Analisis Unjuk kerja Jaringan Microcell LTE Berdasarkan Variasi Level Modulasi

Shafira Fajrin Arumsidi¹, Anggun Fitriani Isnawati², Ade Wahyudin³

^{1,2}Institut Teknologi Telkom Purwokerto

³Sekolah Tinggi Multimedia Yogyakarta

Jl. D.I Panjaitan No.128 Purwokerto, Indonesia

Email : shafirafajrinarumsidi@gmail.com, anggun@ittelkom-pwt.ac.id

Abstract

The development of telecommunications technology continues to increase, especially in the use of cellular communication networks. Users of cellular networks today need high-speed communication to be able to enjoy the facilities offered such as streaming video, web browsing, e-mail and others. With the current increase in user capacity, it causes a lot of interference. Therefore, the use of modulation techniques needs to be considered. To find out the proper use of modulation, in accordance with the conditions of the region and the network used, this study examines the performance of variations in modulation levels, namely QPSK, 16QAM, 64QAM and 256QAM. The parameters measured in this study include RSRP, CINR, BER, user connected and throughput. Based on the coverage by RSRP simulation results, it was found that the RSRP did not change because the power signal will always adjust to any use of the modulation level. For coverage by CINR obtained to obtain a higher rate value, a higher CINR value is needed and for coverage by BER parameters, BER does not affect the bit per symbol carried by each modulation, only affects the different types of modulation. Meanwhile, in the capacity by Throughput parameter, QPSK modulation produces the lowest average throughput value of 14.01 Mbps followed by 16QAM 21.58 Mbps 64QAM 28.6 Mbps and 256QAM 33.87 Mbps. In addition, for the capacity by user connected parameters all connected users on all modulation used will produce 100% for capacity by user connected.

Keywords: Modulation, RSRP, CINR, BER, throughput, user connected

Abstrak

Perkembangan teknologi telekomunikasi saat ini terus mengalami peningkatan, terutama pada pemakaian jaringan komunikasi seluler. Pengguna jaringan seluler saat ini membutuhkan komunikasi berkecepatan tinggi untuk dapat menikmati fasilitas yang ditawarkan seperti *streaming video*, *web browsing*, *email* dan lain-lain. Dengan meningkatnya kapasitas *user* saat ini, menyebabkan banyak terjadinya interferensi. Maka dari itu, penggunaan teknik modulasi perlu diperhatikan. Untuk mengetahui penggunaan modulasi yang tepat, sesuai dengan kondisi wilayah dan jaringan yang digunakan maka pada penelitian ini meneliti performansi variasi level modulasi yakni QPSK, 16-QAM, 64-QAM dan 256-QAM penelitian ini dilakukan pada jaringan microcell dengan menggunakan *software* Atoll. Parameter yang diukur pada penelitian ini meliputi RSRP, CINR, BER, *user connected* dan *throughput*. Berdasarkan hasil simulasi *coverage by RSRP* didapatkan

hasil bahwa RSRP tidak mengalami perubahan karena daya sinyal akan selalu menyesuaikan dengan berapapun penggunaan level modulasi. Untuk *coverage by CINR* didapatkan untuk mendapatkan nilai *datarate* yang lebih tinggi maka diperlukan nilai CINR yang lebih tinggi dan untuk parameter *coverage by BER*, BER tidak berpengaruh pada bit per simbol yang dibawa oleh masing-masing modulasi hanya saja berpengaruh pada jenis modulasi yang berbeda. Sedangkan pada parameter *capacity by Throughput*, modulasi QPSK menghasilkan rata-rata nilai *throughput* yang paling rendah yaitu 14,01 Mbps kemudian dengan 16-QAM 21,58 Mbps, 64-QAM 28,6 Mbps dan 256-QAM 33,87 Mbps. Selain itu, untuk parameter *capacity by user connected* semua *user* terkoneksi pada semua modulasi yang digunakan maka dihasilkan 100% untuk *capacity by user connected*.

Kata kunci: Modulasi, RSRP, CINR, BER, *throughput*, *user connected*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi saat ini terus mengalami peningkatan, terutama pada pemakaian jaringan komunikasi seluler. Pengguna jaringan seluler saat ini membutuhkan komunikasi berkecepatan tinggi untuk dapat menikmati fasilitas yang ditawarkan seperti *streaming video*, *web browsing*, *email* dan lain-lain [1]. Untuk memenuhi komunikasi dengan laju data yang tinggi, kapasitas yang besar dan mobilitas yang tinggi di manapun *user* berada, baik di dalam gedung (*indoor*) atau di luar gedung (*outdoor*). Teknologi *Long Term Evolution (LTE)* merupakan pengembangan dari teknologi UMTS (3G) dan HSPDA (3,5G) yang memiliki kecepatan *uplink* sebesar 50 Mbps dan *downlink* 100 Mbps [2]. Pada implementasinya, teknologi LTE mampu meningkatkan kualitas layanan yang dibutuhkan dalam menghadapi perkembangan jumlah *user*. Akan tetapi, terdapat permasalahan lain yang belum ditangani yakni permasalahan utama yang dihadapi operator terkait keterbatasan *bandwidth*. Untuk mengatasi masalah tersebut 3GPP berhasil mengembangkan LTE menjadi *LTE-Advanced*. *LTE-Advanced* mendukung fitur *carrier aggregation* yakni teknik penggunaan dua atau lebih *band* frekuensi secara bersamaan pada rentang frekuensi yang sama ataupun berbeda untuk mengatasi masalah utama yang dihadapi oleh operator.

Dengan meningkatnya kapasitas *user* saat ini, menyebabkan banyak terjadinya interferensi. Maka dari itu, penggunaan teknik modulasi perlu diperhatikan. Modulasi yaitu proses dimana perubahan suatu gelombang periodik sehingga dapat menjadikan suatu sinyal yang dapat membawa suatu informasi, tanpa adanya modulasi suatu informasi tidak dapat dikirim. Penggunaan modulasi sesuai dengan kondisi kanal di wilayah dan jaringan yang digunakan.

Untuk mengetahui penggunaan modulasi yang tepat, sesuai dengan kondisi wilayah dan jaringan yang digunakan maka pada penelitian ini meneliti performansi variasi level modulasi pada jaringan *microcell*. Pada penelitian ini menggunakan *software* simulasi Atoll. Atoll merupakan *software radio planning* yang menyediakan fitur-fitur yang komperhensif dan terpadu sehingga dapat digunakan

untuk membuat proyek perencanaan *microwave* ataupun perencanaan radio dalam satu aplikasi [3]. Penggunaan modulasi, berdasarkan kondisi sinyal antara pengguna dan pemancar. Untuk menghadapi kondisi sinyal yang kurang baik maka memakai teknik modulasi yang tahan terhadap gangguan sebaliknya untuk kondisi sinyal yang baik maka digunakan teknik modulasi yang mengandung informasi lebih banyak.

Pada penelitian yang berjudul “Perancangan Jaringan Mikrosel 4G LTE di Skywalk Cihampelas Bandung” meneliti mengenai perancangan jaringan microcell untuk meningkatkan kualitas jaringan LTE di Skywalk Cihampelas, dengan menggunakan metode *Automatic Cell Planning* (ACP) dan *non Automatic Cell Planning*. Penelitian ini menggunakan frekuensi 1800 MHz dengan parameter RSRP, RSSI, SINR dan BLER.

Berdasarkan hasil simulasi Atoll didapatkan 2 jumlah *site*. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode ACP dapat mengoptimalkan *site* yang sudah dirancang dan hasilnya lebih bagus sekitar 20% dibanding dengan yang tidak menggunakan ACP. Parameter RSRP ketika disimulasi dengan *non* ACP mendapatkan hasil sebesar -105,42 dBm, tetapi ketika menggunakan simulasi ACP hasilnya lebih baik yaitu mendapatkan nilai sebesar -86,1 dBm, sehingga dapat memenuhi standar KPI operator yang mensyaratkan RSRP sebesar >-90 dBm. Parameter RSSI dengan *non* ACP mendapatkan hasil sebesar -70,06 dBm, tetapi ketika menggunakan simulasi ACP hasilnya semakin baik yaitu mendapatkan nilai sebesar -50,1 dB sehingga bisa memenuhi standar KPI operator sebesar >-70 dBm. Parameter SINR berdasarkan hasil *drive test* sebesar -4,75 dB ketika disimulasi dengan *non* ACP mendapatkan hasil sebesar 10,25 dB, tetapi ketika menggunakan simulasi ACP hasilnya semakin lebih baik yaitu mendapatkan nilai sebesar 34,5 dB, sehingga dapat memenuhi standar KPI operator sebesar >10 dB. Parameter BLER dengan *non* ACP mendapatkan hasil sebesar 0% tetapi ketika menggunakan simulasi ACP hasilnya semakin lebih baik yaitu mendapatkan nilai sebesar 0%, sehingga dapat memenuhi standar KPI operator sebesar <10 %. Pada simulasi trafik ini yang gagal terkoneksi pada simulasi persentasenya tergolong rendah yakni sebesar 9,5% sedangkan trafik yang berhasil tergolong tinggi yaitu sebesar 90,5% [4].

Untuk mengakomodasi terjadinya perubahan kanal maka pada penelitian ini digunakan beberapa level modulasi yakni QPSK, 16-QAM, 64-QAM dan 256-QAM. Berdasarkan latar belakang tersebut penulis mengambil judul penelitian mengenai “Analisis Unjukkerja Jaringan Microcell LTE Berdasarkan Variasi Level Modulasi”. Parameter yang diukur pada penelitian ini yaitu RSRP, CINR, BER, *user connected* dan *throughput*.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan suatu *software* simulasi dalam menganalisis kinerja pada masing-masing level modulasi untuk perencanaan jaringan *microcell* LTE dengan menggunakan modulasi QPSK, 16-QAM, 64-QAM dan 256-QAM. *Software* simulasi yang diimplementasikan pada penelitian ini yakni *software* Atoll. Atoll merupakan suatu *software* radio *planning* yang menyediakan fitur-fitur yang komperhensif dan terpadu sehingga dapat digunakan untuk membuat proyek perencanaan *microwave* ataupun perencanaan radio dalam satu aplikasi. Parameter yang diukur pada pendekatan *coverage* adalah RSRP, CINR dan BER, sedangkan parameter yang diukur pada pendekatan *capacity* adalah *throughput* dan *user connected*.

Penelitian ini dilakukan di Pasar Glodok, profil wilayah pengamatan penelitian ini yakni kawasan Glodok yang merupakan salah satu pusat perdagangan DKI Jakarta khususnya terletak di Wilayah Kotamadya Jakarta Barat dan terbagi atas 8 Kecamatan yakni Kecamatan Taman Sari, Kecamatan Tambora, Kecamatan Grogol Petamburan, Kecamatan Palmerah, Kecamatan Kebon Jeruk, Kecamatan Kembangan, Kecamatan Cengkareng dan Kecamatan Kalideres. Kawasan pusat perdagangan Glodok sebagian besar terletak di Kecamatan Taman Sari termasuk lokasi Pasar Glodok. Pasar Glodok berlokasi di Jalan Glodok Selatan, Kecamatan Taman Sari tepatnya berada dipertigaan antara Jalan Gajah Mada dan Jalan Pancoran. Secara struktur organisasi Pasar Glodok berada dalam area 07 Glodok yang dibagi menjadi 11 pasar antara lain Pasar Glodok, Gang Kelinci, Ikan Luar Batang, Jembatan Lima, Kampung Duri, Muara Angke, Pasar Pagi, Penjangalan, Perniagaan, Pluit dan Teluk Gong. Akses untuk menuju Kawasan Pasar Glodok dapat melalui jalan utama sangat minim yakni untuk arah dari utara melalui Jalan Pintu Besar Selatan yang memutar melalui Jalan Hayam Wuruk, sedangkan dari arah selatan hanya dapat diakses dari Jalan Gajah Mada untuk kendaraan roda empat, sedangkan untuk kendaraan roda dua dan angkutan umum relatif cukup banyak jalan menuju Kawasan Pasar Glodok [5].

Perhitungan *link budget* digunakan untuk melakukan estimasi kebutuhan *site* pada suatu wilayah dengan metode daerah cakupan dan dilakukan dengan memperhatikan suatu perangkat jaringan dalam menjangkau wilayah layanan tersebut. Kondisi propagasi gelombang dari *transmitter* ke *receiver* tidak lepas dari pengaruh banyaknya redaman yang muncul akibat kondisi lintasan yang dilalui oleh gelombang. Hasil dari perhitungan disebut dengan *Maximum Allowed Path Loss* (MAPL), MAPL *downlink* maupun *uplink* dapat dihitung dengan persamaan berikut [6]:

$$\begin{aligned} \text{MAPL} = & \text{EIRP} - \text{receiver sensitivity} - \text{interface margin} - \\ & \text{penetration loss} - \text{fading margin} + \\ & \text{Rx antenna gain} - \text{body loss} \end{aligned} \quad (1)$$

Effective Radiated Power (EIRP) merupakan daya transmit antena (PTx) yang dikurangi rugi-rugi transmisi (LTx) dan ditambah menjumlahkan gain antena transmisi (GTx) ke dalam bentuk daya keluaran sebenarnya dari *transmitter* [6]:

$$EIRP = Tx \text{ power (dBm)} + Tx \text{ antenna gain (dBi)} + \text{Cable Losses AP (dB)} \quad (2)$$

Hasil perhitungan EIRP menghasilkan 5,4 dBm untuk *downlink*, seperti pada Tabel 1.

Sensitivity receiver ditentukan dengan menjumlahkan nilai *thermal noise*, *noise figure*, dan SNR. Dalam menghitung *thermal noise* perlu memperhatikan konstanta Boltzman (K), temperatur (T) dan *bandwidth* (B) yang digunakan. Pada persamaan berikut ini digunakan untuk menghitung *Sensitivity Receiver* [6]:

$$\text{Receiver sensitivity} = \text{Thermal noise (dBm)} + \text{Noise figure (dB)} + \text{SINR (dB)} \quad (3)$$

Dimana nilai *thermal noise* didapatkan dari persamaan berikut:

$$\text{Thermal noise} = 10 \times \log (K \times T \times W) \quad (4)$$

Hasil perhitungan *Sensitivity Receiver* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan *sensitivity* [7]

Parameter	Value	Unit
Tx (eNodeB)		
Tx power (dBm)	39	A
Tx antenna gain (dBi)	18	B
Cable Losses AP (dB)	-3	C
EIRP (dBm)	54	D=A+B+C
Rx (User Equipment)		
UE Noise Figure (dB)	7	E
Thermal Noise (dBm)	-32,0094183	F=K*T*B
Receiver Noise Floor (dBm)	-25,0094183	G=E+F
SINR (dB)	5,5	H
Receiver Sensitivity (dBm)	-19,5094183	I=G+H
Interference Margin (dB)	4	J
Penetration Loss (dB)	12	K
Fading Margin (dB)	10	L
RX antenna Gain (dB)	0	M
Body Loss (dB)	4	N
MAPL (dB)	143,5094183	D-I-J-K-L+M-N

Pada perencanaan dengan frekuensi 1800 MHz, untuk LTE menggunakan model propagasi Cost 231-Hatta. Untuk persamaan model Cost 231-Hatta ditunjukkan pada persamaan berikut [6]:

$$Lp = 46,3 + 33,9 (\log fc) - 13,82 \log hTe - a(hm) + (44,9 - 6,55 \log hTe) \log D + CM \quad (5)$$

$$a(hm) = (1,1 \log fc - 0,7) hm - (1,56 \log fc - 0,8) \quad (6)$$

Keterangan :

fc = frekuensi transmisi (1500 – 2000 MHz).

hTe = tinggi antenna eNodeB

hm = tinggi antenna UE

$a(hm)$ = faktor koreksi antar antenna UE.

D = jarak antara eNodeB dengan UE (1km – 20km).

CM = 0 dB untuk kota menengah dan kota sub urban. Untuk daerah pusat kota (metropolitan) sebesar 3 dB

Model propagasi Cost 231-Hatta lebih tepat diaplikasikan untuk perencanaan jaringan LTE dengan frekuensi 1800 MHz.

Jumlah eNodeB pada perancangan berdasarkan area cakupan dihitung sesuai dengan luas daerah perencanaan. Perhitungannya mengasumsikan penggunaan site 3 sektoral menggunakan persamaan sebagai berikut [6]:

$$Lsel = 2,6 \times d^2 \quad (7)$$

Perhitungan *capacity planning* digunakan untuk mengestimasi banyaknya *user* dalam satu sel yang dapat tercakup. Pada perhitungan kapasitas ini mempertimbangkan kebutuhan layanan tiap *user* pada suatu daerah, kebutuhan layanan tiap *user* akan selalu berbeda di setiap daerah.

Langkah awal untuk menentukan *forecasting* jumlah pelanggan yakni mengetahui faktor pertumbuhan *user* hingga tahun ke-n. Pada penelitian ini hanya menggunakan 1 tahun sehingga untuk faktor pertumbuhan *user* menggunakan jumlah *user* pertahun yakni 15.000 penduduk. Selanjutnya mengetahui total target *user*. Total target *user* berfungsi untuk mengetahui jumlah *user* yang menggunakan operator X dari keseluruhan jumlah *user* yang ada. Persamaan total target *user* dapat dihitung sebagai berikut menggunakan persamaan berikut [8]:

$$Total\ target\ user = Pn \times A \times B \times C \quad (8)$$

Menentukan trafik dan model layanan yakni menghitung jumlah *throughput* pada masing-masing layanan di LTE. Tujuan menghitung nilai *throughput* di masing-masing layanan yakni mengetahui minimal *throughput* yang dibutuhkan di tiap layanan agar suatu layanan dapat tetap berjalan. Berikut contoh perhitungan untuk mengetahui nilai *throughput* di tiap layanan dengan menggunakan persamaan berikut [7]:

$$Throughput = bearer\ rate \times session\ time \times session\ duty\ ratio \times \left[\frac{1}{1-BLER} \right] \quad (9)$$

Keterangan :

Bearer Rate = kecepatan bearer layanan pada layer aplikasi.

Session Time = lama durasi tiap sesi layanan.

Session Duty Ratio = rasio kecepatan transmisi tiap layanan.

BLER = *Block Error Rate*.

Nilai-nilai tersebut sesuai dengan parameter standar berdasarkan referensi Huawei [9].

Traffic model digunakan sebagai penentu perkiraan kebutuhan trafik user. Terdapat dua parameter yakni *penetration rate* dan *busy hour service attempt* (BHSA). *Penetration rate* digunakan untuk menunjukkan proporsi dari tiap layanan dan *busy hour service attempt* digunakan untuk sesi percobaan tiap *user* pada tiap layanan. Untuk mempermudah perhitungan, trafik model yang digunakan berdasarkan standarisasi dari Huawei [9].

Perhitungan *network throughput* dilakukan untuk mengetahui kebutuhan kapasitas jaringan. Sebelum menghitung *network throughput*, terlebih dahulu menghitung beberapa parameter seperti *peak to average ratio*, *cell capacity* dan *single user throughput*. *Peak to average ratio* merupakan asumsi presentasi tertinggi untuk lonjakan trafik di jaringan dalam kondisi dan waktu tertentu. *Peak to average ratio* ini memiliki nilai yang berbeda-beda pada tiap daerah hal ini karena semakin padat suatu wilayah maka semakin tinggi asumsi lonjakan trafiknya, parameter ini dimaksudkan untuk mengantisipasi lonjakan trafik di jaringan yang akan direncanakan. *Single user throughput* merupakan suatu parameter yang menunjukkan total *throughput* yang didapatkan oleh satu *user* dengan menggunakan beberapa layanan tertentu. Perhitungan *single user throughput* dapat dihitung dengan menggunakan formula sebagai berikut [7]:

$$\text{Single User Throughput} = \left[\sum \left(\frac{\text{throughput}}{\text{session}} \right) \times \text{BHSA} \times \right. \\ \left. \text{Penetration ratio} \times (1 + \text{Peak to averation}) \right] \quad (10)$$

Keterangan:

BHSA = *service attempt in busy hour*

Penetration rate = penetrasi jaringan tiap daerah

Peak to Average Ratio = penetrasi rata-rata tiap daerah

Penetration rate dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Peak to average ratio* [9]

<i>Morphology</i>	Dense Urban	Urban	Sub Urban	Rural
<i>Peak to Average Ratio</i>	40%	20%	10%	0%

Langkah selanjutnya dalam menghitung parameter *network throughput* yaitu [9]:

$$UL/DL \text{ network throughput (IP)} = \text{total user number} \times UL/DL \text{ single user throughput} \quad (11)$$

Nilai total *network throughput* yang didapatkan merupakan nilai *throughput* pada layer IP yang harus dikonversikan terlebih dahulu agar mendapatkan nilai *throughput* pada layer MAC, karena *throughput* yang akan diperoleh user adalah *throughput* pada layer MAC. Perhitungan *throughput* pada layer MAC dari sisi *downlink* dan *uplink* dapat menggunakan persamaan berikut [9].

$$\text{Total network throughput (MAC layer)} = \frac{\text{Total network throughput (IP)}}{A \times B \times C} \quad (12)$$

Dimana ($A \times B \times C$) didapatkan dari perkalian *relative efficiency packet*, dapat dilihat berdasarkan Tabel 5 berikut.

Tabel 5. *Relative efficiency packet* [9]

Protokol Layer	Average Packet	Relative Efficiency	Simbol
PDCP	302	0,993377483	A
RLC	304	0,993421053	B
MAC	306	0,993464052	C

Setelah mendapatkan nilai dari *network throughput*, perhitungan *cell capacity* perlu dilakukan hal ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas yang dibutuhkan sesuai dengan total *network throughput* yang telah didapatkan pada perhitungan sebelumnya. Perhitungan *cell capacity* dapat dihitung menggunakan formula sebagai berikut [9]:

$$DL \text{ cell capacity} - CRC = (NRE - NcRE - NrRE) \times (\text{code bit}) \times (\text{code rate}) \times Nrb \times C \times 1000 \quad (13)$$

$$UL \text{ cell capacity} - CRC = (NRE - NrReUL) \times (\text{code bit}) \times (\text{code rate}) \times Nrb \times C \times 1000 \quad (14)$$

Keterangan :

UL throughput = Uplink layer throughput.

DL throughput = Downlink layer throughput.

CRC = Cyclic Redundancy Check (24 bit).

NRE = jumlah resource element dalam 1ms (168).

N_cRE = jumlah control channel RE dalam 1 ms (36).

N_rRE = jumlah reference signal RE dalam 1 ms (12).

N_rREUL = jumlah reference signal RE dalam 1 ms pada uplink (24).

Code bit = modulation efeciency.

Code rate = channel coding rate.

N_{rb} = jumlah resource blok yang akan digunakan.

C = mode antena MIMO.

Untuk nilai *code bit* dan *code rate*, sesuai dengan penggunaan modulasi. Sebagaimana pada Tabel 6 merupakan skema *mapper* modulasi.

Tabel 6. Parameter skema *mapper modulation* dan SINR [10]

<i>Modulation</i>	<i>Code bit</i>	<i>Code rate</i>	<i>SINR (dB)</i>
QPSK	2	1/3	0
QPSK	2	1/2	1,5
QPSK	2	2/3	4,0
QPSK	2	3/4	5,0
QPSK	2	4/5	5,5
16 QAM	4	1/2	7,0
16 QAM	4	2/3	10,0
16 QAM	4	3/4	11,5
16 QAM	4	4/5	13,0
64 QAM	6	2/3	15,0
64 QAM	6	3/4	17,0
64 QAM	6	4/5	18,5
256 QAM	8	2/3	20,0
256 QAM	8	3/4	22,0
256 QAM	8	4/5	24,0
256 QAM	8	7/8	27,0

Untuk mengetahui baik atau tidaknya hasil dari simulasi, maka dapat dilihat pada parameter tabel berikut ini yang menjadi dasar parameter hasil simulasi:

1. RSRP (*Reference Signal Received Power*)

RSRP merupakan *power* dari sinyal yang di terima dari *eNodeB* ke UE. Semakin dekat dengan *serving sit*, semakin baik kuat sinyal yang diterima oleh *user*. Akan tetapi apabila saat menjauh dari *coverage serving site* semakin buruk kuat sinyal yang diterima oleh *user*. Tabel 7 menunjukkan kriteria RSRP.

Tabel 7. Standar KPI RSRP [6]

<i>Category</i>	<i>Range Nilai RSRP (dBm)</i>
<i>Good</i>	-70 to -90
<i>Normal</i>	-91 to -110
<i>Bad</i>	-110 to -130

2. Throughput dan user connected

Throughput memiliki satuan *bit per second* (bps) dengan jumlah *throughput* yang merupakan jumlah rata-rata dari bit yang telah berhasil diterima semua terminal pada sebuah jaringan dan *user connected* merupakan salah satu parameter yang mengukur jumlah *user* yang telah tersambung atau mengakses layanan dari total keseluruhan *user* yang ada [6].

3. Hasil dan Pembahasan

Simulasi *coverage* dilakukan dengan memasukan parameter-parameter jaringan di setiap *transmitter* yang telah diatur pada *software* Atoll. Simulasi ini dipengaruhi beberapa faktor diantaranya adalah kontur bumi dan *clutter classes* selain itu spesifikasi perangkat yang digunakan juga dapat mempengaruhi hasil simulasi ini. Pada simulasi ini parameter yang akan diuji yakni RSRP (*Reference Signal Received Power*), CINR (*Carrier to Interference and Noise Ratio*) dan BER (*Bit Error Rate*).

Pada teknologi LTE, parameter RSRP didefinisikan sebagai rata-rata linear pada *resource element* yang membawa informasi *reference signal* pada *resource block* dalam rentang *bandwidth* yang digunakan. Parameter ini berfungsi memberikan informasi kepada UE, mengenai kuat sinyal yang diterima oleh UE terhadap *serving cell* yang melayani UE tersebut. Selain itu, digunakan untuk menentukan kelayakan perencanaan LTE terhadap parameter *coverage*. Kriteria kuat sinyal dapat dilihat pada Tabel 7.

Dalam penelitian ini dapat dilihat dari *histogram* di atas bahwa nilai RSRP masuk pada kategori normal *coverage*. Dari simulasi 1 hingga simulasi 4 dengan penggunaan modulasi QPSK, 16-QAM, 64-QAM dan 256-QAM nilai rata-rata RSRP tidak mengalami perubahan. Hal ini karena, *power* sinyal akan selalu menyesuaikan dengan penggunaan modulasi. Dapat dilihat pemakaian modulasi tertinggi pada penelitian ini yakni penggunaan modulasi hingga 256-QAM. Modulasi 256-QAM memiliki daya sinyal yang maksimal karena membawa bit semakin besar yakni 8 bit per simbol akan tetapi area cakupan semakin kecil. Begitu juga dengan penggunaan modulasi terkecil pada penelitian ini yakni modulasi QPSK memiliki daya sinyal yang kecil karena hanya membawa informasi sebesar 2 bit per simbol dan memiliki area cakupan yang luas. Sehingga parameter RSRP tidak terjadi perubahan untuk penggunaan level modulasi pada penelitian ini. Namun penggunaan modulasi akan mempengaruhi area cakupan, semakin besar bit simbol yang dikirimkan maka area cakupan semakin kecil dan begitu juga sebaliknya.

Gambar 1. RSRP untuk semua level modulasi

Parameter CINR digunakan untuk mengetahui daya *signal carrier* terhadap daya sinyal penginterferensinya. Pada simulasi ini dapat terlihat kualitas suatu sel yang mencakup suatu area. Parameter CINR memiliki beberapa tingkatan rentang nilai, dikatakan *very good* apabila memiliki rentang nilai lebih dari 25 dBm, dikatakan *good* apabila memiliki rentang nilai $15 \text{ dBm} \geq \text{CINR level} \leq 25 \text{ dBm}$, dikatakan *average* apabila memiliki rentang nilai sebesar $5 \text{ dBm} \geq \text{CINR level} \leq 15 \text{ dBm}$ dan dikatakan *bad* apabila memiliki rentang nilai $\text{CINR level} \leq 5 \text{ dBm}$.

Dalam penelitian ini dibuat skenario 4 simulasi. Simulasi 1 menggunakan modulasi QPSK, simulasi 2 menggunakan modulasi hingga 16-QAM, simulasi 3 menggunakan modulasi hingga 64-QAM dan simulasi 4 menggunakan modulasi hingga 256-QAM. Sebagaimana tertera pada Gambar 2 dan 3 yang menunjukkan bahwa hasil simulasi persebaran CINR, untuk rata-rata CINR pada simulasi 1 dan 2 sebesar 1,2 dBm dan 4,1 dBm. Sehingga untuk nilai CINR pada simulasi 1 dan 2 termasuk rentang *bad* karena kurang dari 5 dBm. Sedangkan Gambar 4 dan 5 yang menunjukkan bahwa hasil simulasi persebaran CINR untuk rata-rata CINR pada simulasi 3 dan 4 sebesar 6,4 dBm dan 8,5 dBm yang berarti termasuk dalam rentang *average*.

Gambar 2. Coverage by CINR QPSK **Gambar 3.** Coverage by CINR 16-QAM **Gambar 4.** Coverage by CINR 64-QAM **Gambar 5.** Coverage by CINR 256-QAM

Parameter BER digunakan untuk mengetahui perbandingan jumlah bit yang *error* yang diterima oleh *receiver* terhadap jumlah bit yang dikirim. BER

dipengaruhi oleh *noise*. Pada penelitian ini menggunakan 4 tingkatan modulasi yakni QPSK, 16-QAM, 64-QAM dan 256-QAM. Sebagaimana tertera pada Gambar 4.6 untuk penggunaan modulasi QPSK memiliki nilai BER yang lebih kecil yaitu sebesar 0,1 dibandingkan dengan modulasi lainnya yang digunakan pada penelitian ini, dan dapat dilihat untuk modulasi 16-QAM, 64-QAM dan 256-QAM memiliki nilai BER yang sama yaitu sebesar 0,13. Hal ini karena nilai BER tidak berpengaruh pada bit per simbol yang dikirim pada masing-masing modulasi, hanya saja berpengaruh terhadap jenis modulasi, yakni modulasi PSK dan QAM.

Modulasi QPSK merupakan salah satu jenis modulasi PSK. Modulasi PSK (Phase shift keying) adalah modulasi digital yang membawa data dengan merubah fase dari sinyal referensi (sinyal carrier). Pada modulasi PSK, tiap bit akan membentuk simbol yang diwakili oleh fase yang berbeda satu dengan lainnya. Pada modulasi QPSK, tiap bit akan membentuk simbol yang diwakili oleh fase yang berbeda satu dengan lainnya. Sedangkan modulasi 16-QAM, 64-QAM dan 256-QAM merupakan salah satu dari jenis modulasi QAM. Modulasi QAM (*Quadrature amplitude modulation*) merupakan skema modulasi yang membawa data dengan merubah amplitudo dan fase dari sinyal *carrier*. Sinyal yang dimodulasi akan menghasilkan sinyal modulasi yang merupakan kombinasi dari PSK (*phase shift keying*) dan ASK (*amplitude shift keying*).

Gambar 6. Hasil simulasi *coverage by BER*

Simulasi *user connected* bertujuan mengetahui kemampuan dari suatu jaringan dalam melayani *user* yang akan mengakses layanan pada jaringan tersebut. Dalam sisi parameter *throughput*, digunakan nilai rata-rata *throughput*. Nilai *throughput* akan bervariasi sesuai dengan penggunaan modulasi. Apabila penggunaan tingkat modulasi semakin tinggi maka berakibat *throughput* yang didapatkan juga semakin tinggi.

Gambar 7. Hasil persebaran nilai *throughput* QPSK

Gambar 8. Hasil persebaran nilai *throughput* 16-QAM

Gambar 9. Hasil persebaran nilai *throughput* 64-QAM

Gambar 10. Hasil persebaran nilai *throughput* 256-QAM

Tabel 8. Rekap hasil keseluruhan *capacity* berdasarkan *user connected* dan rata-rata *throughput*

Pemakaian modulasi	No coverage	User connected	Rata-rata <i>throughput</i> (Kbps)
QPSK	1,7	100%	1316,789
16QAM	1,6	100%	2014,754
64QAM	1,1	100%	2846,05
256QAM	0,9	100%	3652,075

Dapat dilihat pada hasil nilai *throughput* semakin besar modulasi dan code rate yang digunakan maka semakin besar *throughput* yang dihasilkan.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil simulasi, penggunaan variasi level modulasi pada simulasi *coverage by RSRP* selalu menyesuaikan dengan penggunaan berapapun level modulasi yang digunakan. Sedangkan berdasarkan hasil simulasi untuk mendapatkan *data rate* yang lebih tinggi maka diperlukan nilai CINR yang lebih tinggi. Hasil simulasi berdasarkan *capacity by user connected*, penggunaan level modulasi yakni QPSK, 16-QAM, 64-QAM dan 256-QAM mampu melayani semua *user* sehingga nilai *user connected* yang didapatkan dari keempat modulasi tersebut mencapai 100%. Sedangkan berdasarkan hasil simulasi *capacity by throughput*, nilai *throughput* tertinggi dihasilkan oleh pemakaian modulasi hingga 256-QAM yakni sebesar 3652,075 Kbps disusul dengan pemakaian modulasi hingga 64-QAM sebesar 2846,05 Kbps, modulasi 16-QAM sebesar 2014,754 Kbps dan terakhir penggunaan modulasi QPSK yaitu sebesar 1316,789. Hal ini dikarenakan, meskipun modulasi 256-QAM dapat mengirimkan informasi sebanyak 8 bit per *symbol*. Akan tetapi modulasi 256-QAM tidak tahan terhadap interferensi, sehingga dihasilkan nilai *throughput* paling tinggi dibandingkan dengan penggunaan modulasi lain dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] D. S. Setiawan, Analisis Perancangan dan Performansi LTE Femtocell di Gedung A dan B Telkom University, vol. 3, no. 2, p. 1509, Agustus 2016.
- [2] Alfin Hikmaturokhman, Fitri Kemala Utami;, "Perencanaan Femtocell 4G LTE 1800 Mhz Studi Kasus Gedung baru ST3 Telkom Purwokerto," in Proceedings Seminar Nasional Teknik Elektro, 2016.
- [3] Unit Laboratorium Fakultas Ilmu Terapan, "Atoll RF Planning," 8 May 2017. [Online]. Available: fit.labs.telkomuniversity.ac.id.
- [4] Rivan Achmad Nugroho, Hurianti Vidyaningtyas, Uke Kurniawan Usman, "Perencanaan Jaringan Mikrosel 4G LTE di Skywalk Cihampelas Bandung," *e-Proceeding of Engineerin*, vol. 5, no. 1, p. 782, Maret 2018.
- [5] Iwan Indrayanto, "Pasar Glodok," *Program Pascasarjana, Universitas Indonesia*, 2008.
- [6] Alfin Hikmaturohkman, dkk, 4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia, www.nulisbuku.com, 2014.
- [7] Huawei Technologies co.Ltd, "LTE Radio Network Coverage Dimensioning," 2013.
- [8] Uke, Galuh dkk, Fundamental Teknologi Seluler LTE, Rekayasa Sains,Indonesia, 2013.
- [9] Huawei Technologies co.Ltd., "LTE Radio Network Planning Introduction," 2010.
- [10] Kazuki Maruta, "Experimental Verification of Null-Space Expansion for Multiuser Massive MIMO via Channel State Information Measurement," *IEICE Transactions on Communications*, March 2018.