

# ANALISIS *PATH LOSS* DENGAN MODEL *MACRO-CELL* PADA KOMUNIKASI BERGERAK 4G LTE DI KOTA LHOKSEUMAWE

Maisarah<sup>1</sup>, Muhammad Syahroni<sup>2</sup>, Anita Fauziah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>)Prodi Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi

<sup>2,3</sup>)Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: maisarah.mm12@gmail.com,msyahroni@pnl.ac.id,anita@pnl.ac.id

**Abstrak** —Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *path loss* dengan model *Macro-Cell* pada komunikasi bergerak 4G LTE yang di pengaruhi oleh keadaan lingkungan kanal radio tersebut. *Path loss* merupakan proses terjadinya penurunan level daya gelombang saat merambat dari pemancar ke penerima. Penelitian ini menggunakan model *path loss Macro-cell* untuk menghitung *path loss* atau rugi propagasi pada setiap daerah pengukuran dengan menggunakan aplikasi *Network Cell Info Lite* kemudian hasil yang diperoleh dibandingkan dengan perhitungan model *path loss Macro-cell*. Penelitian ini dilakukan pada siang hari selama seminggu. Berdasarkan hasil pengukuran RSRP pada BTS 1 dan BTS 2 didapatkan nilai RSRP lebih besar dari -98 dBm, dimana menurut standar nilai *signal strength* RSRP nilai tersebut berada pada kategori sangat baik. Pada pemodelan *Macro-Cell* ini nilai *path loss* rata-rata yang didistribusikan normal oleh jarak dan frekuensi dengan nilai *path loss* terkecil sebesar 89.88 dB dan nilai *path loss* terbesar yaitu 115.08 dB. Pada pengukuran BTS 1 nilai *path loss* terbesar didapatkan sebesar 133 db dan nilai *path loss* terkecil adalah sebesar 106.57 dB, Sedangkan pada BTS 2 menghasilkan nilai *path loss* untuk terbesar yaitu 127.14 dB dan yang terkecil sebesar 111.57 dB. Pada BTS 1 nilai error *path loss* yang paling sedikit adalah 7% dan yang terbanyak yaitu sebesar 16%. Sedangkan untuk BTS 2 error yang terkecil yaitu 8% dan yang terbesar adalah 19.4%. Setiap BTS memiliki nilai rata-rata error *path loss* yang berbeda, pada BTS 1 memiliki error *path loss* sebanyak 9.22% sedangkan pada BTS 2 mempunyai nilai error *path loss* sebesar 11.11%. Maka dapat diketahui bahwa BTS 1 nilai rata-rata error *path loss*nya lebih kecil dari pada nilai rata-rata error *path loss* BTS 2.

**Kata-kata kunci:** *Path Loss, Macro-Cell, RSRP, Error*

## I. PENDAHULUAN

Propagasi gelombang radio adalah suatu sifat gelombang radio yang merambat melalui media saluran transmisi udara dari satu titik ke titik lainnya yang dipisahkan oleh jarak dengan cakupan puluhan kilometer dan bahkan bisa mencapai ribuan kilometer, adapun gelombang ini merambat melalui udara bebas menuju antena penerima dengan adanya proses peredaman sepanjang lintasan, sehingga ketika sampai di antena penerima sinyalnya menjadi lemah, sistem komunikasi ini menggunakan media saluran udara biasanya disebut saluran non fisik atau wireless [1].

Adapun propagasi gelombang radio pada daerah tertentu mempengaruhi kualitas sinyal yang dikirim dari pemancar ke penerima, dimana pada jaringan 4G memberikan efek transfer data dengan kecepatan maksimum mencapai 100 Mbps yang dimana dapat meningkatkan kualitas pada saat streaming maupun *video call* dari jaringan *via telephone* seluler. Akan tetapi dengan adanya pengaruh faktor lingkungan mengakibatkan kualitas layanan sinyal menurun serta tingkat kepuasan penggunaannya.

Rugi propagasi adalah proses terjadinya penurunan level daya gelombang saat merambat dari pemancar ke penerima. Proses penurunan level daya dipengaruhi oleh karakteristik kanal, Selain beberapa faktor di atas penurunan level daya juga diakibatkan faktor lain yang dapat mempengaruhi perubahan karakteristik propagasi gelombang radio yaitu faktor lingkungan dimana kanal radio itu berada.

Penelitian akan memilih objek lingkungan kanal radio di sekitar kota Lhokseumawe dengan sampel yang memiliki variasi kemiripan yang tidak sama. Adapun untuk mendeteksi dan mengukur kekuatan sinyal gelombang radio digunakan alat ukur *Network Cell Info Lite* dengan menggunakan parameter *Reference Signal Received Power (RSRP)*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Jaringan 4G-LTE

*Long Term Evolution (LTE)* adalah sebuah nama yang diberikan kepada suatu proyek dalam *The Third Generation Partnership Project (3GPP)*. Teknologi ini merupakan teknologi pra-4G yang didefinisikan dalam standar *3GPP Release 8*. LTE mendukung kecepatan hingga 100 Mbps untuk downlink dan 50 Mbps untuk uplink pada *channel bandwidth* 20 MHz. Berdasarkan keunggulannya LTE didukung teknologi OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) untuk arah downlink, kemudian teknologi SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*) untuk arah uplink untuk mencapai data rates yang lebih tinggi dan penggunaan bandwidth yang maksimal dan efisien. Perkembangan teknologi telekomunikasi seluler telah berkembang dari Generasi pertama (1G) hingga Generasi ketiga (3G), bahkan sekarang sudah dikembangkan menjadi generasi Keempat (4G)[2].

B. Path Loss

Path Loss merupakan melemahnya atau hilangnya kekuatan daya sinyal informasi yang dipancarkan oleh antenna pengirim sinyal (Tx) menuju ke penerima (Rx) saat proses transmisi melewati media udara. Path loss terjadi ketika data atau sinyal melewati media udara dari antenna ke penerima dalam jarak tertentu. Path loss dapat timbul disebabkan oleh banyak faktor, seperti kontur tanah, lingkungan yang berada, medium propagasi (udara yang kering atau lembab), jarak antara antenna pemancar dengan penerima, lokasi dan tinggi antenna[3].

Untuk menghitung pathloss pada daya transmisi dan daya penerima, dengan menghitung nilai Lp untuk masing – masing daerah pengukuran dapat dihitung dengan persamaan (2.2)[4].

$$PL \text{ (dB)} = P_t - RSRP \tag{1}$$

Dimana PL merupakan path loss (dB), P<sub>t</sub> adalah daya yang pancar (dBm), dan RSRP yaitu daya terima (dBm).

C. Model Macro-Cell Path-Loss

Macro-Cell merupakan modifikasi dari permodelan COST 231 hata pada propagasi daerah urban[11]. Dimana Urban Macro sendiri merupakan pemodelan yang digunakan pada daerah padat penduduk dimana sinyal yang diterima merupakan penjumlahana antara sinyal langsung dan sinyal tidak langsung[5].

Model ini memiliki banyak modifikasi dari COST 231 hata pada propagasi daerah urban dimana pemodelan COST 231 hata bekerja pada frekuensi 1500 MHz sampai dengan 2300 MHz dengan jarak antara BS dan MS yaitu 1 km sampai dengan 20 km[6], untuk tinggi antenna penerima berjarak 1 meter sampai dengan 10 meter dan tinggi antenna pegirim (BTS) yaitu 30 meter sampai dengan 200 meter. Sedangkan pada Model Macro-Cell Path loss bekerja pada frekuensi 1900 MHz sampai dengan 6 GHz dengan jarak antara BS dan MS minimal 35 m, untuk tinggi antenna penerima minimal berjarak 1.5 meter dan tinggi antenna pegirim (BTS) yaituminimalnya 32 meter.

$$PL \text{ [dB]} = [44,9 - 6,55 \log_{10}(h_{NB})] \log_{10} \left( \frac{d}{1000} \right) + 45,5 + [35,46 - 1,1 h_{UE}] \log_{10}(f_c) - 13,82 \log_{10}(h_{NB}) + 0,7 h_{UE} + C \tag{2}$$

Dimana h<sub>NB</sub> merupakan tinggi antenna BTS dalam meter, h<sub>UE</sub> adalah tinggi antenna penerima dalam meter, f<sub>c</sub> adalah frekuensi kerja antenna, d adalah jarak antenna antara konstan ( C = 0 dB untuk makro desa dan C= 3 dB untuk makro perkotaan), C adalah faktor konstantan (C = 0 dB untuk makro desa dan C= 3 dB untuk makro perkotaan).

Dengan asumsi h<sub>NB</sub> = 32, h<sub>UE</sub> = 1.5 m dan f<sub>c</sub> = 1.9 GHz, Note bahwa jarak minimum antara BTS dan UE d harus minimal 35 meter[6].

III. METODOLOGI

A. Alat dan Bahan

Untuk melakukan proses penelitian ini dibutuhkan alat dan bahan baik berupa hardware maupun software diantaranya yaitu, smartphone dengan sistem operasi berbasis android, provider Telkomsel, dan aplikasi Network Cell Info Lite dimana aplikasi ini digunakan untuk menganalisis dan mengoptimasi jaringan seluler, baik itu menguji sinyal GSM, CDMA 3G maupun 4G dan dapat membaca karakteristik sinyal dari parameter Reference Signal Received Power (RSRP).



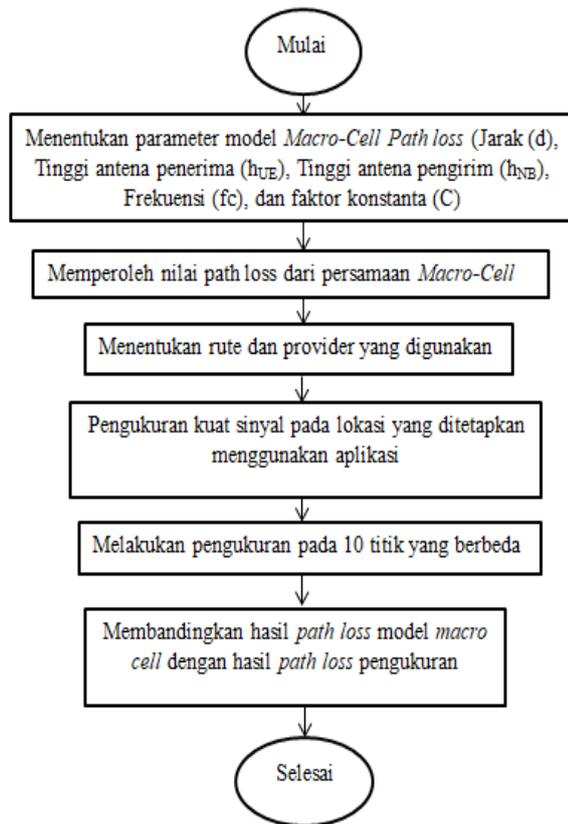
Gbr 1 Tampilan aplikasi Network Cell Info Lite

Pengukuran dilakukan di sepanjang jalan T.Hamid Darussalam dengan letak antenna BTS di Gg.pustu dan jalan Remaja Keude Aceh.

B. Teknik Pengumpulan Data

Untuk mengetahui nilai pathloss pada komunikasi bergerak 4G LTE, maka dilakukan pengukuran rugi-rugi propagasi yang dipantau dengan menggunakan aplikasi di handphone dengan parameter Rx Level dan path loss pada BTS di daerah urban Lhokseumawe. Pengukuran dilakukan sebanyak 7 hari dengan waktu yang sama menggunakan aplikasi Network Cell Info LITE. Pada penelitian ini observasi berupa studi dan pengumpulan data dilakukan pada BTS Telkomsel yang bekerja pada jaringan 4G di kota Lhokseumawe, yaitu dimana BTS tersebut bekerja pada frekuensi 2300 MHz dengan memancarkan daya sebesar 40 dBm dan tinggi antenna BTS yaitu 72 meter sedangkan tinggi antenna penerima yaitu 1,5 meter.

Pada penelitian ini data ditulis dalam bentuk tabulasi, data hasil tabulasi dianalisis menggunakan persamaan 1, dan persamaan 2. maka dapat dibuktikan apakah pathloss pada komunikasi bergerak dipengaruhi oleh faktor kanal radio ataupun tidak. Agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.



Gbr 2 Flowchart Metode Pengukuran dan Analisis

C. Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan menggunakan metode analisis yang dimana hasil akan ditampilkan dalam bentuk tabulasi dan grafis. Adapun hasil yang diperoleh berdasarkan parameter-parameter yang di ukur yaitu *path loss* pada ke-10 titik pengukuran dan nilai rata-rata pathloss dengan menggunakan persamaan *macro cell path loss*.

Adapun tahap metode analisis data menggunakan metode kuantitatif, dimana data-data hasil pengukuran itu sendiri dianalisis secara statistik untuk mengetahui *path loss* menggunakan persamaan *macro cell* pada komunikasi bergerak atau *radio mobile propagation*.

Pada penelitian ini ada dua daerah pengukuran yang dilakukan sebagai lokasi untuk mengukur pathloss dua BTS yang berbeda. Lokasi yang digunakan yaitu di daerah Urban. Dimana daerah urban memiliki karakteristik tertentu yaitu lingkungannya ditandai dengan banyaknya gedung tinggi, aktivitas masyarakat yang padat, sehingga kualitas dari sinyal yang diterima merupakan suatu faktor utama untuk mengetahui jaringan yang baik atau buruk pada suatu daerah[2].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran karakteristik propagasi ini dilakukan di luar ruangan, klasifikasi daerah pengukuran sangat berpengaruh terhadap data pengukuran yang diperoleh.

A. Hasil Pengukuran RSRP

Pengukuran RSRP dengan menggunakan Aplikasi *Network Cell Info Lite*. Pengukuran dilakukan selama seminggu pada sepuluh titik di daerah *coverage* masing-masing BTS. Dimana pada BTS 1 dan 2 mengindikasikan jarak minimum NB dan UE yaitu 35 meter dan jarak maksimumnya yaitu 206 meter.

Tabel I.  
Hasil Pengukuran RSRP BTS 1

Jarak (m)	Daya Terima (RSRP (dBm))							Daya Rata-Rata (dBm)
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	
35	-73	-69	-67	-68	-66	-61	-62	-66.57
54	-74	-70	-68	-69	-67	-63	-63	-67.71
73	-76	-72	-69	-70	-69	-65	-64	-69.28
92	-77	-74	-70	-71	-70	-71	-66	-71.28
111	-78	-75	-77	-73	-73	-72	-72	-74.28
130	-79	-76	-79	-75	-76	-77	-74	-76.57
149	-80	-77	-84	-76	-79	-79	-76	-78.71
168	-85	-79	-86	-79	-80	-80	-80	-81.28
187	-87	-85	-89	-80	-81	-83	-83	-84
206	-97	-91	-95	-92	-90	-92	-94	-93

Tabel II  
Hasil Pengukuran RSRP BTS 2

Jarak (m)	Daya Terima (RSRP (dBm))							Daya Rata-Rata (dBm)
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	
35	-69	-77	-74	-72	-71	-68	-70	-71.57
54	-70	-79	-77	-73	-72	-69	-71	-73
73	-73	-80	-79	-74	-73	-70	-72	-74.42
92	-74	-81	-80	-76	-75	-71	-73	-75.71
111	-76	-82	-83	-80	-78	-73	-74	-78
130	-78	-83	-85	-83	-79	-74	-75	-79.57
149	-80	-84	-86	-84	-80	-75	-76	-80.71
168	-82	-85	-87	-85	-82	-76	-77	-82
187	-86	-86	-88	-87	-84	-81	-82	-84.85
206	-90	-87	-90	-90	-86	-82	-85	-87.14

Menurut standar nilai *signal strength* RSRP, nilai RSRP dari tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa nilai tersebut dalam kategori sangat baik dengan simbol

warna yaitu hijau. Dimana *range* nilai RSRP lebih besar dari -98 dBm.

**B. Perhitungan Dari Pengukuran *Path Loss* Rata-Rata**

Dari hasil perhitungan *path loss* rata-rata BTS 1 pada Tabel 3, dapat dilihat semakin jauh jarak antara NB-UE maka menghasilkan nilai *path loss* yang semakin besar. Hal ini terjadi karena pengaruh faktor lingkungan, dimana adanya gedung, pepohonan, kendaraan yang ada disekitar lokasi pada saat pengukuran.

Tabel III  
Perhitungan dari Pengukuran *Path Loss* Rata-Rata BTS 1

Jarak (m)	Daya Pancar (dBm)	Daya Terima Rata-Rata (dBm)	<i>Path loss</i> Rata-Rata (dB)
35	40	-66.57	106.57
54	40	-67.71	107.71
73	40	-69.28	109.28
92	40	-71.28	111.28
111	40	-74.28	114.28
130	40	-76.57	116.57
149	40	-78.71	118.71
168	40	-81.28	121.28
187	40	-84	124
206	40	-93	133

Tabel IV  
Perhitungan dari Pengukuran *Path Loss* Rata-Rata BTS 2

Jarak (m)	Daya Pancar (dBm)	Daya Terima Rata-Rata (dBm)	<i>Path loss</i> Rata-Rata (dB)
35	40	-71.57	111.57
54	40	-73	113
73	40	-74.42	114.42
92	40	-75.71	115.71
111	40	-78	118
130	40	-79.57	119.57
149	40	-80.71	120.71
168	40	-82	122
187	40	-84.85	124.85
206	40	-87.14	127.14

Pada tabel 4 dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak antara NB-UE maka nilai *path loss* nya akan semakin besar. Hal ini terjadi karena pengaruh faktor lingkungan, dimana adanya gedung, pepohonan, kendaraan dan lebar jalanan. Yang dapat mengakibatkan besarnya *path loss*.

**C. Perhitungan *Path Loss* Dengan Model *Macro-Cell***

Untuk menentukan *path loss* pada model *Macro-Cell* maka ditentukan parameter Jarak (d), tinggi antenna penerima ( $h_{UE}$ ), tinggi antenna pengirim ( $h_{NB}$ ), frekuensi ( $f_c$ ), dan faktor konstanta (C). Berdasarkan mekanisme diatas, maka *path loss* pada setiap titik pengukuran dapat diperlihatkan pada tabel 5.

Tabel V  
Perhitungan *Path Loss* model *Macro-cell*

Jarak (m)	<i>Pathloss</i> Perhitungan(dB)	
	BTS 1	BTS 2
35	89.88	89.88
54	96.04	96.04
73	100.33	100.33
92	103.62	103.62
111	106.29	106.29
130	108.53	108.53
149	110.47	110.47
168	112.18	112.18
187	113.70	113.70
206	115.08	115.08

Dari tabel 5 dapat di ketahui bahwa nilai *path loss* di terdistribusi oleh jarak dan frekuensi. Semakin jauh jarak antara NB-UE maka nilai *path loss* akan semakin besar. Pada tabel nilai *path loss* paling kecil pada jarak 35 m yaitu 89.88 dB dan nilai *path loss* paling tinggi pada jarak 206 m yaitu 115.08 dB.

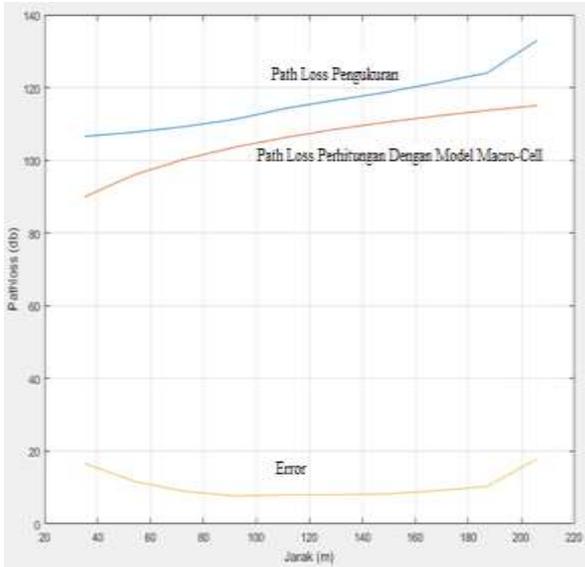
**D. Perbandingan *Path Loss* Pengukuran dan Perhitungan BTS 1**

Berdasarkan hasil pengukuran *path loss* 1 kali dalam sehari selama 7 hari di BTS 1 menggunakan aplikasi *Network cell Info LITE*, maka diperoleh data yang tercantum pada tabel 6.

Tabel VI  
Perbandingan antara *Path Loss* pengukuran dan perhitungan BTS 1

Jarak (m)	<i>Pathloss</i> Pengukuran (dB)	<i>Pathloss</i> Perhitungan Dengan Model <i>Macro-Cell</i> (dB)	Error (dB)	Error (%)
35	106.57	89.88	16.68	16
54	107.71	96.04	11.66	11
73	109.28	100.33	8.95	8.1
92	111.28	103.62	7.66	7
111	114.28	106.29	7.99	7
130	116.57	108.53	8.03	7
149	118.71	110.47	8.23	7
168	121.28	112.18	9.10	7.5
187	124	113.70	10.29	8.2
206	133	115.08	17.91	13.4
Rata-rata			10.65	9.22

Pada tabel 6 dan gambar.3 di perlihatkan bahwa secara pengukuran nilai *path loss* pada sepuluh titik berbeda, dimana titik pertama dengan jarak paling dekat yaitu pada jarak 35 m diperoleh *path loss* sebesar 106.57 dB dan pada jarak yang lebih jauh yaitu pada jarak 206 m diperoleh *path loss* sebesar 133 dB. Sedangkan pada perhitungan model *Macro-Cell* diperoleh pada jarak yang paling dekat yaitu 35 meter sebesar 89,88 dB dan jarak paling jauh yaitu 206 m diperoleh sebesar 115,08 dB.



Gbr.3 Kurva Perbandingan Path Loss Pengukuran dan Perhitungan BTS 1

Berdasarkan gambar.3 diketahui bahwa nilai *path loss* dipengaruhi oleh faktor jarak dan keadaan spesifik lingkungan seperti tinggi bangunan, lebar jalan, dan struktur geografis. Hal ini terjadi karena rambat gelombang yang terhalang oleh benda-benda seperti rumah, gedung bertingkat, ruko, kendaraan, pohon, dan benda lain disekitar BTS yang menyebabkan lintasan yang ditempuh semakin jauh.

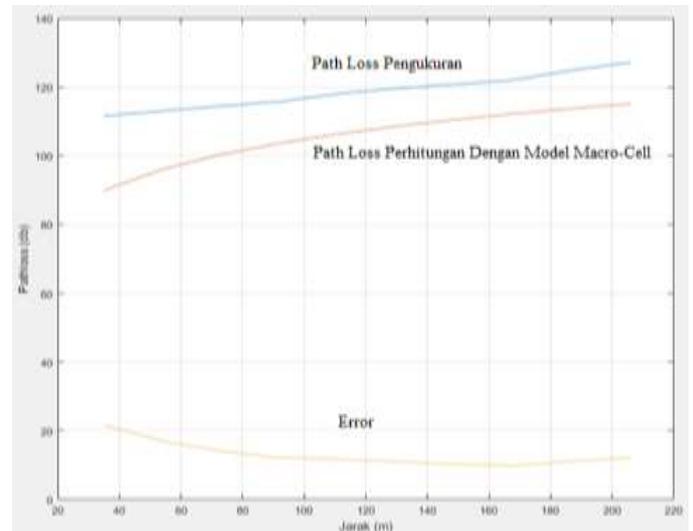
E. Perbandingan Path Loss Pengukuran dan Perhitungan BTS 2

Berdasarkan hasil pengukuran *path loss* 1 kali dalam sehari selama 7 hari di BTS 2 menggunakan aplikasi *Network cell Info LITE* , maka diperoleh data yang tercantum pada tabel 7.

Pada tabel 7 dan gambar 4 di perlihatkan bahwa secara pengukuran nilai *path loss* pada sepuluh titik berbeda, dimana titik pertama dengan jarak paling dekat yaitu pada jarak 35 m diperoleh *path loss* sebesar 111.57 dB dan pada jarak yang lebih jauh yaitu pada jarak 206 m diperoleh *path loss* sebesar 127.14 dB sedangkan pada perhitungan model *Macro-Cell* diperoleh pada jarak yang paling dekat yaitu 35 meter sebesar 89.88 dB dan jarak paling jauh yaitu 206 m diperoleh sebesar 115.08 dB.

Tabel VII  
Perbandingan Antara Path Loss Pengukuran dan Perhitungan BTS 2

Jarak (m)	Pathloss Pengukuran (dB)	Pathloss Perhitungan Dengan Model Macro-Cell (dB)	Error (dB)	Error (%)
35	111.57	89.88	21.68	19.4
54	113	96.04	16.95	15
73	114.42	100.33	14.09	12.3
92	115.71	103.62	12.09	10.4
111	118	106.29	11.70	10
130	119.57	108.53	11.03	9.2
149	120.71	110.47	10.23	8.4
168	122	112.18	9.81	8
187	124.85	113.70	11.15	9
206	127.14	115.08	12.06	9.4
<b>Rata-rata</b>			<b>13.08</b>	<b>11.11</b>



Gbr.4 Kurva Perbandingan Path Loss pengukuran dan perhitungan BTS 2

Berdasarkan gambar.4 diketahui bahwa nilai *path loss* dipengaruhi oleh faktor jarak dan keadaan spesifik lingkungan seperti tinggi bangunan, lebar jalan, dan struktur geografis. Hal ini terjadi karena rambat gelombang yang terhalang oleh benda-benda seperti rumah, kendaraan, pohon, dan benda lain disekitar BTS yang menyebabkan lintasan yang ditempuh semakin jauh.

F. Perbandingan Hasil Pengukuran Path Loss Pada Kedua BTS

Berdasarkan dari hasil pengukuran *path loss* pada kedua BTS yang dilakukan selama seminggu dengan menggunakan aplikasi *Network Cell Info LITE* dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak antara UE dan NB maka *path loss* akan semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan sekitar yang mengakibatkan

rambat gelombang terhalang dari benda-benda yang ada disekitar BTS.

Dari kedua BTS sebenarnya faktor yang mempengaruhi nilai path loss sama saja perbedaannya hanya pada lokasi BTS 1 banyak terdapat gedung tinggi, aktifitas yang banyak, kendaraan yang banyak sedangkan BTS 2 hanya ada beberapa gedung tinggi lebih banyak perumahan, aktifitas yang tidak terlalu banyak. Sehingga *path loss* lebih besar berada pada lokasi BTS1.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisa hasil pengukuran dan perhitungan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemodelan *Macro-Cell* merupakan modifikasi dari permodelan COST 231 hata pada propagasi daerah urban. Dimana Urban Macro sendiri merupakan pemodelan yang digunakan pada daerah padat penduduk dimana sinyal yang diterima merupakan penjumlahan antara sinyal langsung dan sinyal tidak langsung.
2. Berdasarkan hasil pengukuran RSRP pada BTS 1 dan BTS 2 didapatkan nilai RSRP lebih besar dari -98 dBm, dimana menurut standar nilai signal strength RSRP nilai tersebut berada pada kategori sangat baik.
3. Pada pemodelan *Macro-Cell* nilai *path loss* rata-rata yang didistribusikan normal oleh jarak dan frekuensi dengan nilai *path loss* terkecil sebesar 89.88 dB dan nilai *path loss* terbesar yaitu 115.08 dB.
4. Hasil pengukuran BTS 1 nilai *path loss* terbesar didapatkan sebesar 133 dB dan nilai *path loss* terkecil adalah sebesar 106.57 dB. Sedangkan pada BTS 2 menghasilkan nilai *path loss* untuk terbesar yaitu 127.14 dB dan yang terkecil sebesar 111.57 dB.
5. Nilai error *path loss* pada BTS 1 yang paling sedikit adalah 7% dan yang terbanyak yaitu sebesar 16%. Sedangkan untuk BTS 2 error yang terkecil yaitu 8% dan yang terbesar adalah 19.4%.
6. Setiap BTS memiliki nilai rata-rata error path loss yang berbeda, pada BTS 1 memiliki error *path loss* sebanyak 9.22% sedangkan pada BTS 2 mempunyai nilai error sebesar 11.11%. Maka dapat diketahui bahwa pada BTS 1 nilai rata-rata error *path loss* nya lebih kecil dari pada nilai rata-rata error *path loss* BTS 2.

## REFERENSI

- [1] Usman, Uke Kurniawan. **Propagasi Gelombang Radio Pada Teknologi Seluler**. (Tugas akhir Mahasiswa Fakultas Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom), Karya tidak diterbitkan.
- [2] Efiyendro, Rendi dan Yusnita Rahayu. 2017. **Analisa perbandingan kuat sinyal 4G LTE antara operator Telkomsel dan XL Axiata berdasarkan paramater Drive test menggunakan Software G-Net Track Pro diarea jalan protokol panam**. Jom FTEKNIK Volume 4 No. 2.
- [3] Lina, Mubarak, DKK. **Pengukuran Dan Perhitungan Pathloss Eksponen Untuk Cluster Residences, Centar Business Distrik (CBD) Dan Perkantoran Di Daerah Urban**. (Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Telekomunikasi Politeknik Elektronika Negeri Surabaya), Karya tidak diterbitkan.
- [4] T.S Rappaport pada tahun 2001 dalam bukunya **Wireless communications –Principles and practice, 2<sup>nd</sup> Edition, Prentice Hall**.
- [5] Alfaresi, Bengawan. **Analisa Path Loss Radio Jaringan 5G frekuensi High band 26 GHz dengan Model 3GPP ETSI**. (Tugas akhir Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang), Karya tidak diterbitkan.
- [6] Khan Faruq pada tahun April 20, 2009 dalam bukunya **LTE For 4G Mobile Broadband. Amerika: Cambridge university press; 1st edition**.