

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA JARINGAN LTE RELEASE 12 DENGAN TEKNIK FDD-FDD DAN FDD-TDD CARRIER AGGREGATION

COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS OF LTE RELEASE 12 WITH CARRIER AGGREGATION FDD-FDD AND FDD-TDD TECHNIQUE

Muhammad Hilmy Aziz¹, Arfianto Fahmi², Uke Kurniawan Usman³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹hilmvaaziz@gmail.com, ²arfiantof@telkomuniversity.ac.id, ³usman.uke@gmail.com

Abstrak

Pembangunan jaringan *Long Term Evolution* (LTE) di Indonesia lebih banyak dilakukan pada frekuensi 1800 MHz yang merupakan *band* frekuensi kerja *Frequency Division Duplexing* (FDD). Dilakukannya penataan ulang frekuensi 2300 MHz memungkinkan operator untuk membangun jaringan LTE yang baru pada *band* frekuensi kerja *Time Division Duplexing* (TDD). Dengan adanya konfigurasi CA baru pada *LTE Release 12*, memungkinkan untuk menggabungkan *band* frekuensi kerja FDD dan TDD. Sehingga penggunaan *band* frekuensi yang terpisah tersebut dapat lebih optimal jika *bandwidth* yang ada digabungkan. Pada penelitian ini dilakukan perancangan jaringan *LTE-Advanced Release 12* dengan menggunakan konfigurasi teknik CA yang baru yaitu teknik *FDD-TDD Carrier Aggregation* pada *band 3* frekuensi 1800 MHz dan *band 40* frekuensi 2300 MHz dengan *bandwidth* masing-masing sebesar 10 MHz. Untuk mengetahui performansi teknik *FDD-TDD Carrier Aggregation* dibandingkan dengan teknik CA *FDD-FDD* pada *Release 10* pada *band 3* dan *band 1* dengan *bandwidth* yang sama sebesar 10 MHz. skenario pertama secara keseluruhan memiliki kemampuan yang lebih baik dari pada skenario kedua. Namun jika dilihat dari sisi jenis layanan, skenario pertama memiliki performa yang lebih baik pada layanan yang bersifat *real time* sedangkan skenario kedua pada layanan tidak *real time*.

Kata kunci: *LTE-A, Carrier Aggregation, FDD-TDD CA, band frekuensi, LTE planning*

Abstract

LTE roll out in Indonesia is mostly done with frequency 1800 MHz which is band frequency with Frequency Division Duplexing (FDD) mode. Refarming 2300 MHz frequency allow operators to roll out new LTE frequency in Time Division Duplexing (TDD) mode. With a new Carrier Aggregation (CA) configuration in LTE Release 12, it is possible to aggregate FDD and TDD frequency band. So that, the use of separate frequency band that operator have can be more optimal if the existing bandwidth from separate frequency is aggregate. In this research, the design of LTE-Advanced Release 12 uses new configuration CA which is FDD-TDD CA technique on band 3 frequency 1800 MHz and band 40 frequency 2300 MHz with bandwidth of each band is 10 MHz. The performance of FDD-TDD CA is compared to FDD-FDD CA technique on band 3 and band 1 with the same 10 MHz bandwidth. First scenario has better performance than the second scenario for overall parameter. However, when viewed for the service type, the first scenario has better performance on real time services while the second scenario on non real time service.

Keywords: *LTE-A, Carrier Aggregation, FDD-TDD CA, band frequency, LTE planning*

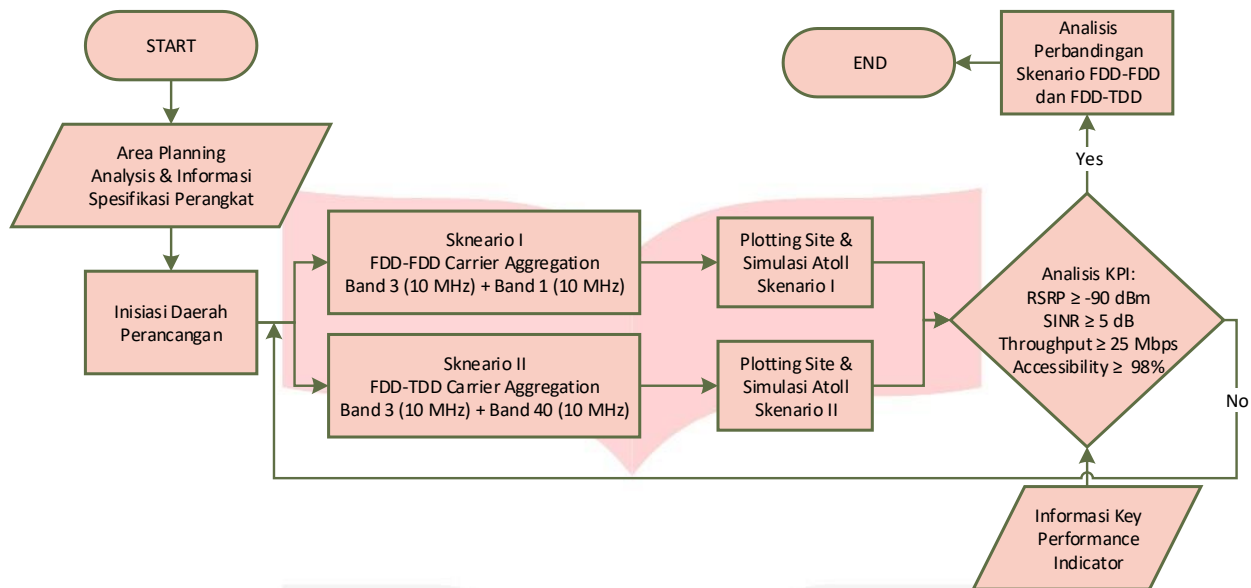
1. Pendahuluan

Proses *refarming* frekuensi 2100 MHz dan 2300 MHz membuka peluang operator untuk menambah *bandwidth* frekuensi yang telah dimiliki sebelumnya [1]. Dengan adanya teknik *Carrier Aggregation* (CA) memungkinkan untuk menggabungkan *bandwidth* yang telah ada dengan *bandwidth* hasil *refarming* yang dilakukan. Konfigurasi CA pada *Release 10* memungkinkan untuk menggabungkan *bandwidth* frekuensi dalam mode *duplexing* yang sama, sedangkan konfigurasi CA pada *Release 12* sudah memungkinkan untuk menggabungkan *bandwidth* frekuensi dengan mode *duplexing* yang berbeda atau *FDD-TDD CA* [2].

Pada jurnal ini, dilakukan penelitian tentang perancangan jaringan *LTE-Advanced* dengan dua skenario yang berbeda, yang pertama menggunakan konfigurasi CA *FDD-FDD* pada *band 3* frekuensi 1800 MHz dan *band 1* frekuensi 2100 MHz dan yang kedua menggunakan konfigurasi CA *FDD-TDD* pada *band 3* frekuensi 1800 MHz dan *band 40* frekuensi 2300 MHz yang masing-masing *band* frekuensi memiliki *bandwidth* sebesar 10 MHz. Skenario perancangan untuk *Secondary Cell* (SCell) dilakukan mengikuti skema *Carrier Aggregation Deployment Skenario* (CADS) 2 pada skenario pertama dan CADS *Collocated* pada skenario kedua yang mana *band* dengan mode *duplexing* TDD menjadi SCell.

2. Dasar Teori dan Metodologi Perancangan

Perancangan jaringan LTE-A menggunakan dua metode perancangan yaitu *planning by coverage* yang digunakan untuk menentukan jumlah site berdasarkan nilai *path loss* yang mampu ditoleransi serta perhitungan model propagasi dan *planning by capacity* yang digunakan untuk menentukan jumlah site berdasarkan permintaan trafik yang ada dan kapasitas sel [3]. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan membandingkan kedua skenario yang ada untuk mendapatkan skenario mana yang lebih cocok untuk diterapkan pada wilayah Jakarta Pusat yang mana termasuk kedalam kategori daerah bermorfologi *dense-urban* [4].



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan Jaringan LTE-A

2.1 Planning by Coverage

Perancangan jaringan LTE dengan metode *planning by coverage* memastikan jumlah site dalam suatu cakupan daerah dapat melayani user yang ada dengan tingkat *loss* yang dapat ditoleransi sehingga menghasilkan penerimaan sinyal yang baik dalam suatu area [5].

2.1.1 Perhitungan Link Budget

Proses pertama dalam melakukan perancangan jaringan LTE dengan metode *planning by coverage* ialah menghitung *link budget*. Perhitungan *link budget* dilakukan guna memperkirakan nilai kemungkinan *path loss* maksimum (MAPL) yang terjadi antara *transmitter* dan *receiver*.

Tabel 1 Perhitungan Link Budget

Link Budget 1800 MHz			
Transmitter	Value UL	Value DL	Calculation
Max Total Tx Power (dBm)	23	46	A
RB to Distribute Power	5	50	C
Subcarriers to Distribute Power	60	600	D = 12*C
Subcarrier Power (dBm)	5.22	18.22	E = A-10*log(D)
Tx Antenna Gain (dBi)	0	18	G
Feeder Loss (dB)	0	0.5	H
Tx Body Loss (dBi)	0	0	I
EIRP (dBm)	5.22	35.72	J = E-I / J = E+G-H
Receiver	Value UL	Value DL	Calculation
SINR (dB)	-4.19	-5.37	K
Rx Noise Figure (dB)	2.3	7	L
Receiver Sensitivity (dBm)	-134.13	-130.61	M = K+L-174+10*log(15000)
Rx Body Loss (dB)	0	0	P
Rx Antenna Gain (dBi)	18	0	N
Rx Cable Loss (dB)	0	0	O
Interference Margin (dB)	0.45	6.56	Q
Min. Signal Reception Strength (dBm)	-151.68	-124.05	R = M-N+O+Q
Path Loss & Shadow Fading Margin	Value UL	Value DL	Formula
Penetration Loss (dB)	19	19	S
Shadow Fading Margin (dB)	9.4	9.4	T
MAPL (dB)	128.50	131.37	U = J-R-S-T

2.1.2 Model Propagasi

Dari hasil perhitungan *link budget*, didapatkan nilai MAPL yang digunakan untuk menghitung radius sel sesuai dengan model propagasi yang digunakan. Pada jurnal ini, digunakan model propagasi Cost231-Hatta yang dipilih berdasarkan frekuensi yang digunakan oleh *Primary Cell* (PCell) yaitu 1800 MHz.

Tabel 2 Skema alokasi frekuensi

		Skenario I: CA FDD-FDD		Skenario II: CA FDD-TDD	
		PCC	SCC	PCC	SCC
Band Frekuensi	Uplink (MHz)	1772,5 – 1782,5	1940 – 1950	1772,5 – 1782,5	2320 – 2330
	Downlink (MHz)	1867,5 – 1877,5	2130 – 2140	1867,5 – 1877,5	2320 – 2330
Bandwidth (MHz)		10	10	10	10

Penggunaan model propagasi Cost231-Hatta memiliki perhitungan sebagai berikut:

$$Total = L - a(H_u) + C_m \quad (2.1)$$

$$L = 46.3 + 33.9 \log(f) - 13.82 \log(H_{BS}) + (44.9 - 6.55 \log(H_{SS})) \log(d) \quad (2.2)$$

Keterangan:

f = Frekuensi kerja sistem [MHz]

H_{BS} = Tinggi antenna BS [m]

H_{SS} = Tinggi MS [antenna m]

D = Jarak antara BS dengan MS [Km]

a(H_u) = Gain MS [dB]

C_m = Faktor koreksi jenis daerah

- C_m = 3 untuk kota besar (*dense-urban*)
- C_m = 0 untuk kota medium (*urban*)
- C_m = -2(log f/28)² - 5.4 untuk area suburban
- C_m = -4.78(log f)² + 18.33 log f - 40.94 untuk area rural

2.2 Planning by Capacity

Perancangan jaringan dengan metode *planning by capacity* digunakan untuk memperkirakan kebutuhan trafik yang ada dari suatu daerah perancangan. Kebutuhan trafik yang ada bergantung kepada jenis daerah perancangan akibat dari karakteristik suatu daerah itu sendiri. *Planning by capacity* juga menghitung jumlah sel yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan trafik suatu daerah, perhitungannya mencakup dua hal yaitu kebutuhan trafik user dan kapasitas sel atau *throughput per cell* [6].

2.2.1 Forecasting user

Estimasi jumlah pelanggan dilakukan untuk memastikan bahwa kapasitas jaringan yang dibangun mampu untuk melayani jumlah pelanggan yang bertumbuh dalam beberapa tahun kedepan.

$$U_n = U_0 \times (1 + F_p)^n \quad (2.3)$$

U_n merupakan jumlah penduduk pada tahun ke-n sesuai dengan proyeksi perancangan dalam beberapa tahun kedepan, F_p ialah proyeksi pertumbuhan penduduk yang ada didalam suatu daerah, sedangkan U₀ merupakan jumlah penduduk saat ini. Namun, tidak keseluruhan penduduk suatu daerah diperhitungkan, hanya penduduk yang masuk kedalam suatu layanan dari suatu operator yang diperhitungkan.

$$Total \ target \ user = U_n \times A \times B \times C \quad (2.4)$$

U_n merupakan jumlah penduduk yang didapatkan dari perhitungan 2.3, A merupakan persentase jumlah penduduk produktif, B merupakan persentase penetrasi suatu operator, sedangkan C ialah penetrasi penggunaan teknologi LTE-A yang ada dalam suatu operator.

2.2.2 Throughput per layanan

Kualitas suatu layanan yang diberikan dalam suatu jaringan harus memenuhi *throughput* minimal yang dihitung berdasarkan masing-masing jenis layanan yang ada. Persamaan *throughput per session* diperoleh menggunakan perhitungan seperti dibawah ini.

$$\frac{Throughput}{Session} = Bearer \ Rate \times PPP \ Session \ Time \times PPP \ Session \ Duty \ Ratio \times \left[\frac{1}{1 - BLER} \right] \quad (2.5)$$

Keterangan:

Throughput per Session : Throughput minimal yang harus disediakan agar kualitas layanan yang disediakan terjaga (Kbit)

Bearer Rate : Data rate yang harus disediakan oleh service application layer (Kbps)

PPP Session Rate : Rata-rata durasi setiap layanan (detik)

PPP Session Duty Ratio : Rasio data yang dikirim setiap sesi

BLER : Block Error Rate yang diizinkan dalam setiap sesi

2.2.3 Single User Throughput dan Network Throughput

Masing-masing user yang ada dalam jaringan memiliki nilai *throughput* yang beragam akibat dari beberapa layanan yang diakses saat jam sibuk. Sehingga perhitungan *single user throughput* diperoleh dari persamaan sebagai berikut.

$$\text{SingleUserThroughput (IP)} = \frac{\sum \left[\left(\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} \right) \times \text{BHSA} \times \text{Penetration Rate} \times (1 + \text{Peak Average Ratio}) \right]}{3600} \quad (2.6)$$

Sedangkan *network throughput* didapatkan dari perhitungan total *throughput* yang dihasilkan oleh tiap-tiap user nya. Oleh karena itu, nilai *network throughput* diperoleh dari persamaan berikut.

$$\text{UL/DL Network Throughput (IP)} = \text{Total User Number} \times \text{UL/DL Single User Throughput} \quad (2.7)$$

Keterangan:

Traffic Penetration Ratio : Proporsi kemungkinan suatu layanan digunakan oleh user pada suatu daerah

BHSA : Busy Hour Service Attempt untuk satu user

Peak to Average Ratio : Asumsi presentase tertinggi kelebihan beban pada suatu jaringan atau nilai lebih yang ditambahkan pada perhitungan untuk mengantisipasi apabila terjadi lonjakan trafik

2.2.4 Cell Capacity

Kapasitas suatu sel dihitung untuk mendapatkan kapasitas maksimum dari suatu sel yang mampu untuk menerima permintaan trafik dari user yang ada. Perhitungan kapasitas sel diperoleh dari persamaan berikut.

$$\text{UL Cell Throughput} + \text{CRC} = (168 - 24) \times \text{Code Bits} \times \text{Code Rate} \times \text{NRB} \times C \times 1000 \quad (2.8)$$

$$\text{DL Cell Throughput} + \text{CRC} = (168 - 36 - 12) \times \text{Code Bits} \times \text{Code Rate} \times \text{NRB} \times C \times 1000 \quad (2.9)$$

Keterangan:

CRC : 24

168 : Jumlah *Resource Element* (RE) dalam 1 ms

36 : Jumlah *Control Channel* dalam 1 ms

12 : Jumlah *Reference Signal* (RS) dalam 1 ms

24 : Jumlah RS dalam 1 ms arah *uplink*

NRB : Jumlah *Resource Block* yang digunakan

C : Jumlah antenna MIMO

Kapasitas sel pada dua skenario menggunakan distribusi SINR yang berbeda, hal tersebut dikarenakan penggunaan frekuensi SCell yang berbeda pada dua skenario. Namun penggunaan distribusi SINR untuk PCell memiliki nilai yang sama. Distribusi SINR pada setiap frekuensi ditunjukkan seperti tabel berikut:

$$\text{Cell Average Throughput} = \sum_{n=1}^k P_n \times R_n \quad (2.10)$$

Dengan k: Jumlah DL/UL *user throughput*, P_n: SINR Probability, R_n: DL/UL *cell throughput*

Tabel 3 SINR Distribution 1800 MHz (10 MHz, MIMO 2x2)

No.	MCS	Code Bits	Code Rate	SINR (min) (dB)	SINR Probability	Throughput (Mbps)	
						UL	DL
1	QPSK 1/3	2	0.33	-1.5 - 0.3	0.3	2.88	2.40
2	QPSK 1/2	2	0.50	0.3 - 2	0.23	3.31	2.76
3	QPSK 2/3	2	0.67	2 - 4.5	0.2	3.84	3.20
4	16 QAM 1/3	4	0.50	4.5 - 6	0.12	3.46	2.88
5	16 QAM 1/2	4	0.67	6 - 8.5	0.07	2.69	2.24
6	16 QAM 2/3	4	0.80	8.5 - 10.8	0.05	2.30	1.92
7	64 QAM 1/3	6	0.50	10.8 - 12.5	0.02	0.86	0.72
8	64 QAM 1/2	6	0.67	12.5 - 13.5	0.01	0.58	0.48
Cell Average Throughput MAC (Mbps)						19.92	16.60

Tabel 4 SINR Distribution 2100 MHz (10 MHz, MIMO 2x2)

No.	MCS	Code Bits	Code Rate	SINR (min) (dB)	SINR Probability	Throughput (Mbps)	
						UL	DL
1	QPSK 1/3	2	0.33	-1.5 - 0.3	0.33	3.17	2.64
2	QPSK 1/2	2	0.50	0.3 - 2	0.23	3.31	2.76
3	QPSK 2/3	2	0.67	2 - 4.5	0.2	3.84	3.20
4	16 QAM 1/3	4	0.50	4.5 - 6	0.1	2.88	2.40
5	16 QAM 1/2	4	0.67	6 - 8.5	0.08	3.07	2.56
6	16 QAM 2/3	4	0.80	8.5 - 10.8	0.03	1.38	1.15
7	64 QAM 1/3	6	0.50	10.8 - 12.5	0.02	0.86	0.72
8	64 QAM 1/2	6	0.67	12.5 - 13.5	0.01	0.58	0.48
Cell Average Throughput MAC (Mbps)						19.09	15.91

Tabel 5 SINR Distribution 2300 MHz (10 MHz, MIMO 2x2)

No.	MCS	Code Bits	Code Rate	SINR (min) (dB)	SINR Probability	Throughput (Mbps)	
						UL	DL
1	QPSK 1/3	2	0.33	-1.5 - 0.3	0.33	3.17	2.64
2	QPSK 1/2	2	0.50	0.3 - 2	0.28	4.03	3.36
3	QPSK 2/3	2	0.67	2 - 4.5	0.18	3.46	2.88
4	16 QAM 1/3	4	0.50	4.5 - 6	0.1	2.88	2.40
5	16 QAM 1/2	4	0.67	6 - 8.5	0.05	1.92	1.60
6	16 QAM 2/3	4	0.80	8.5 - 10.8	0.03	1.38	1.15
7	64 QAM 1/3	6	0.50	10.8 - 12.5	0.02	0.86	0.72
8	64 QAM 1/2	6	0.67	12.5 - 13.5	0.01	0.58	0.48
Cell Average Throughput MAC (Mbps)						19.92	16.60

2.3 Pehitungan Jumlah Site

Jumlah site yang dibutuhkan dalam suatu daerah dihitung berdasarkan jumlah terbanyak site yang didapatkan dari masing-masing metode perancangan baik *planning by coverage* maupun *planning by capacity*. Pehitungan site berdasarkan metode *planning by coverage* dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$L_{cell} = 1.95 \times d^2 \quad (2.11)$$

$$\Sigma LTE_{cell} = \frac{L_{area}}{L_{cell}} \quad (2.12)$$

Sedangkan untuk perhitungan jumlah site metode *planning by capacity* dihitung berdasarkan persamaan berikut ini:

$$Number\ of\ Cell\ (UL/DL) = \frac{UL/DL\ Network\ Throughput}{Throughput\ per\ Cell} \quad (2.13)$$

$$Number\ of\ Site = \frac{Number\ of\ Cell}{3} \quad (2.14)$$

3. Hasil Perhitungan Perancangan dan Simulasi

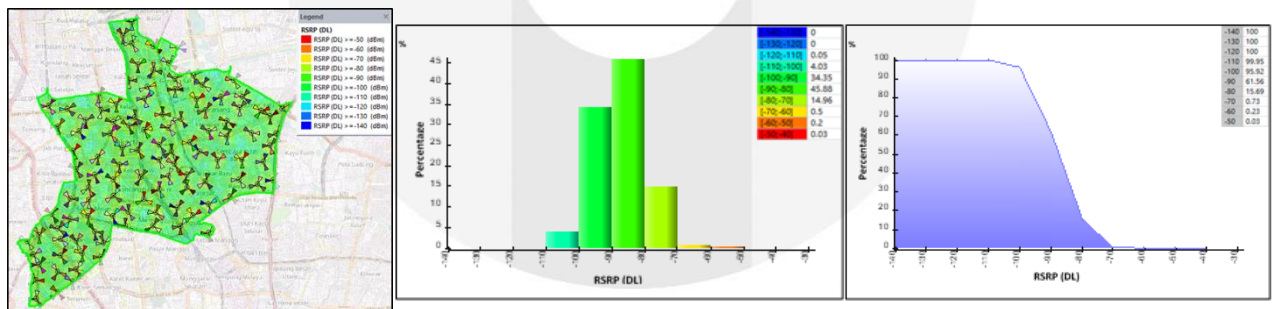
Dari hasil perhitungan berdasarkan persamaan yang dijabarkan pada bagian 2, diperoleh parameter-parameter seperti tabel dibawah ini.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Perancangan

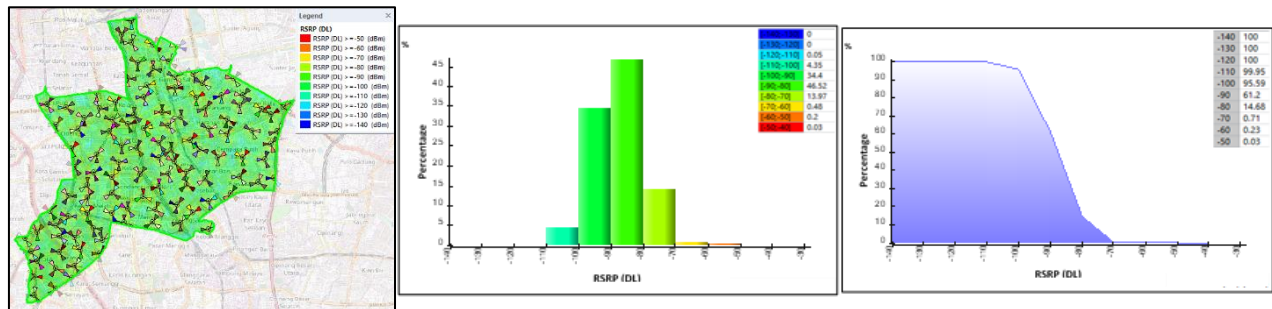
Skenario	Radius Sel	Jumlah Site (<i>Planning by Coverage</i>)	Kapasitas Sel	Jumlah Site (<i>Planning by Capacity</i>)
Skenario I: CA FDD-FDD	0,477 Km	109	UL: 39,01 Mbps DL: 32,51 Mbps	66
Skenario II: CA FDD-TDD	0,477 Km	109	UL: 38,20 Mbps DL: 31,83 Mbps	68

3.1 Hasil simulasi coverage by RSRP

Reference Signal Received Power (RSRP) merupakan penerimaan daya rata-rata pada tiap Resource Element (RE) yang membawa cell specific reference signal. Berikut ini merupakan distribusi nilai RSRP yang diperoleh dari hasil simulasi pada wilayah Jakarta Pusat.



Gambar 2 Distribusi nilai RSRP Skenario I



Gambar 3 Distribusi nilai RSRP Skenario II

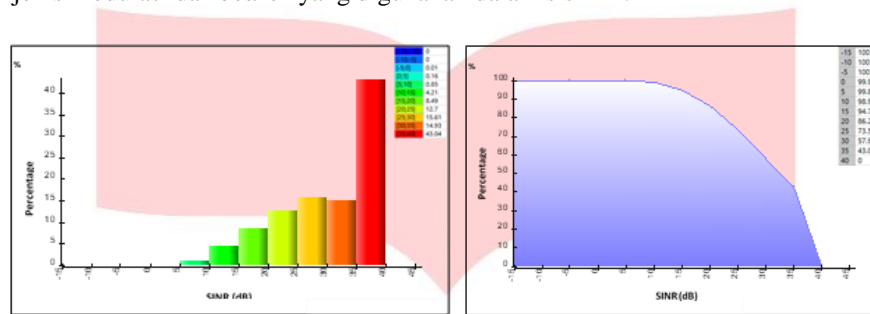
Distribusi RSRP yang didapatkan pada kedua skenario menunjukkan nilai yang baik. Hal tersebut ditunjukkan berdasarkan tercapainya *Key Performance Indicator* (KPI) yang ditetapkan oleh suatu vendor. Nilai KPI RSRP yang ditetapkan yaitu 90% daerah perancangan memiliki nilai RSRP ≥ -100 dBm. Ringkasan dari nilai RSRP yang didapatkan berdasarkan KPI yang ada tersaji dalam tabel dibawah ini.

Tabel 7 Target KPI RSRP

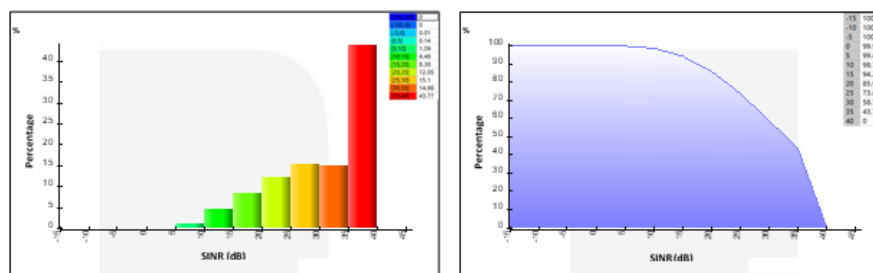
Parameter	Target	Skenario I: CA FDD-FDD	Skenario II: CA FDD-TDD
RSRP DL ≥ -100 dBm	$\geq 90\%$	95,92%	95,59%

3.2 Hasil simulasi coverage by SINR

Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR) merupakan perbandingan kuat sinyal yang diterima dengan nilai interferensi dan noise yang ada. SINR juga diartikan sebagai kualitas suatu sinyal terima pada UE yang mana akan menentukan jenis modulasi dan *bearer* yang digunakan dalam sisi DL.



Gambar 4 Distribusi nilai SINR skenario I



Gambar 5 Distribusi nilai SINR skenario II

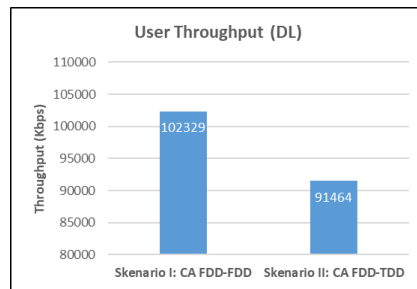
Nilai rata-rata SINR untuk skenario pertama sebesar 33,8 dB sedangkan pada skenario kedua didapatkan 33,74 dB. Hal tersebut menunjukkan secara nilai rata-rata kualitas sinyal yang diperoleh pada skenario pertama lebih baik, namun tidak berbeda secara signifikan terhadap nilai yang diperoleh pada skenario kedua. Jika ditinjau dari KPI SINR yang memiliki nilai *threshold* 5 dB dalam cakupan wilayah minimal 90%, kedua skenario telah mencapai KPI yang telah ditentukan yang lebih jelasnya dapat dilihat dari nilai dibawah ini.

Tabel 8 Target KPI SINR

Parameter	Target	Skenario I: CA FDD-FDD	Skenario II: CA FDD-TDD
SINR ≥ 5 dB	$\geq 90\%$	99,86%	99,83%

3.3 Hasil simulasi user throughput

User *throughput* dari hasil simulasi menunjukkan rata-rata *throughput* yang bisa didapatkan oleh tiap-tiap user dalam suatu jaringan. Dimana dalam simulasi ini nilai yang diterima user merupakan nilai rata-rata *peak throughput*. *Throughput* yang didapatkan oleh user dipengaruhi oleh kualitas sinyal yang diterima atau nilai parameter SINR, total *bandwidth* yang digunakan serta jumlah user yang sedang mengakses jaringan diwaktu yang bersamaan.

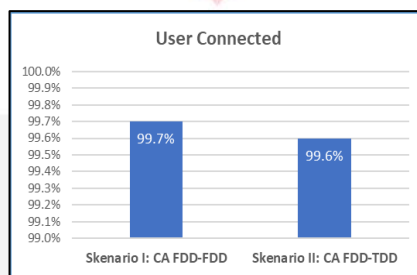


Gambar 6 Perbandingan user throughput

Dari histogram diatas, didapatkan bahwa skenario pertama memiliki nilai user throughput yang lebih baik dari skenario kedua. Nilai user throughput dalam skenario kedua memiliki nilai yang lebih kecil dari skenario kedua. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh penggunaan konfigurasi TDD subframe yang digunakan, dalam jurnal ini menggunakan konfigurasi TDD subframe tipe 4 dengan perbandingan DL dan UL 7:2. Terdapat tipe lain di konfigurasi TDD subframe yang memiliki subframe untuk DL lebih besar dengan perbandingan 8:1 sehingga throughput yang dihasilkan memungkinkan untuk meningkat.

3.4 Hasil simulasi user connected

Simulasi user connected dilakukan untuk mengetahui kemampuan jaringan untuk melayani user yang ingin mengakses suatu layanan. Sehingga dapat diketahui persentase accessibility yang ada dalam suatu jaringan. KPI accessibility pada suatu vendor memiliki batas threshold harus lebih kecil dari 2% yang berarti suatu jaringan harus melayani user yang ada sebesar 98%.



Gambar 7 Persentase perbandingan user connected

Berdasarkan histogram yang didapatkan dari hasil simulasi, persentase nilai user connected yang didapatkan oleh kedua skenario telah memenuhi KPI yang ditentukan $\leq 2\%$. Terlihat bahwa nilai skenario pertama lebih besar 0,1% dibandingkan dengan user connected yang didapatkan pada skenario kedua. Penggunaan mode duplexing yang berbeda pada SCell dari kedua skenario tidak memengaruhi nilai user connected yang diterima secara signifikan. Mode duplexing TDD dengan konfigurasi subframe tipe 4 mampu menjadwalkan user yang ingin mengakses layanan baik pada sisi DL dan UL dengan baik. Hal tersebut terbukti dengan tercapainya KPI user connected dari hasil simulasi.

Namun jika dilihat dari beberapa layanan yang digunakan oleh user dari pada kedua skenario, terdapat beberapa layanan dimana masing-masing skenario memiliki keunggulan. Pada SCell skenario pertama yang menggunakan mode duplexing FDD, kemampuan jaringan untuk melayani user yang mengakses jenis layanan yang real time seperti VoIP memiliki performansi yang lebih baik dari SCell skenario kedua yang menggunakan mode duplexing TDD. Kemudian, jika dilihat dari jenis layanan yang tidak bersifat real time seperti web browsing, ternyata mode duplexing SCell pada skenario kedua memiliki kemampuan untuk melayani user dengan lebih baik dibandingkan dengan mode duplexing SCell pada skenario pertama.

Tabel 9 Perbandingan performansi jenis layanan

Parameter	Skenario I: CA FDD-FDD		Skenario II: CA FDD-TDD	
	VoIP	Web Browsing	VoIP	Web Browsing
User	1893	612	1846	626
Peak Demand Throughput (DL)	67,21 Mbps	190,94 Mbps	66 Mbps	193,48 Mbps
Peak Demand Throughput (UL)	66,8 Mbps	28,86 Mbps	65,8 Mbps	29,91 Mbps

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan, performansi jaringan LTE-A pada skenario pertama memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan performansi jaringan LTE-A pada skenario kedua. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai parameter-parameter yang didapatkan dari hasil simulasi jaringan, namun kedua skenario tidak memiliki perbedaan nilai parameter yang signifikan. Sedangkan jika dilihat dari parameter yang dianalisis berdasarkan tipe layanan, skenario pertama memiliki performa yang lebih dalam melayani layanan yang bersifat real time seperti VoIP.

Kemudian layanan yang bersifat non *real time* memiliki performa yang lebih baik jika menggunakan jaringan pada skenario kedua. Hal tersebut didapatkan dengan melihat jumlah user yang mampu dilayani pada tiap layanan serta *throughput* demand yang dihasilkan. Sehingga, kesimpulan yang didapatkan yaitu kedua skenario telah memenuhi KPI yang ditentukan pada wilayah Jakarta Pusat dengan skenario pertama memiliki performansi yang lebih baik secara keseluruhan dan pada layanan yang bersifat *real time* sedangkan skenario kedua lebih baik pada layanan yang bersifat non *real time*.

Daftar Pustaka:

- [1] <https://telko.id/12582/lelang-frekuensi-2-1ghz-dan-2-3-ghz-bakal-digelar-pertengahan-2017/>
- [2] [Nokia, "LTE-Advance Carrier Aggregation Optimization", Nokia Networks](#)
- [3] Huawei Technologies, "LTE Radio Network Planning Introduction", Huawei, 2013
- [4] ["Jakarta Dalam Angka Tahun 2017", Badan Pusat Statistik DKI Jakarta, 2017](#)
- [5] Huawei Technologies, "LTE Radio Network Coverage Dimensioning", Huawei, 2010
- [6] Huawei Technologies, "LTE Radio Network Planning Guide", Huawei, 2010