



Propagasi Komunikasi *Radio Base Station Femtocell* pada Tiang Lampu Jalan Frekuensi 10 GHz

Andrita Ceriana Eska

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jalan Kalimantan 37 Kampus Tegalboto, Pos 159 Jember
Email korespondensi : andritacerianaeska@gmail.com

Dikirim 12 Juli 2017, Direvisi 08 Agustus 2017, Diterima 08 Oktober 2017

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk perkembangan sistem komunikasi. Penelitian ini membahas tentang sistem komunikasi *Radio Base Station (RBS) femtocell* pada tiang lampu jalan. Frekuensi komunikasi yang digunakan 10 GHz. Frekuensi tersebut dipengaruhi oleh redaman atmosfer seperti uap air dan oksigen. Analisa penelitian terdiri dari variasi ketinggian RBS *femtocell*, dan *code rate* dari *signal-to-interference-plus-noise-ratio (SINR) threshold* dengan modulasi 16 QAM dan 64 QAM. Variasi ketinggian RBS yaitu 6 meter, 8 meter, dan 10 meter. Variasi *code rate* yang digunakan untuk SINR *threshold* dari modulasi 16 QAM seperti 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Variasi nilai *code rate* yang digunakan untuk SINR *threshold* dari modulasi 64 QAM seperti 2/3, 3/4, dan 4/5. Hasil penelitian dari nilai *signal-to-noise ratio* dan persentase daerah cakupan pada lintasan *mobile station*.

Kata kunci – 10 GHz, 16 QAM, femtocell, tiang lampu jalan

Abstract - This research purpose for the communication systems development. This research discussed about the communication systems *Radio Base Station (RBS) femtocell* at street lamp. The communication frequency was used 10 GHz. That frequency influenced by atmospheric attenuation consist of water vapor and oxygen. Research analyze consist of a high variation RBS *femtocell*, and *code rate* from *signal-to-interference-plus-noise-ratio (SINR) threshold* with 16 QAM and 64 QAM modulation. A high variation RBS consist of 6 meter, 8 meter, and 10 meter. The *code rate* variation was used for SINR *threshold* from 16 QAM modulation consist 1/2, 2/3, 3/4, and 4/5. The *code rate* variation was used for SINR *threshold* from 64 QAM modulation consist 2/3, 3/4, and 4/5. The result research from *signal-to-noise-ratio* value and percentage coverage area at *mobile station* track.

Keywords - 10 GHz, 16 QAM, femtocell, street lamp

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi semakin meningkat, hal tersebut ditunjukkan dengan berbagai penelitian pada bidang telekomunikasi. Beberapa penelitian tentang propagasi sistem komunikasi selular frekuensi 38 GHz dan 60 GHz [1], proses *handoff* untuk *wireless systems* frekuensi 60 GHz [2], dan propagasi komunikasi dengan rintangan pepohonan frekuensi 10 GHz [3]. Redaman atmosfer pada frekuensi tinggi dapat mempengaruhi sistem komunikasi. Redaman atmosfer diantaranya dipengaruhi oleh *water vapor* dan *oxygen* [4]. Pengaruh redaman atmosfer pada frekuensi tinggi dapat sedikit mengurangi luas cakupan *cell*.

Radio-base-station (RBS) merupakan nama lain dari *Base-Transceiver-Station (BTS)*. RBS memiliki cakupan yang berbeda-beda, seperti *macro cell*, *micro cell*, *pico cell*, dan *femtocell*. Beberapa penelitian berhubungan dengan *cells* diantaranya tentang skema pengalokasian *cognitive LTE-A* menggunakan *femtocells* [5], propagasi model *path loss* untuk menganalisa *pico* dan *femtocells* [6], dan penelitian tentang evaluasi efisiensi *spectral* di luar dan di dalam ruangan dengan sistem MISO pada *femtocells* [7].

Pada penelitian ini berfokus pada pemanfaatan sistem komunikasi menggunakan RBS *femtocell*. Penempatan RBS *femtocell* disesuaikan dengan ketinggian lampu jalan. Ketinggian tersebut bervariasi

yang disesuaikan dengan lebar jalan, dan daya lampu jalan [8]. Variasi ketinggian tiang diantaranya 6 meter, 8 meter, dan 10 meter. Perbedaan pada variasi ketinggian tersebut digunakan untuk mengetahui persentase cakupan pada lintasan *mobile station* (MS).

Frekuensi untuk sistem komunikasi tersebut yang digunakan adalah 10 GHz. Penggunaan frekuensi tersebut ditunjukkan sebagai salah satu pemilihan frekuensi yang digunakan untuk sistem komunikasi. Frekuensi tersebut dipengaruhi redaman atmosfer yaitu *water vapor* dan *oxygen*. Sebagai hasil ditunjukkan nilai *signal-to-noise-ratio* (SNR), dan nilai persentase daerah tercapak. Nilai persentase daerah tercapak dipengaruhi oleh *signal-to-interference-plus-noise-ratio* (SINR) *threshold* 16 QAM dan 64 QAM. Nilai *code rate* yang digunakan untuk 16 QAM yaitu 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Nilai *code rate* yang digunakan untuk 64 QAM yaitu 2/3, 3/4, dan 4/5 [9].

II. METODE PENELITIAN

Sistem komunikasi pada penelitian ini dimodelkan komunikasi antara RBS *femtocell* dengan *mobile station*. *Software* matlab digunakan untuk pemodelan sistem komunikasi tersebut. *Mobile station* bergerak pada lintasan atau jalan. Di sepanjang jalan atau lintasan tersebut terdapat tiang lampu jalan. Keberadaan RBS dimodelkan berada pada tiang lampu jalan tersebut. Analisa penelitian yang digunakan yaitu variasi panjang lintasan *mobile station*, variasi ketinggian RBS *femtocell*, dan variasi *code rate* dari SINR *threshold* 16 QAM dan 64 QAM. Lintasan *mobile station* dibuat sejauh 650 meter dan 700 meter. Pada pemodelan lintasan sejauh 650 meter, merupakan pemotongan lintasan sejauh 50 meter di awal. Karena untuk 0 meter hingga 50 meter di awal tidak terdapat cakupan RBS *femtocell* sebelumnya. Sehingga pada penelitian juga terdapat variasi panjang lintasan *mobile station*.

Variasi ketinggian RBS *femtocell* digunakan untuk mengetahui perbedaan hasil dari sistem komunikasi seperti nilai SNR, dan persentase daerah tercapak hasil komunikasi. Peletakan RBS *femtocell* tersebut disesuaikan dengan keberadaan tiang lampu jalan. Sehingga pemodelan ketinggian RBS *femtocell* setara dengan ketinggian tiang lampu jalan. Sedangkan tiang lampu jalan memiliki ketinggian yang didasarkan dari spesifikasi penerangan jalan pada daerah perkotaan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) [7]. Sesuai dengan spesifikasi penerangan jalan tersebut maka ketinggian tiang lampu jalan yang digunakan diantaranya 6 meter, 8 meter, dan 10 meter. Ketinggian tiang tersebut disesuaikan dengan lebar jalan, karena dapat mengakomodasi penerangan untuk lebar jalan sejauh 8 meter, 9 meter, 10 meter, dan 11 meter. Apabila berdasarkan dari spesifikasi penerangan jalan di daerah perkotaan menurut SNI yaitu untuk ketinggian tiang 6 meter dan lebar jalan

11 meter maka digunakan jarak antar tiang 28 meter maupun 29 meter, untuk ketinggian tiang 8 meter dengan lebar jalan 11 meter maka digunakan jarak antar tiang 20 meter maupun 39 meter, dan untuk ketinggian tiang 11 meter maka digunakan jarak antar tiang 31 meter hingga 20 meter. Maka pemodelan komunikasi untuk ketinggian RBS *femtocell* disesuaikan dengan ketinggian tiang lampu jalan tersebut.

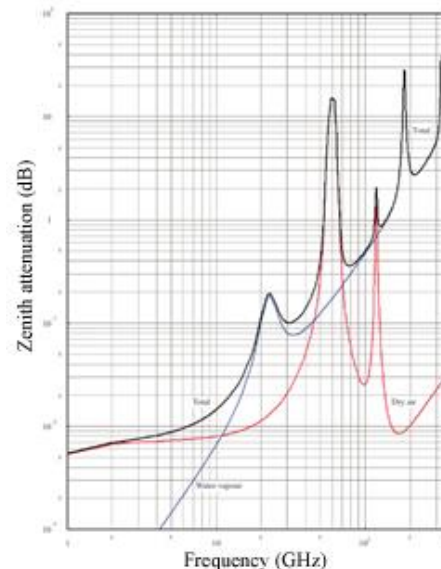
Pemodelan peletakan RBS *femtocell* memiliki jarak antar tiang yaitu terpisah sejauh 50 meter. Jarak antar tiang tersebut menunjukkan bahwa tidak disetiap tiang lampu jalan akan tersedia RBS *femtocell*. Pada Gambar 2 ditunjukkan salah satu pemodelan dengan beberapa parameter yaitu ketinggian tiang RBS *femtocell* 10 meter, lebar jalan 11 meter, keberadaan trotoar, keberadaan ruas jalan, dan keberadaan taman. Keberadaan trotoar dibuat dengan lebar 2 meter pada setiap ruas. Keberadaan ruas jalan dibuat dengan lebar jalan pada setiap ruas jalan sejauh 5 meter. Keberadaan tanaman dibuat dengan lebar 1 meter.

Frekuensi komunikasi yang digunakan adalah 10 GHz. Propagasi komunikasi tersebut berdasarkan pergerakan *mobile station* pada lintasannya. Pada Gambar 1 ditunjukkan redaman atmosfer [4], karakteristik *pressure*: 1.013 hPa, *temperature*: 15°C, dan *water vapour density*: 7.5 g m⁻³. Nilai *path attenuation* (dB), dapat diperhatikan pada persamaan (1) sebagai berikut,

$$A = \gamma_a \cdot d \quad (1)$$

$$\gamma_a = \gamma_o + \gamma_w \quad (2)$$

Perhatikan persamaan (1), dimana γ_a merupakan spesifikasi redaman pada atmosfer dalam dB/km, d merupakan jarak dari *line-of-sight* (LoS) dalam satuan km. Persamaan (2), γ_a terdiri dari γ_w dan γ_o . γ_w merupakan redaman *water vapor*. γ_o merupakan redaman oksigen.



Gambar 1. Karakteristik Redaman Atmosfer [4]

Sesuai dengan kebutuhan sistem komunikasi. Penentuan nilai *noise* pada sistem komunikasi ditunjukkan pada persamaan (3) dengan beberapa variabel yaitu nilai konstanta Boltzman (K), *bandwidth* (B), SNR yang dibutuhkan untuk deteksi, T_o merupakan *standard noise temperature* (290°K) dan *noise figure* (F) [10]. Beberapa nilai yang digunakan diantaranya seperti nilai *noise figure* 7 dB, dan *bandwidth* 200 MHz. Daya transmitter RBS *femtocell* yang digunakan 10 mW. Mekanisme propagasi komunikasi kondisi *light-of-sight* (LOS).

$$N = k T_o B F \quad (3)$$

Free space loss dapat diperhatikan pada persamaan (4). Pada persamaan tersebut terdapat beberapa variabel yaitu λ merupakan nilai untuk panjang gelombang, dan d merupakan jarak komunikasi antara RBS *femtocell* dengan *mobile station* [10].

$$L = -20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right) \quad (4)$$

Penentuan SNR ditunjukkan pada persamaan (5). Nilai SNR dalam satuan dB, nilai s merupakan nilai *signal* dari komunikasi.

$$SNR = \frac{s}{kT_oB} \quad (5)$$

Sebagai hasil proses komunikasi ditunjukkan nilai SNR sesuai ketinggian RBS *femtocell*, dan persentase daerah tercapai sesuai dengan variasi *SINR threshold*. Variasi *SINR threshold* yang digunakan yaitu 16 QAM dan 64 QAM. Variasi nilai *code rate* pada *SINR threshold* 16 QAM yaitu 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Sedangkan variasi nilai *code rate* pada *SINR threshold* 64 QAM yaitu 2/3, 3/4, dan 4/5. Pada setiap modulasi yang digunakan tersebut nilai *code rate* dapat dipilih atau disesuaikan tergantung dari kondisi *radio link*. Penggunaan *code rate* terendah dapat digunakan pada kondisi komunikasi dengan kualitas rendah, dan sebaliknya.

III. HASIL PENELITIAN

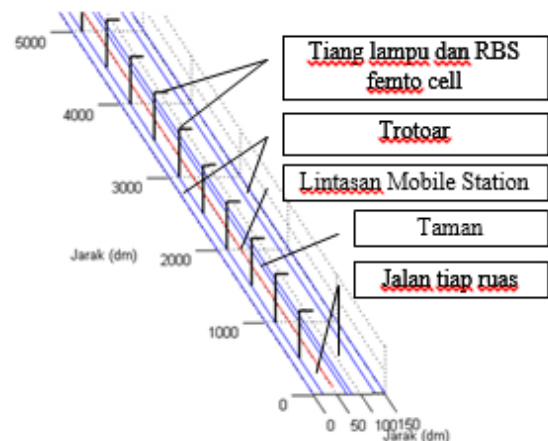
Pada bagian ini merupakan hasil dari komunikasi pada RBS *femtocell*. Frekuensi 10 GHz digunakan pada sistem komunikasi tersebut. *Mobile station* bergerak di sepanjang lintasan atau jalan. Panjang lintasan *mobile station* sejauh 700 meter. Komunikasi antara RBS *femtocell* dengan *mobile station* dibuat dalam kondisi *downlink*. Ketinggian keberadaan RBS *femtocell* disesuaikan dengan ketinggian tiang pada lampu jalan.

Pada Gambar 3 ditunjukkan nilai SNR untuk ketinggian RBS *femtocell* 6 meter. Saat *mobile station* bergerak 33 meter diperoleh SNR 20,29 dB, dan saat *mobile station* bergerak 697 meter diperoleh SNR 30 dB. Pada Gambar 4 ditunjukkan nilai SNR untuk ketinggian RBS *femtocell* 8 meter. Saat *mobile station* bergerak 33 meter diperoleh SNR 20 dB, dan saat *mobile station* bergerak 697 meter diperoleh SNR

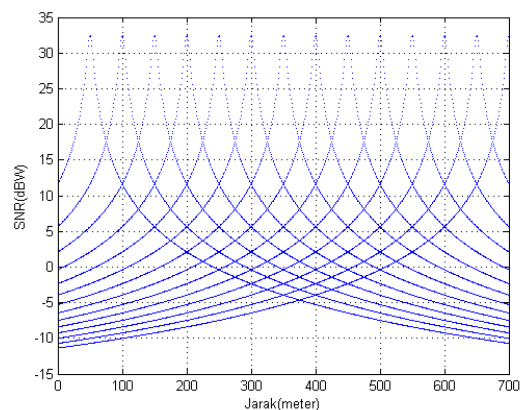
27,97 dB Pada Gambar 5 ditunjukkan nilai SNR untuk ketinggian RBS *femtocell* 10 meter. Saat *mobile station* bergerak 33 meter diperoleh SNR 19,67 dB, dan saat *mobile station* bergerak 697 meter diperoleh SNR 26,18 dB. Beberapa data lainnya ditunjukkan pada Tabel 1. Peningkatan nilai SNR saat pergerakan *mobile station* menjauh dari RBS *femtocell* tertentu, disebabkan pengaruh dari RBS *femtocell* lainnya. Sehingga nilai SNR meningkat seiring pergerakan *mobile station* yang menjadi semakin dekat dengan RBS *femtocell* lainnya. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar (3-6) yang memperlihatkan banyak nilai SNR puncak.

Tabel 1. SNR Berdasarkan Ketinggian RBS dan Pergerakan MS

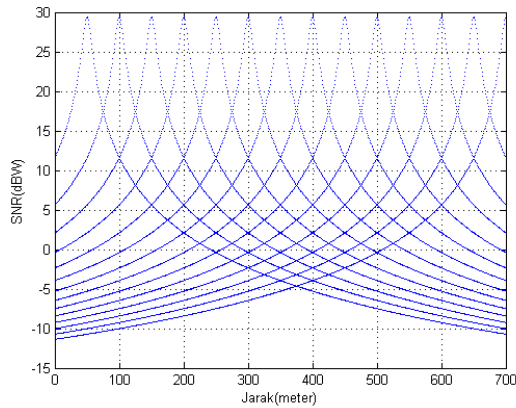
No	Ketinggian RBS (m)	Pergerakan MS (m)	SNR (dB)
1	6	33	20,29
2	6	697	30
3	8	33	20
4	8	697	27,97
5	10	33	19,67
6	10	697	26,18



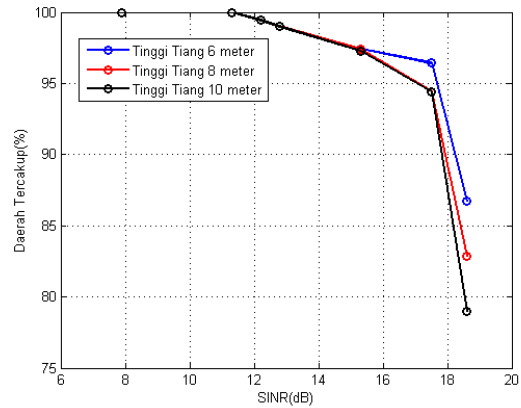
Gambar 2. Model Penempatan RBS *Femtocell* Pada Tiang Lampu Jalan



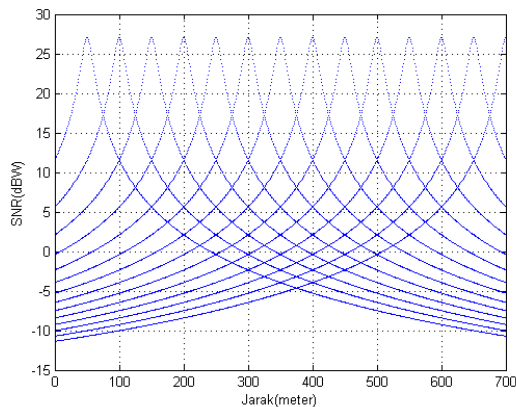
Gambar 3. Hasil SNR Dengan Ketinggian RBS *Femtocell* 6 Meter



Gambar 4. Hasil SNR Dengan Ketinggian RBS Femtocell 8 Meter



Gambar 6. Persentase Daerah Tercakup Untuk 700 Titik



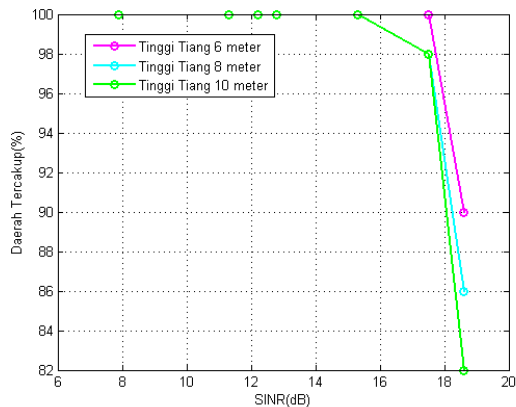
Gambar 5. Hasil SNR Dengan Ketinggian RBS Femtocell 10 Meter

Penentuan persentase daerah tercapuk dari hasil nilai SNR sebelumnya disesuaikan dengan SINR *threshold* 16 QAM dan 64 QAM. Variasi pergerakan *mobile station* yaitu 650 titik atau 650 meter dan 700 titik atau 700 meter. Persentase tersebut merupakan nilai yang berhasil melakukan komunikasi di atas *threshold*. Pada Gambar 6 ditunjukkan persentase daerah tercapuk dari 700 titik. Saat ketinggian RBS *femtocell* 6 meter didapatkan persentase daerah tercapuk untuk SINR *threshold* 16 QAM dengan *code rate* 1/2 sebanyak 100%, dan SINR *threshold* 64 QAM dengan *code rate* 2/3 sebanyak 97,429%. Saat ketinggian RBS *femtocell* 8 meter didapatkan persentase daerah tercapuk untuk SINR *threshold* 16 QAM dengan *code rate* 1/2 sebanyak 100%, dan SINR *threshold* 64 QAM dengan *code rate* 2/3 sebanyak 97,429%. Saat ketinggian RBS *femtocell* 10 meter didapatkan persentase daerah tercapuk untuk SINR *threshold* 16 QAM dengan *code rate* 1/2 sebanyak 100%, dan SINR *threshold* 64 QAM dengan *code rate* 2/3 sebanyak 97,29%. Beberapa data diantaranya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Cakupan dari Lintasan *Mobile Station*

No	Tinggi RBS (m)	Modulasi	Code rate	Cakupan (%)	
				700 titik	650 titik
1	6	16 QAM	1/2	100	100
2	6	16 QAM	2/3	99,429	100
3	6	16 QAM	4/5	99	100
4	6	64 QAM	2/3	97,429	100
5	6	64 QAM	3/4	96,43	100
6	6	64 QAM	4/5	86,7	90
7	8	16 QAM	1/2	100	100
8	8	16 QAM	2/3	99,428	100
9	8	16 QAM	4/5	99	100
10	8	64 QAM	2/3	97,429	100
11	8	64 QAM	3/4	94,43	98
12	8	64 QAM	4/5	82,86	86
13	10	16 QAM	1/2	100	100
14	10	16 QAM	2/3	100	100
15	10	16 QAM	4/5	99,428	100
16	10	64 QAM	2/3	99	100
17	10	64 QAM	3/4	94,43	98
18	10	64 QAM	4/5	79	82

Pada Gambar 7 ditunjukkan persentase daerah yang tercapuk dari 650 titik. Saat ketinggian RBS *femtocell* 6 meter didapatkan persentase daerah tercapuk untuk SINR *threshold* 16 QAM dengan *code rate* 1/2 sebanyak 100%, dan SINR *threshold* 64 QAM dengan *code rate* 2/3 sebanyak 100%. Saat ketinggian RBS *femtocell* 8 meter didapatkan persentase daerah tercapuk untuk SINR *threshold* 16 QAM dengan *code rate* 1/2 sebanyak 100%, dan SINR *threshold* 64 QAM dengan *code rate* 2/3 sebanyak 100%. Saat ketinggian RBS *femtocell* 10 meter didapatkan persentase daerah tercapuk untuk SINR *threshold* 16 QAM dengan *code rate* 1/2 sebanyak 100%, dan SINR *threshold* 64 QAM dengan *code rate* 2/3 sebanyak 100%. Beberapa data diantaranya ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 7. Persentase Daerah Tercakup Untuk 650 Titik

IV. PEMBAHASAN

Pengaruh ketinggian RBS *femtocell* pada tiang lampu jalan untuk sistem komunikasi diantaranya ditunjukkan dari nilai SNR dan persentase daerah tercapuk. Variasi jumlah titik komunikasi yang digunakan 650 titik dan 700 titik. Jumlah 700 titik merupakan kondisi tidak adanya bantuan cakupan dari RBS *femtocell* sebelumnya saat *mobile station* di awal perjalanan. Sedangkan jumlah 650 titik merupakan kondisi semua titik mendapat bantuan cakupan dari RBS *femtocell* terdekat. Variasi ketinggian RBS *femtocell* 6 meter, 8 meter, dan 10 meter. Semakin tinggi ketinggian RBS *femtocell* dengan *code rate* dan SINR *threshold* yang sama menunjukkan penurunan persentase cakupan komunikasi. Beberapa data persentase cakupan diantaranya untuk 650 titik komunikasi saat SINR *threshold* 64 QAM dengan *code rate* 4/5 yaitu ketinggian RBS 6 meter sebanyak 90%, ketinggian RBS 8 meter sebanyak 86%, dan ketinggian RBS 10 meter sebanyak 82%. Nilai SNR komunikasi dan persentase cakupan meningkat ketika *code rate* yang digunakan semakin rendah untuk SINR *threshold* dengan modulasi yang sama.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Pada bagian ini merupakan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Propagasi komunikasi RBS *femtocell* berdasarkan variasi analisa seperti ketinggian RBS dan *code rate* dari SINR *threshold* 16 QAM dan 64 QAM, dapat diketahui beberapa

perbandingan dari nilai SNR komunikasi dan persentase cakupan. Semakin meningkat *code rate* komunikasi yang digunakan pada SINR *threshold* dengan modulasi yang sama ditunjukkan semakin turun persentase cakupan komunikasi. Semakin tinggi keberadaan RBS maka persentase komunikasi semakin turun. Pemanfaatan keberadaan RBS *femtocell* terdekat lainnya dapat memberikan kualitas sinyal terjaga, yang ditunjukkan dengan nilai SNR komunikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T.S.Rappaport, E.B.Dor, J.N.Murdock, dan Y.Qiao, "38 GHz and 60 GHz Angle-dependent Propagation for Cellular & Peer-to-Peer Wireless Communications," *IEEE ICC Wireless Communications*, 2012.
- [2] B.V.Quang, R.V.Prasad, dan I.Niemegeers, "A Survey on Handoffs – Lessons for 60 GHz Based Wireless Systems," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 14, 2012.
- [3] A.C.Eska, "Komunikasi Bergerak Frekuensi 2.3 GHz Melewati Pepohonan Metode Giovanelli Knife Edge," *INFOTEL*, Vol.8, 2016.
- [4] ITU, *ITU-R Radio Communication Sector of ITU (Attenuation by atmospheric gases)*, ITU-R P.676-10, Geneva : Electronic Publication, 2013.
- [5] G.Bartoli, R.Fantacci, D.Marabissi, dan M.Pucci, "Resource Allocation schemes for Cognitive LTE-A Femtocells using Zero Forcing Beamforming and Users Selection," *IEEE Globecom*, 2014.
- [6] G.Castro, R.Feick, M.Rodriguez, R.alenzuela, dan D.Chizhik, "Outdoor-to-Indoor Empirical Path loss Models: Analysis for Pico and Femtocells in Street Canyons," *IEEE Wireless Communications*, 2016.
- [7] F.Silva, R.Feick, R.Valenzuela, M.Derpich, dan L.Ahumada, "Measurement-Based Evaluation of Spectral Efficiencies in Outdoor-Indoor Multiuser MISO Systems in Femtocells," *IEEE Trans. Wireless Communications*, 2016.
- [8] BSN, *Standard Nasional Indonesia Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan*, BSN, 2008.
- [9] O. Wether, *LTE System Specifications and their Impact on RF & Base Band Circuits*, Rohde&Schwarz, 2013.
- [10] J.S. Seybold, *Introduction to RF Propagation*, New Jersey : John Wiley & Sons, 2005.