

PERENCANAAN JARINGAN HETEROGEN LTE-ADVANCED DENGAN PICO CELL MENGUNAKAN RANGE EXPANSION DI KOTA CIMAHI

LTE-ADVANCED HETEROGENEOUS NETWORK PLANNING WITH PICO CELL USES RANGE EXPANSION IN CIMAHI CITY

Aji Maulana¹, Dr. Arfianto Fahmi S.T., M.T.², Ir.Uke Kurniawan Usman, M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
ajimaulana118@gmail.com, - arfiantof@telkomuniversity.ac.id, - usman.uke@gmail.com

Abstrak

Kecamatan Cimahi Tengah merupakan salah satu kecamatan yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi di Kota Cimahi dikarenakan pusat kota ini terdapat di Kecamatan Cimahi Tengah. Berdasarkan evaluasi jaringan LTE pada kecamatan Cimahi Tengah diperoleh RSRP ≥ -90 dBm dan RSRQ ≥ 5 dB masih dibawah standar operator KPI Telkomsel yaitu 90%, dengan jumlah total pengguna pada beberapa site LTE di area kecamatan Cimahi Tengah memiliki jumlah pengguna lebih dari 1500. Dalam mengatasi hal ini pada teknologi LTE-Advanced terdapat suatu skema yaitu heterogeneous network. Jaringan heterogen (heterogeneous network) merupakan topologi pada suatu jaringan seluler yang menerapkan small cell pada macro cell dengan teknologi seluler yang berbeda untuk mengatasi permasalahan kapasitas serta memberikan cakupan yang lebih baik.

Tugas Akhir ini melakukan perencanaan jaringan heterogen LTE-Advanced dengan pico cell menggunakan range expansion di Kota Cimahi dengan menggunakan coverage dan capacity planning serta trafik jaringan LTE eksisting di kecamatan Cimahi Tengah. Frekuensi yang digunakan yaitu 1800 MHz pada macro cell dan 2300 MHz pada pico cell. Hasil simulasi dari penelitian tugas akhir ini didapatkan performansi sistem yang baik untuk nilai – nilai parameter yang sudah sesuai dengan standar KPI operator. Nilai RSRP yang didapat pada hasil simulasi jaringan heterogen yaitu ≥ -90 dBm mencakup area sebesar 98.89%, nilai CINR yang didapat untuk nilai > 5 dB sebesar 91.99%, nilai rata – rata untuk throughput downlink yaitu 38.51 Mbps, untuk throughput uplink yaitu 17.22 Mbps, dan jumlah user yang berusaha mendapatkan layanan yaitu 20150 user, dengan jumlah user connected yaitu 20125 (99.9%) user. Hasil ini menunjukkan bahwa simulasi perencanaan jaringan heterogen dengan pico cell menggunakan range expansion layak diimplementasikan.

Kata kunci : LTE-Advanced, Jaringan Heterogen, Pico Cell, Range Expansion.

Abstract

Kecamatan Cimahi Tengah is one of districts that have high population density in Cimahi City because the center of this city is located in District Cimahi Tengah. Based on the evaluation of LTE network in Cimahi Tengah sub-district, the RSRP ≥ -90 dBm and RSRQ ≥ 5 dB is still below the standard of KPI Telkomsel operator, which is 90%, with the total number of users in some LTE sites in Cimahi Tengah sub district having more than 1500 user. overcome this on LTE-Advanced technology there is a scheme that is heterogeneous network. Heterogeneous networks (heterogeneous networks) are topologies in a cellular network that applies small cells to macro cells with different cellular technologies to address capacity issues and provide better coverage.

This Final Project performs LTE-Advanced heterogeneous network planning with pico cell using expansion range in Cimahi City using coverage and capacity planning as well as existing LTE network traffic in Cimahi Tengah subdistrict. Frequency used is 1800 MHz on macro cell and 2300 MHz in pico cell. The simulation result from this final project has got good system performance for parameter values which is in accordance with KPI operator standard. The RSRP value obtained on the heterogeneous network simulation result is ≥ -90 dBm covering the area of 98.89%, the CINR value obtained for the value > 5 dB is 91.99%, the average value for throughput downlink is 38.51 Mbps, for uplink throughput is 17.22 Mbps, and the number of users trying to get the service is 20150 users, with the number of users connected is 20125 (99.9%) user. This result shows that the simulation of heterogeneous network planning with pico cell using a decent expansion range is implemented.

Keywords: LTE-Advanced, Heterogeneous Network, Pico Cell, Range Expansion.

1 Pendahuluan

Tingginya pertumbuhan trafik jaringan nirkabel dipicu oleh banyaknya pengguna perangkat mobile yang memberikan tuntutan agar selalu terhubung ke internet, sehingga memberikan tantangan bagi teknologi seluler dan akses nirkabel broadband. Jumlah pengguna yang mengakses jaringan LTE di area kecamatan Cimahi Tengah untuk beberapa site memiliki total pengguna dalam sehari mencapai lebih dari 1500. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan pengguna jaringan LTE perlu diimbangi dengan kapasitas yang memadai sehingga tidak terjadi overload traffic. Untuk mengatasi hal ini suatu operator tidak bisa hanya mengandalkan suatu macro cell, oleh karena itu pada LTE-Advanced dikenalkan suatu skema untuk mengatasi hal ini yaitu heterogeneous network. Heterogeneous network (HetNet) sendiri merupakan sebuah jaringan yang terdiri dari macro cell yang bertransmisi pada level daya yang tinggi, dimana macro cell melapisi small cell, yang biasa dikenal dengan Low Power Node (LPN). Small cell dapat berupa, pico cell, femto cell, Remote Radio Head (RRH) dan relay. Pada Tugas Akhir ini dilakukan analisis perencanaan jaringan heterogen LTE-Advanced dengan small cell menggunakan pico cell pada frekuensi 2300 MHz dan pada macro cell digunakan frekuensi yang operator operasikan yaitu 1800 MHz di Kota Cimahi. Langkah pertama yang dilakukan

yaitu melakukan analisis terhadap eNodeB dengan trafik tinggi sesuai site eksisting, melakukan perencanaan dibagian RAN dan membandingkan hasil perencanaan jaringan heterogen dengan jaringan tanpa heterogen. Nilai – nilai parameter yang diukur dan dianalisa yaitu RSRP, throughput, CINR, dan user connected. Sehingga dapat ditentukan kelayakan implementasi jaringan heterogen LTE-Advanced dengan pico cell di Kota Cimahi.

2. Dasar Teori

2.1 Heterogeneous Network

Heterogeneous network (HetNet) adalah sebuah jaringan yang terdiri dari macro cell yang bertransmisi pada level daya yang tinggi, dimana macro cell melapisi small cell, yang bisa dikenal dengan Low Power Node (LPN). LPN bisa berupa, pico cell, femto cell, Remote Radio Head (RRH), dan relay. Pico cell terdiri dari sebuah eNB biasa dengan daya transmisi yang lebih rendah dari macro cell, tapi memiliki fungsi yang sama. Pico cell bisa di aplikasikan untuk kondisi indoor maupun outdoor dan biasanya ditaruh di hotspot area. Daya transmisi pico cell berkisar antara 23-30 dBm untuk lingkungan outdoor. Menyediakan coverage hingga 300 m. Pada dasarnya small cell dapat di aplikasikan menggunakan frekuensi yang sama dengan macro eNB (co-channel deployment) ataupun dengan frekuensi yang berbeda dengan macro eNB (multicarrier deployment).

Tabel 2.1 Jenis Small Cell

Type Node	Daya Transmit	Coverage
Macro Cell	46 dBm	Beberapa Km
Pico Cell	23 – 30 dBm	< 300 m
Femto Cell	< 23 dBm	< 50 m
Relay	30 dBm	300 m
RRH	46 dBm	Beberapa Km

2.2 Range Expansion

Cakupan dari Low Power Node (LPN) sangat terbatas sesuai dengan daya transmisi dan interferensi dari sel makro, itu berarti hanya sebagian kecil pengguna yang dapat tercover oleh LPN, terutama ditepi sel dimana tidak banyak UE yang tercover sehingga menyebabkan adanya ketidakseimbangan coverage. Demi mengatasi masalah tersebut, Range Expansion (RE) diperkenalkan untuk LPN, terutama untuk pico cell dan relay agar dapat meningkatkan efisiensi HetNet, dimana RE menambahkan bias offset pada pico cell Reference Signal Received Power (RSRP) untuk meningkatkan coverage.

2.3 Coverage Planning

Coverage planning merupakan perhitungan jumlah sel yang dibutuhkan untuk dapat mencakup seluruh daerah yang direncanakan. Dalam melakukan coverage planning, langkah-langkah yang dilakukan meliputi : Menghitung link budget, penentuan model propagasi, perhitungan luas sel, perhitungan jumlah site.

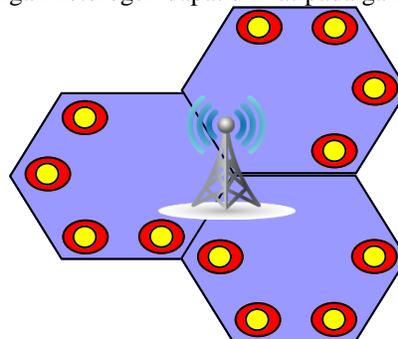
2.4 Capacity Planning

Capacity planning merupakan perhitungan kapasitas jaringan yang bertujuan untuk memperoleh jumlah sel yang dibutuhkan untuk dapat melayani kebutuhan trafik user. Dalam melakukan capacity planning, langkah-langkah yang dilakukan meliputi forecasting jumlah pelanggan, perhitungan network throughput, perhitungan throughput per cell, perhitungan jumlah sel.

3. Model Sistem dan Perencanaan Jaringan

3.1 Model Sistem

Sistem yang dirancang dalam Tugas Akhir ini adalah jaringan heterogen dengan melakukan penerapan small cell pada coverage area suatu macro cell. Pada jaringan heterogen ini small cell yang digunakan yaitu pico cell dengan frekuensi 2300 MHz sementara macro cell yang operator gunakan juga berada di frekuensi kerja 1800 MHz. Besar Bandwidth sistem yang digunakan yaitu 10 MHz. Model sistem perencanaan jaringan heterogen dapat dilihat pada gambar 3.1.

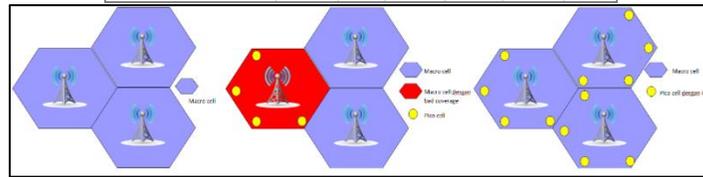


Gambar 3.1 Model Sistem

Perencanaan jaringan dipilih berdasarkan site yang memiliki trafik yang tinggi. Data trafik didapat dari vendor/subcon/operator. Terdapat 2 skenario perencanaan yang akan dilakukan yaitu :

Tabel 3.1 Skenario Perencanaan

Parameter Sistem	Simulasi 1		Simulasi 2		Simulasi 3	
	Macro	Pico	Macro	Pico	Macro	Pico
Frekuensi Kerja (MHz)	1800	-	1800	2300	1800	2300

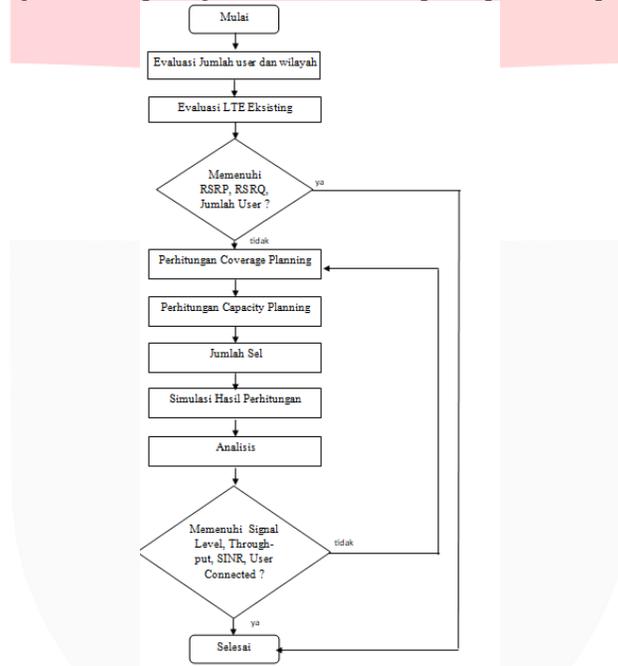


(a) Simulasi 1 (b) Simulasi 2 (c) Simulasi 3

Gambar 3.2 Skenario Perencanaan Jaringan

3.2 Diagram Alir

Untuk mempermudah dalam melakukan pengerjaan Tugas Akhir maka diperlukan langkah – langkah yang terstruktur dan sistematis. Secara umum alur kerja digambarkan pada gambar 3.3 mencakup tahapan – tahapan kerja yang dilakukan.



Gambar 3.3 Diagram Alir Tugas Akhir

3.3 Evaluasi Kondisi Daerah

Daerah yang akan ditinjau untuk penelitian ini yaitu pada Kecamatan Cimahi Tengah yang terletak di Kota Cimahi. Kecamatan Cimahi Tengah memiliki luas wilayah 10.84 Km² dengan total penduduk pada tahun 2016 yaitu 170.916 jiwa berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS). Alasan dipilihnya Kecamatan Cimahi Tengah sebagai area studi kasus yaitu dikarenakan pada Kecamatan ini terdapat macro cell yang memiliki trafik yang tinggi.

3.4 Evaluasi LTE Eksisting

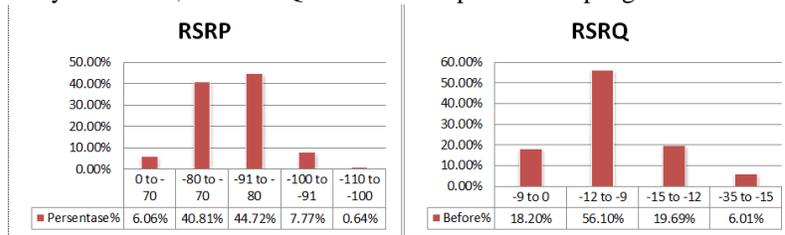
Analisa terhadap capacity dapat terlihat dari seberapa besar pengguna yang mengakses jaringan LTE melalui macro cell yang mencakup area tersebut. Tabel 3.2 Menunjukkan site yang memiliki trafik yang tinggi pada Kecamatan Cimahi Tengah.

Tabel 3.2 Data Site

Site Name	Date	Total User Number	Site Name	Date	Total User Number	Site Name	Date	Total User Number
KOMPUSDIKPOL	7/2/2017	2719	UBUGCIMAHI	7/2/2017	2140	LEUWIGAJAH	7/2/2017	1923
	7/9/2017	2813		7/9/2017	2251		7/9/2017	2062
	7/16/2017	2536		7/16/2017	2355		7/16/2017	2195
	7/23/2017	2401		7/23/2017	2185		7/23/2017	2143
	7/30/2017	2438		7/30/2017	2337		7/30/2017	2008

Ketiga site di Kecamatan Cimahi Tengah ini memiliki total pengguna dalam sehari rata – rata mencapai 2000 orang ini menunjukkan bahwa jumlah pengguna yang mengakses jaringan LTE pada ketiga site ini tinggi sehingga dari sisi kapasitas memang diperlukan perencanaan jaringan heterogen

Analisa terhadap coverage dapat terlihat melalui kualitas jaringan pada area Kecamatan Cimahi Tengah dengan melakukan drive test. Parameter yang diambil yaitu RSRP, dan RSRQ. Berikut merupakan hasil pengukuran :



Gambar 3.4 Hasil Pengukuran RSRP dan RSRQ

hasil pengukuran berdasarkan RSRP di area Kecamatan Cimahi Tengah dapat terlihat bahwa coverage sinyal yang menjangkau area tersebut sudah sesuai dengan standar operator yaitu 90% > -91 dBm sedangkan berdasarkan RSRQ di area Kecamatan Cimahi Tengah dapat terlihat bahwa quality sinyal yang menjangkau area tersebut masih dibawah standar operator yaitu 90% > -12 dBm.

3.5 Coverage Planning

3.5.1 Link Budget

Pada perhitungan MAPL diperlukan beberapa parameter yaitu EIRP, receiver sensitivity, dan MSRS. Parameter – parameter tersebut dipengaruhi oleh nilai dari spesifikasi perangkat yang digunakan.

Tabel 3.3 Link Budget

Uplink			Downlink		
Parameter	Value	Calculation	Parameter	Value	Calculation
Transmitter	UE		Transmitter	eNodeB	
Tx Power (dBm)	23	a	Tx Power (dBm)	30	a
Antenna Gain (dBi)	0	b	Antenna Gain (dBi)	6	b
Cable Loss (dB)	0	c	Cable Loss (dB)	0.5	c
EIRP (dBm)	23	d=a+b-c	EIRP (dBm)	35.5	d=a+b-c
Receiver	eNodeB		Receiver	UE	
SINR (dB)	-5.37	e	SINR (dB)	-6.19	e
Noise Figure (dB)	2.3	f	Noise Figure (dB)	7	f
Thermal Noise (dBm)	-103.98	g	Thermal Noise (dBm)	-103.98	g
Receiver Sensitivity (dBm)	-105.87	h=e+f-g	Receiver Sensitivity (dBm)	-103.17	h=e+f-g
Antenna Gain (dB)	6	i	Antenna Gain (dB)	0	i
Body Losses (dB)	0	j	Body Losses (dB)	0	j
Interference Margin (dB)	0.89	k	Interference Margin (dB)	2.72	k
MSRS (dBm)	-112.16	l=h-i+j+k	MSRS (dBm)	-100.45	l=h-i+j+k
Path Loss			Path Loss		
Penetration Loss (dB)	15	m	Penetration Loss (dB)	15	m
Shadow Fading Margin (dB)	8	n	Shadow Fading Margin (dB)	8	n
MAPL (dB)	112.16	o=d-l-m-n	MAPL (dB)	112.95	o=d-l-m-n

3.5.2 Perhitungan Jumlah Sel

Untuk menentukan radius sel maka akan digunakan model propagasi SUI (Stanford University Intern). Model propagasi SUI memiliki spesifikasi frekuensi dari 1800 – 6000 MHz. Pada model propagasi SUI terdapat tiga tipe klasifikasi area, yaitu Tipe A untuk area dense urban dan urban, Tipe B untuk area suburban, Tipe C untuk area rural.

Tabel 3.4 Parameter Model Propagasi SUI Berdasarkan Klasifikasi Area

Parameter	Type A	Type B	Type C
a(Hb)	4.6-0.0075*Hb+ 12.6/Hb	4-0.0065*Hb+ 17.1/Hb	3.6-0.005*Hb+ 20/Hb
a(Hr)	10.8 log(Hr/2)	10.8 lg(Hr/2)	20 log (Hr/2)

Setelah mendapatkan nilai radius sel, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan luas sel untuk mencakup area studi kasus, antenna yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu omnidirectional sehingga luas sel dapat dihitung.

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Coverage Planning

Parameter	Value
MAPL (dBm)	112.16
Radius Sel (Km)	0.31
Luas Area (Km ²)	10.8
Luas Sel (Km ²)	0.25
Jumlah Sel	44

3.6 Capacity Planning

3.6.1 Forecasting Pelanggan

Pada perencanaan jaringan diperlukan forecasting pelanggan untuk beberapa tahun ke depan. Hal ini dilakukan untuk menjamin bahwa kapasitas dapat mencukupi jumlah pelanggan yang tumbuh dalam lima tahun yang akan datang. Parameter yang diperlukan untuk menghitung forecasting pelanggan yaitu jumlah penduduk, jumlah penduduk usia produktif (15-64), faktor pertumbuhan penduduk, market share operator, serta penetrasi teknologi LTE.

Tabel 3.6 Estimasi Jumlah Pelanggan LTE-A

Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Usia (15-64)	Faktor Pertumbuhan Penduduk	Market Share Operator	Penetrasi LTE	Jumlah Pengguna LTE 5 tahun mendatang
170916	121551	0.7%	47%	34%	20081

3.6.2 Service Model LTE

Service model digunakan sebagai acuan untuk jumlah minimal throughput agar pelanggan dapat mengakses layanan tersebut.

Tabel 3.7 Service Model LTE

Trafik Parameter	Uplink				Downlink				Uplink	Downlink
	Bearer Rate (kbps)	PPP Session Time (s)	PPP Session Duty Ratio	BLER	Bearer Rate (kbps)	PPP Session Time (s)	PPP Session Duty Ratio	BLER	Throughput Session (kbps)	Throughput Session (kbps)
VoIP	26.9	80	0.4	1%	26.9	80	0.4	1%	869.4949	869.4949
Video Phone	62.53	70	1	1%	62.53	70	1	1%	4421.313	4421.313
Video Conference	62.53	1800	1	1%	62.53	1800	1	1%	113690.9	113690.9
Real Time Gaming	31.26	1800	0.2	1%	125.1	1800	0.4	1%	11367.27	90952.73
Streaming Media	31.26	3600	0.05	1%	250.1	3600	0.95	1%	5683.636	864016.4
IMS Signalling	15.63	7	0.2	1%	15.63	7	0.2	1%	22.10303	22.10303
Web Browsing	62.53	1800	0.05	1%	250.1	1800	0.05	1%	5684.545	22737.27
File Transfer	140.7	600	1	1%	750.3	600	1	1%	85266.67	454751.5
Email	140.7	50	1	1%	750.3	50	1	1%	7105.556	11368.79
P2P File Sharing	250.1	1200	1	1%	750.3	1200	1	1%	303163.6	909503

3.6.3 Single User Throughput

Single user throughput merupakan perkiraan yang dibutuhkan untuk satu pelanggan. Nilai single user throughput berbeda tiap daerah dikarenakan BHS (busy hour service attempt) dan traffic penetration ratio pada masing-masing daerah berbeda.

Tabel 3.8 Single User Throughput

Traffic Parameters	Single Service Throughput (Urban)	
	UL (Kbit)	DL (Kbit)
VoIP	1356.41	1356.41
Video Phone	169.78	169.78
Video Conference	3069.65	3069.65
Real Time Gaming	545.63	545.63
Streaming Media	153.46	23328.44
IMS Signalling	31.83	31.83
Web Browsing	2728.58	10913.89
File Transfer	4092.80	21828.07
Email	255.8	409.28
P2P File Sharing	21827.78	65484.22
Total	34231.74236	130957.3044
Single User Throughput (Kbps)	9.5088	36.377

Single user throughput yang didapat akan digunakan untuk mencari nilai dari network throughput. Network throughput merupakan kebutuhan trafik keseluruhan user pada area yang ditinjau.

Tabel 3.9 Network Throughput

Arah	Single User Throughput (kbps)	Total Number of User	Network Throughput (kbps)	Network Throughput (Mbps)
Uplink	9.5088	20081	190946.21	190.95
Downlink	36.3770		730486.54	730.49

3.7 Cell Throughput

Kapasitas sel merupakan throughput yang dihasilkan oleh sel pada layer MAC atau biasa disebut Cell Throughput Layer MAC. Nilai cell throughput dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu modulation coding scheme (MCS), bandwidth, code rate, serta penggunaan diversitas antena MIMO. bandwidth yang digunakan yaitu 10 Mhz sehingga resource block yang digunakan yaitu 50.

Tabel 3.10 Hasil Perhitungan Cell Throughput

Modulation	Code Bit	Code Rate	SINR (min) (dB)	SINR Probability (Pa)	DL Cell Throughput (Mbps) (Rn)	DL Cell Average Throughput (Mbps)	UL Cell Throughput (Mbps) (Ra)	UL Cell Average Throughput (Mbps)
QPSK 1/3	2	0.3	-1,5 - 0,3	0,28	7,2	2,016	8,64	2,42
QPSK 1/2	2	0.5	0,3 - 2	0,25	12	3	14,4	3,6
QPSK 2/3	2	0.67	2 - 4,5	0,17	16,1	2,737	19,3	3,28
16 QAM 1/2	4	0.5	4,5 - 6	0,13	24	3,12	28,8	3,744
16 QAM 2/3	4	0.67	6 - 8,5	0,1	32,2	3,22	38,6	3,86
16 QAM 4/5	4	0.8	8,5 - 10,8	0,05	38,4	1,92	46,1	2,305
64 QAM 1/2	6	0.5	10,8 - 12,5	0,01	36	0,36	43,2	0,432
64 QAM 2/3	6	0.67	12,5 - 13,5	0,01	48,2	0,482	57,9	0,579
Cell Average Throughput (MAC) = Σ Pn x Rn						16,855		20,22

Nilai cell average throughput yang didapat masih berada pada layer MAC sehingga perlu dilakukan konversi ke layer IP dikarenakan network throughput yang didapat berada pada layer IP.

Tabel 3.11 Cell Throughput

Layer	Uplink	Downlink
Cell Throughput MAC Layer (Mbps)	16.855	20.22
Cell Throughput IP Layer (Mbps)	16.524	19.823

3.8 Number of Cell

Setelah melakukan perhitungan pada cell throughput serta network throughput, maka selanjutnya menentukan jumlah sel yang dibutuhkan untuk penelitian ini.

Tabel 3.12 Jumlah Sel

Item	Uplink	Downlink
Total Number of User	23660	
Single User Troughput (Kbps)	9.5088	36.3770
Network Troughput (Mbps)	190.95	730.49
Cell Throughput MAC Layer (Mbps)	20.22	16.855
Cell Throughput IP Layer (Mbps)	19.823	16.524
Jumlah Sel	10	44

Berdasarkan capacity planning untuk area kecamatan Cimahi Tengah jumlah sel dipilih berdasarkan downlink karena pada arah downlink memiliki jumlah sel yang lebih banyak sehingga estimasi throughput uplink dapat dilewatkan melalui sel downlink. Jumlah sel berdasarkan capacity planning yaitu 44

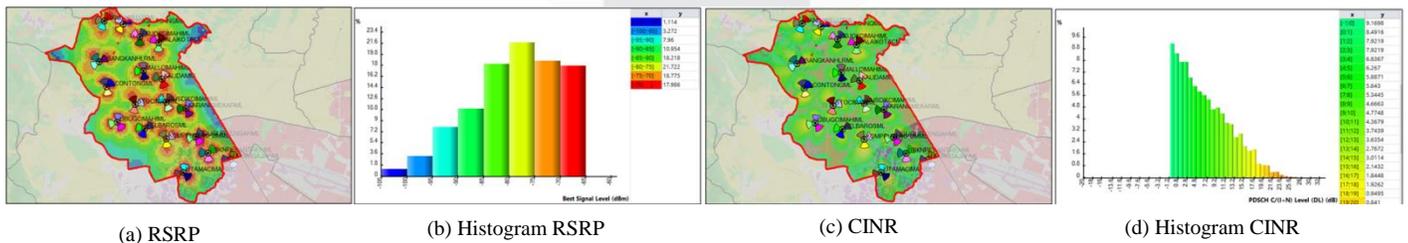
4. Analisis dan Simulasi

4.1 Pendahuluan

Pada penelitian ini dilakukan 3 simulasi dengan simulasi pertama hanya makro eksisting dan skenario kedua yaitu makro eksisting ditambah dengan pico cell pada area dengan kondisi coverage buruk dan simulasi ketiga yaitu makro eksisting ditambah dengan pico cell sesuai hasil perencanaan. Untuk melakukan ketiga simulasi tersebut digunakan software Atoll 3.3 untuk melihat performansi dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan. Parameter yang diambil berdasarkan kedua analisa tersebut yaitu pada coverage RSRP dan CINR, sementara pada capacity yaitu Throughput dan User Connected.

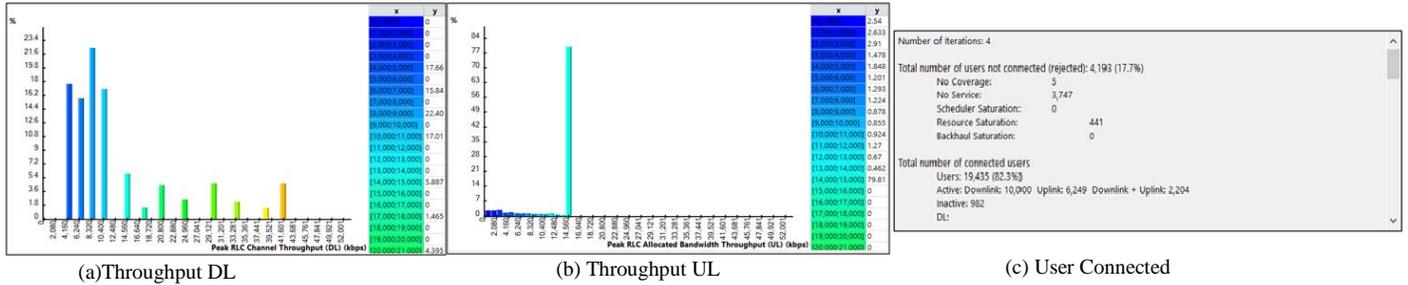
4.2 Hasil Simulasi 1

Simulasi skenario 1 yaitu mesimulasikan makro eksisting pada kecamatan cimahi tengah untuk mengetahui performansi sebelum dilakukan perencanaan jaringan heterogen pico cell. Pada area kecamatan Cimahi Tengah terdapat 18 site LTE eksisting. Pada simulasi coverage jaringan LTE eksisting digunakan parameter RSRP untuk mengetahui daya sinyal yang diterima oleh UE, sedangkan CINR merupakan parameter untuk mengukur nilai perbandingan antara carrier yang dijumlahkan dengan interference dibandingkan dengan besarnya noise. Berikut menunjukkan hasil simulasi skenario 1:



Gambar 4.1 Hasil Simulasi Skenario 1 Parameter RSRP dan CINR

Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai RSRP yang didapat pada simulasi LTE eksisting >-90 dBm sebesar 87.66 % sementara untuk standar operator nilai signal level >-90 dBm harus mencakup area sebesar 90%. Nilai rata – rata RSRP yang didapat pada hasil simulasi LTE eksisting yaitu -66.39 dBm. Hasil simulasi berdasarkan nilai RSRP buruk dikarenakan buruknya RSRP pada tepi sel yang tidak dapat dijangkau oleh makro sel. Parameter nilai CINR yang didapat yaitu > 5 dB sebesar 61.97 % sedangkan standar operator nilai CINR harus > 5 dB dengan area cakupan > 90 %. Rata – rata yang didapat pada hasil simulasi 1 untuk nilai CINR rata – rata nyaitu 6.63 dB. Hasil simulasi pada CINR buruk dipengaruhi oleh jarak dari pathloss site makro pada tepi sel serta interferensi yang terjadi pada site makro LTE Eksisting. Ini menunjukkan bahwa berdasarkan parameter RSRP dan CINR hasil simulasi 1 belum sesuai standar operator.

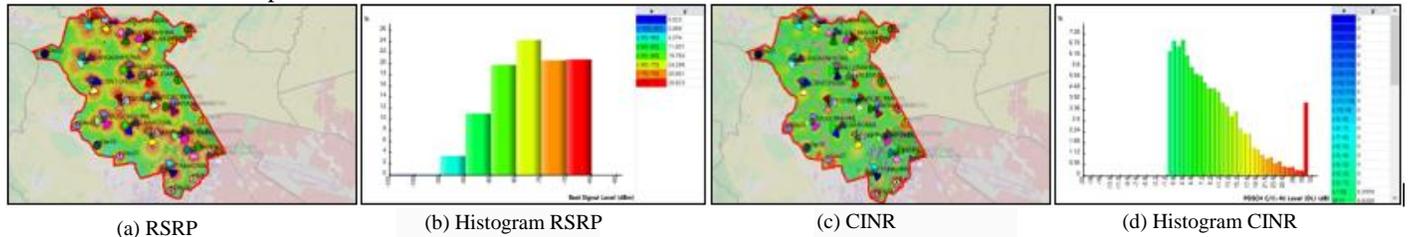


Gambar 4.2 Hasil Simulasi Parameter *Throughput* dan *User Connected*

Pada gambar 4.2 menunjukkan hasil simulasi 1 berdasarkan throughput dan user connected LTE eksisting pada area kecamatan cimahi tengah. Throughput downlink yang didapat pada simulasi LTE eksisting beragam dengan nilai throughput paling kecil yaitu 4 Mbps dan throughput yang paling besar yaitu 41 Mbps, Nilai rata – rata untuk throughput downlink pada area kecamatan cimahi tengah yaitu 12.79 Mbps. Throughput uplink yang didapatkan pada hasil simulasi LTE eksisting beragam dengan nilai throughput yang paling kecil yaitu 1 Mbps dan yang paling besar yaitu 14 Mbps. Nilai rata – rata throughput uplink yang didapatkan pada area kecamatan cimahi tengah yaitu 12.7 Mbps berbeda sedikit dengan throughput pada downlink. Nilai throughput yang didapatkan dipengaruhi oleh nilai CINR berbanding lurus dengan nilai throughput sehingga semakin kecil nilai CINR maka nilai throughput yang didapatkan semakin kecil. User yang berada jauh dengan site makro LTE eksisting akan mendapatkan nilai throughput yang rendah sehingga mempengaruhi penurunan nilai rata – rata throughput yang didapatkan pada area kecamatan cimahi tengah. User Connected yang berusaha mendapatkan layanan yaitu 20148 user, dengan jumlah user connected yaitu 16986 (84.3%) user dan user yang di rejected sebanyak 3162 (15.7%) alasan tidak dapat dilayani yaitu disebabkan no coverage berjumlah 6 user, no service berjumlah 3.017 user, dan resource saturation berjumlah 139 user. Jumlah no service banyak memperlihatkan bahwa memang pengaruh nilai CINR yang didapatkan pada hasil simulasi buruk sehingga makro site LTE Eksisting tidak dapat melayani user.

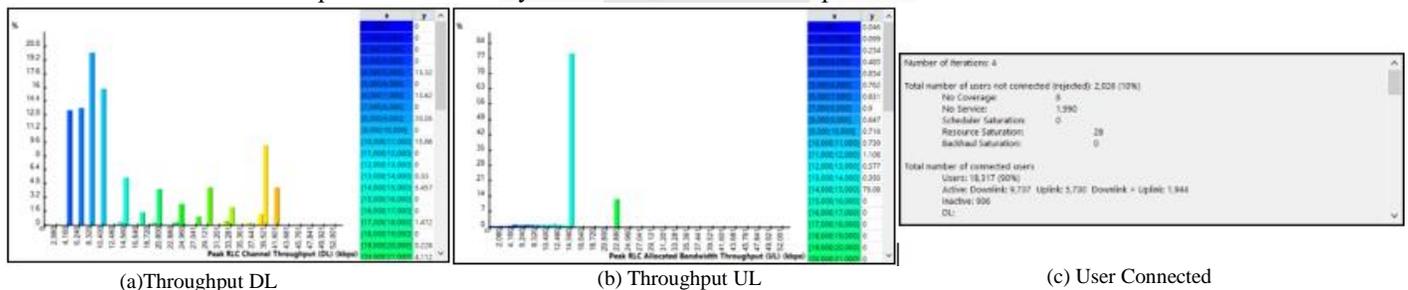
4.3 Simulasi 2

Simulasi 2 yaitu simulasi makro LTE eksisting dengan penerapan small cell berupa pico cell, dengan jumlah dan penempatan pico cell yang digunakan pada simulasi ini berdasarkan kebutuhan pada area dengan kondisi RSRP dan CINR buruk berdasarkan simulasi 1. Berikut merupakan hasil simulasi 2 :



Gambar 4.3 Hasil Simulasi 2 Parameter RSRP dan CINR

Gambar 4.3 memperlihatkan hasil RSRP pada simulasi 2 mengalami peningkatan dibandingkan dengan hasil simulasi RSRP pada simulasi 1. Nilai RSRP ≥ -90 dBm simulasi 2 dapat mencakup area sebesar 96.53% ini memperlihatkan bahwa RSRP pada simulasi 2 sudah sesuai dengan standar operator yaitu RSRP ≥ -90 dBm mencakup area minimal 90%. Peningkatan RSRP terjadi dikarenakan penempatan pico cell yang berada di area dengan RSRP buruk dapat tercakup oleh coverage pico cell. Pada parameter CINR hasil simulasi CINR berdasarkan histogram pada simulasi 2 menunjukkan nilai CINR ≥ 5 dB mencakup area sebesar 61.27% dengan rata – rata nilai CINR yang didapat sebesar 9.12 dB, ini menunjukkan bahwa pada parameter CINR untuk hasil simulasi 2 masih dibawah standar KPI operator Telkomsel yaitu CINR ≥ 5 dB mencakup area sebesar 90%.



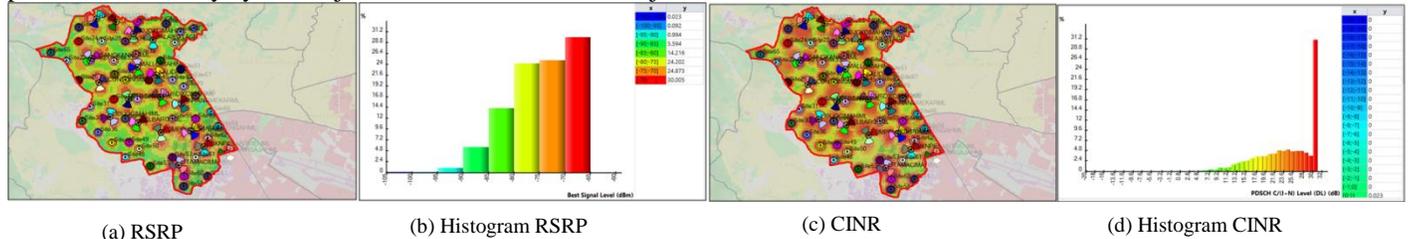
Gambar 4.4 Hasil Simulasi Parameter Throughput dan User Connected

Berdasarkan gambar 4.4 memperlihatkan hasil simulasi 3 parameter throughput dan user connected. Rata – rata throughput downlink yang didapatkan pada simulasi 2 yaitu 15.99 Mbps dengan throughput terkecil yang didapat yaitu 4 Mbps dan throughput terbesar yaitu 42 Mbps. Rata – rata throughput downlink yang didapat pada simulasi 2 mengalami peningkatan dibandingkan dengan simulasi 1 yaitu 12.79 Mbps menjadi 15.99 Mbps, walaupun tidak terlalu signifikan ini membuktikan bahwa perencanaan jaringan heterogen dengan pico cell dapat meningkatkan rata – rata throughput downlink. Rata – rata throughput uplink pada area kecamatan Cimahi Tengah yaitu 15.09 Mbps dengan throughput terkecil didapat sebesar 1 Mbps dan throughput terbesar yaitu 22 Mbps. Nilai throughput uplink yang paling banyak mencakup area yaitu 14 Mbps dengan area cakupan sebesar 79%. Hasil user

connected pada simulasi 2. Jumlah user yang mencoba mengakses jaringan sebanyak 20343 user dengan jumlah user connected yaitu 18317 (90%) dan user rejected sebanyak 2.026 (10%) dikarenakan oleh no coverage berjumlah 8 user, no service 1990 user dan resource saturation 28 user. Hasil simulasi 2 pada parameter user connected meningkat dengan penempatan pico cell pada area yang memiliki kondisi coverage yang buruk.

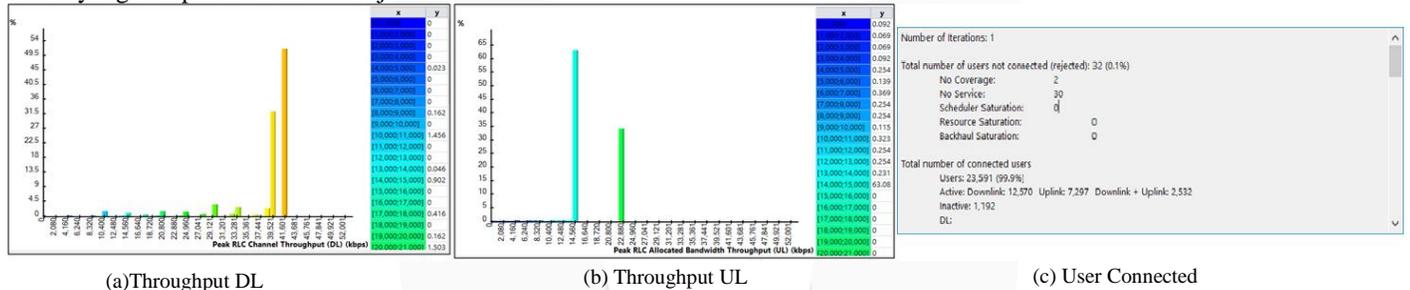
4.4 Simulasi 3

Simulasi 3 yaitu simulasi makro LTE eksisting dengan penerapan small cell berupa pico cell berdasarkan hasil perencanaan pada bab sebelumnya yaitu berjumlah 44 sel. Berikut menunjukkan hasil simulasi skenario 1:



Gambar 4.5 Hasil Simulasi 3 Parameter RSRP dan SINR

Gambar 4.5 menunjukkan hasil simulasi berdasarkan RSRP dan CINR pada jaringan heterogen menggunakan pico cell dengan range expansion. Nilai RSRP menunjukkan peningkatan dengan nilai RSRP > -90 dBm mencakup area sebesar 98.89%, ini berarti RSRP yang mencakup area kecamatan cimahi tengah pada simulasi jaringan heterogen dengan pico cell sudah sesuai dengan standar operator yaitu > -90 dBm mencakup area sebesar 90%. Pada hasil simulasi LTE eksisting, area yang berada di tepi cell tidak dapat dijangkau oleh site LTE eksisting itulah yang menyebabkan nilai RSRP masih belum sesuai dengan standar dari operator, setelah diterapkan jaringan heterogen dengan pico cell maka area pada tepi cell dapat terjangkau sehingga nilai RSRP yang < -90 dBm berkurang hingga sudah sesuai dengan standar operator. Nilai rata – rata RSRP yang didapat pada jaringan heterogen dengan pico cell yaitu -65.35 dBm. hasil simulasi CINR jaringan heterogen dengan pico cell memiliki nilai CINR > 5 dB mencakup area 99.99%, dengan rata – rata nilai CINR yang didapat yaitu 26.03 dB. Meningkatnya nilai CINR tidak lain dikarenakan area – area yang berada di tepi sel dapat tercover oleh pico cell, selain itu penggunaan pico cell dengan frekuensi 2300 MHz dapat menghindari terjadinya interferensi dengan makro cell yang memiliki frekuensi 1800 MHz sehingga membuat nilai CINR yang didapatkan sistem menjadi lebih baik.



Gambar 4.6 Hasil Simulasi Parameter Throughput dan User Connected

Pada gambar 4.6 menunjukkan hasil simulasi berdasarkan throughput dan user connected jaringan heterogen menggunakan pico cell dengan range expansion pada area kecamatan cimahi tengah. Throughput downlink yang didapat pada simulasi jaringan heterogen dengan pico cell meningkat dengan nilai throughput yang paling banyak mencakup area yaitu 41 Mbps sebesar 50% sehingga membuat nilai rata – rata untuk throughput downlink pada area kecamatan cimahi tengah meningkat menjadi 38.51 Mbps. Nilai throughput yang didapatkan dipengaruhi oleh nilai CINR yang bagus, ketika nilai CINR tinggi maka UE dapat menerima modulasi yang tinggi sehingga UE akan menerima nilai throughput yang tinggi juga. Throughput uplink yang didapatkan pada hasil simulasi jaringan heterogen dengan pico cell memiliki nilai throughput yang yaitu 14 Mbps dan yang paling besar yaitu 22 Mbps, dengan throughput yang paling banyak mencakup area yaitu 14 Mbps sebesar 63%. Nilai rata – rata throughput uplink yang didapatkan pada area kecamatan cimahi tengah meningkat menjadi 17.22 Mbps, walaupun peningkatan throughput pada uplink tidak signifikan seperti throughput pada downlink namun penerapan jaringan heterogen pada pico cell dapat meningkatkan throughput pada uplink juga. Faktor – faktor yang mempengaruhi nilai rata – rata throughput uplink sama dengan yang ada pada throughput downlink yaitu nilai CINR yang sudah bagus. Hasil simulasi User Connected yang berusaha mendapatkan layanan yaitu 23623 user, dengan jumlah user connected yaitu 20150 user, dengan jumlah user connected yaitu 20125 (99.9%) user dan user yang di rejected sebanyak 25 (0.1%) alasan tidak dapat dilayani yaitu disebabkan no coverage berjumlah 5 user, no service berjumlah 20 user. Hasil simulasi user connected benar – benar meningkat dengan hanya user rejected sebesar 0.1% setelah diterapkan jaringan heterogen dengan pico cell di area kecamatan cimahi tengah, ini menunjukkan bahwa penerapan jaringan heterogen dengan pico cell dapat mengurangi user yang tidak dapat dilayani. Berkurangnya user rejected by no service secara signifikan dikarenakan nilai CINR pada hasil simulasi sebelumnya bagus sehingga user dapat terlayani.

4.5 Hasil Akhir Analisa Simulasi

Hasil simulasi berdasarkan kedua skenario yang digunakan pada penelitian ini menunjukkan perbedaan penggunaan skenario 1 yaitu jaringan LTE eksisting dan skenario 2 yaitu jaringan heterogen menggunakan pico cell dengan range expansion.

Tabel 4.1 Hasil Simulasi Keseluruhan

Simulasi	RSRP	CINR	Throughput		User connected
			Downlink	Uplink	
Simulasi 1	-66.39 dBm	6.63 dB	12.79 Mbps	12.7 Mbps	16986 (84.3%)
Simulasi 2	-65.96 dBm	9.12 dB	15.99 Mbps	15.09 Mbps	18317 (90%)
Simulasi 3	-65.35 dBm	26.03 dB	38.51 Mbps	17.22 Mbps	20125 (99.99%)

Dari tabel 4.1 memperlihatkan bahwa pada hasil simulasi secara keseluruhan pada ketiga simulasi memiliki performansi sistem yang berbeda berdasarkan parameter yang diuji. Pada hasil simulasi secara keseluruhan, simulasi 3 (jaringan heterogen menggunakan pico cell dengan range expansion berdasarkan perencanaan) menunjukkan peningkatan dari segi coverage maupun capacity. Pada coverage parameter RSRP berdasarkan rata – rata yang didapat meningkat sedikit sedangkan pada parameter CINR rata – rata yang didapatkan meningkat secara signifikan. Meningkatnya nilai CINR mempengaruhi pada sisi capacity yaitu parameter throughput dan user connected, sehingga nilai rata – rata throughput serta user connected meningkat.

Perbandingan ketiga simulasi memperlihatkan bahwa performansi jaringan heterogen menggunakan pico cell dengan range expansion berdasarkan perencanaan di kecamatan cimahi tengah lebih baik dibanding dengan performansi ketiga simulasi. Sebagai acuan kelayakan jaringan dalam diimplementasikan maka diperlukan perbandingan terhadap hasil simulasi dengan standar KPI operator

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan mengenai perencanaan perluasan *coverage area* LTE di daerah kabupaten Garut, yaitu :

1. Hasil perencanaan yang dilakukan untuk jaringan heterogen dengan pico cell menggunakan range expansion pada frekuensi 2300 MHz di Kota Cimahi yaitu sebanyak 44 sel.
2. Hasil simulasi berdasarkan parameter RSRP pada simulasi 1 didapatkan nilai RSRP ≥ -90 dBm sebesar 87.66 %, sementara nilai rata – rata RSRP yang didapat pada hasil simulasi 1 yaitu -66.39 dBm. Pada simulasi 2 didapatkan nilai RSRP ≥ -90 dBm sebesar 96.53% sementara nilai rata – rata RSRP yang didapat pada hasil simulasi 2 yaitu -65.96 dBm. Hasil simulasi 3 didapatkan nilai RSRP ≥ -90 dBm mencakup area sebesar 98.89% dengan nilai rata – rata RSRP yang didapat pada jaringan heterogen dengan pico cell yaitu -65.35 dBm.
3. Hasil simulasi berdasarkan parameter CINR pada simulasi 1 didapatkan nilai CINR ≥ 5 dB sebesar 61.97 % dengan rata – rata nilai CINR yaitu 6.63 dB. Pada simulasi 2 didapatkan nilai CINR ≥ 5 dB sebesar 61.27 % dengan rata – rata nilai CINR yaitu 9.12 dB. Hasil simulasi 3 didapatkan nilai CINR ≥ 5 dB dapat mencakup area sebesar 99.99%,
4. Berdasarkan parameter throughput didapatkan hasil simulasi 1 yaitu nilai rata – rata untuk throughput downlink yaitu 12.79 Mbps dan nilai rata – rata throughput uplink yang didapatkan pada area yaitu 12.7 Mbps. Hasil simulasi 2 didapatkan yaitu nilai rata – rata untuk throughput downlink yaitu 15.99 Mbps dan nilai rata – rata throughput uplink yang didapatkan pada area yaitu 15.09 Mbps. Peningkatan terjadi pada simulasi 3 dikarenakan hasil perencanaan jaringan heterogen sehingga membuat nilai rata – rata untuk throughput downlink pada area kecamatan cimahi tengah meningkat menjadi 38.51 Mbps dan rata – rata throughput uplink menjadi 17.22 Mbps.
5. Berdasarkan parameter user connected didapatkan hasil simulasi 1 yaitu jumlah user connected yaitu 16986 (84.3%) user dan user yang di rejected sebanyak 3162 (15.7%). Pada simulasi 2 terjadi peningkatan user connected menjadi 18317 (90%) dan user rejected sebanyak 2.026 (10%). hasil simulasi 3 Jumlah user yang berusaha mendapatkan layanan kembali meningkat menjadi 20125 (99.9%) user connected dan user yang di rejected yang berkurang sehingga menjadi sebanyak 25 (0.1%).
6. Berdasarkan hasil simulasi secara keseluruhan maka dapat dikatakan perencanaan jaringan heterogen dengan pico cell menggunakan range expansion dapat meningkatkan performansi sistem baik dari sisi coverage maupun capacity dengan melihat hasil dari parameter RSRP, CINR, Throughput, dan User Connected.

5.2 Saran

1. Perlu adanya analisis mendalam terhadap interferensi antara pico cell yang menggunakan range expansion dengan makro cell menggunakan software lain seperti matlab, dan sebagainya.
2. Dapat melakukan perencanaan dengan menggunakan jenis – jenis small cell selain pico cell sebagai perbandingan pemilihan small cell terbaik terhadap area studi kasus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budi Agus Setiawan, "Analisis Perencanaan Jaringan Heterogen 3G (UMTS/HSDPA) dan WLAN 802.11n Outdoor Standar 3GPP UMA/GAN dengan Trafik Offload Sharing di Kota Bandung". Bandung : Telkom University, 2014.
- [2] Hafidh Finandriyanto, "Analisis Performansi Pico Cell pada Jaringan Heterogen LTE-Advanced". Bandung : Telkom University, 2016.
- [3] Satriyo Wibowo, "Analisis Perencanaan Jaringan Heterogen LTE-Advanced Small Cell Frekuensi 1800 Mhz Studi Kasus Kota Bandung". Bandung : Telkom University, 2016.
- [4] Yifei Yuan, "LTE-Advanced Relay Technology and Standardization". 1st ed. United Kingdom : Springer, 2013.
- [5] I. F. Akyildiz, D. M. Gutierrez-Estevez and E. C. Reyes, "The Evolution of 4G Cellular Systems: LTE-Advanced," Physical

- Communication, Atlanta : Georgia Institute of Technology, 2010.
- [6] Holma, H. (2009). LTE FOR UMTS OFDMA AND SC-FDMA BASED RADIO ACCESS. London: Wiley.
- [7] Ruiz David Grande, Performance Analysis of QoS in LTE-Advanced Heterogeneous Networks:Master Thesis 2013.
- [8] Husam Eldin Elfadil, Adil Ibrahim Ali Mohammed, Abas Mohammed, "Performance Evaluation of Heterogenous Networks Scheme in LTE Networks", International Conference on Computing, Control, Networking, Electronic and Embedded Systems Engineering, 2015
- [9] Zahwa Eltayeb Mokhtar Eltayeb, Performance Evaluation of Pico-cell Range Expansion with Interference Mitigation using Smart Antenna:Master Thesis 2017.
- [10] "LTE Radio Network Access Planning Guide," Huawei, Shenzhen, 2010.
- [11] "LTE Radio Network Planning Capacity Dimensioning." Huawei, Shenzhen, 2010.
- [12] Noneng Komara Nengsih, "Kota Cimahi Dalam Angka 2017", Badan Pusat Statistik, 2017
- [13] Ayman Elnashar, Mohamed A. El-saidny, Mahmoud R. Sherif, "Design, Deployment And Performance Of 4G-LTE Networks: A Practical Approach ".Wiley,2015.

