

ANALISIS *PATHLOSS* JARINGAN 5G MIDDLE BAND 3,5GHZ DENGAN MODEL *STANFORD UNIVERSITY INTERIM (SUI)* DAN *CLOSE-IN (CI)*

Nazario Luis Yudi Karangan^{1*}, Samuel Panggalo², Azran Budi Arief³, Andani Achmad⁴, Wardi⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Hasanuddin; Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10; telp (0411) 584200

Keywords:

Pathloss, Power Receive, 5G, Matlab, Stanford University Interim (SUI), Close-In (CI)

Correspondent Email:

karangannly18d@student.unh.ac.id

Abstrak. Implementasi jaringan 5G di Indonesia terus mengalami perkembangan dengan fokus utama pada pemerataan cakupan melalui pembangunan infrastruktur yang memadai. Pembangunan ini dipengaruhi oleh berbagai parameter teknis, seperti ketinggian gNodeB, jarak, serta daya pancar, yang secara langsung memengaruhi kinerja jaringan, termasuk besarnya nilai pathloss. Pathloss sendiri merupakan pelemahan daya atau hilangnya energi selama proses transmisi informasi melalui gelombang radio, yang dipengaruhi oleh faktor jarak, frekuensi, dan ketinggian antenna. Dengan mempertimbangkan aspek-aspek tersebut, pembangunan jaringan 5G diharapkan dapat memberikan manfaat optimal, baik bagi operator maupun pelanggan, khususnya dalam menghadirkan layanan yang andal di kawasan perkotaan. Penelitian ini menganalisis nilai pathloss dan daya terima (Power Receive) pada frekuensi 3,5 GHz (mid-band) dengan parameter jarak, menggunakan perbandingan pemodelan pathloss 5G untuk sel urban makro, yaitu Stanford University Interim (SUI) dan Close-In (CI). Proses pemodelan dilakukan melalui simulasi menggunakan perangkat lunak Matlab R2021a. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak sangat memengaruhi nilai pathloss maupun daya terima pada kedua model (SUI dan CI). Semakin jauh jarak antara gNodeB dan penerima, maka nilai pathloss semakin besar, baik pada kondisi Line of Sight (LOS) maupun Non-Line of Sight (NLOS). Pada model CI dalam kondisi LOS diperoleh nilai pathloss terendah sebesar 101,48 dB, sedangkan nilai tertinggi diperoleh dari model SUI sebesar 140,45 dB. Hal serupa terjadi pada kondisi NLOS, di mana nilai pathloss terendah terdapat pada model CI sebesar 125,63 dB, sementara nilai tertinggi terdapat pada model SUI sebesar 150,45 dB.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. *The implementation of 5G networks in Indonesia continues to develop, with a primary focus on achieving equitable coverage through the construction of adequate infrastructure. This development is influenced by several technical parameters, such as gNodeB height, distance, and transmit power, all of which directly affect network performance, including the value of pathloss. Pathloss refers to the reduction in power or loss of energy during the transmission of information through radio waves, which is influenced by factors such as distance, frequency, and antenna height. By considering these aspects, the deployment of 5G networks is expected to provide optimal benefits for both operators and users, particularly in ensuring reliable services in urban areas. This study analyzes pathloss and received power at a frequency of 3.5 GHz (mid-band) with distance as the main parameter, using a comparison of 5G pathloss models for urban macro cells, namely the Stanford University Interim (SUI) model and the Close-In (CI) model. The modeling*

process was carried out through simulations using Matlab R2021a software. The results show that distance significantly affects both pathloss and received power in both models (SUI and CI). The greater the distance between the gNodeB and the receiver, the higher the pathloss value, under both Line of Sight (LOS) and Non-Line of Sight (NLOS) conditions. In the CI model under LOS conditions, the lowest pathloss value obtained was 101.48 dB, while the highest value in the SUI model was 140.45 dB. A similar pattern was observed under NLOS conditions, where the lowest pathloss value was recorded in the CI model at 125.63 dB, while the highest value was found in the SUI model at 150.45 dB.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah pengguna komunikasi seluler menunjukkan evolusi teknologi telekomunikasi. Untuk memenuhi kebutuhan akses layanan yang semakin besar, dikembangkan teknologi generasi kelima (5G) yang mampu menyediakan kecepatan hingga 10 Gbit/s serta mendukung jumlah pengguna yang terus bertambah [5].

Perencanaan jaringan telekomunikasi yang baik diperlukan untuk menjamin kualitas layanan. Salah satu parameter penting adalah pathloss, yaitu redaman sinyal elektromagnetik akibat propagasi melalui media transmisi. Nilai pathloss dipengaruhi oleh lingkungan, kontur tanah, media propagasi, jarak pemancar-penerima, dan ketinggian antenna [10]. Analisis pathloss digunakan untuk memprediksi cakupan jaringan serta menentukan jumlah site yang dibutuhkan dalam implementasi jaringan baru.

Di Indonesia, 5G mulai diimplementasikan pada tahun 2022 dengan penggunaan pita frekuensi low band (<1 GHz), mid band (1–6 GHz, termasuk 3,5 GHz), dan high band (>24 GHz/mmWave). Setiap pita frekuensi mendukung layanan yang berbeda, mulai dari cakupan luas (mMTC), broadband berkecepatan tinggi (eMBB), hingga layanan mission-critical [1].

Untuk perhitungan propagasi, berbagai model dapat digunakan, seperti Okumura-Hatta, COST-231, ABG, dan COST-Hatta. Namun, pada penelitian ini dipilih model Stanford University Interim (SUI) dan model Close-In (CI) karena keduanya relevan untuk frekuensi 3,5 GHz serta dapat diaplikasikan pada kondisi urban hingga rural di Indonesia. Model SUI banyak digunakan dalam industri telekomunikasi, sedangkan model CI

dikembangkan oleh WiMAX Forum. Analisis perhitungan pathloss dengan kedua model dilakukan menggunakan MATLAB, sehingga diharapkan hasilnya dapat membantu operator dalam perencanaan cakupan jaringan 5G.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Five Generation (5G)

Teknologi 5G merupakan generasi kelima jaringan nirkabel yang menjadi kelanjutan dari perkembangan sebelumnya, mulai dari 2G hingga 4G. Berbeda dengan generasi sebelumnya yang berfokus pada peningkatan kecepatan dan efisiensi, 5G tidak hanya menghadirkan broadband seluler yang lebih baik (enhanced Mobile Broadband/eMBB), tetapi juga dirancang untuk mengatasi lonjakan trafik data yang terus meningkat [2]. Selain itu, 5G mendukung penggunaan frekuensi gelombang milimeter (*mmWave*) pada rentang 3–300 GHz (Nugraha & Hikmaturokhman, 2017). Teknologi ini juga menerapkan *Massive Multiple Input Multiple Output* (Massive MIMO) yang mampu meningkatkan kapasitas dan efisiensi transmisi, serta memanfaatkan jaringan heterogen dengan mengombinasikan sel mikro dan sel makro untuk memperluas cakupan layanan. [21]

2.2 LOS dan NLOS

Line of Sight (LOS) adalah kondisi di mana sinyal ditransmisikan langsung dari pemancar ke penerima tanpa terhalang oleh objek fisik. Kondisi ini dianggap ideal dalam komunikasi nirkabel karena gangguan propagasi hanya dipengaruhi oleh faktor atmosfer, cuaca, atau karakteristik frekuensi yang digunakan. Pada lingkungan Line of Sight (LOS), sinyal dapat menjangkau jarak yang lebih jauh dengan kualitas yang lebih baik serta

menghasilkan throughput yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada kondisi Non-Line of Sight (NLOS) terjadi ketika sinyal dari pemancar harus melewati berbagai hambatan sebelum mencapai penerima. Dalam kondisi ini, sinyal dapat mengalami pantulan, difraksi, refraksi, penyerapan, maupun hamburan sehingga menghasilkan multipath, yaitu sinyal duplikat yang tiba di penerima dengan waktu, arah, dan kekuatan berbeda. Kondisi ini membuat sistem komunikasi NLOS lebih kompleks dibandingkan LOS, sehingga diperlukan teknik khusus untuk mengatasi permasalahan propagasi tersebut. Dengan demikian, keberadaan sistem NLOS yang andal berperan penting dalam menyederhanakan proses perencanaan jaringan serta mendukung optimalisasi pengelolaan cakupan layanan secara lebih efektif.[7]

2.3 Pathloss

Pathloss adalah besarnya redaman atau hilangnya daya sinyal selama proses transmisi gelombang radio dari pemancar ke penerima. Redaman ini merupakan gabungan antara redaman ruang bebas (*free space loss*) dan redaman tambahan akibat efek fading dari objek-objek di sekitar jalur propagasi. Faktor-faktor yang memengaruhi besarnya pathloss antara lain frekuensi sinyal, jarak antara pemancar dan penerima, serta kondisi lingkungan. Selain itu, parameter teknis seperti tinggi antena pemancar (h_{BS}) dan tinggi antena penerima (h_{UT}) juga berperan penting dalam menentukan nilai pathloss pada suatu jaringan komunikasi.[3]

2.4 Stanford University Interim (SUI)

Model propagasi Stanford University Interim (SUI) direkomendasikan dalam standar IEEE 802.16a dan sesuai diterapkan pada wilayah urban maupun suburban, termasuk di Indonesia. Model ini diperkenalkan oleh AT&T Wireless Service dan dikembangkan berdasarkan pengukuran pada 95 makrosel di Amerika Serikat. Perhitungan pathloss pada model SUI ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu rentang di antara pemancar dengan penerima, tinggi antena, frekuensi yang digunakan, serta karakteristik medan. Model ini bekerja pada frekuensi 100–1900 MHz dengan tinggi antena pemancar 10–80 meter dan jarak

0,1–10 km. Dalam aplikasinya model ini dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: [12]

1. Kategori A moderate-to-heavy tree density (urban).
Jenis medan ini umumnya menghasilkan nilai pathloss tertinggi, karena berada pada area perbukitan dengan tingkat kepadatan vegetasi yang tinggi.
2. Kategori B /light tree density or flat/ (suburban).
Tipe ini dikategorikan sebagai kondisi pathloss menengah, dengan karakteristik medan dan kerapatan vegetasi yang berada di antara kategori A dan C
3. Kategori C-Flat/light tree density (rural).
Jenis medan ini dikaitkan dengan nilai pathloss paling rendah, umumnya terdapat pada wilayah datar dengan tingkat vegetasi yang minim.

$$\text{Pathloss(dB)} = A + 10\gamma \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_f + X_{hcpe} + s \quad (1)$$

dengan A = Free space loss di d_0

$$A = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right) \quad (2)$$

λ = panjang gelombang

d_0 = 100m (jarak referensi)

γ = pathloss exponent

$$\gamma = a - b \cdot h_t + \left(\frac{c}{h_t} \right) \quad (3)$$

Konstanta a , b , dan c merepresentasikan kategori masing-masing jenis terrain

h_t merupakan parameter yang menyatakan ketinggian antena pemancar

d menunjukkan jarak antara antena pemancar dan penerima dalam satuan meter

X_f = Faktor koreksi frekuensi

$$X_f = 6 \log \left(\frac{f}{2000} \right) \quad (f \text{ dalam Hz}) \quad (4)$$

X_{hcpe} = faktor koreksi tinggi antena receiver

$$X_{hcpe} = -10.8 \log \left(\frac{h_{cpe}}{2000} \right) \quad (5)$$

Untuk kmedan tipe A maupun tipe B

$$X_{hcpe} = -20 \log \left(\frac{h_{cpe}}{2000} \right) \quad (6)$$

untuk medan tipe C

h_{cpe} adalah tinggi dari antena penerima

Variabel s merupakan efek shadowing dengan nilai berkisar antara 8,2 dB hingga 10,6dB tergantung pada jenis medan (*terrain*).

Table 1 Tipe Terrain SUI [17]

Model Parameter	Tipe A (Heavy Multipath)	Tipe B (Intermediate Multipath)	Tipe C (Few Multipath)	Shadowing Margin (dB)
a	4.6	4	3.6	10.6
b	0.0075	0.0065	0.005	9.4
c	12.6	17.1	20	8.2

2.5 Model Close-In (CI)

Model prediksi Close-In (CI) mengembangkan perhitungan pathloss di ruang bebas dengan menggunakan jarak referensi awal sejauh 1 meter. Sama halnya dengan model prediksi Alpha-Beta-Gamma, tipe Close In juga fungsi dari frekuensi dan yang dimana dapat dinyatakan melalui persamaan [10]

$$PL^{CI}(f,d) = 20\text{Log}\frac{2\pi f}{c} + 10\alpha\text{Log}(d) + X_{\sigma}^{CI}[\text{dB}] \quad (7)$$

f merupakan frekuensi, d jarak antara pemancar dengan penerima, α merepresentasikan nilai pathloss yang dihitung mulai dari jarak referensi 1 meter, sedangkan X_{σ}^{CI} merupakan variabel acak gaussian dengan nilai rata-rata nol dan standar deviasi dalam satuan dB.

Table 2 Parameter Model Prediksi CI [10]

Skenario	Rentang Frekuensi (GHz)	Jarak (m)	Model	PLE/ α	β	γ	σ	
Urban Micro SC	LOS	2-73,5	5-121	ABG	2	31,4	2,1	2,9
				CI	2	-	-	2,9
	NLOS	2-73,5	19-272	ABG	3,5	24,4	1,9	8
				CI	3,1	-	-	8,1
Urban Micro OS	LOS	2-60	5-88	ABG	2,4	24	1,6	4
				CI	1,9	-	-	4,7
	NLO	2-60	8-235	ABG	4,4	24	1,9	7,8
				CI	2,8	-	-	8,3
Urban Macro	LOS	2-73,5	58-930	ABG	2,8	11,4	2,3	4,1
				CI	2	-	-	4,6
	NLOS	2-73,5	45-1429	ABG	3,3	17,6	2	9,6
				CI	2,7	-	-	10

2.6 Parameter Power Recived

RSRP (Reference Signal Received Power) adalah rata-rata daya sinyal LTE yang diterima pengguna pada area cakupan tertentu. Parameter ini diukur dari elemen sumber daya yang membawa sinyal referensi dan hanya berlaku pada simbol OFDM yang memuat sinyal tersebut. RSRP berperan dalam menentukan sel terbaik pada antarmuka radio dengan memilih sel yang dinilai mampu memberikan kualitas layanan optimal, baik pada proses *initial random access* maupun *intra-LTE handover*. Hasil pengukuran RSRP dilaporkan oleh UE melalui RRC apabila kriteria pemicu peristiwa yang telah ditetapkan sebelumnya terpenuhi. [19]

Table 3 Standar Nilai RSRP [20]

Kategori	Range Nilai SINR (dB)
Excellent	$(-70) \leq RSRP < 25$
Good	$(-80) \leq SINR < (-70)$
Normal	$(-90) \leq RSRP < (-80)$
Bad	$(-100) SINR < (-90)$
Poor	$(-140) SINR < (-100)$

3. METODE PENELITIAN

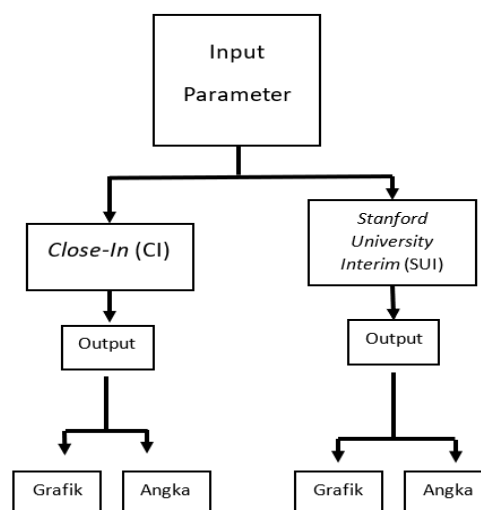
3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian simulasi analitik yang dilakukan untuk menganalisa pathloss jaringan 5G pada frekuensi 3,5Ghz

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Laptop dengan sistem operasi Windows dan prosesor Intel i5 dan NVIDIA GEFORCE 250MX
2. Aplikasi *MATLAB* dengan versi R2021a sebagai perangkat lunak yang digunakan untuk melaksanakan simulasi.

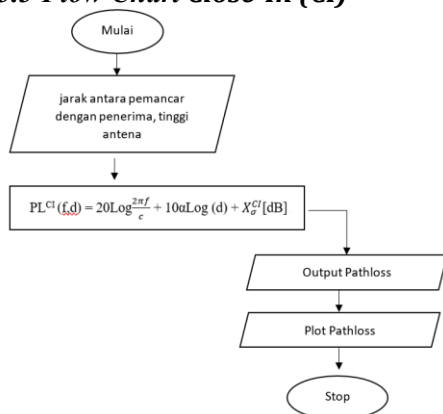
3.2 Blok Diagram



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Blok diagram atas menunjukkan alur perbandingan perhitungan pathloss dengan menggunakan dua model, yaitu Close-In (CI) dan Stanford University Interim (SUI). Proses dimulai dengan memasukkan parameter masukan, seperti jarak, frekuensi, tinggi antenna, dan kondisi lingkungan. Parameter tersebut kemudian dihitung dengan kedua model. Hasil dari masing-masing model ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik, sehingga dapat dibandingkan baik secara numerik maupun secara visual.

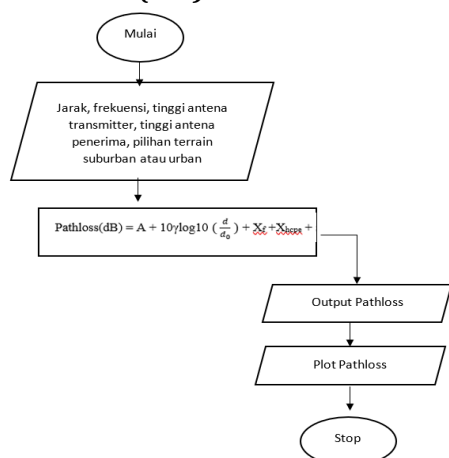
3.3 Flow Chart Close-In (CI)



Gambar 2 Flow Chart CI

Gambar 2 menunjukkan alur perhitungan pathloss menggunakan model Close-In (CI). Proses dimulai dengan menentukan parameter awal berupa jarak antara pemancar dengan penerima serta tinggi antenna yang digunakan. Selanjutnya dilakukan perhitungan pathloss dengan menggunakan persamaan Close-In (CI). Setelah nilai pathloss dihitung, hasil tersebut kemudian ditampilkan sebagai output pathloss. Tahap selanjutnya adalah melakukan plot pathloss terhadap jarak atau parameter lain yang relevan untuk memvisualisasikan perubahan nilai pathloss. Proses ini diakhiri dengan tahap stop setelah semua data perhitungan dan visualisasi selesai dilakukan.

3.4 Flowchart (SUI)



Gambar 3 Flow Chart SUI

Gambar 3 memperlihatkan alur perhitungan pathloss menggunakan model Stanford

University Interim (SUI). Proses dimulai dengan menentukan parameter masukan, yaitu jarak antara pemancar dan penerima, frekuensi sinyal, tinggi antenna transmitter, tinggi antenna receiver, serta pemilihan jenis lingkungan (terrain). Selanjutnya dilakukan perhitungan pathloss menggunakan persamaan model SUI. Setelah nilai pathloss dihitung, hasil tersebut ditampilkan sebagai output pathloss. Tahap berikutnya adalah melakukan plot pathloss untuk memvisualisasikan perubahan nilai pathloss terhadap jarak atau parameter lainnya. Proses ini diakhiri dengan tahap stop setelah semua perhitungan dan visualisasi selesai dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Pathloss

Pemodelan pathloss 5G yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Stanford University Interim (SUI)
2. Close-In (CI)

Dari kedua pemodelan pathloss yang sudah ditentukan, akan di uji dengan dua scenario pengambilan data yaitu

- a) Stanford University Interim (SUI)

Pada model Stanford University Interim (SUI) akan dilakukan simulasi pada keadaan Outdoor to Outdoor pada kondisi LOS dan Kondisi NLOS. Adapun parameter yang di gunakan sebagai berikut :

Table 4 Parameter Simulasi Stanford University Interim (SUI)

No	Parameter	Simbol	Keterangan
1	Frekuensi	f	3.5 GHz
2	Tinggi Base station antenna	Hbs	25m
4	Power Transmitter	Pt	49 dBm
5	Jarak gNodeB dengan UT	d2d LOS	100-1000m
		d2d NLOS	100-1000m
6	Tinggi Receiver antenna	Hr	2 m
7	Konstanta Model SUI	S	8 dB

- b) Close-In (CI)

Pada model Close-In (CI) akan dilakukan simulasi pada keadaan Outdoor to Outdoor pada kondisi LOS dan kondisi NLOS. Adapun parameter yang di gunakan sebagai berikut :

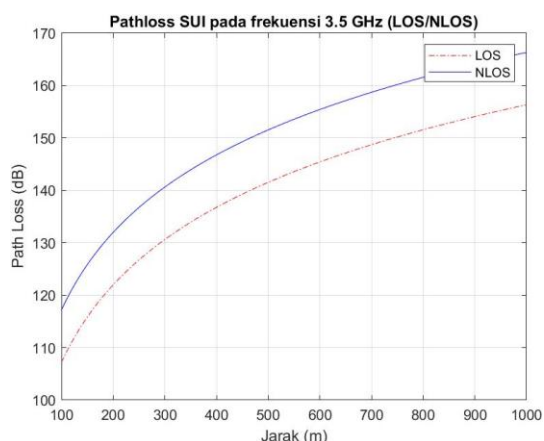
Table 5 Parameter Simulasi *Close-In (CI)*

No	Parameter	Simbol	Keterangan
1	Frekuensi	f	3,5GHz
2	Tinggi Base station antenna	Hbs	25m
3	Jarak gNodeB dengan UT	d2d LOS	100-1000 m
		d2d NLOS	100-1000m
4	Power Transmit	PT	49 dBm
6	Tinggi Receiver antenna	hr	2 m
7	Konstanta model CI	α (PLE)	LOS 2 dB
			NLOS 2,7 dB
		σ (Variabel gaussian)	LOS 4,6(dB)
			NLOS 10(dB)

Table 6 Pathloss Model SUI (LOS/NLOS) 3,5GHz

Jarak (m)	Pathloss (dB)					
	LOS			NLOS		
	Matlab	Teori	Selisi	Matlab	Teori	Selisi
100	107.18	107.17	0.01	117.18	117.17	0.01
200	121.98	121.97	0.01	131.98	131.97	0.01
300	130.63	130.63	0	140.63	140.63	0
400	136.78	136.77	0.01	146.78	146.77	0.01
500	141.54	141.53	0.01	151.54	151.53	0.01
600	145.44	145.42	0.02	155.44	155.42	0.02
700	148.73	148.72	0.01	158.73	158.72	0.01
800	151.58	151.57	0.01	161.58	161.57	0.01
900	154.1	154.08	0.02	164.1	164.08	0.02
1000	156.35	156.33	0.02	166.35	166.33	0.02

4.2 Analisa Pathloss Model Propagasi SUI

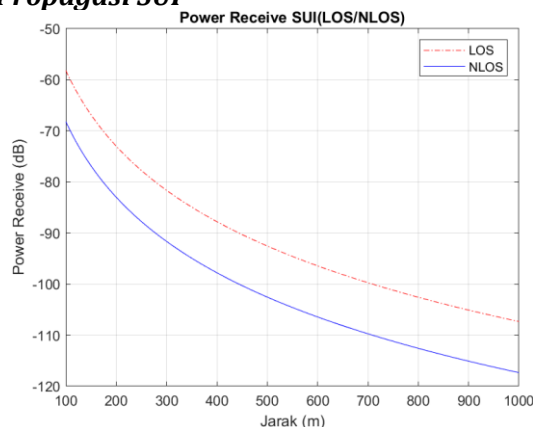


Gambar 4 Pathloss Model SUI frekuensi 3,5GHz

Gambar 4 memperlihatkan nilai pathloss pada frekuensi 3,5GHz dilakukan dengan menggunakan model propagasi Stanford University Interim (SUI) dilakukan pada dua skenario, yaitu LOS dan NLOS. Garis merah putus-putus merepresentasikan nilai pathloss pada kondisi LOS, sedangkan garis biru penuh menunjukkan nilai pathloss pada kondisi NLOS. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan Matlab, jarak terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap besarnya pathloss. Semakin jauh jarak antara pemancar dan penerima, maka nilai pathloss yang diperoleh semakin besar. Pola ini terlihat konsisten pada kedua kondisi, baik LOS maupun NLOS. Namun, pada kondisi NLOS, nilai pathloss umumnya lebih tinggi dibandingkan LOS karena adanya hambatan seperti gedung atau objek lain yang menimbulkan efek redaman (fading) tambahan.

Tabel 6 memperlihatkan bahwa nilai pathloss pada frekuensi 3,5 GHz dengan model SUI meningkat seiring bertambahnya jarak, baik pada kondisi LOS maupun NLOS. Pada jarak 100 meter, pathloss tercatat sebesar 107,18 dB (LOS) dan 117,18 dB (NLOS). Nilai ini terus bertambah hingga pada jarak 1000 meter mencapai 156,35 dB (LOS) dan 166,35 dB (NLOS). Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jarak antara pemancar dengan penerima, maka semakin besar pula pathloss yang terjadi, dengan kondisi NLOS selalu memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan LOS karena adanya hambatan yang menyebabkan redaman tambahan.

4.2.1 Analisa Power Receive (PR) Model Propagasi SUI



Gambar 5 Nilai Power Receive Model SUI

Gambar 5 menunjukkan nilai Power Receive (PR) pada frekuensi 3,5 GHz menggunakan model propagasi Stanford University Interim

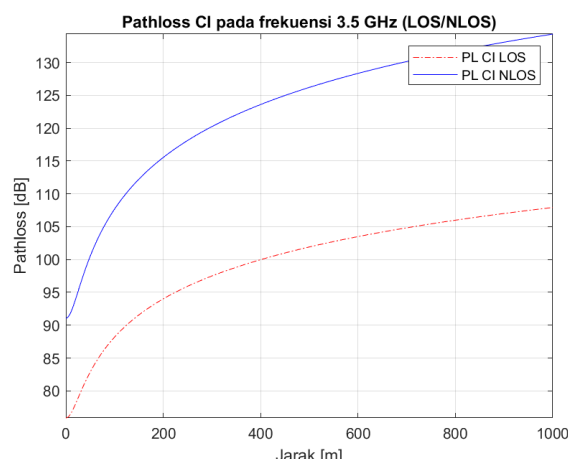
(SUI). Grafik memperlihatkan bahwa semakin jauh jarak antara pemancar dan penerima, daya terima (dBm) semakin menurun baik pada kondisi LOS maupun NLOS. Penurunan PR pada NLOS lebih signifikan dibandingkan LOS karena adanya hambatan yang menimbulkan redaman tambahan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa jarak sangat memengaruhi daya terima, dan kondisi NLOS selalu menghasilkan nilai yang lebih rendah dibandingkan LOS.

Table 7 Nilai Power Receive (PR) Model SUI

Jarak (m)	Power Receive (dBm)					
	LOS			NLOS		
	Matlab	Teori	Selisi	Matlab	Teori	Selisi
100	-58.18	-58,17	0.01	-68.18	-68,17	0.01
200	-72.98	-72,97	0.01	-82.98	-82,97	0.01
300	-81.63	-81,63	0	-91.63	-91,63	0
400	-87.78	-87,77	0.01	-97.78	-97,77	0.01
500	-92.54	-92,53	0.01	-102.54	-112,53	0.01
600	-96.44	-96,42	0.02	-106.44	-106,42	0.02
700	-99.731	-99,72	0.01	-109.73	-109,72	0.01
800	-102.58	-102,57	0.01	-112.58	-112,57	0.01
900	-105.1	-105,08	0.02	-115.1	-115,08	0.02
1000	-107.35	-107,33	0.02	-117.35	-117,33	0.02

Tabel 7 menunjukkan nilai Power Receive (PR) pada frekuensi 3,5 GHz dengan model SUI pada keadaan LOS dan NLOS. Jarak 100m, PR sebesar -58,18 dBm (LOS) dan -68,18 dBm (NLOS), sedangkan pada jarak 1000m menurun menjadi -107,35 dBm (LOS) dan -117,35 dBm (NLOS). Data ini menegaskan bahwa daya terima menurun seiring bertambahnya jarak, dengan kondisi NLOS selalu lebih rendah dibandingkan LOS.

4.3 Analisa Pathloss Model Propagasi CI



Gambar 6 Pathloss Model CI frekuensi 3,5GHz

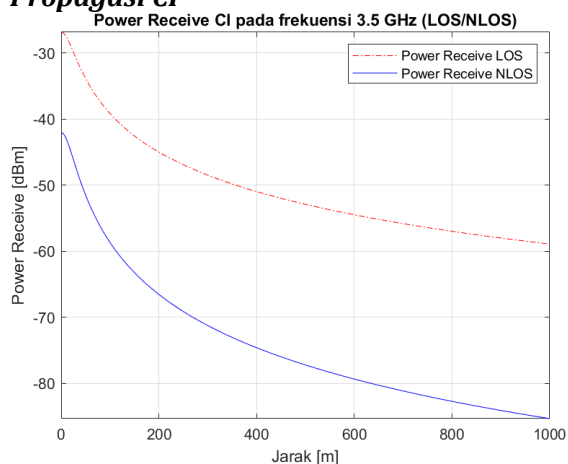
Gambar 6 menunjukkan pathloss Close-In (CI) pada frekuensi 3,5 GHz pada keadaan LOS dan NLOS. Pada grafik, sumbu horizontal menggambarkan jarak pemancar-penerima hingga 1000 meter, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai pathloss dalam dB dengan rentang 80–130 dB. Pada jarak 0 meter, pathloss NLOS lebih tinggi yaitu sekitar 90 dB, dan terus meningkat tajam hingga melebihi 130 dB pada jarak 1000 meter. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa jarak sangat memengaruhi pathloss, dimana semakin jauh jarak maka semakin besar pula nilai pathloss. Pola ini berlaku baik pada LOS maupun NLOS, meskipun nilai NLOS selalu lebih tinggi dibandingkan LOS karena adanya hambatan yang menyebabkan redaman tambahan.

Table 8 Nilai Pathloss Model CI (LOS /NLOS) 3,5GHz

Jarak (m)	Pathloss (dB)					
	LOS			NLOS		
	Matlab	Teori	Selisi	Matlab	Teori	Selisi
100	88.18	87,91	0.27	107.68	107,31	0.37
200	94.011	93,93	0.08	115.54	115,43	0.11
300	97.496	97,45	0.04	120.25	120,19	0.06
400	99.981	99,95	0.03	123.6	123,57	0.03
500	101.91	101,89	0.02	126.21	126,19	0.02
600	103.49	103,48	0.01	128.34	128,32	0.02
700	104.83	104,82	0.01	130.16	130,13	0.03
800	105.99	105,98	0.01	131.71	131,70	0.01
900	107.01	107,00	0.01	133.09	133,08	0.01
1000	107.93	107,91	0.02	134.33	134,31	0.02

Tabel 8 menunjukkan bahwa pada jarak 100 meter, pathloss sebesar 88,18 dB (LOS) dan 107,68 dB (NLOS), sedangkan pada jarak 1000 meter meningkat menjadi 107,93 dB (LOS) dan 134,33 dB (NLOS). Hal ini menegaskan bahwa pathloss bertambah seiring jarak, dengan kondisi NLOS selalu lebih besar dibandingkan LOS.

4.3.1 Analisa Power Receive (PR) Model Propagasi CI



Gambar 7 Nilai Power Receive (PR) Model CI

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada jarak 100 meter, nilai Power Receive (PR) dengan model Close-In (CI) sebesar sekitar -58 dBm untuk LOS dan -78 dBm untuk NLOS. Pada jarak 1000 meter, nilai PR menurun menjadi sekitar -108 dBm (LOS) dan -128 dBm (NLOS). Hal ini menegaskan bahwa semakin jauh jarak, daya terima semakin kecil, dengan kondisi NLOS selalu lebih rendah dibandingkan LOS akibat adanya hambatan yang menyebabkan redaman tambahan.

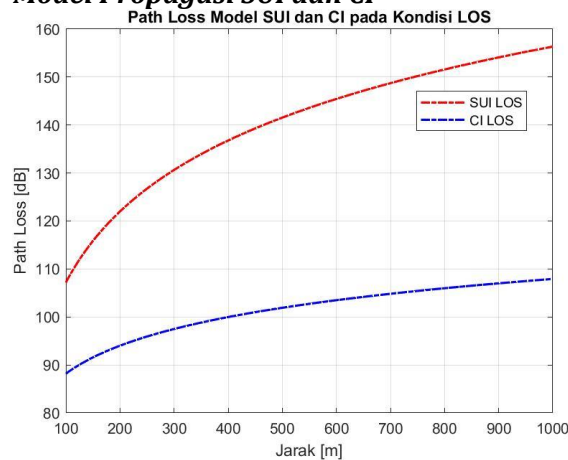
Table 9 Nilai Power Receive (PR) Model CI (LOS/NLOS) 3,5GHz

Jarak (m)	Power Receive (dBm)					
	LOS			NLOS		
	Matlab	Teori	Selisi	Matlab	Teori	Selisi
100	-39.18	-38.91	0.27	-58.67	-58.31	0.36
200	-45.00	-44.93	0.07	-66.53	-66.43	0.10
300	-48.49	-48.45	0.04	-71.24	-71.19	0.05
400	-50.97	-50.95	0.02	-74.59	-74.57	0.02
500	-52.90	-52.89	0.01	-77.20	-77.19	0.01
600	-54.49	-54.48	0.01	-79.34	-79.32	0.02
700	-55.83	-55.82	0.01	-81.14	-81.13	0.01
800	-56.98	-56.98	0	-82.71	-82.70	0.01

Jarak (m)	Power Receive (dBm)					
	LOS			NLOS		
	Matlab	Teori	Selisi	Matlab	Teori	Selisi
900	-58.01	-58.00	0.01	-84.09	-84.08	0.01
1000	-58.92	-58.91	0.01	-85.32	-85.31	0.01

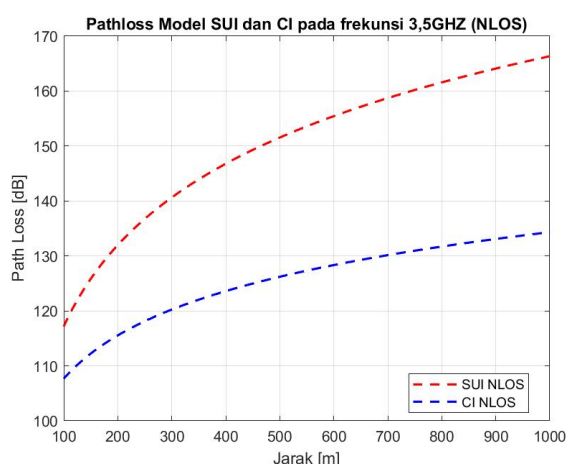
Tabel 9 menunjukkan nilai Power Receive (PR) model Close-In (CI) pada frekuensi 3,5 GHz dengan kondisi LOS dan NLOS untuk jarak 100 hingga 1000 meter. Pada jarak 100 meter, PR tercatat -39,18 dBm (LOS) dan -58,67 dBm (NLOS), sedangkan pada jarak 1000 meter menurun menjadi -58,92 dBm (LOS) dan -85,32 dBm (NLOS). Data ini memperlihatkan bahwa nilai PR semakin berkurang seiring bertambahnya jarak, pada kondisi NLOS cenderung lebih rendah daripada kondisi LOS akibat redaman tambahan dari hambatan.

4.4 Analisa Perbandingan Nilai Pathloss Model Propagasi SUI dan CI



Gambar 8 Perbandingan Nilai Pathloss SUI dan CI pada Frekuensi 3,5GHz (LOS)

Gambar 8 menunjukkan perbandingan model propagasi SUI dan CI pada kondisi LOS di frekuensi 3,5 GHz dengan jarak 100–1000 meter dan tinggi hBS 25 meter. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa model SUI menghasilkan pathloss lebih besar, sedangkan model CI menghasilkan pathloss lebih kecil. Perbedaan ini dipengaruhi oleh karakteristik perhitungan yang digunakan pada masing-masing model propagasi.



Gambar 9 Perbandingan Nilai Pathloss SUI dan CI pada Frekuensi 3,5GHz (NLOS)

Gambar 9 menunjukkan perbandingan pathloss model Stanford University Interim (SUI) maupun Close In (CI) pada kondisi NLOS frekuensi 3,5GHz dengan jarak 100–1000m. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa kedua model sama-sama mengalami peningkatan nilai pathloss seiring bertambahnya jarak. Pada kondisi NLOS, redaman lebih besar terjadi akibat adanya hambatan, sehingga pathloss cenderung lebih tinggi dibandingkan kondisi LOS.

Table 10 Rata-rata Nilai Pathloss SUI dan CI Frekuensi 3,5GHz

Model Propagasi	Kondisi	Nilai Pathloss(dB)
Stanford University Interim	LOS	140.45
	NLOS	150.45
Close-In	LOS	101.48
	NLOS	125.63

Tabel 10 menunjukkan nilai rata-rata pathloss model Stanford University Interim (SUI) dan Close-In (CI) baik pada kondisi LOS maupun NLOS dengan jarak 100–1000m dan tinggi hBS 25m. Hasil simulasi Matlab r2021a memperlihatkan bahwa jarak sangat berpengaruh terhadap nilai pathloss, di mana semakin jauh jaraknya maka nilai pathloss semakin besar akibat adanya hambatan atau obstacle pada proses transmisi. Berdasarkan hasil, pada kondisi LOS model CI menghasilkan pathloss terkecil yaitu 101,48 dB, sedangkan model SUI memberikan nilai terbesar 140,45 dB. Pada kondisi NLOS, CI kembali menghasilkan nilai terkecil 125,63 dB,

sementara SUI memberikan nilai tertinggi 150,45 dB. Perbedaan ini terjadi karena model SUI mempertimbangkan lebih banyak variabel lingkungan sehingga hasilnya lebih detail dan akurat untuk berbagai jenis terrain, sedangkan model CI lebih sederhana dan cocok untuk estimasi umum. Dengan demikian, SUI lebih sesuai untuk lingkungan kompleks seperti urban, sementara itu model CI tetap dapat digunakan sebagai referensi awal atau estimasi kasar karena kesederhanaannya, namun kurang ideal untuk perencanaan teknis yang mendalam

5. KESIMPULAN

- a. Pengaruh jarak terhadap nilai pathloss dari hasil simulasi yang sudah dilakukan pada kedua pemodelan Stanford University Interim (SUI) dan Close-In (CI) didapatkan bahwa jarak memiliki pengaruh terhadap nilai pathloss dari kedua pemodelan baik dalam kondisi LOS maupun NLOS dengan frekuensi 3,5 GHz, semakin jauh jarak antara gNodeB dan penerima maka nilai pathloss yang dihasilkan akan semakin tinggi, dan sebaliknya, semakin dekat jaraknya maka nilai pathloss semakin rendah. Hal ini dibuktikan melalui hasil perhitungan pada model Stanford University Interim (SUI) dan Close-In (CI), di mana pada rentang jarak 100 hingga 1000 meter nilai pathloss selalu mengalami peningkatan.
- b. Nilai Power Received (PR) pada kedua pemodelan Stanford University Interim (SUI) dan Close-In (CI) pada frekuensi 3,5GHz menunjukkan hasil yang sama. Nilai Power Receive (PR) sangat terpengaruh dari jarak antara gNodeB dengan penerima. Dimana semakin jauh jarak antara gNodeB dan penerima, maka daya terima (received power) akan semakin menurun. Hal ini terbukti pada jarak 100m pada kondisi LOS nilai Power Receive yang di hasilkan adalah -58,177 dBm (SUI), dan -39,182 dBm (CI) lalu pada kondisi NLOS nilai Power Receive nya -68,177 dBm (SUI) dan -58,674 dBm (CI). Pada jarak 500 m pada kondisi Line Of Sight (LOS) nilai Power Receive yang di hasilkan adalah -92.54 dBm (SUI) dan -52.909 dBm (CI). sedangkan pada kondisi Non Line Of Sight (NLOS)

nilai Power Receive nya -102.54 dBm (SUI) dan -77.206 dBm (CI)

- c. Dari hasil simulasi yang membandingkan kedua pemodelan pathloss yang digunakan Stanford University Interim (SUI) dan Close-In (CI) terhadap pengaruh jarak. Jarak yang digunakan adalah 100 – 1000 m dengan ketinggian hBS 25 m. Pada kondisi Line of Sight (LOS), nilai pathloss tertinggi diperoleh dari model Stanford University Interim (SUI) sebesar 140,45 dB, sedangkan nilai pathloss terendah diperoleh dari model Close-In (CI) sebesar 101,48 dB. Pola yang sama juga terlihat pada kondisi NLOS, di mana model SUI menghasilkan rata-rata pathloss terbesar sebesar 150,45 dB, sementara model CI menunjukkan nilai pathloss terkecil yaitu 125,63 dB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan serta bimbingan dan semangat dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. F., W. R. A., S. Ariyanti, D. Kusumawati, P. E. K., and A. Aziz, “Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018 Spektrum Outlook dan Use Case untuk Layanan 5G Indonesia,” SDPPPI, 2018.
- [2] M. K. Adityo and I. Krisnadi, “Tinjauan Frekuensi 5G di Indonesia,” Universitas Telkom Bandung, pp. 1–4, 2018.
- [3] B. Alfaresi, M. V. Satya, and F. Ardianto, “Analisa model propagasi Okumura-Hata dan Cost-Hata pada komunikasi jaringan wireless 4G LTE,” Jurnal Ampere, vol. 5, no. 1, 2020.
- [4] D. Aryanta, “Analisis kinerja single user throughput 5G NR pada sel indoor dengan antenna MIMO,” ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, vol. 10, no. 3, pp. 500–513, 2022.
- [5] A. Bengawan, B. Taufik, and Muhardanus, “Analisa path loss radio jaringan 5G frekuensi high band 26 GHz dengan model 3GPP ETSI,” Jurnal Fokus Elektroda, vol. 5, no. 1, pp. 5–10, 2020.
- [6] S. Budiharjo and A. Ulfah, “Simulasi perhitungan pathloss area dengan metode Okumura-Hata dan Walfisch-Ikegami menggunakan MATLAB,” Jurnal ICT

Penelitian dan Penerapan Teknologi, vol. 3, no. 4, 2012.

- [7] A. R. Darlis, T. Yunita, and J. Suryan, “Pengukuran model propagasi outdoor dan indoor sistem WiMAX 2.3 GHz di lingkungan kampus ITB,” Prosiding Seminar Radar Nasional, pp. 16–17, 2010.
- [8] A. Dwi, “Analisis prediksi path loss teknologi seluler 5G pada sel micro urban wilayah Kota Bandung,” ELKOMIKA, pp. 548–561, 2021.
- [9] M. Faqih, N. M. Ardiansyah, and U. K. Usman, “Analisis interferensi teknologi 5G terhadap sistem komunikasi satelit di pita frekuensi Extended-C (3.4–3.7 GHz),” e-Proceeding of Engineering, vol. 7, no. 3, 2020.
- [10] S. Sun, G. R. MacCartney, Jr., M. K. Samimi, and T. S. Rappaport, “Investigation of prediction accuracy, sensitivity, and parameter stability of large-scale propagation path loss models for 5G wireless communications,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 65, no. 5, pp. 2843–2860, May 2016, doi: 10.1109/TVT.2016.2543139.
- [11] Iben, “Perbandingan pengukuran dan analisa okupansi spektrum menggunakan metode calculated threshold dan metode visual threshold di Balai Monitor Spektrum Frekuensi Radio Kelas II Batam,” Universitas Internasional Batam, 2018.
- [12] R. O. Manalu, “Perbandingan model empiris propagasi pathloss guna estimasi rugi-rugi lintasan antenna radar di Perum LPPNPI Indonesia,” Politeknik Negeri Sriwijaya, 2017.
- [13] L. Mubarokah, O. Puspitorini, and N. A. Siswandari, “Pengukuran dan perhitungan pathloss eksponen untuk cluster residences, central business district (CBD), dan perkantoran di daerah urban,” 2014.
- [14] L. Mubarokah, O. Puspitorini, and N. A. Siswandari, “Pengukuran dan perhitungan pathloss eksponen untuk cluster residences, central business district (CBD), dan perkantoran di daerah urban,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, pp. 1–4, 2020.
- [15] O. Puspitorini, N. A. Siswandari, and A. Arifin, “Analisa pathloss exponent pada daerah urban dan suburban untuk mendukung pembangunan infrastruktur telekomunikasi dan informasi di Surabaya,” Prosiding SNaPP: Sains dan Teknologi, 2011.
- [16] T. S. Rappaport, *Wireless Communications: Principles and Practice*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2002.
- [17] M. P. Simarmata, S. Soim, and M. Fadhlil, “Analisa link budget dengan perbandingan pemodelan propagasi pada komunikasi bergerak daerah urban,” Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan, 2018.

- [18] The MathWorks Inc., Getting Started with MATLAB® Version 7. The MathWorks Inc., 2005.
- [19] R. Kreher and K. Gaenger, *LTE Signaling, Troubleshooting, and Optimization*. 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/9780470977729>
- [20] N. K. A. P. Bakri, S. Dase, and U. Katu, “Analisis Kapasitas Shannon pada Jaringan LTE di Kota Makassar,” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, pp. 92–96, 2022.
- [21] A. F. S. Admaja, “Kajian Awal 5G Indonesia (5G Indonesia Early Preview),” *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, vol. 13, no. 2, pp. 97–114, 2015.