

Analisis Perbandingan Kualitas Sinyal 4G LTE Menggunakan Perhitungan Okumura Hatta di Gedung Kampus ITP

Sari Pertiwi Rizki¹ Sitti Amalia² Andi Syofian³

Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik, Institut Teknologi Padang, Kota Padang,
Provinsi Sumatera Barat, Indonesia^{1,2,3}

Email: saripertiwirizki@gmail.com¹ sittiamalia@itp.ac.id² andisyofian@itp.ac.id³

Abstrak

Okumura hatta merupakan model propagasi yang digunakan untuk memperkirakan kekuatan sinyal yang diterima oleh penerima. Untuk mengetahui sinyal yang diterima oleh penerima maka diperlukan proses *walk test*. *Walk test* itu sendiri merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengukur sebuah sinyal yang berada di dalam ruangan. Sinyal yang diukur yaitu hanya pada jaringan 4G LTE khususnya operator Tri dan Telkomsel di kampus ITP dan parameter 4G LTE yang diukur adalah PCI (*Physical Cell Identity*), RSRP (*Reference Signal Received Power*), SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*) dan RSRQ (*Reference Signal Received Quality*). Pengukuran ini dilakukan untuk melihat bagaimana kondisi sinyal secara real dilapangan sehingga nantinya hasil yang didapatkan dapat dibandingkan dengan hasil perkiraan menggunakan perhitungan propagasi Okumura Hatta.

Kata Kunci: Okumura hatta, *Walk Test*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Di era digital saat ini, kebutuhan akan Internet pun semakin meningkat, demikian dengan mahasiswa yang belajar di Kampus 2 Institut Teknologi Padang. Akan tetapi terdapat pembagian *speed/bandwith* internet antara mahasiswa dengan dosen. Dengan adanya perbedaan akses *bandwith* yang diberikan akan berpengaruh terhadap kecepatan akses internet terlebih pada saat digunakan secara bersamaan, selain itu untuk akses internet kampus 2 diambil dari kampus 1 menggunakan *wireless point to point* yang mana cara ini juga mempunyai kekurangan yang disebabkan oleh berbagai factor seperti jarak, hambatan fisik, atau interferensi gelombang. Meningkatnya penggunaan internet pada area kampus 2 ITP mengakibatkan penggunaan jaringan seluler juga semakin meningkat baik pengguna diluar maupun yang berada didalam gedung sehingga dibutuhkan coverage kualitas jaringan yang bagus juga terutama jaringan 4G LTE (Ulfah & Sri Irtawaty, 2018) (Evalina, 2021). Suatu sinyal bisa dikatakan berkualitas bagus jika memenuhi standarisasi KPI tiap-tiap operator (Yusnita et al., 2019) (Pustaka, 2013). Pada jaringan 4G LTE parameter yang digunakan adalah RSRP (*Reference Signal Received Power*), RSRQ (*Reference Signal Received Quality*) dan SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*) (Kusumaningrum et al., 2021) (Vera Desi Ramadianty, Dasril2, n.d.). Parameter RSRP dikatakan dalam kondisi baik apabila nilainya ≥ -80 dBm, RSRQ adalah ≥ -10 dan untuk parameter SINR dikatakan baik jika nilainya ≥ 20 dB (Efriyendro & Rahayu, 2017).

Walk test adalah salah satu cara yang digunakan untuk pengukuran kualitas sinyal dari jaringan yang berada di dalam ruangan, untuk mengetahui kondisi secara *real time* antara user dengan jaringan yang digunakan (Budiarta Ari, 2016) (Khotimah et al., 1999). Perhitungan Okumura Hatta merupakan perhitungan yang digunakan pada penelitian kali ini, model propagasi ini digunakan untuk memperkirakan kekuatan sinyal yang diterima oleh penerima pada jarak tertentu dari pemancar dengan cara memperkirakan kekuatan sinyal penerima pada jarak tertentu antara pemancar dan penerima, serta memperkirakan adanya redaman sinyal atau pathloss (Astuti et al., 2023). Model propagasi Okumura Hatta merupakan model

perhitungan yang paling cocok untuk area perkotaan (*urban*) selain itu model propagasi ini juga dapat digunakan dengan frekuensi 150 Mhz – 1920 Mhz yang mana juga cocok dengan frekuensi kerja 4G LTE yaitu 900 Mhz – 2300 Mhz(Alfaresi et al., 2020)(Widhiantoro & Khairunisa, 2018). Penelitian kali ini bertujuan untuk melihat bagaimana kualitas sinyal *real* antara operator Telkomsel dan 3. Selain itu juga melihat bagaimana perbandingan nilai pengecekan sinyal menggunakan metode *walk test* dengan perhitungan model propagasi Okumura Hatta.

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini yang pertama yaitu studi literature yang meliputi definisi dari *walk test* untuk mengetahui kualitas layanan jaringan 4G LTE dari operator yang diamati. Kedua yaitu pengumpulan data, untuk pengumpulan data dilakukan secara langsung di gedung kampus 2 Institut Teknologi Padang (ITP). Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode *walk test*, *walk test* dilakukan dengan cara berjalan kaki mengelilingi gedung untuk mendapatkan informasi actual dari kualitas sinyal pada saat itu. Data yang dikumpulkan berupa informasi dari parameter 4G LTE yaitu PCI (*Physical Cell Identity*), RSRP (*Reference Signal Received Power*), SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*), dan RSRQ (*Reference Signal Received Quality*). Pengambilan data dilakukan dengan metode *dedicated mode* (sedang melakukan aktivitas), aktivitas yang dilakukan berupa *upload* dan *download* menggunakan koneksi internet 4G LTE dari operator Telkomsel dan Tri. *Tools* yang digunakan berupa handphone yang sudah *terinstall* aplikasi G-Net Track. Ketiga pengolahan data dan analisa, setelah semua data terkumpul maka selanjutnya akan dilakukan analisa data untuk melihat bagaimana kondisi secara *real time* dari kualitas sinyal yang diukur. Hasil dari pengukuran kualitas sinyal ini nantinya akan dibuktikan dengan hasil perhitungan dengan model propagasi Okumura Hatta. Ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana perbandingan hasil dari pengukuran di lapangan apakah sudah dengan nilai yang didapatkan pada perhitungan, hasil dari perbandingan ini untuk melihat apakah sinyal yang dipancarkan dan sinyal yang diterima oleh *user* sudah sesuai atau belum, sehingga dapat diketahui apa saja faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai dari kualitas sinyal tersebut.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan proses pengambilan data pada gedung Kampus 2 Institut Teknologi Padang (ITP) dengan 2 operator yaitu Telkomsel dan Tri. Perbandingan datanya diperoleh sebagai berikut:

Parameter PCI

Dari hasil pengukuran maka didapatkan parameter PCI, yang mana ini merupakan identitas fisik setiap *cell* dalam jaringan LTE. Dari PCI ini dapat diketahui eNodeB mana yang *servicing* ke MS. Berdasarkan waktu penyajian terlihat beberapa PCI yang *servicing* ke kampus 2 ITP, untuk operator Tri PCI yang *servicing* yaitu 228 dan operator Telkomsel PCI yang yaitu 137. Berdasarkan nilai PCI maka dapat diketahui untuk operator Tri *discover* oleh *site* BAITURRAHMAN_PL dan operator Telkomsel *discover* oleh *site* ByPass3.

Operator Tri

Data: 51089-4G DATA

Waktu penyajian: 51s

WAKTU	ACARA	AC	CELLID	CI	ARFCN	KEKUAT.	KUALIT.	JENIS	SERV
09:57:26		10500	50025-73	228	1625	-85	-12	4G	8
09:57:33	HD4G4G	10500	50465-23	228	200	-93	-9	4G	9
09:57:43	HD4G4G	10500	50465-33	228	75	-87	-11	4G	10
09:57:53	CR4G4G	10500	50025-73	228	1625	-87	-13	4G	20
09:58:14	HD4G4G	10500	50465-33	228	75	-85	-8	4G	6
09:58:20	HD4G4G	10500	50025-93	228	3652	-88	-13	4G	2
09:58:22	CR4G4G	10500	50465-23	228	200	-85	-11	4G	4
09:58:26	HD4G4G	10500	50465-33	228	75	-85	-10	4G	14
09:58:41	HD4G4G	10500	50025-93	228	3652	-89	-10	4G	4
09:58:45	HD4G4G	10500	50465-23	228	200	-85	-8	4G	4
09:58:49	HD4G4G	10500	50025-73	228	1625	-86	-11	4G	19
09:59:10	HD4G4G	10500	50465-23	228	200	-86	-8	4G	42
10:00:01		10050	50688-72	377	1625	-98	-15	4G	2
10:00:11	HD4G4G	10500	50025-73	228	1625	-99	-15	4G	2
10:00:15	HD4G4G	10500	50025-63	228	1475	-98	-10	4G	6
10:00:30	HD4G4G	10500	50025-73	228	1625	-101	-17	4G	5
10:00:39	HD4G4G	10500	50025-63	228	1475	-95	-9	4G	1
10:00:49	HD4G4G	10500	50025-73	228	1625	-105	-16	4G	4
10:00:57	HD4G4G	10500	50465-33	228	75	-89	-11	4G	27
10:01:25	CR4G4G	10050	50688-72	377	1625	-109	-20	4G	3
10:01:28	CR4G4G	10050	50688-72	19	1625	-111	-20	4G	2
10:01:30	HD4G4G	10050	50688-72	313	1625	-107	-16	4G	2
10:01:32	HD4G4G	10500	50025-73	228	1625	-106	-13	4G	18

Site BAITURRAHMAN_PL

Operator Telkomsel

Data: Tsel-PemiluDamai-4G DATA

Waktu penyajian: 813s

WAKTU	ACARA	AC	CELLID	CI	ARFCN	KEKUJATA.	KUALITAS	JENIS	SERV	
10:30:24			11550	67077-62	500	3500	-90	-10	4G	46
10:31:12	HD4G4G	11550	67077-31	137	1850		-99	-14	4G	

Site ByPass3

Gambar 1. Perbandingan PCI Operator Tri dan Telkomsel

Parameter RSRP

RSRP merupakan parameter yang digunakan untuk melihat kekuatan sinyal yang dipancarkan eNodeB ke MS yang diterima user. Berdasarkan hasil pengukuran maka didapatkan nilai RSRP dari kedua operator sebagai berikut :



Gambar 2. Perbandingan Nilai RSRP Operator Tri dan Telkomsel

Tabel 1. Perbandingan Nilai RSRP Operator Tri dan Telkomsel

Operator Tri			Operator Telkomsel		
RSRP	Strength (dB)	Keterangan	RSRP	Strength (dB)	Keterangan
	$-70 \leq x < -80$ dBm	Baik		$-70 \leq x < -80$ dBm	Baik
	$-80 \leq x < -90$ dBm	Normal		$-80 \leq x < -90$ dBm	Normal
	$-90 \leq x < -100$ dBm	Normal		$-90 \leq x < -100$ dBm	Normal
	$-100 \leq x < -110$ dBm	Buruk		$-100 \leq x < -110$ dBm	Buruk

Berdasarkan gambar dan table nilai RSRP kedua operator dapat dilihat kondisi kekuatan sinyal tidak jauh berbeda, akan tetapi pada operator Tri masih banyak terdapat titik sinyal yang buruk dibandingkan dengan operator telkomsel. Secara keseluruhan kondisi kekuatan sinyal dapat dikatakan cukup normal.

Parameter SINR

SINR merupakan rasio perbandingan sinyal yang dipancarkan terhadap *interferensi* dan *noise* yang ada (tercampur dengan sinyal utama). Berdasarkan pengukuran maka didapatkan nilai SINR dari kedua operator sebagai berikut:



Gambar 3. Perbandingan Nilai SINR Operator Tri dan Telkomsel

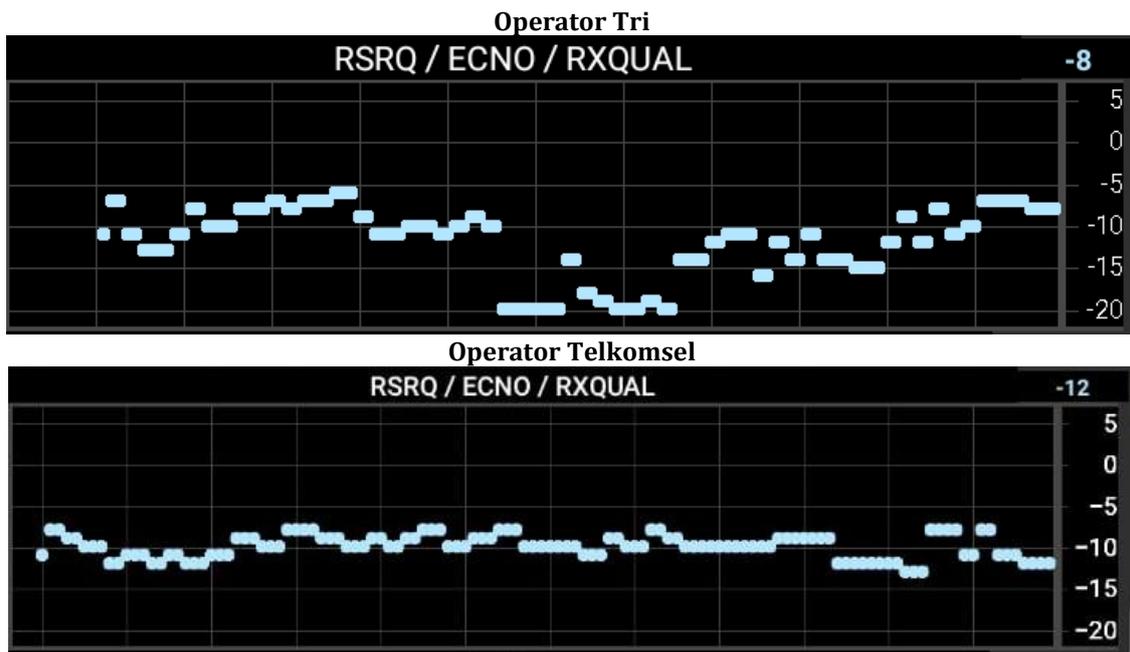
Tabel 2. Perbandingan Nilai SINR Operator Tri dan Telkomsel

Operator Tri			Operator Telkomsel		
SINR	Strength (dB)	Keterangan	SINR	Strength (dB)	Keterangan
	$20 \leq x < 15$ dB	Baik		$20 \leq x < 15$ dB	Baik
	$15 \leq x < 10$ dB	Baik		$15 \leq x < 10$ dB	Baik
	$10 \leq x < 5$ dB	Normal		$10 \leq x < 5$ dB	Normal
	$5 \leq x < 0$ dB	Normal		$5 \leq x < 0$ dB	Normal
	$0 \leq x < -5$ dB	Buruk		$0 \leq x < -5$ dB	Buruk
	$-5 \leq x < -10$ dB	Sangat Buruk		$-5 \leq x < -10$ dB	Sangat Buruk

Dari data pengukuran didapatkan nilai SINR kedua operator, untuk operator Tri nilai yang diterima dalam kategori baik karena hanya terdapat beberapa titik dengan nilai yang berada dibawah dikategori normal sehingga secara keseluruhan untuk nilai SINR operator Tri dapat dikatakan baik. Sedangkan untuk operator Telkomsel secara keseluruhan nilai SINR yaitu pada rentang 0 yang dikategorikan normal.

Parameter RSRQ

RSRQ merupakan parameter yang digunakan untuk melihat kualitas sinyal yang diterima MS. nilai RSRQ ini membantu pada saat terjadi *handover* pada parameter RSRP. Berdasarkan pengukuran maka didapatkan nilai RSRQ kedua operator sebagai berikut :



Gambar 4. Perbandingan Nilai RSRQ Operator Tri dan Telkomsel

Tabel 3. Perbandingan Nilai RSRQ Operator Tri dan Telkomsel

Operator Tri			Operator Telkomsel		
SINR	Strength (dB)	Keterangan	SINR	Strength (dB)	Keterangan
	$-1 \leq x < -7$ dB	Normal		$-1 \leq x < -7$ dB	Normal
	$-7 \leq x < -10$ dB	Normal		$-7 \leq x < -10$ dB	Normal
	$-10 \leq x < -14$ dB	Buruk		$-10 \leq x < -14$ dB	Buruk
	$-14 \leq x < -20$ dB	Sangat Buruk		$-14 \leq x < -20$ dB	Sangat Buruk

Dari gambar diatas terlihat bahwa kualitas sinyal kedua operator cukup berbeda, untuk operator Tri terdapat lebih banyak nilai yang berada dibawah -10 dB yang menandakan bahwa kualitas sinyal yang diterima termasuk dalam kategori buruk. Sedangkan untuk operator Telkomsel kualitas sinyal yang diterima cukup bagus/normal, walaupun ada beberapa titik yang berada dibawah -10 dB akan tetapi nilai yang berada diatas -10dB lebih banyak sehingga secara keseluruhan nilai RSRQ operator Telkomsel dikategorikan cukup normal.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran yang didapatkan maka selanjutnya akan dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan perhitungan Okumura Hatta. Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui apakah kekuatan sinyal (RSRP) *real* yang diterima MS (*user*) sudah sesuai dengan yang seharusnya. Dimana untuk melihat perbandingannya dapat diambil salah satu sampel nilai yang paling bagus saat pengukuran dilapangan.

Operator Tri

Sebelum melakukan perhitungan maka diperlukan parameter teknis dari suatu eNodeB sebagai berikut:

Tabel 4. Parameter Teknis eNodeB/BTS Operator Tri

Parameter	Keterangan
Frekuensi (f)	1800 (Mhz)
Daya Pancar (Ptx)	250 Watt = 23,97 (dB)

Gain Antena (Gtx)	16.2 (dB)
Feeder Loss (Ltx)	1 dB (dB)
Jarak BTS dengan user (d)	0.779 (Km)
Tinggi Tower (hb)	39 m
Tinggi User (hm)	1 m

Setelah diketahui parameter teknis seperti yang diketahui pada tabel 4 maka dapat dihitung nilai kekuatan sinyal yang diterima *user*. Sebelum melakukan perhitungan propagasi maka perlu diketahui terlebih dahulu nilai dari factor koreksi tinggi antenna pemancar dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 a(hm) &= 3,2 (\log f \cdot 11,75 hm)^2 - 4,97 \\
 &= 3,2 (\log 1800 \times 11,75)^2 - 4,97 \\
 &= 3,2 \times 10,595025 - 4,97 \\
 &= 28,934
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai $a(hm)$ maka selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus propagasi okumura hatta sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 L(urban) &= 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h - a(h) + (44,9 - 6,55 \log h) \log d \\
 &= 69,55 + 26,16 \log (1800) - 13,82 \log (39) - 28,934 + [44,9 - 6,55 \log (39)] \log (0,779) \\
 &= 69,55 + 85,158 - 21,988 - 28,934 + (44,9 - 10,421) \times -0,108 \\
 &= 103,786 + 34,479 \times -0,108 \\
 &= 103,786 - 3,727 \\
 &= 100,06 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai $L(urban)$ maka selanjutnya menghitung nilai EIRP dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 EIRP &= Ptx + Gtx - Ltx \\
 &= 23,97 + 16,2 - 1 \\
 &= 39,179 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai RSL dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 RSL/RSSI &= EIRP - Lpropagasi + FM \\
 &= 39,179 \text{ dB} - 100,06 \text{ dBm} + 40 \text{ dB} \\
 &= 39,179 \text{ dB} - 140,06 \text{ dB} \\
 &= -100,881 \text{ dB} (+30) \\
 &= -70,881 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai RSL/RSSI maka dapat dihitung nilai RSRP menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 RSRP &= RSSI - 10 \times \log (12.N) \\
 &= -70,881 - 10 \times \log (12.100) \\
 &= -70,881 - 10 \times \log 1200 \\
 &= -70,881 - 10 \times 3,079 \\
 &= -70,881 - 30,79 \\
 &= -101,671 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan propagasi Okkumura Hatta dapat disimpulkan bahwa kekuatan sinyal yang seharusnya diterima oleh MS adalah sekitar -101,671 dBm yang mana nilai ini masuk dalam kategori buruk. Sedangkan untuk kekuatan sinyal (RSRP) yang diterima pada saat pengukuran *real* dilapangan nilai terbaik yang diterima yaitu -80 dBm. Perbedaan nilai yang cukup signifikan yaitu satu level dibawah nilai pengukuran dari lapangan, yang artinya nilai yang diterima pada saat pengukuran lebih baik dari prediksi nilai yang seharusnya.

Operator Telkomsel

Sebelum dilakukan perhitungan adapun parameter yang harus diketahui, dan parameter tersebut yaitu parameter teknis dari suatu eNodeB atau BTS.

Tabel 5. Parameter Teknis eNodeB/BTS Opearator Telkomsel

Parameter	Keterangan
Frekuensi (f)	1800 (Mhz)
Daya Pancar (Ptx)	80 Watt = 19.03 (dB)
Gain Antena (Gtx)	15.8 (dB)
Feeder Loss (Ltx)	1 dB (dB)
Jarak BTS dengan user (d)	0.575 (Km)
Tinggi Tower (hb)	42 m
Tinggi User (hm)	1 m

Berdasarkan data pada tabel parameter diatas maka dapat dihitung nilai kekuatan sinyal yang diterima oleh user, sebelum dilakukan perhitungan propagasi maka perlu diketahui factor koreksi tinggi antenna pemancar dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 a \text{ (hm)} &= 3,2 (\log f \cdot 11,75 \text{ hm})^2 - 4,97 \\
 &= 3,2 (\log 1800 \times 11,75)^2 - 4,97 \\
 &= 3,2 \times 10,595025 - 4,97 \\
 &= 28,934
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai a(hm) maka selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus propagasi okumura hatta sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 L_{urban} \text{ (km)} &= 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_b - a(h) + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log d \\
 &= 69,55 + 26,16 \log (1800) - 13,82 \log (42) - 28,934 + [44,9 - 6,55 \log (42)] \log (0,575) \\
 &= 69,55 + 85,158 - 22,433 - 28,934 + (44,9 - 10,632) \times -0,240 \\
 &= 103,341 + 34,268 \times -0,240 \\
 &= 103,341 - 8,224 \\
 &= 95,117 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai L(urban) maka selanjutnya menghitung nilai EIRP dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{EIRP} &= P_{tx} + G_{tx} - L_{tx} \\
 &= 19,03 + 15,8 - 1 \\
 &= 33,83 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai RSL dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{RSL/RSSI} &= \text{EIRP} - L_{propagasi} + FM \\
 &= 33,83 \text{ dB} - 95,117 \text{ dBm} + 40 \text{ dB} \\
 &= 33,83 \text{ dB} - 135,117 \text{ dB} \\
 &= -101,287 \text{ dB (+30)} \\
 &= -71,287 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai RSL/RSSI maka dapat dihitung nilai RSRP dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{RSRP} &= \text{RSSI} - 10 \times \log (12.N) \\
 &= -71,287 - 10 \times \log (12.100) \\
 &= -71,287 - 10 \times \log 1200 \\
 &= -71,287 - 10 \times 3,079 \\
 &= -71,287 - 30,79 \\
 &= -102,077 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa kekuatan sinyal yang seharusnya diterima oleh MS adalah sekitar -102,077 dBm sedangkan sinyal paling bagus yang diterima pada saat pengukuran yaitu -90 dBm dan untuk yang paling dominan pada saat pengukuran yaitu pada rentang $-90 \leq x < -100$ dBm serta ada beberapa titik yang berada pada rentang nilai $-100 \leq x < -110$ dBm. Perbedaan nilai yang diterima pada saat pengukuran dan perhitungan tidak terlalu jauh walaupun nilai pada perhitungan berada pada level buruk, dapat disimpulkan bahwa nilai yang diterima sudah lebih baik dari pada prediksi perhitungan menggunakan metode propagasi okumura hatta.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan pengukuran sinyal kedua operator yaitu Tri dan Telkomsel yang dilakukan pada Kampus 2 ITP terdapat beberapa eNodeB atau tower yang melayani atau serving ke kampus 2, terlihat dari beberapa eNodeB yang serving pada operator Tri dan Telkomsel.
2. Nilai hasil pengukuran lebih baik dari pada nilai prediksi menggunakan perhitungan dengan propagasi okumura hatta, yang mana nilai pengukuran untuk kekuatan sinyal paling bagus operator Tri yaitu -80 dBm sedangkan hasil perhitungan -101,671 dBm. Untuk operator Telkomsel kekuatan sinyal yang paling bagus -90 dBm sedangkan hasil perhitungan -102,077 dBm.
3. Hasil pengukuran untuk kedua Operator dapat dikatakan sama karena nilai parameter yang didapat pada saat pengukuran dikedua operator tidak jauh berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfaresi, B., Satya, M. V. E., & Ardianto, F. (2020). Analisa Model Propagasi Okumura-Hata Dan Cost-Hata Pada Komunikasi Jaringan Wireless 4G Lte. *Jurnal Ampere*, 5(1), 32. <https://doi.org/10.31851/ampere.v5i1.4158>
- Astuti, D. P., Syaiji, A. A., Nisa, D. Z., & Nur pulaela, L. (2023). Analisis Perbandingan Link Budget Untuk Menghitung Path Loss Pada Daerah Urban Dan Suburban Menggunakan Metode Okumura Hatta. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 12(2), 138. <https://doi.org/10.30591/polektro.v12i2.4703>
- Budiarta Ari, I. B. (2016). Analisis Kuat Sinyal Dan Kualitas Palnggilan GSM Indoor dengan TEMS Investigation Dan G-Nettrack Pro. *E-Journal Spectrum*, 3(1), 33–39. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/download/21645/14343>
- Efriyendro, R., & Rahayu, Y. (2017). Analisa Perbandingan Kuat Sinyal 4G LTE Antara Operator Telkomsel dan XL AXIATA Berdasarkan Paramater Drive Test Menggunakan Software G-NetTrack Pro Di Area Jalan Protokol Panam . Rendi Efriyendro *, Yusnita Rahayu ** * Alumni Teknik Elektro Universitas R. *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1–9.
- Evalina, N. (2021). Analisis Perbandingan Kualitas Jaringan 4G LTE Operator X Dan Y Di Wilayah Kampus Utama UMSU. *Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi (TRekRiTel)*, 1(1), 13–20. <https://doi.org/10.51510/trekritel.v1i1.396>
- Khotimah, K., Imansyah, F., Studi, P., Elektro, T., Elektro, J. T., Teknik, F., & Tanjungpura, U. (1999). *Analisis Key Performance Indicator (Kpi) Jaringan Telekomunikasi Gsm Pada Pt. Hutchison 3 Indonesia (H3I)*.
- Kusumaningrum, R. A., Iranita, & M.Syuzairi. (2021). Online) ISSN. *Soj Umrah*, 2(2), 1348–1357. <http://www.bioline.org.br/>
- Pustaka, T. (2013). *Analisis Evaluasi Kualitas Jaringan 3G Dengan 4G Pada Provider*. 1–12.
- Ulfah, M., & Sri Irtawaty, A. (2018). Optimasi Jaringan 4g Lte (Long Term Evolution) Pada lebih dikenal dengan 1G atau Advanced berkembang lagi ke teknologi yang 4G / LTE di kota

- Balikpapan maka jumlah E Node B kecamatan Balikpapan Timur . Dalam Maria [6] didapatkan jumlah E node B untuk. *Jurnal Ecotipe*, 5(2), 1–10.
- Vera Desi Ramadianty, Dasril2, F. I. (n.d.). *Analisis Pengukuran Performansi Jaringan 4g Lte Telkomsel Dalam Event Game Moblie Legend Bang Bang Pontianak*.
- Widhiantoro, D., & Khairunisa, A. (2018). Analisis Performansi Jaringan 4G LTE Frekuensi 1800 Mhz dan 2300 Mhz Terhadap Pengunduhan File Video. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 3(2018), 41–47. <http://prosiding-old.pnj.ac.id/index.php/snte/article/view/008> - 2017
- Yusnita, S., Saputra, Y., Chandra, D., & Maria, P. (2019). Peningkatan Kualitas Sinyal 4G Berdasarkan Nilai KPI Dengan Metode Drivetest Cluster Padang. *Elektron : Jurnal Ilmiah*, 11(2), 43–48. <https://doi.org/10.30630/eji.11.2.103>