

# ANALISIS PENGARUH JARAK ANTARA USER EQUIPMENT DENGAN eNodeB TERHADAP NILAI RSRP (REFERENCE SIGNAL RECEIVED POWER) PADA TEKNOLOGI LTE 900 MHZ

Pramulia, I.P.D.K.<sup>1</sup>, Sudiarta, P.K.<sup>2</sup>, Sukadarmika, G.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: [1993.iputudedy.krisnapramulia@ieee.org](mailto:1993.iputudedy.krisnapramulia@ieee.org)<sup>1</sup>, [sudiarta@unud.ac.id](mailto:sudiarta@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [g.sukadarmika@gmail.com](mailto:g.sukadarmika@gmail.com)<sup>3</sup>

## Abstrak

*Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi jaringan seluler generasi keempat (4G) yang distandarisi oleh 3GPP (third Generation Partnership Project). Pada penelitian ini dilakukan analisa pengaruh jarak antara user equipment dengan eNodeB terhadap nilai RSRP (Reference Signal Received Power) pada teknologi LTE 900 MHz. Metode yang digunakan adalah pengukuran drive test serta perhitungan Link Budget dan Model Propagasi. Hasil dan analisa menunjukkan perubahan nilai RSRP yang tidak teratur yang disebabkan karena faktor obstacle yang bervariasi di lingkungan propagasi. Menurut hasil perhitungan Link Budget dan Model Propagasi pada objek penelitian diperoleh penurunan nilai RSRP sebesar 0,04 dBm setiap perubahan jarak 0,1 km. Berdasarkan perbandingan diperoleh model propagasi W.C.Y. Lee lebih mendekati dengan hasil pengukuran drive test dibandingkan model propagasi Okumura Hatta.*

**Kata Kunci :** eNodeB, LTE, RSRP, User Equipment.

## 1. PENDAHULUAN

Pada zaman globalisasi saat ini salah satu faktor terbesar yang mempengaruhi tingkat kehidupan masyarakat adalah perkembangan teknologi. Muncul suatu teknologi yaitu *Long Term Evolution (LTE)* yang merupakan teknologi jaringan seluler generasi keempat (4G) yang distandarisi oleh 3GPP (*Third Generation Partnership Project*). Layanan LTE adalah solusi dalam mengatasi peningkatan akan permintaan kebutuhan layanan yang semakin tinggi dalam mengakses informasi dan memberikan layanan akses data yang lebih cepat daripada teknologi sebelumnya yakni teknologi generasi ketiga (3G) ataupun generasi kedua (2G). Secara teori menurut standarisasi 3GPP bahwa sistem LTE mampu mencapai *data rate downlink* hingga 100 Mbps dan *uplink* hingga 50 Mbps dengan *bandwidth* maksimal yang disediakan adalah 20 MHz. Dari besarnya nilai *data rate* maksimum di sisi *uplink* dan *downlink* menggambarkan bahwa, sistem LTE mampu memberikan akses data yang lebih cepat yang diinginkan *user* pada saat ini. Selain mampu memberikan kecepatan dalam *transfer data* yang lebih cepat, teknologi LTE dalam satu sel dapat melayani *user* yang lebih banyak, dengan didukung penggunaan *multiple antenna* serta fleksibel dalam penggunaan *bandwidth* [1]. Berdasarkan

keunggulan dari layanan LTE dibandingkan dengan teknologi pada generasi sebelumnya maka perlu diketahui mengenai kuat sinyal atau bisa disebut nilai RSRP (*Reference Signal Received Power*). Untuk mengetahui kondisi nilai RSRP pada suatu jaringan LTE dapat dilakukan dengan pengukuran secara *drive test* serta melakukan perhitungan menurut *link budget* dan model propagasi.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Pengenalan LTE

*Long Term Evolution (LTE)* adalah sebuah nama yang diberikan kepada suatu proyek dalam *The Third Generation Partnership Project (3GPP)* untuk mengembangkan standar komunikasi bergerak *Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)* dalam mengatasi kebutuhan mendatang. Menurut standar, LTE memberikan kecepatan *uplink* hingga 50 megabit per detik (Mbps) dan kecepatan *downlink* hingga 100 Mbps [2]. Berdasarkan keunggulannya LTE didukung dengan penggunaan 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. Selain

itu untuk teknologi LTE juga didukung oleh teknologi antenna yaitu MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) dimana penggunaan antenna MIMO dapat meningkatkan data rates, efisiensi frekuensi dan mengurangi kemungkinan hilangnya informasi yang dikirimkan dibandingkan jika menggunakan sistem transmisi tunggal [3].

**2.2 eNodeB**

Sebuah *eNodeB* adalah bagian radio akses dari LTE. Setiap *eNodeB* setidaknya terdapat sebuah radio pemancar, penerima, bagian control, dan *power supply*. Selain radio pemancar dan penerima, *eNodeB* juga mempunyai *resource management* dan fungsi pengontrolan yang pada mulanya terdapat pada *Base Station Controller (BSC)* atau *Radio Network Controller (RNC)*. Maka dari itu *eNodeB* mempunyai kapabilitas untuk dapat berkomunikasi satu sama lain, yang pada akhirnya dapat mengeliminasi adanya *Mobile Switching Center (MSC)* dan *BSC/RNC* [4].

**2.3 RSRP (Reference Signal Received Power)**

*Power* dari *signal reference*, parameter ini merupakan parameter spesifik pada *drive test* 4G LTE dan digunakan oleh perangkat untuk menentukan titik *handover*. Pada teknologi 2G parameter parameter ini bisa dianalogikan seperti *RxLevel*, sedangkan pada 3G dianalogikan sebagai *RSCP* [5].

Tabel 1 merupakan katagori nilai RSRP untuk analisa hasil *drive test* pada suatu operator.

Range Nilai	Kategori
-70 dBm to -90 dBm	Good
-91 dBm to -110 dBm	Normal
-111 dBm to - 130 dBm	Bad

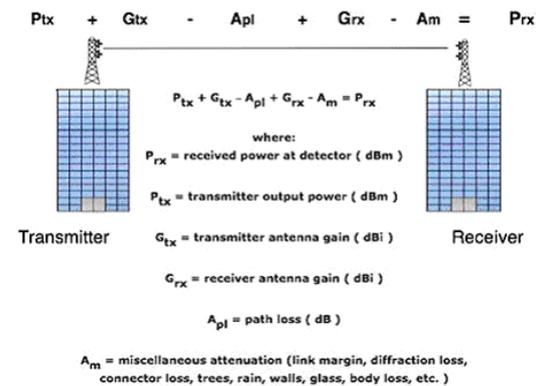
**2.4 Drive Test**

*Drive test* merupakan salah satu bagian pekerjaan dalam optimasi jaringan radio. *Drive test* bertujuan untuk mengumpulkan informasi jaringan secara *real* dilapangan. Informasi yang dikumpulkan merupakan kondisi *actual Radio Frequency (RF)* disuatu *eNodeB* [5]. Perangkat yang diperlukan untuk *drive test* antara lain Laptop, *Software drive test* yang terinstal pada Laptop (*Nemo Analyze, Tems, Probe*, atau *G-Net Track* dan lain - lain), *LTE Datacard*, *GPS* dan *Batteries, DC Power Supply, Peta MapInfo, Data engineering parameter* atau *cellfile* yang terbaru, *data engineering* berisi nama *site*, koordinat (*Longitude* dan *Latitude*), *PCI (Physical Cell Identity)*, *eNodeB ID*, *Sector ID*, *Local ID*, *Cell ID*, *azimuth* dan *EARFCN* [6].

**2.4 Link Budget**

*Link Budget* adalah perhitungan dari semua *gain* pemancar dan penerima setelah melalui redaman diberbagai media transmisi

hingga akhirnya diterima oleh *receiver* didalam sebuah system telekomunikasi. *Link Budget* akan memperhitungkan besarnya redaman dari sinyal termasuk didalamnya berbagai macam redaman propagasi yang dipancarkan selama proses propagasi berlangsung. Pada Gambar 1 menampilkan ilustrasi *Link Budget* dan gambaran tentang alur propagasi sinyal mulai dari sisi pengirim hingga ke sisi penerima [7].



Gambar 1 Ilustrasi Link Budget

**2.5 Model Propagasi Okumura Hatta**

Model Propagasi ini merupakan pemodelan untuk luar ruangan (*Outdoor*), dan digunakan pada frekuensi 150 MHz sampai 1500 MHz. Model propagasi *Okumura Hatta* ini lebih tepat diaplikasikan untuk perencanaan jaringan LTE dan persamaannya sebagai berikut [8].

$$L_p = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_b - a(h_{re}) + [44,9 - 6,55 \log h_b] \log d \dots\dots\dots(1)$$

Faktor koreksi untuk daerah perkotaan dengan luas daerah kecil dan menengah menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$a(h_{re}) = 0,8 + (1,1 \log f - 0,7) h_{re} - 1,56 \log f \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan untuk daerah perkotaan yang memiliki luas daerah yang luas, menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$a(h_{re}) = 8,29 (\log(1,54 h_m))^2 - 1,1 \text{ untuk } f \leq 300 \text{ MHz} \dots\dots\dots(3)$$

$$a(h_{re}) = 3,2 (\log(11,75 h_m))^2 - 4,97 \text{ untuk } f \geq 300 \text{ MHz} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

$L_p = \text{Path Loss (dB)}$

$f = \text{Frekuensi dari 150 - 1500 MHz}$

$h_b$  = Tinggi Efektif dari eNodeB  
(30 – 200 Meter)

$h_{re}$  = Tinggi efektif antenna  
User Equipment (1 – 10 Meter)

$d$  = Jarak antara eNodeB dengan  
User Equipment (km)

$a(h_{re})$  = Faktor koreksi untuk tinggi  
efektif antenna User Equipment

**2.6. Model Propagasi W.C.Y. Lee**

Model propagasi Lee diturunkan dari data eksperimen yang dilakukan di beberapa kota besar di dunia. Parameter referensi yang digunakan yaitu pada frekuensi 900 MHz, pada tinggi antenna 30,5 m, dengan daya transmisi 10 W. persamaan matematika model Lee ini diberikan berikut ini [9].

$$L_{50} = L_0 + \gamma \log d + F_0 \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :  
 $L_{50}$  = Rugi – rugi propagasi model  
W.C.Y. Lee (dB)

$L_0$  = Loss Transmisi pada jarak 1 km (dB)  
 $\gamma$  = Slope dari Path Loss (dB/decade)  
 $d$  = Jarak dari Base Station (Meter)  
 $F_0$  = Faktor Penyesuaian

Nilai  $L_0$  dan  $\gamma$  diperoleh dari data eksperimen, yaitu seperti yang ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2 Parameter Model Propagasi W.C.Y. Lee

environment	$L_0$ (dB)	$\gamma$
Free Space	91.3	20.0
Open (Rural)	91.3	43.5
Suburban	104.0	38.0
<b>Urban :</b>		
Tokyo	128.0	30.0
Philadelphia	112.8	36.8
Newark	106.3	43.1

Sedangkan untuk nilai  $F_0$  dinyatakan oleh persamaan berikut.

$$F_0 = F_1 F_2 F_3 F_4 F_5 \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

$$F_1 = \frac{[Actual\ base\ station\ antenna\ height\ (m)]^2}{(30.5\ m)^2}$$

$$F_2 = \frac{[Actual\ transmitter\ power\ (W)]}{10\ W}$$

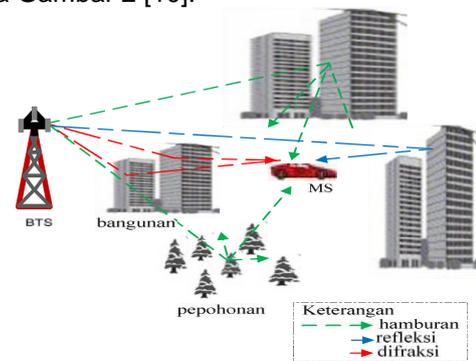
$$F_3 = \frac{[Actual\ gain\ of\ base\ station\ antenna]}{4}$$

$$F_4 = \frac{[Actual\ mobile\ antenna\ height\ (m)]^2}{(3\ m)^2}$$

$$F_5 = \frac{[f_c]^2}{[f_0]^2} \text{ dimana } f_0 = 1800\ MHz$$

**2.7. Propagasi Gelombang Radio**

Karakteristik propagasi gelombang radio merupakan prasyarat dalam perencanaan untuk mendesain sistem komunikasi seluler. Mekanisme propagasi sinyal diantara transmitter dan receiver adalah bervariasi, tergantung pada profil daerah disekitar lingkungan komunikasi Seluler. Mekanisme propagasi sinyal ini mengakibatkan sinyal yang diterima Mobile Station mengalami fluktuasi. Fluktuasi sinyal dapat terjadi dalam tiga mekanisme yaitu reflection, diffraction, dan scatter. Mekanisme Fluktuasi dapat dilihat pada Gambar 2 [10].



Gambar 2 Mekanisme Propagasi

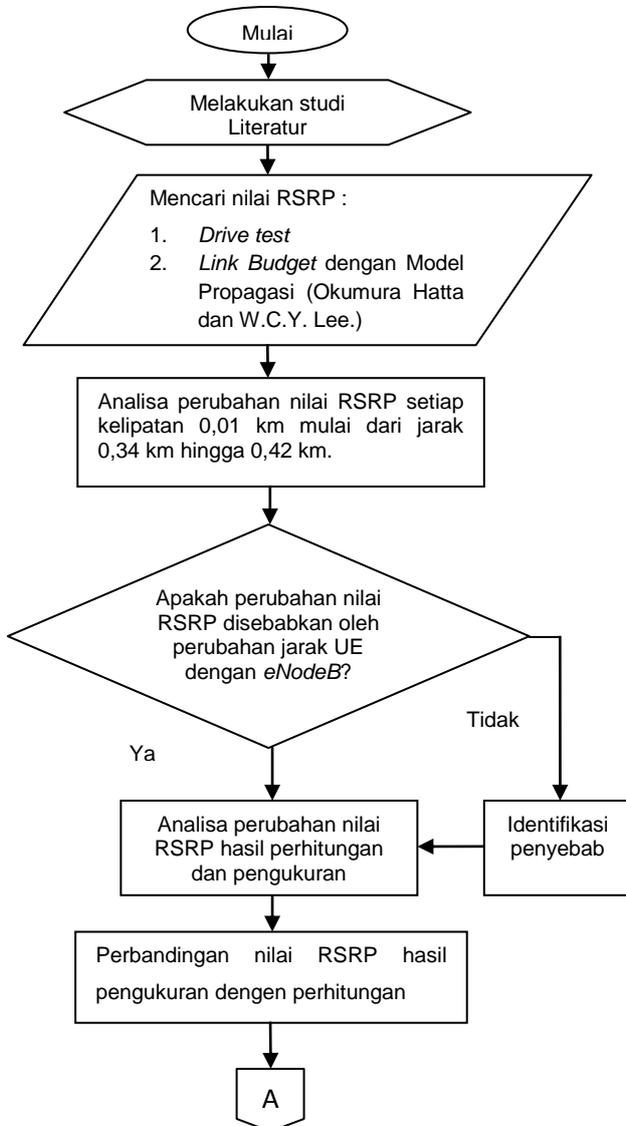
**3. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian mengenai analisis pengaruh jarak antara user equipment dengan eNodeB terhadap nilai RSRP (Reference Signal Received Power) pada teknologi LTE 900 MHz bertempat di Kota Denpasar, Bali. Penelitian dilakukan dengan menganalisa tiga eNodeB yaitu eNodeB Sanglah, eNodeB Teuku Umar, dan eNodeB Imam Bonjol.

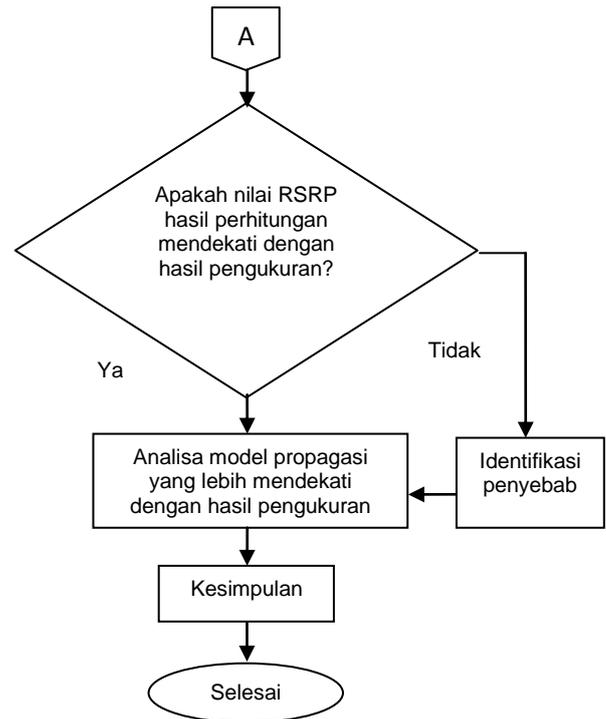
Penelitian mulai dilakukan pada bulan Desember 2014 dengan melakukan drive test menggunakan Software Nemo Analyze dan MapInfo 10.5 yang bekerja sama dengan PT Telkomsel dan PT Nokia sebagai Vendor jaringan. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat maka kembali dilakukan pengukuran drive test pada bulan Juni 2015 dengan objek penelitian yang sama namun dalam hal ini karena kondisi keterbatasan hak milik dari alat dan software pengukuran seperti Nemo Analyze maka pada pengukuran bulan Juni 2015 menggunakan software drive test G-Net Track yang terinstal pada handphone pribadi Sony Xperia Z1.

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah Study Literatur, melukan drive test pada objek penelitian sebelum optimalisasi

dan setelah optimalisasi. Kemudian melakukan perhitungan *Link Budget* dan Model Propagasi Okumura Hatta dengan model propagasi W.C.Y. Lee. Melakukan analisa pada salah satu PCI (*Physical Cell Identity*) dari ketiga *eNodeB*. Jarak antara *user equipment* dengan *eNodeB* yang dianalisa yaitu setiap kelipatan 0,01 km mulai dari 0,34 km hingga 0,42 km. Melakukan analisa hasil pengukuran dan perhitungan berdasarkan klasifikasi dari penyebab terjadinya perubahan nilai RSRP. Kemudian melakukan analisa perbandingan nilai RSRP dari hasil perhitungan dengan hasil pengukuran dengan menentukan hasil perhitungan model propagasi yang lebih mendekati dengan hasil pengukuran menggunakan metode *drive test*. Gambar 3 dan gambar 4 menampilkan alur analisis pada penelitian yang dilakukan.



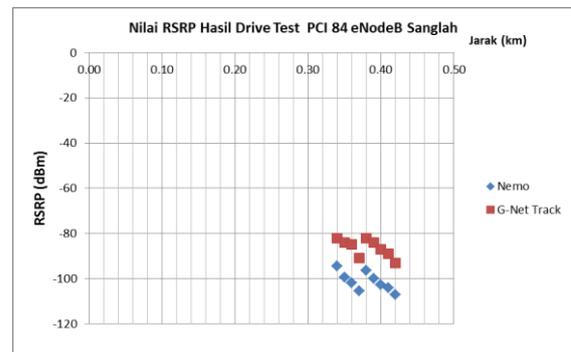
Gambar 3 Alur analisis penelitian



Gambar 4 Lanjutan alur analisis penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

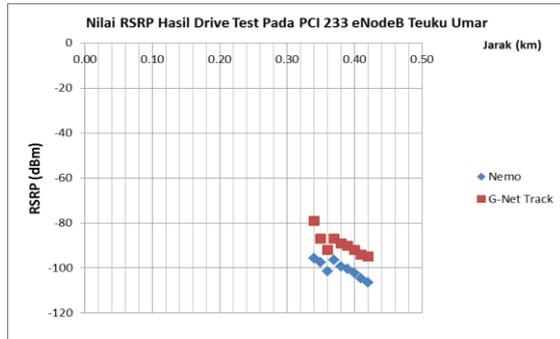
Analisa pengaruh jarak antara *user equipment* dengan *eNodeB* terhadap nilai RSRP (*Reference Signal Received Power*) pada teknologi LTE 900 MHz dilakukan dengan metode *drive test* pada tiga *eNodeB* yaitu *eNodeB* Sanglah dengan ketinggian 41 meter, *eNodeB* Teuku Umar dengan ketinggian 45 meter, dan *eNodeB* Imam Bonjol dengan ketinggian 25 meter. Hasil pengukuran berupa grafik yang menunjukkan perubahan nilai RSRP.



Gambar 4 Nilai RSRP hasil *drive test* PCI 84 *eNodeB* Sanglah

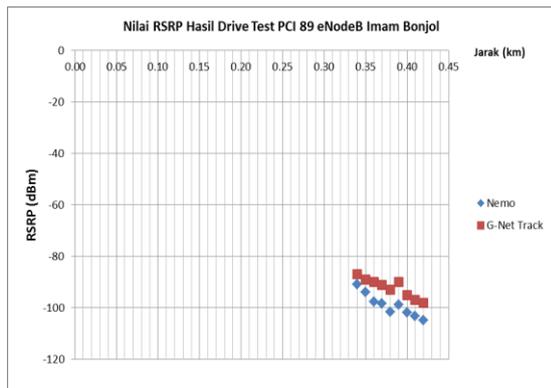
Gambar 4 merupakan tampilan nilai RSRP hasil *drive test* PCI 84 *eNodeB* Sanglah. Terjadi perubahan nilai RSRP yang tidak teratur pada perubahan jarak *user equipment* yang semakin jauh terhadap

eNodeB bahkan terjadi kenaikan nilai RSRP pada jarak 0,38 km, 0,39 km, 0, 40 km, dan 0,41 km.



Gambar 5 Nilai RSRP hasil drive test PCI 233 eNodeB Teuku Umar

Gambar 5 merupakan tampilan nilai RSRP hasil drive test PCI 233 eNodeB Teuku Umar. Berdasarkan analisa grafik bahwa terjadi perubahan nilai RSRP tidak teratur dan terjadi kenaikan nilai RSRP pada jarak 0,37 km, 0,38 km, dan 0,39 km.

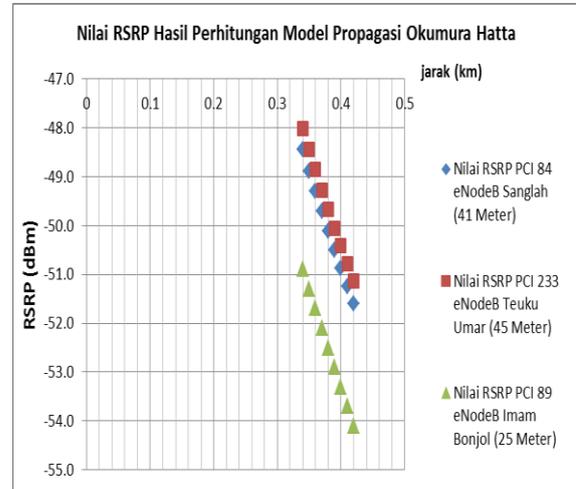


Gambar 6 Nilai RSRP hasil drive test PCI 89 eNodeB Imam Bonjol

Gambar 6 merupakan tampilan nilai RSRP hasil drive test PCI 89 eNodeB Imam Bonjol. Semakin jauh jarak user equipment dengan eNodeB nilai RSRP semakin rendah, pada PCI 89 eNodeB Imam Bonjol terjadi perubahan nilai RSRP yang tidak teratur dan terjadi kenaikan nilai RSRP pada jarak 0,39 km.

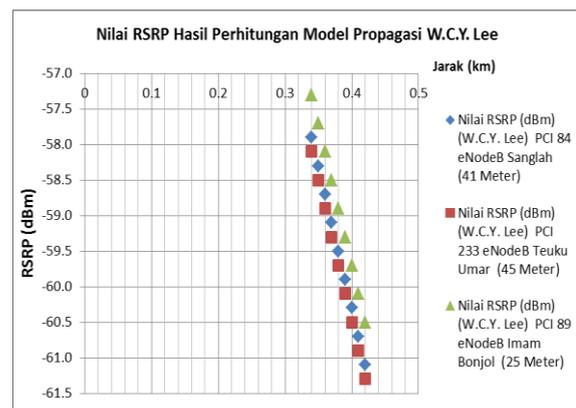
Dari ketiga PCI yang dianalisa yaitu PCI 84 eNodeB Sanglah, PCI 233 eNodeB Teuku Umar, dan PCI 89 eNodeB Imam Bonjol maka diketahui bahwa perubahan nilai RSRP hasil drive test sesuai kondisi aktual dilapangan selain dipengaruhi oleh fungsi jarak juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan propagasi yaitu adanya obstacle yang bervariasi menyebabkan fluktuasi sinyal sehingga mengakibatkan redaman dan mempengaruhi nilai RSRP yang diterima oleh user equipment.

Untuk menentukan nilai RSRP dapat dilakukan dengan metode perhitungan link budget dan model propagasi. Gambar 7 menampilkan grafik perubahan nilai RSRP menurut metode perhitungan model propagasi Okumura Hatta..



Gambar 7 Nilai RSRP Hasil Perhitungan Model Propagasi Okumura Hatta.

Gambar 7 menunjukkan perubahan nilai RSRP hasil perhitungan model propagasi Okumura Hatta. Perubahan nilai RSRP yang disebabkan oleh fungsi jarak antara user equipment dengan eNodeB mengalami perubahan yang konstan yaitu 0,04 dBm setiap perubahan jarak 0,01 km. Untuk nilai RSRP dari hasil perhitungan model propagasi W.C.Y. Lee dapat dilihat pada Gambar 8.

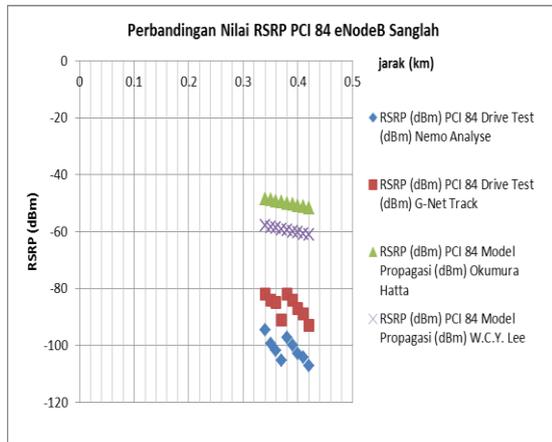


Gambar 8 Nilai RSRP Hasil Perhitungan Model Propagasi W.C.Y. Lee

Gambar 8 menunjukkan hasil perhitungan nilai RSRP dari model propagasi W.C.Y. Lee. Terjadi perubahan nilai RSRP yang konstan yaitu 0,04 dBm setiap perubahan jarak 0,01 km antara user equipment dengan eNodeB.

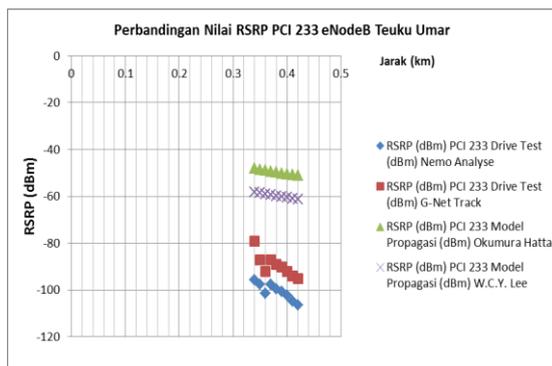
Perbandingan nilai RSRP hasil perhitungan dengan hasil pengukuran

bertujuan untuk mengetahui perhitungan model propagasi yang lebih mendekati dengan hasil pengukuran di Kota Denpasar, Bali. Hasil pengukuran dengan metode *drive test* dijadikan acuan untuk perbandingan karena hasil pengukuran *drive test* merupakan hasil yang *actual* sesuai dengan kondisi lapangan.



Gambar 9 Perbandingan Nilai RSRP Pada PCI 84 eNodeB Sanglah

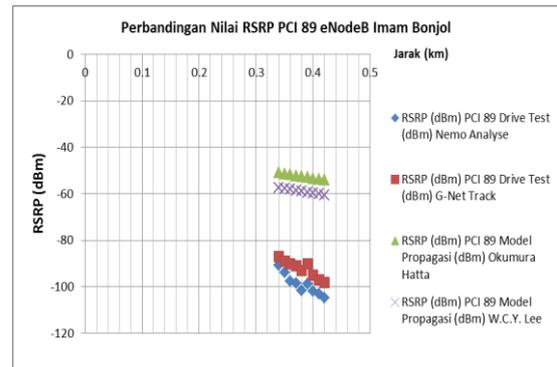
Gambar 9 menunjukkan perbandingan nilai RSRP PCI 84 eNodeB Sanglah dari hasil perhitungan dengan pengukuran dimana hasil perhitungan model propagasi W.C.Y. Lee lebih mendekati dengan hasil pengukuran setelah optimalisasi yang menggunakan *software drive test G-Net Track* dengan selisih sebesar 26,8 dBm. Sedangkan Model propagasi Okumura Hatta memiliki selisih sebesar 36,3 dBm.



Gambar 10 Perbandingan Nilai RSRP Pada PCI 233 eNodeB Teuku Umar

Gambar 10 merupakan perbandingan nilai RSRP PCI 233 eNodeB Teuku Umar, dimana hasil perhitungan model propagasi W.C.Y. Lee lebih mendekati dengan hasil pengukuran setelah optimalisasi yang menggunakan *software drive test G-Net Track* dengan selisih sebesar 29,7 dBm. Sedangkan Model

propagasi Okumura Hatta memiliki selisih sebesar 39,8 dBm.



Gambar 11 Perbandingan Nilai RSRP Pada PCI 89 eNodeB Imam Bonjol

Gambar 11 merupakan perbandingan nilai RSRP PCI 89 eNodeB Imam Bonjol, menampilkan bahwa hasil perhitungan model propagasi W.C.Y. Lee lebih mendekati dengan hasil pengukuran setelah optimalisasi yang menggunakan *software drive test G-Net Track* dengan selisih sebesar 33,3 dBm. Sedangkan Model propagasi Okumura Hatta memiliki selisih sebesar 39,7 dBm.

## 5. SIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perubahan nilai RSRP hasil *drive test* selain disebabkan oleh fungsi jarak juga disebabkan oleh karakteristik *obstacle* yaitu berupa ketinggian *obstacle*, jarak *obstacle* dengan eNodeB dan Jarak *obstacle* dengan user equipment. *Obstacle* menyebabkan terjadinya fluktuasi sinyal sehingga terjadi redaman pada propagasi sinyal yang menyebabkan penurunan nilai RSRP yang diterima user equipment.
2. Perubahan nilai RSRP menurut hasil perhitungan model propagasi Okumura Hatta dan W.C.Y. Lee bahwa dari ketiga objek penelitian yaitu PCI 84 eNodeB Sanglah, PCI 233 eNodeB Teuku Umar, dan PCI 89 eNodeB Imam Bonjol dihasilkan perubahan nilai RSRP yang konstan sebesar 0,04 dBm setiap perubahan jarak 0,01 km. Hal ini disebabkan karena rumus model propagasi merupakan suatu ketetapan yang dijadikan standar internasional sehingga dapat diprediksi untuk

menghasilkan hasil perhitungan yang konstan. Hal ini tergantung dari spesifikasi *eNodeB* dan parameter jarak *user equipment* dengan *eNodeB*.

3. Perbandingan nilai RSRP hasil perhitungan dibandingkan dengan hasil pengukuran menghasilkan bahwa model propagasi W.C.Y. Lee lebih mendekati dengan hasil pengukuran. Hal ini disebabkan karena standarisasi yang digunakan pada rumus persamaan model propagasi W.C.Y. Lee lebih mendekati dengan spesifikasi *eNodeB* Telkomsel dan karakteristik wilayah serta lingkungan propagasi di wilayah Kota Denpasar, Bali.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aginsa. Overview Kecepatan Data Pada Jaringan 4G. *4G Handbook* Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta : Nulis buku. 2014 : 320-321.
- [2] Dewantoro. Menuju Broadband Wireless Access 4G , 5G. *4G Handbook* Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta : Nulis buku. 2014: 311-312.
- [3] Aryanta, D. Analisis Pengalokasian Frekuensi Teknologi Long Term Evolution (LTE) di Indonesia. *Jurnal Informatika*. ISSN : 977.2087.526608, 2012, Vol 3 No. 3 Desember.
- [4] Riyansyah, D. Analisa Kelayakan Long Term Evolution dan Base Transceiver Station. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Indonesia*, 2012. Diakses tanggal 22 Januari 2015
- [5] Hikmatorukhman, Alfin. *Reference Signal Received Power*. *4G Handbook* Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta : Nulis buku. 2014: 330-331
- [6] Susilawati, Hesti. H.P, Widhiatmoko. Faturohman, Taufik. Analisa Tekno-Ekonomi Perencanaan Teknologi Long Term Evolution (LTE) di Kota Tasikmalaya. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*. 2011, Vol. 9 (4).159-165.
- [7] Anisah, Ida. Analisa Link Budget Pada Teknologi Long Term Evolution (LTE) (Tugas Akhir). Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya ; 2012.
- [8] Santoso, I. Simulasi *Link Budget pada Femto Cell*. (Tugas Akhir) Semarang : Universitas Diponegoro ; 2010.
- [9] Wirasati, Y. Analisa Perbandingan Model Propagasi Pada Sistem DCS 1800 di Kota Semarang. Makalah Seminar Tugas Akhir. Semarang : Universitas Diponegoro. 2011. Diakses Tanggal 20 Januari 2015.
- [10] Wibisono, G. Usman, U.K. Hantoro, G.D. Konsep Teknologi Seluler. Bandung: Informatika. 2008. Diakses Tanggal 21 Januari 2015