

Prediksi *Point to Point Path Loss* Frekuensi 28 GHz Di Tanjung Karang

1st Aldo Sanriko
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

aldosanriko@student.telkomuniversit
y.ac.id

2nd Uke Kurniawan Usman
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ukeusman@telkomuniversity.ac.id

3rd M. Irfan Maulana
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

muhammadirfanm@telkomuniversit
y.ac.id

Abstrak— Penerapan teknologi seluler 5G di Indonesia belum diterapkan khususnya di wilayah Tanjung Karang, sehingga perlu dilakukan analisis dalam beberapa aspek, salah satunya mengetahui cakupan layanan dengan menganalisa nilai *path loss*. Penelitian ini melakukan analisis perhitungan nilai *path loss* dalam mencari nilai cakupan layanan teknologi seluler 5G di Tanjung Karang dengan menggunakan metode perhitungan simulasi NYUSIM, ABG dan CI dengan menggunakan frekuensi 28 GHz dan *bandwidth* sebesar 100 MHz untuk cakupan layanan 200 m. Hasil perhitungan nilai *path loss* simulasi NYUSIM mendapatkan nilai *path loss* 154,05 dB yang mendakati dengan nilai *path loss* pada perhitungan *link budget* dengan selisih *path loss* pada kondisi *uplink* sebesar 5,94 dB dan pada kondisi *downlink* sebesar 6,44 dB. Hasil perhitungan *link budget* mendapatkan nilai sebesar sebesar -114,99 dBm dan -115,49 dBm untuk kondisi *uplink* dan *downlink* dengan nilai *receiver sensitivity* sebesar -154,93 dBm dan nilai *reception sensitivity* sebesar -109,45 dBm.

Kata kunci— 5G, *path loss*, *micro cell*, LOS, NLOS, NYUSIM, *link budget*

I. PENDAHULUAN

Teknologi seluler selalu berkembang dari tahun ke tahun, dan sekarang kita memasuki era 5G, dengan peningkatan signifikan dalam kecepatan, jangkauan, dan kehandalan. Konsekuensi dari teknologi 5G ini menuntut perubahan jaringan baik dalam bentuk pengembangan jaringan eksisting maupun potensi implementasi jaringan baru, model distribusi yang baru termasuk dimensi sel yang kecil, infrastruktur jaringan yang sesuai dapat meliputi interkoneksi antara jaringan *wireless* dan serat optik, serta akses ke spektrum frekuensi yang berbeda [1]. Teknologi 5G *New Radio* (5G NR) menggunakan *bandwidth* yang lebar pada telepon seluler dimana hal ini merupakan teknologi yang dominan dimasa mendatang. Kebutuhan spektrum 5G *New Radio* dikategorikan menjadi *Low Bands*, *Mid Bands*, dan *High Bands* [2].

Gelombang milimeter (*mmWave*) merupakan frekuensi yang memiliki panjang gelombang 10 hingga 1 milimeter. Gelombang milimeter menduduki pita frekuensi 30 – 300 GHz dikenal sebagai *Extremely High Frequency* (EHF). Secara teoritis penggunaan frekuensi yang semakin tinggi akan memperkecil cakupan layanan

seluler karena redaman lintasan (*path loss*) yang terjadi semakin membesar untuk jarak pengukuran yang sama. Dampak positif dari penggunaan frekuensi dan *bandwidth* yang tinggi adalah besarnya kapasitas transmisi data yang mampu diberikan. Terdapat sejumlah model prediksi perhitungan *path loss* untuk membantu perencanaan perhitungan coverage sel yang mendasari proses desain jaringan suatu sistem seluler. Frekuensi gelombang milimeter yang tinggi serta karakteristik propagasi yang khusus memiliki keuntungan untuk dipakai pada berbagai aplikasi termasuk transmisi data berkecepatan tinggi pada jaringan *wireless*, dan seluler [3]. Pemodelan kanal menjelaskan bagaimana parameter saluran nirkabel berperilaku dalam skenario tertentu, dan membantu mengevaluasi kinerja link dan sistem. Model saluran harus dapat memberikan parameter saluran yang diperoleh dalam pengukuran lapangan dan secara akurat memprediksi respons impuls saluran pada *large scale fading*. Kajian mengenai perbandingan dua model saluran populer untuk komunikasi generasi 5G yaitu model prediksi yang dikeluarkan oleh 3GPP dan model saluran spasial statistik NYUSIM dikembangkan oleh New York University (NYU). Kedua model saluran menggunakan pendekatan pemodelan yang berbeda dalam banyak aspek, seperti probabilitas *line-of-sight*, *path loss*, dan metodologi *clustering* [4]. Suatu penelitian membandingkan tiga kandidat model kehilangan jalur propagasi skala besar untuk digunakan di seluruh spektrum radio gelombang mikro dan gelombang milimeter (*mmWave*): model *Alpha-Beta-Gamma* (ABG), model jarak referensi ruang bebas *Close-In* (CI). Masing-masing model ini baru-baru ini dipelajari untuk digunakan dalam badan standar seperti *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) [5]. NYUSIM adalah simulator kanal sistem GUI berbasis MATLAB open-source *Wireless* yang diteliti selama 5 tahun dengan data yang akurat dalam tampilan 3D ruang dimensi elevasi, 3D statistik spasial pemodelan kanal dengan komponen pemodelan prediksi nilai LOS, pemodelan *pathloss* dalam skala besar, parameter dalam skala besar, parameter dalam skala kecil dan juga terdapat seperti penundaan waktu klaster, penundaan pada *subpath*, waktu daya klaster, daya *subpath*, *spatial lobe* (SL), *shadow fading*, penundaan nilai RMS *omnidirectional* [6].

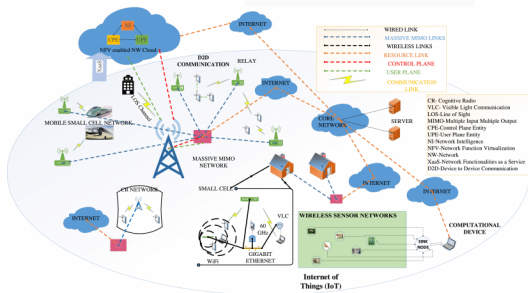
Pada penelitian ini menyajikan suatu hasil perhitungan *path loss* teknologi seluler 5G dengan kasus studi di Tanjung Karang dan klarifikasi cakupan sel *micro* dengan radius *coverage* hingga 200 Meter. Spektrum frekuensi yang digunakan pada penelitian ini adalah frekuensi 28 GHz dengan *bandwidth* 100 MHz. Model prediksi yang digunakan untuk melakukan perhitungan *path loss* antara lain model NYUSIM, *Alpha-Beta-Gamma* (ABG), dan model jarak referensi ruang bebas *Close-In* (CI). Penggunaan model prediksi *path loss* yang optimal menjadi acuan dalam hal perhitungan *link budget* dan kemudian digunakan untuk melakukan perancangan cakupan layanan teknologi seluler 5G pada suatu kondisi tertentu sebelum melakukan implementasi.

II. KAJIAN TEORI

A. 5G New Radio (5G NR)

5G NR adalah teknologi akses radio baru yang dikembangkan oleh 3GPP untuk jaringan seluler 5G dengan sistem radio pertama yang mendukung spektrum frekuensi tinggi. Teknologi 5G menggunakan frekuensi pada domain frekuensi yang tinggi dengan panjang gelombang yang kecil yang disebut dengan *mmWave* [7]. Frekuensi *mmWave* merupakan frekuensi domain tinggi yang mempunyai rentang frekuensi pembawa (*carrier*) antara 3 GHz sampai 300 GHz [8]. Teknologi seluler 5G memiliki cakupan aplikasi yang luas dengan menggunakan jaringan yang menggabungkan beberapa sel mikro dalam satu sel makro. Teknologi 5G menggunakan beberapa antena pada pemancar dan penerima, yang disebut MIMO, untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan transmisi [7].

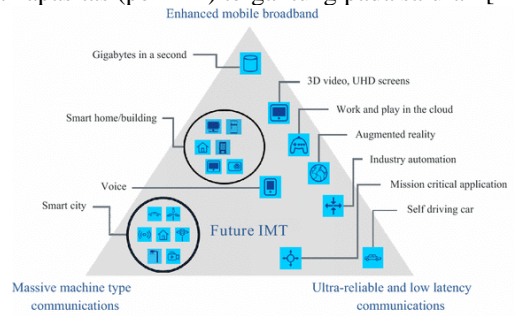
Arsitektur jaringan teknologi seluler 5G ditunjukkan pada Gambar 1. yang menggambarkan interkoneksi di antara berbagai teknologi yang muncul seperti *Massive MIMO network*, *Cognitive Radio network*, *mobile* dan *static small-cell networks*. Arsitektur jaringan seluler [9].



Gambar 1 Arsitektur Jaringan Seluler 5G [9]

Skenario penggunaan *International Mobile Telecommunications* (IMT) ditunjukkan pada gambar 2. 5G dirancang untuk mendukung berbagai kebutuhan terkait kasus penggunaan, termasuk kasus penggunaan *International Telecommunication Union* (ITU) yang terdiri dari *enhanced mobile broadband* (eMBB), *ultra reliable and low latency communications* (URLLC), dan *massive machine type communications* (mMTC) [10]. Implementasi 5G membutuhkan persiapan yang memadai dari infrastruktur yang akan digunakan, terutama desain parameter berdasarkan model saluran. Model saluran

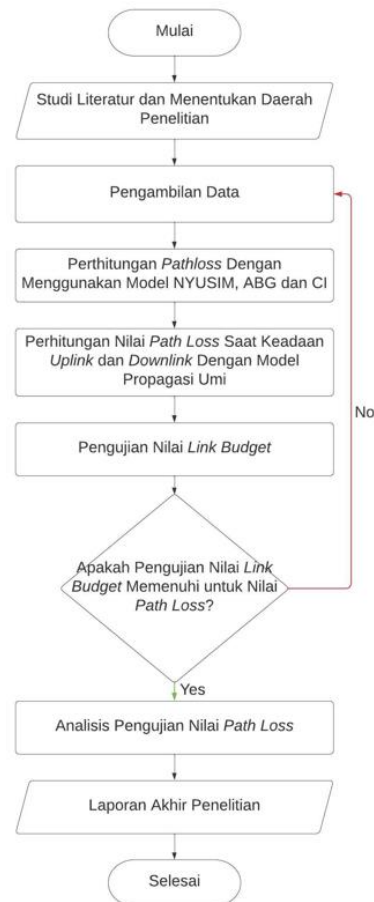
adalah bagian terpenting dari sistem komunikasi nirkabel karena kapasitas (*per link*) tergantung pada saluran [11].



Gambar 2 Skenario Penggunaan IMT[10]

III. METODE

A. Metode Penelitian



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian ini adalah perencanaan jaringan 5G NR berkaitan dengan cakupan area layanan. Hasil akhir penelitian tugas akhir ini berupa perhitungan *path loss* yang didapatkan dari kondisi di Tanjung Karang. Pada penelitian ini melakukan implementasi *mmWave* menggunakan frekuensi kerja sebesar 28 GHz dengan *bandwidth* 100 MHz untuk komunikasi seluler 5G di Tanjung Karang.

Saat merencanakan jaringan seluler untuk memodelkan cakupan suatu *base station* perlu mengetahui nilai redaman jalur untuk menentukan jenis perangkat. dengan sejumlah

model prediksi *path loss* yang tersedia untuk mendukung perencanaan jaringan untuk implementasi seluler 5G. penggunaan beberapa model prediksi *path loss* diperlukan untuk menemukan nilai redaman jalur yang optimal untuk mengurangi faktor kesalahan perencanaan. Model ABG dan CI merupakan model yang menggunakan persamaan untuk menghitung prediksi *path loss*, sedangkan NYUSIM merupakan software dengan pengaturan parameter sebanyak yang dibutuhkan.

B. Model Prediksi Path Loss Alpha-Beta-Gamma (ABG)

Model yang diterbitkan oleh 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Dalam model ini, tiga parameter didefinisikan sesuai dengan karakteristik satuan wilayah dan tipe geografis yang dinyatakan pada persamaan (1) [12]

$$PL^{ABG}(f, d)[dB] = 10\alpha \log_{10}\left(\frac{d}{1m}\right) + \beta 10\gamma \log_{10}\left(\frac{f}{1GHz}\right) + X_{\sigma}^{ABG} \quad (1)$$

$PL^{ABG}(f, d)$ menunjukkan *path loss* dalam dB pada frekuensi dan jarak, α dan γ adalah koefisien yang menunjukkan ketergantungan *path loss* pada jarak dan frekuensi, β adalah nilai offset yang dioptimalkan untuk *path loss* dalam dB, f adalah frekuensi pembawa dalam GHz, sedangkan d adalah jarak pemisahan *transmitter-receiver* (T-R) dalam meter, dan X_{σ}^{ABG} adalah standar deviasi nilai *shadowing fading* yang menggambarkan fluktuasi sinyal skala besar tentang hilangnya jalur rata-rata pada jarak.

C. Model Prediksi Path Loss Close-In (CI)

Sama dengan model prediksi ABG, model prediksi CI juga diterbitkan oleh 3GPP. Hanya saja model CI secara inheren memiliki ketergantungan frekuensi intrinsik dari hilangnya jalur yang tertanam dalam nilai kehilangan jalur ruang bebas 1 m, dan hanya memiliki satu parameter, PLE, untuk dioptimalkan[12].

$$PL^{CI}(f, d) [dB] = FSPL(f, 1m) + 10n \log_{10}(d) + X_{\sigma}^{CI} \quad (2)$$

Dimana n menunjukkan parameter model tunggal, *path loss* eksponensial (PLE), dimana $10n$ mewakili *path loss* dalam dB dalam jarak dari 1m, d adalah jarak pemisahan T-R 3D, dan $FSPL(f, 1m)$ menunjukkan kehilangan jalur ruang bebas dalam dB pada jarak pemisahan T-R 1 m pada frekuensi pembawa:

$$FSPL(f, 1m) = 20 \log_{10}\left(\frac{4\pi f}{c}\right) \quad (3)$$

Dimana c adalah kecepatan cahaya. Sehingga persamaannya menjadi:

$$PL^{CI}(f, d)[dB] = 20 \log\left(\frac{4\pi f}{c}\right) + 10\alpha \log(d) + X_{\sigma}^{CI} \quad (4)$$

Dimana f adalah frekuensi yang digunakan dalam sistem, d adalah jarak antara transmitter dan receiver, α adalah nilai *slope path loss* pada jarak 1 meter, dan X_{σ}^{CI} adalah sebuah variabel acak *gaussian* dengan rata-rata 0 dan standar deviasi dB. Nilai PLE atau α , dan nilai standar deviasi pada model prediksi CI ditunjukkan pada Tabel 1.

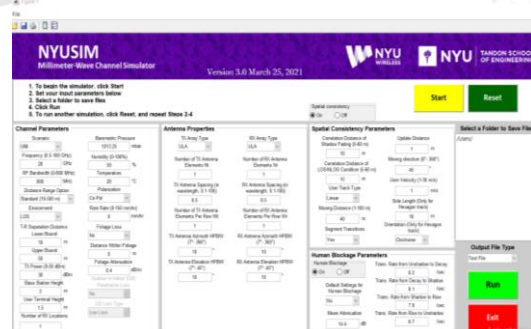
Tabel 1 Parameter pada Model Prediksi ABG dan CI[12]

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

D. Model Prediksi Path Loss Simulator NYUSIM

NYUSIM merupakan perangkat lunak (*software*) berbasis komputer yang bersifat open source untuk memodelkan kanal 5G yang merupakan karya dari New York University. NYUSIM Channel Simulator mampu menghasilkan respons impuls kanal yang bersifat sesaat dan spasial dari model kanal omnidirectional maupun directional yang sesuai dengan pengukuran dan pemodelan kanal 5G dalam standar 3GPP. NYUSIM juga banyak digunakan dalam simulasi pemodelan kanal sebab memiliki parameter rentang frekuensi yang luas, yaitu 500 MHz sampai 100 GHz dan rentang *bandwidth* yang lebar, yaitu 0 sampai 800 MHz [13].

Model saluran NYUSIM menghasilkan tanggapan impuls saluran statis pada jarak/lokasi tertentu, atau melintasi berbagai struktur antenna 2-D, tetapi tidak dapat menghasilkan Channel Impulse Responses (CIRs) dinamis dengan korelasi spasial atau temporal berdasarkan gerakan pengguna dalam area local [13]. Selain frekuensi, jarak, tinggi antenna *base station*, dan tinggi *user equipment*, parameter yang digunakan dalam model prediksi NYUSIM yaitu parameter teknis seperti jumlah antenna MIMO dan kemiringan antenna juga memperhitungkan skenario regional (mikro perkotaan/UMi, makro perkotaan/UMa dan makro pedesaan/RMa) serta kondisi LOS dan NLOS. Parameter kondisi cuaca, seperti suhu, kelembaban, dan curah hujan juga dipertimbangkan [14]. Berikut adalah tampilan menu utama pada simulator NYUSIM pada Gambar 3.



Gambar 4 Tampilan Menu Utama Pada Simulator NYUSIM

E. Model Propagasi *Urban Micro* (UMi)

Model propagasi Umi digunakan berdasarkan *link budget* untuk jaringan 5G berdasarkan 3GPP 38.901. UMi dengan Base Station O2O (Outdoor to Outdoor) dan O2I (Outdoor to Indoor) dari skenario *street canyon* UMi dipasang di bawah tingkat rooftop gedung—gedung sekitar. Area terbuka digunakan untuk merekam skenario kehidupan nyata seperti kota atau terminal. Lebar area cakupan terbuka umumnya sekitar 50-100 m, dengan tinggi Tx 10 m, tinggi Rx sekitar 1,5-2,5 m dan ISD sekitar 200 m[15]. Pertama, tentukan nilai *Thermal Noise* dan *Subcarrier Quantity* dengan menggunakan persamaan (5) dan (6) [16]

$$N_{thermal} = 10 * \log (K * T * B) \quad (5)$$

Keterangan:

K = Konstanta Boltzman

T = Temperature

B = Bandwidth

$$SCQ = RB * Subcarrier Per Resource Block \quad (6)$$

Setelah melakukan perhitungan *Thermal Noise* dan *Subcarrier Quantity*, maka akan dilakukan perhitungan *receiver sensitivity* dengan menggunakan persamaan (7)

$$Receiver Sensitivity = Noisefigure + Thermal Noise + SINR \quad (7)$$

Perhitungan *receiver sensitivity* untuk mengetahui nilai sensitivitas penerima antara BS terhadap UE. Setelah mendapatkan nilai *receiver sensitivity* maka akan dilakukan perhitungan *reception sensitivity* dengan menggunakan persamaan (8)

$$Reception Sensitivity = Receiver Sensitivity + 10 \log(bandwidth) \quad (8)$$

Setelah mendapatkan nilai *receiver sensitivity* dan *reception sensitivity*, maka akan dilakukan perhitungan nilai *path loss* dengan menggunakan persamaan (9)

$$Pathloss (dBm) = gNodeB transmit power (dBm) - 10 \log_{10}(\text{subcarrier quantity}) + gNodeB antenna gain (dBi) - gNodeB cable loss (dB) - penetration loss (dB) - foliage loss (dB) - body block loss (dB) - interference margin (dB) - rain/ice margin (dB) - slow fading margin (dB) + UT antenna gain (dB) - thermal noise figure (dBm) - UT noise figure (dB) - demodulation threshold SINR (dB) \quad (9)$$

Setelah melakukan perhitungan *path loss* maka bisa dilakukan perhitungan *link budget* dengan persamaan (10)

$$Link Budget_{Signal level at Reciver} = TransmitPower_{TX} Bandwidth + AntennaGain_{TX} - CableLoss_{TX} + AntennaGain_{RX} - PathLoss_{PropagationModel} - Penetration_{dB} - FoliageLoss_{dB} - BodyLoss_{dB} - InterferenceMargin_{dB} - RainIceMargin_{dB} - SlowFadingMargin_{dB} - PenetrationLoss_{indoor} - Attenuation_{indoor} \quad (10)$$

Ada perhitungan *link budget* bertujuan untuk memperkirakan nilai *pathloss* atau maksimal pelemahan sinyal yang diterima antara *base station* dan *user equipment*. Faktor pada *link budget* di teknologi 5G

memperkenalkan dampak dari *body block loss*, *foliage loss* dan *rain/ice margin*. *Link budget* melibatkan 2 jenis faktor:

- Faktor-faktor yang pasti: setelah bentuk dan skenario produk ditentukan, parameter yang sesuai (*power*, *antenna gain*, *noise figure*, *demodulation threshold*, *penetration loss*, dan *body loss*).
- Faktor-faktor yang tidak pasti: dampak dari beberapa faktor yang tidak pasti perlu dipertimbangkan, tidak terjadi kapan saja atau dimana saja dan dianggap sebagai margin tautan (*slow fading margin*, *rain/snow margin*, dan *interference margin*).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini melakukan perhitungan *path loss* yang terjadi antara *Base Station* (BS) terhadap *User Equipment* (UE) dengan menerapkan sejumlah parameter sel suatu teknologi seluler 5G untuk wilayah Tanjung Karang. Serangkaian pengujian dengan parameter yang berbeda akan dilakukan untuk mendapatkan hasil pada kondisi yang berbeda. Pengujian mencakup tiga skenario pengujian yang berbeda. Model prediksi *path loss* yang digunakan antara lain model NYUSIM, model ABG dan model CI.

B. Perhitungan *Path Loss* Melalui NYUSIM

Tahap ini melakukan simulasi *channel model* menggunakan NYUSIM. NYUSIM memiliki beberapa parameter yang dapat diatur antara lain *frequency*, *bandwidth*, *scenario antenna*, daya pemancar, jarak antara pemancar dan penerima, serta tekanan udara, kelembaban, suhu udara dan curah hujan. Data masukan untuk simulasi NYUSIM menggunakan data parameter yang di dapat dari BMKG.

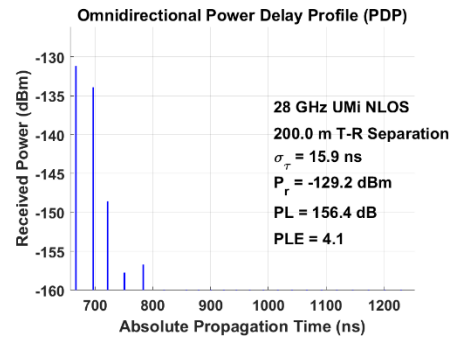
Pada penggunaan simulator NYUSIM kondisi iklim dan cuaca memberikan dampak pada hasil perhitungan. Data iklim dan cuaca di Tanjung Karang serta parameter teknis dari sistem teknologi seluler 5G yang digunakan pada perhitungan prediksi nilai *path loss* diberikan pada tabel 2

Tabel 2 Parameter Perhitungan dan Simulasi

No	Komponen	Nilai
1	Frekuensi kerja (GHz)	28 GHz
2	RF Bandwidth	100 MHz
3	TX-Power	30 dBm

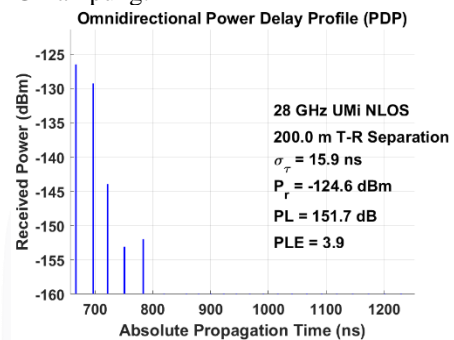
4	Tinggi antena <i>base station</i>	15 m
5	Tinggi antena <i>user</i>	1,5 m
6	Tekanan udara Maksimum	1013,0 mbar
7	Tekanan udara Minimum	1009,8 mbar
8	Kelembaban Maksimum	87,1%
9	Kelembaban Minimum	71,8%
10	Temperatur Maksimum	29,6 °C
11	Temperatur Minimum	26,2 °C
12	Curah hujan Maksimum	145 mm/hr
13	Curah hujan Minimum	20 mm/hr
14	<i>Distence within foliage</i>	8 m
15	<i>Foliage attenuation</i>	0,4 dB/m

Pada gambar 4 dapat dilihat hasil nilai *Power Delay Profil* (PDP) antara BS terhadap UE menggunakan parameter nilai maksimum dengan kondisi tekanan udara, kelembaban, temperatur dan curah hujan yang didapat dari BMKG Lampung. Antena yang digunakan adalah *antenna omnidirectional* yang menggunakan frekuensi 28 GHz dengan jarak 200 m pada kondisi NLOS.



Gambar 5 Nilai *Path Loss* Dengan Parameter Nilai Maksimum.

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa pada penggunaan parameter nilai maksimum dari keempat kondisi mendapatkan nilai *path loss* sebesar 153.2 dB dengan delay sebesar 15.9 ns. Sedangkan gambar 6 menunjukkan hasil nilai PDP dengan menggunakan *antenna directional* pada kondisi NLOS pada jarak 200 m menggunakan parameter nilai minimum dengan kondisi kelembaban, tekanan udara, temperatur dan curah hujan yang didapat dari BMKG Lampung.



Gambar 6 Nilai *Path Loss* Dengan Parameter Nilai Minimum

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai *path loss* dalam menggunakan parameter nilai minimum dari keempat kondisi mendapatkan nilai *path loss* sebesar 148.5 dB dengan *delay* sebesar 15.9 ns. Sehingga keseluruhan nilai *path loss* yang dimulai dari 20 m sampai 200 m dengan menggunakan parameter nilai maksimum dan minimum dari keempat kondisi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Nilai *Path Loss* Simulasi NYUSIM

Jarak Base Station terhadap User Equipment (m)	<i>Path Loss</i> (dB)	
	<i>Antenna Omnidirectional</i>	
	H-Max	H-min
20	119,6	119,1
40	129,8	128,8
60	135,9	134,5
80	140,5	138,6
100	144,1	141,8

120	147,2	144,4
140	149,9	146,6
160	152,2	148,5
180	154,4	150,2
200	156,4	151,7

C. Perhitungan Path Loss Melalui Model CI

Sama seperti halnya dengan model ABG, model CI juga digunakan untuk memperkirakan nilai path loss, khususnya dalam kondisi NLOS. Model CI menunjukkan hasil yang sangat stabil pada frekuensi dalam rentang GHz. Pengujian nilai path loss melalui model CI ini menggunakan persamaan (4) dengan parameter nilai α , dan X_{σ}^{CI} yang berada pada tabel 1 pada kondisi Urban Micro SC. Berikut adalah perhitungan nilai path loss model CI yang dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Nilai Path Loss Model CI

Jarak Base Station terhadap User Equipment (m)	Nilai Path Loss Model ABG (dB)
20	89,8
40	99,2
60	104,6
80	108,5
100	111,5
120	114
140	116
160	117,8
180	119,5
200	120,8

D. Link Budget

Perhitungan link budget bertujuan untuk memprediksi total path loss yang diterima antar seluler. Berikut adalah parameter yang digunakan dalam perhitungan link budget yang berada pada tabel 6.

Tabel 6 Parameter Perhitungan Link Budget

Command Parameter	Uplink	Downlink	Keterangan
Transmitter Power (dBm)	30	30	A
Resource Block	135	135	B
Subcarrier Quantity	1584	1584	C = $b \times q$
Antenna Gain (dBi)	1,5	1,5	D

Cable Loss (dBi)	0	0	E
Penetration loss (dB)	12,23	12,23	F
Foliage loss (dB)	8	8	G
Body block loss (dB)	8	8	H
Interference margin (dB)	0.5	1	I
Rain//ice margin (dB)	3	3	J
Slow fading margin (dB)	6	6	K
UT antenna gain (dB)	0	0	L
Bandwidth (MHz)	100	100	M
Konstanta boltzman (mWs/K)	$1,38 \times 10^{-20}$ mWs/K	$1,38 \times 10^{-20}$ mWs/K	N
Suhu (Kelvin)	293° K	293° K	O
Thermal noise power (dBm)	-154,93	-154,93	P = $10 \times \log_{10}(n_o \times m)$
Subcarrier Per Resource Block	12	12	Q

Sebelum melakukan perhitungan link budget, langkah pertama yaitu menentukan nilai path loss. Untuk mendapatkan nilai path loss dibutuhkan perhitungan beberapa parameter yang tidak langsung akan mendapatkan nilai thermal noise dan subcarrier quantity. Thermal noise adalah suatu noise yang diakibatkan karena adanya efek panas dari suatu perangkat. hal ini dapat dicari dengan menggunakan persamaan (5) sehingga didapatkan nilai sebagai berikut:

$$N_{thermal} = 10 * \log (1,38 \times 10^{-20} \text{ mWs/K} * 293^{\circ} * 100$$

$$N_{thermal} = -153,93 \text{ dBm/Hz}$$

Dengan menggunakan frekuensi 28 GHz, bandwidth 100 MHz dan subcarrier spacing sebesar 60 KHz. Jumlah resource block dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Jumlah Resource Block untuk Medium Frequency Band

μ (numerologi)	0	1	2
Bandwidth (MHz)	15 KHz	30 KHz	60 KHz
5	25	11	N/A
10	52	24	18
15	106	51	24
20	133	65	31
25	160	78	38

30	216	106	51
50	270	133	65
60	N/A	162	79
70	N/A	189	93
80	N/A	217	107
90	N/A	245	121
100	N/A	273	135

Selanjutnya menghitung nilai *subcarrier quantity* dengan parameter yang ada di tabel 6 dan tabel 7 menggunakan perhitungan persamaan (6) sehingga didapatkan nilai:

$$SCQ = 135 * 12$$

$$SCQ = 1620$$

Setelah nilai *Thermal Noise* dan *Subcarrier Quantity* didapatkan, maka dapat dilakukan perhitungan *receiver sensitivity* dengan menggunakan persamaan (7) Sehingga didapatkan nilai:

$$Receiver\ Sensitivity = 5 + (-153,93) + (-6)$$

$$Receiver\ Sensitivity = -154,93\ dBm$$

Setelah nilai *receiver sensitivity* didapatkan maka dapat dilakukan perhitungan nilai *reception sensitivity* dengan menggunakan persamaan (8) Sehingga didapatkan nilai *reception sensitivity* sebagai berikut:

$$Reception\ Sensitivity = -154,93 + 10\ log\ (28\ GHz)$$

$$Reception\ Sensitivity = -109,45\ dBm$$

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai *path loss* dengan menggunakan persamaan (9). sehingga didapatkan nilai *path loss* dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Nilai Path Loss Terhadap Perhitungan Link Budget

Jarak Base Station terhadap User Equipment (m)	Nilai Path Loss (dB)	
	Uplink	Downlink
20	127,53	128,03
40	136,1	136,6
60	141,87	142,37
80	146,12	146,62
100	149,46	149,96
120	152,22	152,72
140	154,55	155,05
160	156,58	157,08
180	158,38	158,88
200	159,99	160,49
140	127,53	128,03

Sehingga perhitungan *link budget* ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (10) yang dimana hasil perhitungannya akan mendapatkan nilai *link budget* ditingkat sinyal penerima dan sensitivitas penerima. Berikut adalah hasil perhitungan nilai *link budget* yang dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Nilai Link Budget

Jarak Base Station terhadap User Equipment (m)	Nilai Path Loss (dBm)	
	Uplink	Downlink
20	- 82,53	- 83,03
40	- 91,1	- 91,6
60	- 96,87	- 97,37
80	- 101,12	- 101,62
100	- 104,46	- 104,96
120	- 107,22	- 107,96
140	- 109,55	- 110,05
160	- 111,58	- 112,08
180	- 113,38	- 113,88
200	- 114,99	- 115,49

E. Perhitungan Nilai Rata-rata Path Loss Pada Simulasi NYUSIM

Agar mendapatkan nilai *path loss* yang lebih baik, maka dilakukan perhitungan nilai rata-rata *path loss* dari kedua model nilai parameter pada simulasi NYUSIM. Pada tabel 10 dapat dilihat hasil perhitungan nilai rata-rata dari kedua model simulasi NYUSIM.

Tabel 10 Rata-rata Nilai Path Loss Simulasi NYUSIM

Jarak Base Station terhadap User Equipment (m)	Nilai Rata-rata Path Loss (dB)
20	119,35
60	129,3
80	135,2
100	139,55
120	142,95
140	145,8
160	148,25
180	150,35
200	152,3

Pada tabel 10 dapat dilihat hasil nilai rata-rata *path loss* pada simulasi NYUSIM yang mendapatkan nilai *path loss* sebesar 152,3 dB dengan jarak terjauh yaitu 200 m.

F. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Path Loss

Berikut merupakan hasil analisa rekapitulasi perhitungan *path loss* yang telah dilakukan:

Tabel 11 Rekapitulasi Nilai Path Loss

Jarak cakupan layanan	Metode perhitungan path loss	Nilai path loss (dB)	Selisih Nilai Path Loss Pada Perhitungan Link Budget (dB)	
			Uplink	downlink
20	NYUSIM	119,35	8,18	8,68
	ABG	105,4	20,13	22,63
	CI	89,8	37,73	38,23
	NYUSIM	129,3	6,8	7,3

40	ABG	115,9	20,02	20,07
	CI	99,2	36,9	37,4
60	NYUSIM	135,2	6,67	7,17
	ABG	122,1	19,77	20,27
	CI	104,6	37,27	37,77
80	NYUSIM	139,5 5	6,57	7,07
	ABG	126,5	19,62	20,12
	CI	108,5	37,27	37,77
100	NYUSIM	142,9 5	6,51	7,01
	ABG	129,9	19,56	20,06
	CI	111,5	37,96	38,46
120	NYUSIM	145,8	6,42	6,92
	ABG	132,7	19,52	20,02
	CI	114	38,22	38,72
140	NYUSIM	148,2 5	6,3	6,8
	ABG	135	19,55	20,05
	CI	116	38,55	39,05
160	NYUSIM	150,3 5	6,23	6,8
	ABG	137	19,58	20,08
	CI	117,8	38,78	38,28
180	NYUSIM	152,3	6,08	6,58
	ABG	138,9	19,48	19,98
	CI	119,5	38,88	38,38
200	NYUSIM	154,0 5	5,94	6,44
	ABG	140,4	19,59	20,09
200	CI	120,8	39,19	39,69

Pada tabel 11 dapat dilihat hasil perhitungan nilai *path loss* dilakukan menggunakan 3 skenario yaitu simulasi NYUSIM, ABG dan CI. Pada simulasi NYUSIM nilai *path loss* yang didapatkan sangat mendekati dengan nilai *path loss* saat melakukan perhitungan *link budget* dengan selisih nilai *path loss* pada kondisi *uplink* 5,94 dB dan selisih nilai *path loss* pada kondisi *downlink* sebesar 6,44 dB. pada simulasi NYUSIM didapatkan nilai *path loss* sebesar 154,05 dB. sedangkan dalam perhitungan nilai *path loss* melalui model ABG dan CI mendapatkan nilai sebesar 140,4 dB dan 120 dB.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari perhitungan *point to point path loss* di tanjung karang sebagai berikut:

1. Setelah melakukan perhitungan dari ketiga model yaitu simulasi NYUSIM, model perhitungan ABG dan CI. Masing-masing model mendapatkan nilai *path loss* sebesar 154,05 dB untuk perhitungan *path loss* melalui simulasi NYUSIM, 140,4 dB untuk perhitungan nilai *path loss* menggunakan model perhitungan ABG, dan 120 dB untuk nilai *path loss* pada model perhitungan CI.

2. Model simulasi NYUSIM mendapatkan nilai *path loss* yang sangat mendekati dengan nilai *path loss* yang berada pada perhitungan *link budget*. Selisih nilai *path loss* pada simulasi NYUSIM dengan nilai *path loss* saat melakukan perhitungan *link budget* sebesar 5,94 dB untuk kondisi *uplink* dan 6,44 dB untuk kondisi *downlink*.

3. Pada perhitungan simulasi NYUSIM dari penggunaan dua nilai parameter yaitu nilai maksimum dan minimum, dimana kondisi tersebut meliputi tekanan udara, kelembaban, temperatur dan curah hujan. Mendapatkan nilai *path loss* untuk parameter maksimum sebesar 156,4 dB dan nilai *path loss* untuk parameter nilai minimum sebesar 151,7 dB.

4. Pada saat melakukan perhitungan *link budget* didapatkan nilai *path loss* sebesar -159,99 dBm untuk kondisi *uplink* dan -160,49 dBm untuk kondisi *downlink* dengan nilai *receiver sensitivity* sebesar -154,93 dBm dan nilai *reception sensitivity* sebesar -109,45 dBm serta mendapatkan nilai *link budget* pada kondisi *uplink* dan *downlink* sebesar -114,99 dBm dan -115,49 dBm.

5. Berdasarkan hasil analisa perhitungan diketahui metode simulasi NYUSIM merupakan perhitungan prediksi *point to point path loss* yang tepat pada frekuensi 28 GHz di Tanjung Karang.

VI. REFERENSI

- [1] Ofcom, "Update on 5G spectrum in the UK Statement," 2017. Accessed: Sep. 13, 2021. [Online]. Available: https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/002/1/97023/5G-update-08022017.pdf
- [2] Tim Peneliti Puslitbang SDPPI, "Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018 Spektrum Outlook dan Use Case untuk Layanan 5G Indonesia," 2018. <http://balitbangsdm.kominfo.go.id>
- [3] T. S. Rappaport *et al.*, "Millimeter wave mobile communications for 5G cellular: It will work!" *IEEE Access*, vol. 1, pp. 335–349, 2013, doi: 10.1109/ACCESS.2013.2260813.
- [4] T. S. Rappaport, S. Sun, and M. Shafi, "Investigation and comparison of 3GPP and NYUSIM channel models for 5G wireless communications," *IEEE Vehicular Technology Conference*, vol. 2017-September, pp. 1–5, Feb. 2018, doi: 10.1109/VTCFALL.2017.8287877.
- [5] S. Sun *et al.*, "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.
- [6] S. Sun, G. R. Maccartney, and T. S. Rappaport, "A novel millimeter-wave channel simulator and applications for 5G wireless communications," *IEEE International Conference on Communications*, pp. 1–7, Jul. 2017, doi: 10.1109/ICC.2017.7996792.
- [7] A. F. S. Admaja, "Kajian Awal 5G Indonesia (5G Indonesia Early Preview)," *Buletin Pos dan*

- Telekomunikasi*, vol. 13, no. 2, p. 97, Dec. 2015, doi: 10.17933/bpostel.2015.130201.
- [8] ITU-R, "Technical feasibility of IMT in bands above 6 GHz," *Report ITU-R M.2376-0*, 2015. <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>
- [9] A. Gupta and R. K. Jha, "A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies," *IEEE Access*, vol. 3, pp. 1206–1232, 2015, doi: 10.1109/ACCESS.2015.2461602.
- [10] ITU-R, "IMT Vision-Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond," *Recommendation ITU-R M.2083-0*, 2015. <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>
- [11] E. M. Alfaroby, N. M. Adriansyah, and K. Anwar, "Study on channel model for Indonesia 5G networks," *2018 International Conference on Signals and Systems, ICSigSys 2018 - Proceedings*, pp. 125–130, Jun. 2018, doi: 10.1109/ICSIGSYS.2018.8372650.
- [12] S. Sun *et al.*, "Propagation path loss models for 5G urban micro-and macro-cellular scenarios," *IEEE Vehicular Technology Conference*, vol. 2016-July, Jul. 2016, doi: 10.1109/VTCSRING.2016.7504435.
- [13] S. Ju and T. S. Rappaport, "Millimeter-Wave Extended NYUSIM Channel Model for Spatial Consistency," *2018 IEEE Global Communications Conference, GLOBECOM 2018 - Proceedings*, 2018, doi: 10.1109/GLOCOM.2018.8647188.
- [14] S. Ju and T. S. Rappaport, "Simulating Motion-Incorporating Spatial Consistency into NYUSIM Channel Model," *IEEE Vehicular Technology Conference*, vol. 2018-August, Jul. 2018, doi: 10.1109/VTCFALL.2018.8690738.
- [15] ETSI, "Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz (3GPP TR 38.901 version 16.1.0 Release 16)," 2020. [Online]. Available: <https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>
- [16] G. Fahira, A. Hikmaturokhman, and A. R. Danisya, "5G NR Planning at mmWave Frequency: Study Case in Indonesia Industrial Area," *Proceeding - 2020 2nd International Conference on Industrial Electrical and Electronics, ICIEE 2020*, pp. 205–210, Oct. 2020, doi: 10.1109/ICIEE49813.2020.9277451.
- [17] "Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung." <https://bandarlampungkota.bps.go.id/statictable/2015/12/08/9/luas-wilayah-kota-bandar-lampung-menurut-kecamatan-tahun-2014-km2-.html> (accessed Jun. 07, 2022).
- [18] R. N. Esa, A. Hikmaturokhman, and A. R. Danisya, "5G NR Planning at Frequency 3.5 GHz: Study Case in Indonesia Industrial Area," *Proceeding - 2020 2nd International Conference on Industrial Electrical and Electronics, ICIEE 2020*, pp. 187–193, Oct. 2020, doi: 10.1109/ICIEE49813.2020.9277427