

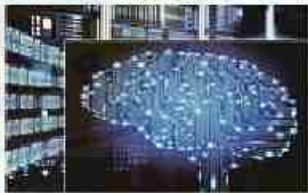
PDF Compressor Free Version

JURNAL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

# INFOTEL

INFORMATIKA TELEKOMUNIKASI ELEKTRONIKA

Volume 9, Nomor 4 November 2017



Lembara Penelitian dan Pengabdian Masyarakat  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto



**DAFTAR ISI**

Analisis Perbandingan Pemodelan Pathloss COST-231 Hata dan Walfisch Ikegami terhadap Pathloss pengukuran Metode Drive test di Wilayah Banyumas (Muntaqo Alfin Amanaf, Achmad Rizal Danisya, Robi Rodian) .....

Sistem Kendali PID untuk Pengendalian Kecepatan Motor Penggerak Unmanned Ground Vehicle untuk Aplikasi Industri Pertanian (Widagdo Purbowaskito, Chung-Hao Hsu) .....

Propagasi Komunikasi Radio Base Station Femto Cell pada Tiang Lampu Jalan Frekuensi 10 GHz. (Andrita Ceriana Eska) .....

Harvesting RF Ambient Energy dari End Device LoRa (Long Range Access) (Mery Diana, Refdinal Nazir, Arief Rufiyanto) .....

Model Infrastruktur dan Manajemen Platform Server Berbasis Cloud Computing (Mulki Indana Zulfa, Ari Fadli, Yogi Ramadhani) .....

Analisis Pengaruh Penggunaan Physical Cell Identity (PCI) PADA Perancangan Jaringan 4G LTE (Maria Ulfa) .....

Analisis Performasi VLAN pada Jaringan Software Defined Network (SDN) (Rohmat Tulloh) .....

Pengaruh Code Rate untuk Komunikasi RBS Femto Cell Frekuensi 47 GHz pada Tiang Lampu Jalan (Andrita Ceriana Eska) .....

Peringkasan dan Support Vector Machine pada Klasifikasi Dokumen (Nelly Indriani Widiastuti, Ednawati Rainarli, Kania Evita Dewi) .....

Aplikasi Pemantauan Suhu dan Kelembaban Udara Berbasis Nuvoton NUC140VE3CN dan Sensor HTU21D (Jaenal Arifin, Arief Hendra Saptadi, Relesa Anggita Permata T.W.) .....

Identifikasi Bentuk Frame Kacamata dengan Metode Pengukuran Pixel dan Algoritma k-NN (Muhammad Ihsan Zul, Istianah Muslim, Atiya Karimah) .....

Pengembangan Sistem Otomatisasi AC dan Lampu menggunakan Fuzzy dan Raspberry Pi

(Rudy Ariyanto, Cahya Rahmad, Ahmadi Yuli Ananta, Dika Rizky Yunianto) .....

Algoritma A\* Dalam Peletakan Pola Pakaian Pada Kain  
(Irma Amelia Dewi, Asep Nana H, Safira Dwi Aryanti P.) .....

Prediksi Produktivitas Tanaman Padi di Kabupaten Karawang menggunakan Bayesian  
Networks  
(Betha Nurina Sari, Hendi Permama, Kardo Trihandoko, Asep Jamaludin, Yuyun Umaidah)



**INFORMATIKA TELEKOMUNIKASI ELEKTRONIKA  
(INFOTEL)**

ISSN : 2085-3688

e-ISSN : 2460-0997

Contact :

LPPN Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Location :

Jl. D.I Panjaitan No.128 Purwokerto 53147

Journal :

<http://ejournal.st3telkom.ac.id>



**EDITORIAL TEAM**

**Editor In Chief :**

Risanuri Hidayat, UGM, Indonesia

**Advisory Board :**

Prof. Dr. Adiwijaya, S.Si., M.Si

Professor in School of Computing, Telkom University

Director, Bandung Techno Park (BTP), Telkom University, Indonesia

Associate Professor Dr. Eng. Khoirul Anwar, S.T., M.Eng.

Director, The Center for Advanced

Wireless Technologies, Telkom University, Indonesia

**Editor-in-Chief :**

Danny Kurnianto

Institut Teknologi Telkom Purwokerto

**Associate Editor :**

Hendriyawan Achmad

Universitas Teknologi Yogyakarta

Syifaul Fuada

Microelectronic center Institut Teknologi Bandung

Ilham Ari Elbaith Zaeni

Universitas Negeri Malang

Tenia Wahyuningrum

Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Kurnianingsih

Politeknik Negeri Semarang

Wahyu Pamungkas

Institut Teknologi Telkom Purwokerto

**Managing Editor :**

Danny Kurnianto  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

**Editorial Board :**

Anggun Fitriani Isnawati  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Andri Pranolo  
Universitas Ahmad Dahlan

Yessi Jusman  
Universitas Abdurrah

Norma Amalia  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Indra Hidayatulloh  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Alfin Hikmaturokhman  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Heri Nurdianto  
STMIK Dharma Wacana

Janner Simarmata  
Universitas Negeri Medan





## 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 rintang 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 tercapuk. Nilai persentase daerah tercapuk 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 tercapuk 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.

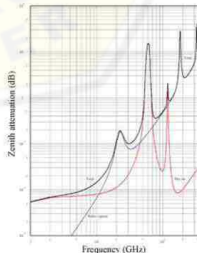
Pemodelan peletakan RBS femtocell memiliki jarak antar tiang yaitu terpisah sejauh 50 meter. Jarak antar tiang tersebut menunjukkan bahwa tidak disetiap tiang lampu jalan akan tersedia RBS femtocell. Pada Gambar 2 ditunjukkan salah satu pemodelan dengan beberapa parameter yaitu ketinggian tiang RBS femtocell 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<sup>-3</sup>. 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  $\gamma_a$  merupakan spesifikasi redaman pada atmosfer dalam dB/km,  $d$  merupakan jarak dari line-of-sight (LoS) dalam satuan km. Persamaan (2),  $\gamma_a$  terdiri dari  $\gamma_w$  dan  $\gamma_o$ .  $\gamma_w$  merupakan redaman water vapor,  $\gamma_o$  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,  $T_0$  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).

$$N = k T_0 B F \quad (3)$$

Free space loss dapat diperhatikan pada persamaan (4). Pada persamaan tersebut terdapat beberapa variabel yaitu  $\lambda$  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.

$$SNR = \frac{s}{kT_0 B} \quad (5)$$

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

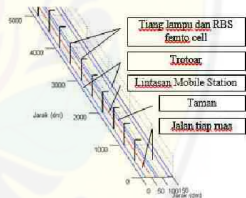
Pada bagian ini merupakan hasil dari komunikasi pada RBS femtocell. Frekuensi 10 GHz digunakan pada sistem komunikasi tersebut. Mobile station bergerak di sepanjang lintasan atau jalan. Panjang lintasan mobile station sejauh 700 meter. Komunikasi antara RBS femtocell dengan mobile station dibuat dalam 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

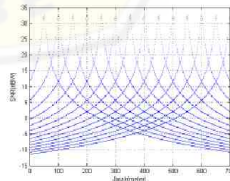
27,97 dB. Pada Gambar 5 ditunjukkan nilai SNR untuk ketinggian RBS femtocell 10 meter. Saat mobile station bergerak 33 meter diperoleh SNR 19,67 dB, dan saat mobile station bergerak 697 meter diperoleh SNR 26,18 dB. Beberapa data lainnya ditunjukkan pada Tabel 1. Peningkatan nilai SNR saat pergerakan mobile station menjauhi 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

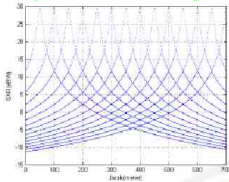
No	Ketinggian RBS (m)	Pergerakan MS (m)	SNR (dB)
1	6	33	20,29
2	6	697	30
3	8	33	20
4	8	697	27,97
5	10	33	19,67
6	10	697	26,18



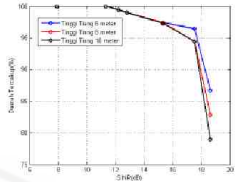
Gambar 2. Model Penempatan RBS Femtocell Pada Tiang Lampu Jalan



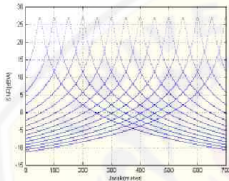
Gambar 3. Hasil SNR Dengan Ketinggian RBS Femtocell 6 Meter



Gambar 4. Hasil SNR Dengan Ketinggian RBS Femtocell 8 Meter



Gambar 6. Persentase Daerah Tercakup Untuk 700 Titik



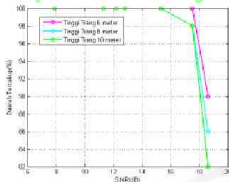
Gambar 5. Hasil SNR Dengan Ketinggian RBS Femtocell 10 Meter

Penentuan persentase daerah tercapak 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 tercapak dari 700 titik. Saat ketinggian RBS femtocell 6 meter didapatkan persentase daerah tercapak 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 tercapak 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 tercapak 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 Limasan 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 tercapak dari 650 titik. Saat ketinggian RBS femtocell 6 meter didapatkan persentase daerah tercapak 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 tercapak 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 tercapak 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.Murdoch, 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.Niemaeggers, "A Survey on Handoffs - Lessons for 60 GHz Based Wireless Systems," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 14, 2012.
- [3] A.C. Esda, "Komunikasi Bergerak Frekuensi 2.3 GHz Melewat Pohonan 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.Ahmad, "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.