

PERHITUNGAN PATHLOSS TEKNOLOGI LONG TERM EVOLUTION (LTE) BERDASARKAN PARAMETER JARAK E Node-B TERHADAP MOBILE STATION DI BALIKPAPAN

Maria Ulfah

Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Balikpapan
Corresponding author, e-mail : maria.ulfa@poltekba.ac.id

Abstrak—Semakin jauh jarak antara pengirim dan penerima dalam komunikasi seluler akan mengakibat terjadinya rugi-rugi (*pathloss*) sinyal yang terjadi disepanjang saluran transmisi, yang akan mempengaruhi kualitas sinyal yang akan diterima. Sehingga perlu dilakukan perhitungan rugi-rugi (*pathloss*) untuk jaringan teknologi 4G LTE di kota Balikpapan untuk mengetahui peningkatan *pathloss* dengan penambahan jarak antara E node B- MS. Dalam menentukan rugi-rugi sinyal digunakan model propagasi COST 231 karena sesuai dengan frekuensi 4G LTE yaitu 1800 MHz dan untuk wilayah *urban*. Dalam penelitian ini dihitung rugi-rugi (*pathloss*) sinyal 4G LTE dengan variasi jarak antena pemancar (E node B) terhadap penerima (mobile station) yaitu 1 km, 5 km, 10 km, 15 km, 20 km, dengan ketinggian antena pemancar 24 meter. Dari hasil perhitungan didapatkan semakin jauh jarak antara antena pemancar terhadap penerima maka nilai *pathloss* semakin besar yaitu dari 138.8853 dB menjadi 175.4915 dB. Sedangkan jika tinggi antena penerima diperbesar dengan jarak d antara eNodeB dengan MS tetap maka nilai pathloss menjadi menurun.

Kata Kunci : 4G LTE, pathloss, model propagasi COST 231

Abstrak—The farther the distance between sender and receiver in the mobile communication will be resulted in the losses (pathloss) signals that occur along the transmission line, which will affect the quality of the signal to be received. So that needs to be calculated losses (pathloss) for 4G LTE technology network in the city of Aberdeen to determine the pathloss increase with the addition of the distance between nodes E B- MS. In determining the loss signal used propagation model COST 231 because according to the frequency of 4G LTE 1800 MHz and for an urban area in this study was calculated losses (pathloss) signal 4G LTE with distance variation antenna transmitter (E node B) of the recipient (mobile station) is 1 km, 5 km, 10 km, 15 km, 20 km, with a transmitter antenna height of 24 meters. From the results of the calculation, the greater the distance between the transmitter antenna towards the receiver pathloss value is the greater of 138.8853 175.4915 dB to dB. Meanwhile, if the receiver antenna height is enlarged to the distance d between the eNodeB with MS remain the pathloss value to decrease.

Keywords: 4G LTE, pathloss, model propagasi COST 231

Copyright © 2016 JNTE. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat teknologi komunikasi seluler dimulai dari generasi pertama (1G) sampai pada sekarang ini generasi keempat (4G) didasarkan kepada kebutuhan masyarakat akan informasi dan komunikasi yang menuntut tersedianya sistem komunikasi seluler yang bermutu tinggi. Dimana akan menjadi trend perubahan kebutuhan konsumen dari komunikasi suara menjadi komunikasi data dengan kecepatan transfer yang semakin tinggi.

Teknologi 4G LTE (Long Term Evolution) dikembangkan dari suatu *Third Generation*

Patnership Project (3GPP) yang merupakan pengembangan dari teknologi sebelumnya 3G (UMTS) yang memiliki kecepatan transfer *rate* 2 Mbps, dan 3,5 G (HSPA) yang mencapai 14 Mbps. LTE ini dirancang untuk memiliki kemampuan kecepatan transfer *rate* mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*.

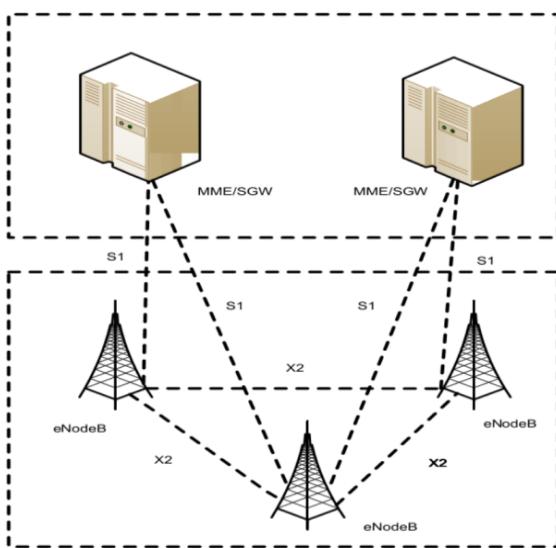
Dalam perencanaan jaringan telekomunikasi seluler termasuk 4G LTE, pada daerah *urban*, *sub urban* ataupun *rural* berbeda karena sinyal akan mengalami pantulan (*reflected*) yang berbeda disebabkan tingkat kepadatan rumah atau gedung yang berbeda. Banyaknya pantulan

disepanjang saluran yang dilalui oleh sinyal akan menimbulkan redaman atau daya yang hilang disepanjang saluran atau yang lebih dikenal dengan istilah *pathloss* yang mempengaruhi kualitas sinyal. Oleh sebab itu perhitungan *pathloss* sangat penting dilakukan dalam perencanaan sebuah jaringan telekomunikasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teknologi 4G LTE

LTE (Long Term Evolution) dikembangkan oleh Third Generation Partnership Project (3GPP) untuk memperbaiki teknologi sebelumnya yaitu 3G dan 3,5 G. Spesifikasi LTE ditargetkan untuk melayani downlink sedikitnya 100 Mbps dan uplink 50 Mbps [3]. Gambar 1 merupakan konfigurasi jaringan LTE.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan LTE

2.2. Perambatan Gelombang Radio

Propagasi adalah suatu metode proses perambatan gelombang radio dari pemancar (*Tx*) ke penerima (*Rx*) dan media transmisi sinyal yang digunakan adalah dengan media non-kawat (*unguided*) serta, memerlukan antena untuk meradiasikan sinyalnya ke udara bebas dan bentuk sinyal yang dipancarkan oleh pemancar adalah berupa gelombang sinyal elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik ini akan merambat melalui udara bebas menuju antena penerima dan sinyal yang ditransmisikan oleh pemancar tersebut akan

mengalami peredaman sepanjang lintasan yang dilaluinya, sehingga ketika sampai di antena penerima, energi sinyal sudah sangat lemah.

Mekanisme propagasi gelombang dalam sistem *wireless* memiliki 3 jenis yaitu [6]:

- Reflection** adalah pantulan atau yang dikenal dengan (*refleksi*) yang berlangsung ketika gelombang elektromagnetik mengenai objek yang memiliki dimensi jauh lebih besar dari panjang gelombang yang dipancarkan. Dan pantulan dapat terjadi pada permukaan tanah gedung serta tembok contoh: Permukaan bumi, bangunan dan dinding.
- Diffraction** adalah penguraian sinyal (*difraksi yang*) berlangsung ketika radio *Tx* dan *Rx* bertabrakan atau dibelokan oleh benda yang memiliki sisi ujung lintasan yang tajam (*sharp edge*). Gelombang-gelombang yang dihasilkan dari difraksi ini juga akan mempengaruhi gelombang yang akan diterima meskipun bentuk halangan tidak terlihat secara langsung. Pada frekuensi tinggi difraksi sangat bergantung dengan bentuk objek.
- Scattering** adalah hamburan sinyal yang terjadi ketika saat sinyal mengenai objek yang mempunyai dimensi lebih kecil dibandingkan panjang gelombang sinyal sehingga menyebabkan energi menyebar kesegala arah. Hamburan dihasilkan oleh permukaan yang kasar, benda kecil, atau dapat disebabkan oleh ketidak teraturan dalam saluran frekuensi.

2.3. PathLoss

Path Loss adalah (melemah/hilangnya) kekuatan daya sinyal informasi yang dipancarkan oleh antena pengirim sinyal (*Tx*) menuju penerima (*Rx*) yang berlangsung selama data/sinyal melewati media udara dan terjadi selama proses transmisi sinyal berlangsung dari antena pengirim menuju penerima dalam jarak tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai level daya dan *pathloss* adalah jarak pengukuran antara (*Tx*) dan (*Rx*), tinggi antena (*Tx* dan *Rx*), serta jenis area pengukuran yang digunakan.

Model Propagasi *COST 231*:

Model propagasi jenis ini untuk mengestimasi *pathloss* di daerah *urban* dan beroperasi pada range frekuensi 1500 MHz-2000 MHz.[10]

Karakteristik model propagasi *Cost 231*:

1. Range frekuensi :1500 – 2000 MHz
2. Bs (h_{te}) : 30 – 200 m (Tinggi efektif antenna *transmiter*)
3. Ms (h_{re}) : 1 – 10 m (Tinggi efektif antenna *receiver*)
4. d : 1 – 20 Km (Jarak Bs – Ms)
a (h_{re}): adalah faktor koreksi untuk tinggi antenna MS yang tergantung ukuran coverage area

Untuk daerah kecil :

$$a (h_{re}) = (1,1 \log F_c - 0,7) h_{re} - (1,56 \log f_c - 0,8) \quad (1)$$

Untuk daerah luas :

$$a (h_{re}) = (8,29(\log 1,54 h_{re})^2 - 1,1), f_c \geq 300 \text{ Mhz} \quad (2)$$

$$a (h_{re}) = (3,2(\log 11,75 h_{re})^2 - 4,97), f_c \leq 300 \text{ Mhz} \quad (3)$$

Untuk model propagasi jenis cost 231 dapat menggunakan persamaan :

$$L(\text{urban}) = 46,3 + 33,9 \log f_c - 13,82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log h_{te}) \log d + CM \quad (4)$$

Nilai CM → untuk daerah *small* dan *medium city* = 0 dB

Nilai CM → untuk daerah *large city* (*metropolitan center*) = 3 dB

2.4. Klasifikasi Daerah

Berdasarkan keberadaan penghalang dan tingkat kepadatan (*obstacle*) suatu halangan yang dapat mengganggu proses pentransmisian yang berlangsung maka daerah dibagi menjadi tiga yaitu [7]:

1. Daerah *Urban*

Adalah daerah wilayah yang dipadati penduduk dengan bangunan-bangunan besar dan memiliki gedung-gedung yang rapat serta tinggi

2. Daerah *Sub Urban*

Kategori daerah yang memiliki jumlah bangunan yang mulai padat dan tinggi rata-rata bangunan antara 12 – 20 m dan lebar 18–30m

3. Daerah *Rural*

Adalah kategori jenis wilayah yang memiliki jumlah bangunan sedikit dan jarang atau dapat berupa alam terbuka.

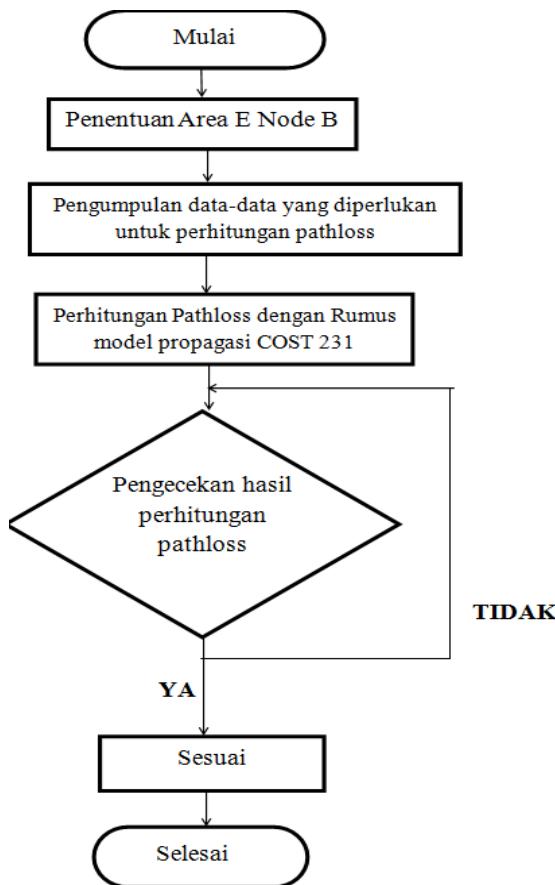
3. METODOLOGI

3.1. Tahapan Penelitian

Untuk tahapan penelitian antara lain:

1. Menentukan frekuensi LTE yang akan diteliti
2. Menentukan area eNode B
3. Menghitung nilai a(h_{re}) untuk masing-masing daerah layanan
4. Menghitung pathloss untuk masing-masing daerah layanan

3.2. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Penjelasan diagram alir:

1. Penentuan area E node B
Dalam penelitian ini di ambil *sample* E node B untuk *area urban*, karena teknologi 4G LTE di kota Balikpapan masih dalam perluasan ke area *sub urban* dan *rural*
2. Pengumpulan data-data yang diperlukan untuk perhitungan antara lain:
 - a. Frekuensi 4G LTE yang digunakan di Balikpapan
 - b. Tinggi antena E node B

- c. Jarak antara E node B terhadap mobile station (MS)
 - d. dsb
3. Perhitungan pathloss teknologi 4G LTE dengan model propagasi COST 231
- Digunakannya model propagasi COST 231 sesuai dengan *range* frekuensi 4G LTE yang ada di Balikpapan yaitu 1800 MHz
 - Menghitung pathloss dengan pembagian jarak E node B- MS yaitu 1, 5, 10, 15, 20 km.
4. Pengecekan hasil perhitungan pathloss yang telah dilakukan.
- Dalam hal ini dilakukan pengecekan kembali terhadap perhitungan yang telah dilakukan untuk menghindari kesalahan dalam perhitungan karena ada banyak parameter yang dimasukkan.
5. Jika dalam perhitungan *pathloss* tidak ada kekeliruan maka proses ini dapat diselesaikan

Pada pembahasan ini data yang digunakan adalah data yang telah diperoleh dari PT. Indosat Ooredoo yaitu teknologi 4G, frekuensi 1800 MHz pada sampel kategori wilayah kota Balikpapan antara lain:

e Node B Lokasi daerah Jenderal Sudirman, Bs (h_{te}) = 24 m

Dalam melakukan perhitungan pathloss pada penelitian ini penulis menggunakan beberapa variasi dari tinggi antenna penerima Ms (h_{re}) dan jarak d (Jarak Bs – Ms)

Tabel 1. Tabel variasi parameter perhitungan *Pathloss*

No	Tinggi antenna MS, h_{re} (meter)	Jarak, d (km)
1	1	1, 5, 10, 15, 20
2	2	1, 5, 10, 15, 20
3	3	1, 5, 10, 15, 20
4	4	1, 5, 10, 15, 20
5	5	1, 5, 10, 15, 20
6	6	1, 5, 10, 15, 20
7	7	1, 5, 10, 15, 20
8	8	1, 5, 10, 15, 20
9	9	1, 5, 10, 15, 20
10	10	1, 5, 10, 15, 20

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan *Pathloss* 4G LTE

4.1.1. Perhitungan Pathloss 4G LTE untuk MS (h_{re}) 1 meter

Untuk melakukan perhitungan *Pathloss* 4G LTE untuk MS (h_{re}) 1 meter

Frekuensi = 1800 MHz (Frekuensi 4G LTE)
 $Bs (h_{te})$ = 24 m(Tinggi antena e node B)
 $Ms (h_{re})$ = 1 (Tinggi antenna MS)
 d = 1 km (Jarak Bs- Ms)

Untuk penelitian ini diambil nilai a (h_{re}) untuk daerah luas

Nilai CM = 0 dB, daerah small and medium city

$$\begin{aligned} a (h_{re}) &= (3,2(\log 11,75 h_{re})^2 - 4,97) \\ &\text{untuk } f_c \geq 300 \text{ Mhz} \\ &= (3,2(\log 11,75 \cdot 1)^2 - 4,97) \\ &= -1.306060685 \end{aligned}$$

Untuk model propagasi Cost 231 maka pengukuran *pathloss* dilakukan untuk area urban dapat menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} L(\text{urban}) &= 46,3 + 33,9 \log f_c - 13,82 \log h_{te} - \\ &a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log h_{te}) \log d + \\ &CM \\ &= 46,3 + 33,9 \log 1800 - 13,82 \log 24 \\ &- (-1.306060685) + (44,9 - 6,55 \log \\ &24) \log 1 + 0 \\ &= 138,8853 \text{ dB} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan *pathloss* 4G LTE MS (h_{re}) 1 meter dengan variasi d = 1 km, 5 km, 10 km, 15 km, 20 km diberikan pada Tabel 2 :

Tabel 2. Perhitungan *Pathloss* 4G LTE MS (h_{re}) 1 meter

No	Tinggi antenna MS, h_{re} (meter)	Jarak, d (km)	Pathloss (dB)
1	1	1	138.8853
2	1	5	163.9501
3	1	10	174.7449
4	1	15	181.0595
5	1	20	185.5397

4.1.2. Perhitungan *Pathloss* 4G LTE untuk MS (h_{re}) 2 meter

Untuk perhitungan *pathloss* 4G LTE MS (h_{re}) 2 meter dengan variasi d = 1 km, 5 km, 10 km, 15 km, 20 km diberikan pada Tabel 3 :

Tabel 3. Perhitungan Pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 2 meter

No	Tinggi antenna MS, h_{re} (meter)	Jarak, d (km)	Pathloss (dB)
1	2	1	136.5338
2	2	5	161.5986
3	2	10	172.3934
4	2	15	178.708
5	2	20	183.1882

4.1.3. Perhitungan Pathloss 4G LTE untuk MS (h_{re}) 3 meter

Untuk perhitungan pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 3 meter dengan variasi $d = 1 \text{ km}, 5 \text{ km}, 10 \text{ km}, 15 \text{ km}, 20 \text{ km}$ diberikan pada Tabel 4 :

Tabel 4. Perhitungan Pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 3 meter

No	Tinggi antenna MS, h_{re} (meter)	Jarak, d (km)	Pathloss (dB)
1	3	1	134.8894
2	3	5	159.9542
3	3	10	170.749
4	3	15	177.0636
5	3	20	181.5438

4.1.4. Perhitungan Pathloss 4G LTE untuk MS (h_{re}) 4 meter

Untuk perhitungan pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 4 meter dengan variasi $d = 1 \text{ km}, 5 \text{ km}, 10 \text{ km}, 15 \text{ km}, 20 \text{ km}$ diberikan pada Tabel 5 :

Tabel 5. Perhitungan Pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 4 meter

No.	Tinggi antenna MS, h_{re} (meter)	Jarak, d (km)	Pathloss (dB)
1	4	1	133.6023
2	4	5	158.6671
3	4	10	169.4619
4	4	15	175.7765
5	4	20	180.2567

4.1.5. Perhitungan Pathloss 4G LTE untuk MS (h_{re}) 5 meter

Untuk perhitungan pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 5 meter dengan variasi $d = 1 \text{ km}, 5 \text{ km}, 10 \text{ km}, 15 \text{ km}, 20 \text{ km}$ diberikan pada Tabel 6:

Tabel 6. Perhitungan Pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 5 meter

No.	Tinggi antenna MS, h_{re} (meter)	Jarak, d (km)	Pathloss (dB)
1	5	1	132.5352
2	5	5	157.6
3	5	10	168.3948
4	5	15	174.7094
5	5	20	179.1896

4.1.6. Perhitungan Pathloss 4G LTE untuk MS (h_{re}) 6 meter

Untuk perhitungan pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 6 meter dengan variasi $d = 1 \text{ km}, 5 \text{ km}, 10 \text{ km}, 15 \text{ km}, 20 \text{ km}$ diberikan pada Tabel 7 :

Tabel 7. Perhitungan Pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 6 meter

No	Tinggi antenna MS, h_{re} (meter)	Jarak, d (km)	Pathloss (dB)
1	6	1	131.6186
2	6	5	156.6834
3	6	10	167.4783
4	6	15	173.7928
5	6	20	178.2731

4.1.7. Perhitungan Pathloss 4G LTE untuk MS (h_{re}) 7 meter

Untuk perhitungan pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 7 meter dengan variasi $d = 1 \text{ km}, 5 \text{ km}, 10 \text{ km}, 15 \text{ km}, 20 \text{ km}$ diberikan pada Tabel 8 :

Tabel 8. Perhitungan Pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 7 meter

No.	Tinggi antenna MS, h_{re} (meter)	Jarak, d (km)	Pathloss (dB)
1	7	1	130.8124
2	7	5	155.8772
3	7	10	166.672
4	7	15	172.9866
5	7	20	177.4669

4.1.8. Perhitungan Pathloss 4G LTE untuk MS (h_{re}) 8 meter

Untuk perhitungan pathloss 4G LTE MS (h_{re}) 8 meter dengan variasi $d = 1 \text{ km}, 5 \text{ km}, 10 \text{ km}, 15 \text{ km}, 20 \text{ km}$ diberikan pada Tabel 9 :

Tabel 9. Perhitungan Pathloss 4G LTE MS ((h_{re}) 8 meter)

NO	Tinggi antenna MS, h_{re} (meter)	Jarak, d (km)	Pathloss (dB)
1	8	1	130.0909
2	8	5	155.1557
3	8	10	165.9505
4	8	15	172.2651
5	8	20	176.7453

4.1.9. Perhitungan Pathloss 4G LTE untuk MS (h_{re}) 9 meter

Untuk perhitungan pathloss 4G LTE MS ((h_{re}) 9 meter dengan variasi d = 1 km, 5 km, 10 km, 15 km, 20 km diberikan pada Tabel 10 :

Tabel 10. Perhitungan Pathloss 4G LTE MS ((h_{re}) 9 meter)

No.	Tinggi antenna MS, h_{re} (meter)	Jarak, d (km)	Pathloss (dB)
1	9	1	129.4365
2	9	5	154.5013
3	9	10	165.2962
4	9	15	171.6107
5	9	20	176.091

4.1.10. Perhitungan Pathloss 4G LTE untuk MS (h_{re}) 10 meter

Untuk perhitungan pathloss 4G LTE MS ((h_{re}) 10 meter dengan variasi d = 1 km, 5 km, 10 km, 15 km, 20 km diberikan pada Tabel 11:

Tabel 11. Perhitungan Pathloss 4G LTE MS ((h_{re}) 10 meter)

No.	Tinggi antenna MS, h_{re} (meter)	Jarak, d (km)	Pathloss (dB)
1	10	1	128.8337
2	10	5	153.9018
3	10	10	164.6967
4	10	15	171.0112
5	10	20	175.4915

4.2. Perbandingan Pathloss dengan Nilai MS (h_{re}) yang Semakin Besar

- Untuk nilai d = 1 km, BS hte = 24 m, nilai MS hre dari 1 m – 10 m

Tabel 12. Perbandingan Pathloss d= 1 km, BS hte = 24 m, MS hre 1-10 m

MS, h_{re} (meter)	Pathloss (dB)
1	138.8853
2	136.5338
3	134.8894
4	133.6023
5	132.5352
6	131.6186
7	130.8124
8	130.0909
9	129.4365
10	128.837

- Untuk nilai d = 5 km, BS hte = 24 m, nilai MS hre dari 1 m – 10 m

Tabel 13. Perbandingan Pathloss d= 5 km, BS hte = 24 m, MS hre 1-10 m

MS, h_{re} (meter)	Pathloss (dB)
1	163.9501
2	161.5986
3	159.9542
4	158.6671
5	157.6
6	156.6834
7	155.8772
8	155.1557
9	154.5013
10	153.9018

- Untuk nilai d = 10 km, BS hte = 24 m, nilai MS hre dari 1 m – 10 m

Tabel 14. Perbandingan Pathloss d= 10 km, BS hte = 24 m, MS hre 1-10 m

MS, h_{re} (meter)	Pathloss (dB)
1	174.7449
2	172.3934
3	170.749
4	169.4619
5	168.3948
6	167.4783
7	166.672
8	165.9505
9	165.2962
10	164.6967

4. Untuk nilai $d = 15 \text{ km}$, BS hte = 24 m, nilai MS hre dari 1 m – 10 m

Tabel 15. Perbandingan *Pathloss* $d= 15 \text{ km}$, BS hte = 24 m, MS hre 1-10 m

	MS, h_{re} (meter)	Pathloss (dB)
$d = 15 \text{ km}$, BS hte = 24 m,	1	181.0595
	2	178.708
	3	177.0636
	4	175.7765
	5	174.7094
	6	173.7928
	7	172.9866
	8	172.2651
	9	171.6107
	10	171.0112

5. Untuk nilai $d = 20 \text{ km}$, BS hte = 24 m, nilai MS hre dari 1 m – 10 m

Tabel 16. Perbandingan *Pathloss* $d= 20 \text{ km}$, BS hte = 24 m, MS hre 1-10 m

	MS, h_{re} (meter)	Pathloss (dB)
$d = 20 \text{ km}$, BS hte = 24 m,	1	185.5397
	2	183.1882
	3	181.5438
	4	180.2567
	5	179.1896
	6	178.2731
	7	177.4669
	8	176.7453
	9	176.091
	10	175.4915

5. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan *pathloss* dan analisa yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin jauh jarak antara Mobile Station (MS) terhadap e Node B maka semakin besar pathloss yang terjadi yaitu dari 138.8853 dB sampai 175.4915 dB
2. Penambahan tinggi antenna di sisi penerima (MS) dengan jarak d yang tetap ($d= 1\text{km}$) akan membuat nilai pathloss akan mengalami penurunan yaitu 138.8853 dB menjadi 128.837 dB

3. Penambahan tinggi antenna di sisi penerima (MS) dengan jarak d yang tetap ($d= 5 \text{ km}$) akan membuat nilai pathloss akan mengalami penurunan yaitu 163.9501 dB menjadi 153.9018 dB
4. Penambahan tinggi antenna di sisi penerima (MS) dengan jarak d yang tetap ($d= 10 \text{ km}$) akan membuat nilai pathloss akan mengalami penurunan yaitu 174.7449 dB menjadi 164.6967 dB
5. Penambahan tinggi antenna di sisi penerima (MS) dengan jarak d yang tetap ($d= 15 \text{ km}$) akan membuat nilai pathloss akan mengalami penurunan yaitu 181.0595 dB menjadi 171.0112 dB
6. Penambahan tinggi antenna di sisi penerima (MS) dengan jarak d yang tetap ($d= 20 \text{ km}$) akan membuat nilai pathloss akan mengalami penurunan yaitu 185.5397 dB menjadi 175.4915 dB

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hutahuruk, Sindak. (2011). "Simulasi Empiris Okumura Hata dan Cost 231 Pada Komunikasi Seluler". Jurnal Semantik hal 1-9.
- [2] Irianto, Reza., Purnomo, Edy., Analisis Nilai Level Daya Terima Menggunakan Model Walfsich Ikegami". Univ Brawijaya
- [3] Kurniawan, Uke. "Fundamental Teknologi Seluler LTE", Rekayasa Sains, 2012
- [4] Kurniawan, Uke. "Pengantar Telekomunikasi", Informatika, 2010
- [5] Nindito,S., Siswandari, N.,Puspitorini,Okkie., "Analisa Pathloss Exponent Pada Daerah Urban dan Sub Urban" .PENS-ITS
- [6] Rappaport, Theodore S., "Wireless Communication Principles and Practice", Prentice Hall, 1996.
- [7] Sari, Nilam.2016, "Tugas Akhir : Analisa Perhitungan Pathloss Sinyal Node B daerah Urban , Sub Urban, Rural Kota Balikpapan", Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Balikpapan
- [8] Setiyanto, Budi."Dasar-dasar Telekomunikasi", Sakti, 2010
- [9] Smale,"Sistem Telekomunikasi I", Erlangga, 1986

- [10] Wibisono, Kurniawan. “ Konsep Teknologi Seluer”, Informatika, 2008
- [11] Wardhana, Lingga. “4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia”, Nulis Buku, 2014

Biodata Penulis

Maria Ulfah, S.T., M.T. Menamatkan pendidikan S1 dari Jurusan Teknik Elektro peminatan Teknik Telekomunikasi Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta tahun 2005, kemudian melanjutkan pendidikan Srata 2 di Institut Teknologi Telkom (d/h STITelkom) Bandung pada jurusan Teknik Telekomunikasi. Saat ini aktif sebagai staff pengajar di jurusan Teknik Elektronika Politeknik Negeri Balikpapan