugi lintasan dilakukan dengan menggunakan metode *drive test*. Sedangkan perbandingan model rugi-rugi lintasan dilakukan dengan menggunakan beberapa formula statistik, yaitu *Mean Error* (ME), *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Standard Deviation Error* (SDE) [2], [3].

2. Tinjauan Pustaka

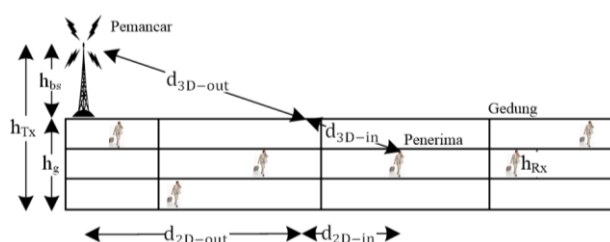
Prediksi rugi-rugi lintasan dari luar ke dalam gedung lebih komplis dibandingkan dengan rugi-rugi lintasan di luar dan rugi-rugi lintasan di dalam gedung. Karena rugi-rugi lintasan dari luar ke dalam gedung melibatkan rugi-rugi lintasan di luar gedung dan rugi-rugi lintasan di dalam gedung. Terdapat berbagai jenis model rugi-rugi lintasan dari luar ke dalam gedung. Namun, pada penelitian ini hanya menggunakan tiga model rugi-rugi lintasan gelombang radio yang paling kontemporer, yaitu Model 3GPP, Model WINNER+ dan Model COST231.

2.1 Model 3GPP

Formula Model 3GPP untuk menghitung rugi-rugi lintasan gelombang radio diperlihatkan pada Persamaan 1 [9].

$$L_{3GPP} = L_{OL3GPP} + L_{EW3GPP} + L_{In3GPP} + N(0, \sigma_p^2) \quad (1)$$

L_{3GPP} adalah total rugi-rugi lintasan Model 3GPP dari luar ke dalam (dB). L_{OL3GPP} adalah rugi-rugi lintasan Model 3GPP di luar gedung pada keadaan LOS (dB). L_{EW3GPP} adalah rugi-rugi lintasan Model 3GPP akibat menembus dinding terluar gedung (rugi-rugi penetrasi – dB). L_{In3GPP} adalah rugi-rugi lintasan di dalam gedung (dB). $N(0, \sigma_p^2)$ adalah rugi-rugi lintasan Model 3GPP yang ditentukan dari hasil perkalian antara jumlah dinding (N) yang ditembus oleh gelombang radio dan standar deviasi (σ_p) dari rugi-rugi penetrasi dinding (dB). Ilustrasi penjelasan jarak yang digunakan dalam perhitungan model 3GPP diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Penjelasan Variabel Jarak Model 3GPP [9]

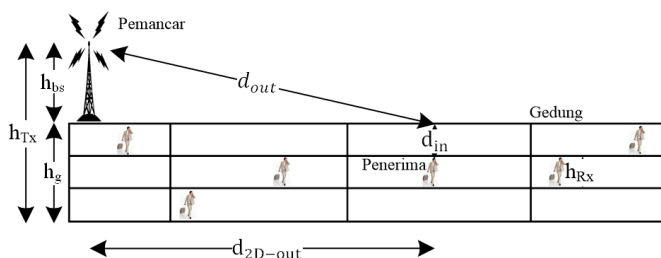
d_{3D-out} adalah jarak antara antena pemancar terhadap dinding terluar gedung (m). d_{3D-in} adalah jarak antara dinding terluar gedung terhadap antena penerima (m). d_{2D-out} adalah jarak horizontal antara antena pemancar terhadap dinding terluar gedung (m). d_{2D-in} adalah jarak horizontal antara dinding terluar gedung terhadap antena penerima di dalam gedung (m). h_{Tx} dan h_{Rx} masing-masing adalah tinggi antena pemancar (m) dan tinggi antena penerima (m).

2.2 Model WINNER+

Prediksi rugi-rugi lintasan Model Winner+ (*Hexagonal Lay – Out*) dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2. L_{WL} adalah total rugi-rugi lintasan dari luar ke dalam gedung Model Winner+ (dB). L_{OLW} adalah rugi-rugi lintasan di luar gedung Model Winner+ (dB).

$$L_{WL} = L_{OLW} + 21,04 + 14 \cdot (1 - 1,8 \cdot \log_{10}(f_c)) + L_{In} \quad (2)$$

L_{In} adalah rugi-rugi lintasan di dalam gedung. f_c adalah frekuensi gelombang radio yang digunakan (GHz). Gambar 2 adalah penjelasan parameter jarak Model Winner+. d_{out} adalah jarak antara antena pemancar dan suatu titik pada dinding terluar bangunan yang paling dekat terhadap antena penerima (m).



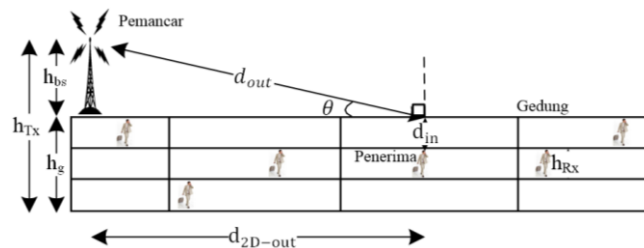
Gambar 2. Ilustrasi Penjelasan Variabel Jarak Model Winner+

2.3 Model COST231

Persamaan 3 adalah formula Model COST231 untuk menghitung rugi-rugi lintasan gelombang radio dari luar ke dalam gedung.

$$L_{CL} = 32,4 + 20 \cdot \log_{10}(f_c) + 20 \cdot \log_{10}(d_{out} + d_{in}) + L_{EWC} + \max(\Gamma_1, \Gamma_2) \quad (3)$$

L_{CL} adalah total rugi-rugi lintasan Model COST231 (dB). L_{EWC} adalah rugi-rugi lintasan Model COST231 disebabkan menembus dinding terluar gedung (rugi-rugi penetrasi – dB). $\max(\Gamma_1, \Gamma_2)$ adalah rugi-rugi lintasan Model COST231 berdasarkan hasil perbandingan nilai maksimal antara nilai Γ_1 dan nilai Γ_2 (dB). Penjelasan jarak pada Model COST231 diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Penjelasan Variabel Jarak Model COST231

3. Metodologi

Terdapat tiga tahapan penelitian pada penelitian ini, yaitu menentukan objek penelitian, metode pengukuran rugi-rugi lintasan gelombang radio, dan metode analisis data.

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sebuah gedung perkuliahan bertingkat, yaitu Gedung J14 seperti diperlihatkan pada Gambar 4 dan Gambar 5 berikut. Gedung tersebut terletak di Universitas Sumatera Utara, Indonesia. Sedangkan ruang perkuliahan atau pada bagian dalam Gedung J14 diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 4. Tampak Samping Gedung J14



Gambar 5. Tampak Atas Gedung J14



Gambar 6. Ruang Perkuliahan Gedung J14

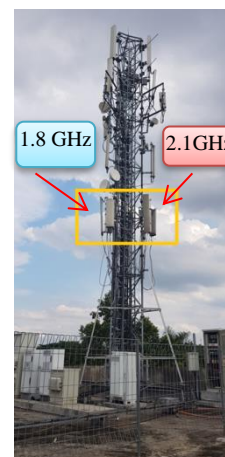
Berdasarkan pengamatan objek penelitian di lapangan. Gedung J14 memiliki spesifikasi seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Gedung J14

Spesifikasi	Jenis Bahan	Ketebalan (cm)
Atap	Beton	30
Lantai	Beton	30
Dinding	Bata	17
Jendela	Kaca	1

3.2 Spesifikasi Antena

Pada penelitian ini, antena pemancar berada di atas Gedung J14 seperti diperlihatkan pada Gambar 7. Spesifikasi antena tersebut diperlihatkan pada Tabel 2.



(a) (b)
Gambar 7. (a) Antena Pemancar di Atas Gedung J14 (b)

Tabel 2. Spesifikasi Antena Pemancar

Parameter	Spesifikasi Antena Pemancar	
	1,8 GHz	2,1 GHz
Merek	Tongyu	Tongyu
Tipe	TDQ-182020DE-65P	TDQ-182020DE-65P
Jenis	Sektoral	Sektoral
Frekuensi	1.795 MHz	2.045 MHz
Daya Pancar (EIRP)	66,8 dBm	66 dBm
Gain	19 dBi	19 dBi
Azimuth	40 ⁰	40 ⁰
Tinggi Total Antena (h_{BS})	22,8 m	22,8 m
Tinggi Antena (h_{bs})	10 m	10 m
Tinggi Gedung (h_g)	12 m	12 m

Antena penerima yang digunakan adalah antena yang tertanam di dalam *smartphone*. Spesifikasi antena penerima diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Antena Penerima

Parameter	Spesifikasi
Merek	Sony Ericsson W995
Tipe	Omnidirectional
Feeder Loss	0 dB
Gain	1,5 dB
Tinggi Antena (h_{ms})	1,5 meter

3.3 Metode Drive Test

Pada penelitian ini, pengukuran rugi-rugi lintasan dilakukan menggunakan metode drive test. Metode drive test umumnya digunakan untuk mengukur jangkauan daya pancar suatu antena. Metode tersebut dipilih karena memiliki kelebihan berupa akurasi yang cukup tinggi serta mudah dalam instalasi dan penggunaannya. Peralatan yang diperlukan pada metode *drive test* diperlihatkan pada Tabel 4. Pada penelitian ini, Pengukuran rugi-rugi lintasan menggunakan metode drive test dilakukan dengan berjalan kaki di dalam ruang perkuliahan.



Gambar 8. Rangkaian Drive Test

Tabel 4. Perangkat Drive Test

Perangkat	Unit
User Equipment (UE)/Handphone Sony Ericsson W995/Samsung S5	2 Buah
Software Tems Investigation 10.0.5 Data Collection	1 Buah
Drive test map atau route map pada software Map Info Investigation 12.0.2	1 Buah
Global Positioning System (GPS) Dongle	1 Buah
Laptop	1 Buah
Kabel USB	Secukupnya

Berdasarkan Tabel 4, dua buah telepon genggam merek Sony Ericsson W995 digunakan secara bersama-sama sebagai antena penerima untuk mengukur rugi-rugi lintasan gelombang radio pada frekuensi 1,8 GHz dan 2,1 GHz. Software Tems Investigation 10.0.5 Data Collection digunakan untuk menyimpan dan mengolah data hasil pengukuran rugi-rugi lintasan gelombang radio. Drive test map dan GPS Dongle digunakan untuk menampilkan posisi pengukuran. Laptop dan USB digunakan untuk memproses perangkat-perangkat yang terhubung padanya.

3.4 Metode Analisis

Formula *mean error* (ME), *standard deviation error* (SDE), dan *root mean square error* (RMSE) digunakan untuk menganalisis data hasil penelitian. Data penelitian meliputi data rugi-rugi lintasan hasil pengukuran dan hasil perhitungan menggunakan model rugi-rugi lintasan yang telah ditentukan. Persamaan 4, Persamaan 5, dan Persamaan 6 adalah masing-masing persamaan ME, SDE, dan RMSE.

$$ME = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |L_{ukur,i} - L_{hitung,i}| \quad (4)$$

$$ESD = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (|L_{ukur,i} - L_{hitung,i}| - ME)^2} \quad (5)$$

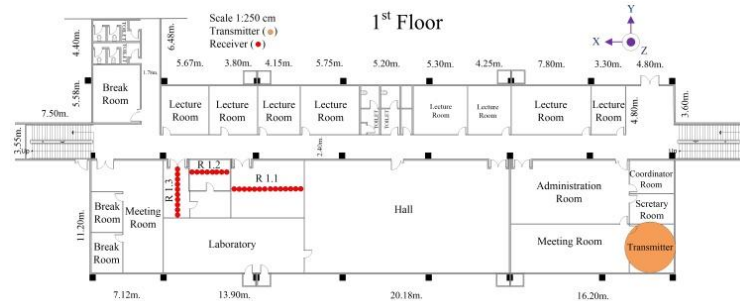
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |L_{ukur,i} - L_{hitung,i}|^2} \quad (6)$$

n adalah jumlah sampel pengukuran rugi-rugi lintasan. $L_{ukur,i}$ adalah rugi-rugi lintasan ke- i dari hasil pengukuran (dB). $L_{hitung,i}$ adalah rugi-rugi lintasan ke- i dari hasil perhitungan (dB).

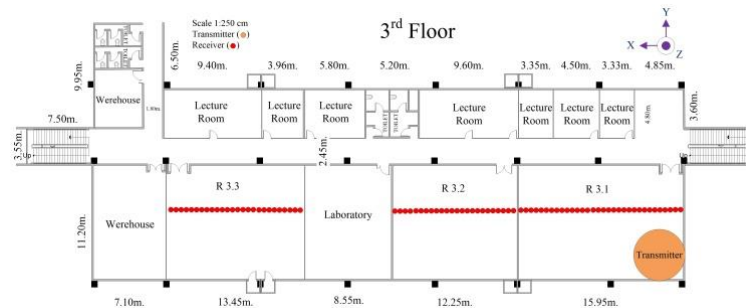
4. Hasil dan Analisis

Pengukuran rugi-rugi lintasan pada Gedung J14 mengaplikasikan dua frekuensi, yaitu 1,8 GHz dan 2,1 GHz. Pada penelitian ini, pengukuran rugi-rugi lintasan dilakukan di dalam ruang perkuliahan. Oleh karena itu, pada Lantai 1 dipilih ruang R 1.1, R 1.2, dan R 1.3, sedangkan di Lantai 3 dipilih

ruang R 3.1, R 3.2, dan R 3.3. Ilustrasi pola pengukuran rugi-rugi lintasan di setiap lantai masing – masing diperlihatkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



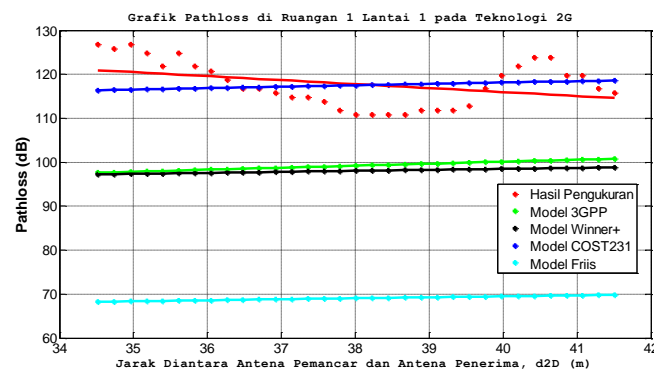
Gambar 9. Pola Pengukuran di Lantai 1

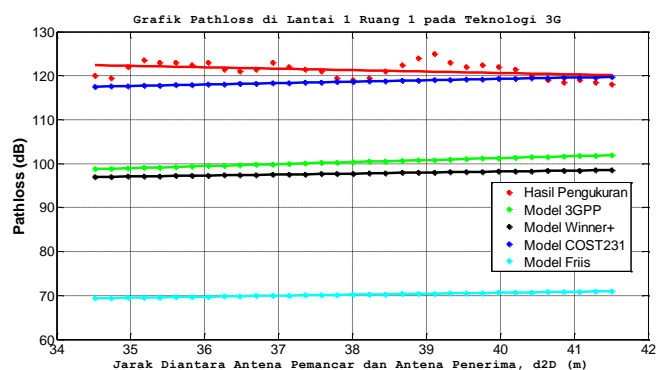


Gambar 10. Ilustrasi pola Pengukuran di Lantai 3

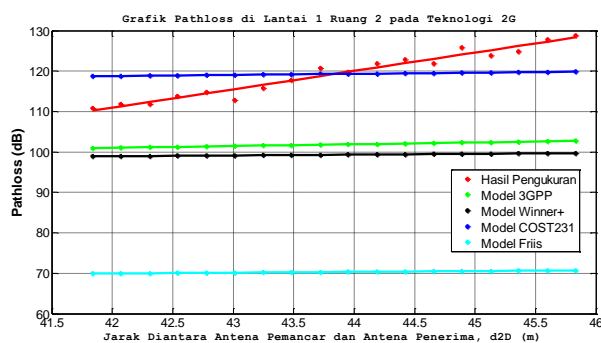
Data rugi-rugi lintasan hasil perhitungan menggunakan model propagasi yang telah ditentukan diperoleh dengan menyesuaikan parameter di lapangan. Penyesuaian tersebut berupa perubahan jarak, jumlah penghalang, maupun jenis penghalang di dalam. Berdasarkan data hasil pengukuran dan perhitungan rugi – rugi lintasan, maka diperoleh perbandingan grafik rugi rugi lintasan seperti diperlihatkan pada Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13, Gambar 14, Gambar 15, dan Gambar 16. Penelitian ini menggunakan Simulator Matlab untuk mengolah data penelitian.

Pada Gambar 11, hasil pengukuran rugi – rugi lintasan menurun mulai dari jarak 35.5 m – 40.5 m. Berdasarkan Gambar 9, titik pengukuran menjauhi pemancar namun mendekati pintu. Dengan demikian, level sinyal terima yang lebih tinggi diperoleh dari propagasi gelombang radio pada koridor. Sedangkan pada Gambar 12, rugi – rugi lintasan menurun secara signifikan mulai dari jarak pengukuran 37 m – 39 m. Berdasarkan Gambar 8 dan Gambar 9, pemancar 2.1 GHz tidak mengarah ke koridor seperti pada pemancar 1.8 GHz.

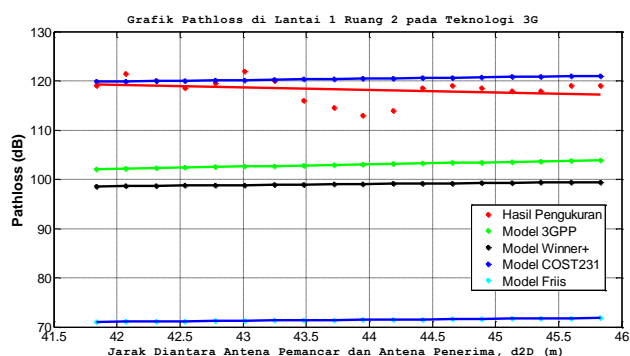


Gambar 11. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 1.1 pada 1.8 GHz**Gambar 12. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 1.1 pada 2.1 GHz**

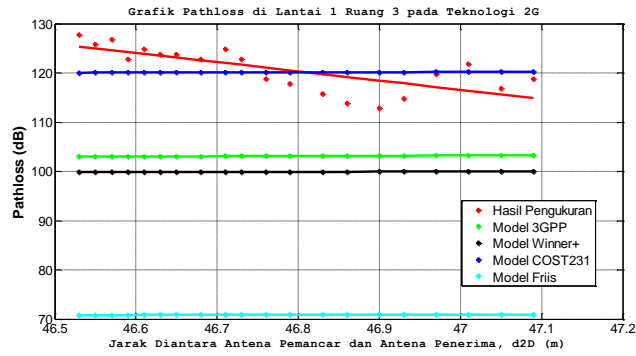
Rugi – rugi lintasan hasil pengukuran pada Gambar 13 meningkat secara signifikan seiring peningkatan jarak diantara pemancar dan penerima.

**Gambar 13. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 1.2 pada 1.8 GHz**

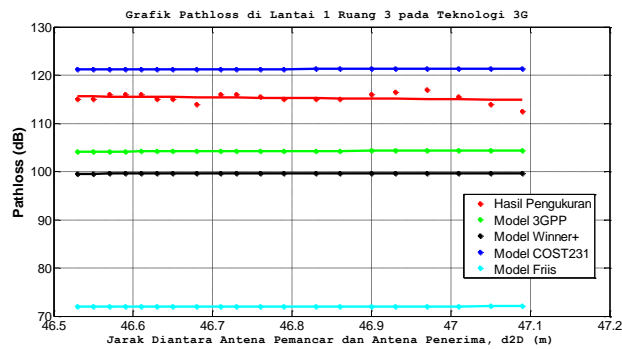
Hal tersebut disebabkan karena pintu R 1.2 tidak mengarah ke koridor melainkan ke sisi yang berlawanan. Di sisi lain, berdasarkan Gambar 14, rugi – rugi lintasan hasil pengukuran sedikit menurun. Hal tersebut disebabkan karena arah pancar antenna 2.1 GHz lebih mengarah ke penerima daripada ke koridor.

**Gambar 14. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 1.2 pada 2.1 GHz**

Berdasarkan Gambar 15, rugi – rugi lintasan hasil pengukuran menurun secara signifikan. Hal tersebut disebabkan karena pintu R 1.3 mengarah ke koridor. Sedangkan pada Gambar 16, rugi – rugi lintasan hasil pengukuran sedikit menurun. Hal tersebut disebabkan karena arah pancar antenna 2.1 GHz tidak mengarah ke koridor.

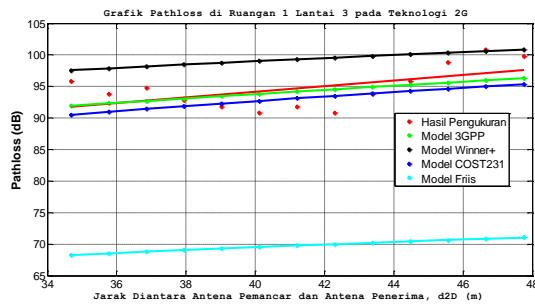


Gambar 15. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 1.3 pada 1.8 GHz

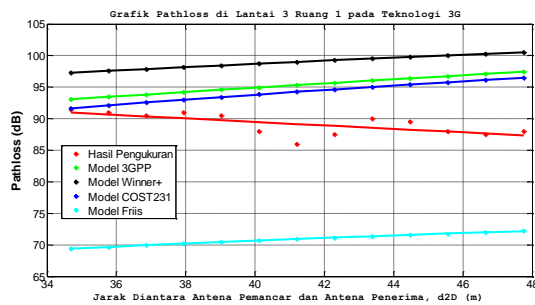


Gambar 16. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 1.3 pada 2.1 GHz

Hasil pengukuran rugi – rugi lintasan berdasarkan Gambar 17 meningkat seiring dengan peningkatan jarak. Hal tersebut disebabkan penerima menerima daya side lobe pemancar. Tidak seperti hasil pengukuran rugi – rugi lintasan berdasarkan Gambar 18 yang secara signifikan menurun karena penerima memperoleh daya main lobe antenna.

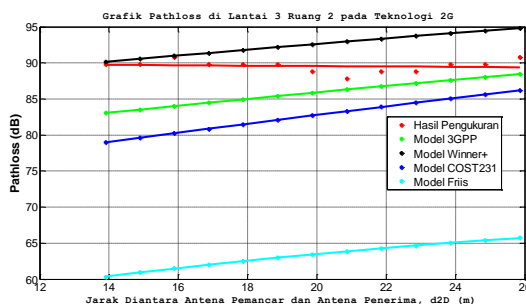
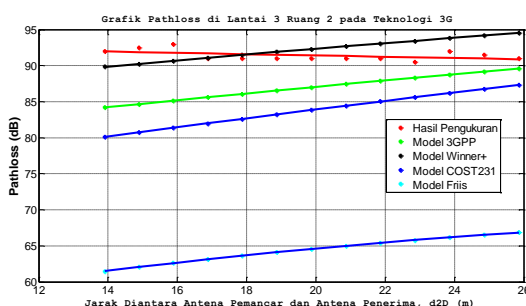


Gambar 17. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 3.1 pada 1.8 GHz

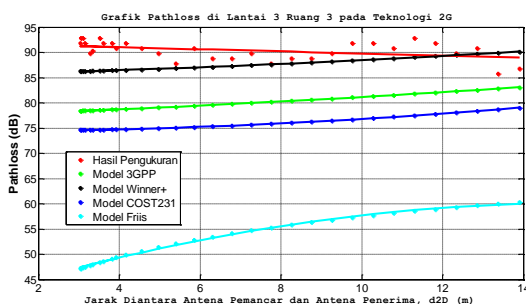


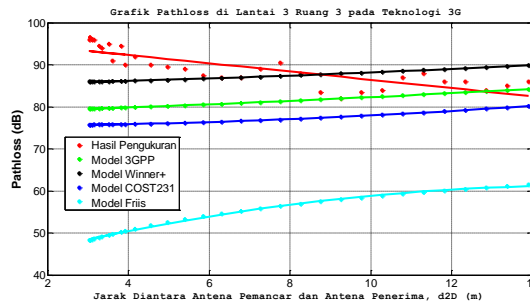
Gambar 18. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 3.1 pada 2.1 GHz

Pada Gambar 19 dan Gambar 20, rugi – rugi lintasan hasil pengukuran sedikit menurun seiring dengan peningkatan jarak. Hal tersebut terjadi karena penerima masih memperoleh daya side lobe antenna. Daya side lobe akan semakin besar jika penerima semakin menjauhi pemancar.

**Gambar 19. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 3.2 pada 1.8 GHz****Gambar 20. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 3.2 pada 2.1 GHz**

Rugi – rugi lintasan hasil pengukuran pada Gambar 21 mengalami sedikit penurunan dibandingkan dengan rugi – rugi lintasan hasil pengukuran pada Gambar 22. Berdasarkan Gambar 8 dan Gambar 10, arah pancar Pemancar 1.8 GHz cenderung mengarah ke koridor sedangkan arah pancar Pemancar 2.1 cenderung mengarah ke penerima. Dengan demikian, Penerima 1.8 GHz mendapatkan daya side lobe pemancar. Penurunan rugi – rugi lintasan hasil pengukuran pada 1.8 GHz disebabkan pintu R 3.3 mengarah ke koridor. Rugi – rugi lintasan hasil pengukuran pada Gambar 22 mengalami penurunan signifikan disebabkan penerima mendapatkan daya *main lobe* Pemancar 2.1 GHz yang semakin besar seiring peningkatan jarak.

**Gambar 21. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 3.3 pada 1.8 GHz**



Gambar 22. Grafik Rugi-Rugi Lintasan di R 3.3 pada 1.8 GHz

Berdasarkan Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13, Gambar 14, Gambar 15, Gambar 16, Gambar 21, dan Gambar 22, diketahui rugi – rugi lintasan hasil pengukuran pada Lantai lebih besar dari 110 dB. Sedangkan, rugi – rugi lintasan hasil pengukuran di Lantai 3 lebih kecil dari 100 dB. Hal tersebut disebabkan karena daya gelombang radio yang dipancarkan oleh pemancar ke Lantai 1 telah terserap oleh atap dan lantai. Sedangkan pada Lantai 3, penyerapan daya gelombang radi dari pemancar terjadi pada atap dan tidak pada lantai.

Data rugi – rugi lintasan hasil pengukuran dan perhitungan yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan Persamaan 4, Persamaan 5, dan Persamaan 6. Dengan menggunakan Simulator Matlab maka telah diperoleh nilai ME, ESD, dan RMSE dari seluruh data rugi – rugi lintasan yang telah diperoleh seperti diperlihatkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Nilai Rata-Rata ME, ESD dan RMSE Setiap Model Propagasi

Model Propagasi	1,8 GHz			2,1 GHz		
	ME	ESD	RMSE	ME	ESD	RMSE
3GPP	10,9 dB	3,9 dB	12,7 dB	11,8 dB	2,1 dB	12,1 dB
Winner+	13,6 dB	4,2 dB	14,3 dB	14,0 dB	1,8 dB	14,2 dB
COST231	4,4 dB	2,8 dB	5,3 dB	4,1 dB	2,1 dB	4,9 dB

Berdasarkan Tabel 5, pada frekuensi 1,8 GHz nilai masing-masing ME, ESD, dan RMSE terkecil adalah 4,4 dB, 2,8 dB, dan 5,3 dB. Nilai-nilai tersebut dicapai oleh Model COST231. Sedangkan, pada frekuensi 2,1 GHz masing-masing nilai terendah dari ME, ESD, dan RMSE adalah 4,1 dB, 1,8 dB, dan 4,9 dB. Nilai terendah ME dan RMSE dicapai oleh Model COST231 sedangkan nilai terendah ESD dicapai oleh Model Winne+ dengan selisih 0,3 dB dari Model COST231. Dengan demikian, berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa Model COST231 dominan lebih akurat daripada model propagasi lain yang digunakan. Kekuratan tersebut dimaksudkan dalam memprediksi rugi-rugi lintasan gelombang radio dari luar ke dalam gedung kampus. Selanjutnya, bedasarkan seluruh data rugi–rugi lintasan hasil pengukuran, bahwa gelombang radio dengan frekuensi 1,8 GHz dan 2,1 GHz tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap perubahan rugi – rugi lintasan gelombang radio dari luar ke dalam gedung kampus.

5. Kesimpulan

koridor di dalam gedung mampu menurunkan rugi-rugi lintasan gelombang radio. Selain itu, Model COST231 paling akurat diaplikasikan untuk mempredikasi rugi – rugi lintasan gelombang radio dari luar ke dalam gedung. Model COST231 juga telah memenuhi standar ITU-R karena memiliki standar deviasi error lebih kecil dari 10 dB. Arah pancar pemancar mempengaruhi rugi – rugi lintasan dari luar ke dalam gedung. Frekuensi gelombang radio 1.8 GHz dan 2.1 GHz tidak mempegaruhi perubahan rugi – rugi lintasan.

Daftar Pustaka

- [1] P. M. Sihombing, L. T. H. H. A. Samosir, M. W. Sitopu, J. Margolang, and J. Hidayat, "Microstrip Antenna Design Using Meander Line Technique for Communication between Pilot and Air Traffic Controller in VHF A/G Band," 2020, pp. 111–114, doi: 10.1109/ELTICOM50775.2020.9230499.
- [2] M. Pinem, M. Zulfin, S. Suherman, P. M. Sihombing, and S. I. Rezkika, "Characterization of Outdoor to Indoor Propagation in Urban Area by Using A Combination of COST231 Walfisch-Ikegami and COST231 Multiwall Models in 1800 Mhz and 2100 Mhz," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, pp. 698–702, 2018, [Online]. Available: website: www.sciencepubco.com/index.php/IJET.
- [3] P. M. Sihombing, M. Pinem, and S. I. Rezkika, "Analysis of the selection of propagation models from outside into the building at 1800 MHz and 2100 MHz," *Sinkron*, vol. 5, no. 2, pp. 239–250, 2021, doi: 10.33395/sinkron.v5i2.10871.
- [4] V. Fuschini, F. and Barbiroli, M. and Vitucci, E.M. and Degli-Esposti, "Multi-Band Outdoor-to-Indoor Propagation Measurements Using a Drone," in *2022 16th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, 2022, pp. 1–4, doi: 10.23919/EuCAP53622.2022.9769075.
- [5] R. Sheikh, Muhammad Usman and Mela, Lauri and Saba, Norshahida and Ruttik, Kalle and Jäntti, "Outdoor to Indoor Path Loss Measurement at 1.8GHz, 3.5GHz, 6.5GHz, and 26GHz Commercial Frequency Bands," in *2021 24th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC)*, 2021, pp. 1–5, doi: 10.1109/WPMC52694.2021.9700427.
- [6] J.-J. Lee, Juyul and Kim, Kyung-Won and Kim, Myung-Don and Park, "Multipath Characteristics of Outdoor-to-Indoor Propagation Based on 32-GHz Measurements," in *2020 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, 2020, pp. 1–5, doi: 10.23919/EuCAP48036.2020.9135828.
- [7] N. Jun, Sung Yun and Caudill, Derek and Chuang, Jack and Papazian, Peter B. and Bodi, Anuraag and Gentile, Camillo and Senic, Jelena and Golmie, "Penetration Loss at 60 GHz for Indoor-to-Indoor and Outdoor-to-Indoor Mobile Scenarios," in *2020 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, 2020, pp. 1–5, doi: 10.23919/EuCAP48036.2020.9135581.
- [8] S. P. Pinem, Maksun and Sari, Indah Vusvita and Iqbal, Muhammad and Anggriani, Tria and Simorangkir, Andreas J. D. and Panjaitan, "Path Loss Characterization for Incoming Signal in Building Corridor," in *2021 5th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 2021, pp. 73–77, doi: 10.1109/ELTICOM53303.2021.9590141.
- [9] 3GPP TR 38.901, *Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz*, vol. 14.0.0. France: ETSI, 2017.