

ANALISIS DAN PERENCANAAN JARINGAN *LONG TERM EVOLUTION* DI PITA FREKUENSI 3500 MHZ DENGAN MODE TDD DAN FDD

¹Efendi, ²Edwinanto, ³Marina Artiyasa, ⁴Heru Kristianto
¹Program Studi Teknik Elektro, ^{2,3,4}Prodi Studi Teknik Elektro
¹Politeknik Negeri Padang, ^{2,3,4}Universitas Nusa Putra
¹Jl. Kampus Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat,
^{2,3,4}Jl. Raya Cibolang No. 21 Kab. Sukabumi
¹efendi.mukhtar25@gmail.com, ²edwinanto@nusaputra.ac.id,
³marina@nusaputra.ac.id, ⁴heru.kristianto@nusaputra.ac.id

Korespondensi : ³marina@nusaputra.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan mode yang paling ideal dalam penerapan frekuensi 3500 MHz sebagai frekuensi alternatif dalam penerapan LTE dilihat dari analisa coverage dan throughput dan melakukan kajian analisis kapasitas untuk setiap range bandwidth yang dialokasikan pada LTE pada frekuensi 3500 MHz. Metode yang dipakai adalah dengan melakukan pemodelan dengan software Atoll. Pada pemodelan ini dibatasi untuk wilayah Batam dengan frekuensi carrier 3500 MHz. Untuk tambahan kebutuhan data pendukung baik sebagai data primer ataupun data sekunder, Dari hasil simulasi dihasilkan untuk nilai RSRP dengan mode TDD memiliki nilai rata-rata yang lebih baik dibandingkan dengan nilai rata-rata dengan mode FDD. Sehingga dapat dikatakan untuk mode TDD memiliki kuat sinyal yang lebih baik dibanding mode FDD.

Kata kunci : LTE, Atoll, TDD, FDD

ABSTRACT

This study aims to determine the most ideal mode in the application of frequency 3500 MHz as an alternative frequency in lte application seen from coverage and throughput analysis and conduct a study of capacity analysis for each bandwidth range allocated to LTE at 3500 MHz frequency. The method used is to model with Atoll software. In this modeling is limited to Batam area with carrier frequency of 3500 MHz. For additional supporting data needs both as primary data and secondary data, from the simulation results are generated for RSRP values with TDD mode has a better average in nilai compared to the average value with FDD mode. So it can be said that for has a better signal strength than FDD mode.

Keyword: LTE, Atoll, TDD, FDD

I. PENDAHULUAN

Dengan kondisi alokasi frekuensi di Indonesia saat ini membutuhkan pertimbangan yang matang dalam implementasi LTE di suatu alokasi frekuensi tertentu. Untuk alokasi pita frekuensi 700 MHz terdapat alokasi frekuensi untuk analog TV sehingga implementasi LTE akan tergantung dari perkembangan pelaksanaan *digital dividend* di Indonesia. Padahal *roadmap* dari *digital dividend* baru akan selesai pada tahun

2018 sehingga penggunaan teknologi *mobile broadband* pada alokasi frekuensi ini baru dapat dilaksanakan setelah tahun 2018. Pada frekuensi 850 MHz dialokasikan untuk FWA (*Fixed Wireless Access*) yang dahulu telah dipindah dari pita frekuensi 1900 MHz dan hampir tidak mungkin untuk dipindah kembali. Pada pita frekuensi 2600 MHz terdapat alokasi frekuensi untuk BSS (*Broadcasting Satelit Service*) yang telah mempunyai lebih dari 700

ribu pelanggan dan agak sulit untuk dipindahkan. Pada pita frekuensi 900 dan 1800 terdapat alokasi frekuensi untuk GSM. Dimana pembagian lebar pita yang tersedia untuk operator pada kedua alokasi frekuensi ini tidak sama satu sama lain dan memiliki lebar pita yang sempit. Terutama pada pita frekuensi 900 MHz yang hanya memiliki lebar pita 35 MHz. Sedangkan untuk pita frekuensi 2100 MHz, para operator memiliki lebar pita frekuensi yang sama yaitu sebesar 10 MHz dan masih terdapat 2 blok frekuensi yang masih kosong. Tetapi dalam implementasi LTE di pita frekuensi 2100 MHz harus mempertimbangkan posisi dari blok frekuensi yang telah ditempati oleh masing-masing operator agar dapat berdampingan dan lebar pita yang dapat disediakan untuk implementasi LTE sehingga implementasi LTE dapat optimal untuk layanan broadband dengan kecepatan tinggi, namun jika ingin mengimplementasikan jaringan LTE, lebar bandwidth untuk 2G dan 3G harus dikurangi penggunaannya dan dialokasikan untuk bandwidth LTE. Jika frekuensi dikurangi akan mempengaruhi kualitas layanan jaringan 2G dan 3G. Maka frekuensi 3500 MHz dapat diambil sebagai alternatif untuk penerapan LTE, tetapi diperlukan analisis lebih mendalam.

Dalam penelitian disusun identifikasi dari tujuan penelitian, adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah menentukan mode yang paling ideal dalam penerapan frekuensi 3500 MHz sebagai frekuensi alternatif dalam penerapan LTE dilihat dari analisa coverage dan throughput dan melakukan kajian analisis kapasitas untuk setiap range bandwidth yang dialokasikan pada LTE pada frekuensi 3500 MHz.

Batasan permasalahan adalah dalam pemilihan dan penggunaan teknologi LTE di pita frekuensi 3500 MHz dengan lebar frekuensi carrier 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz & 20 MHz, kemudian melakukan pemodelan perencanaan jaringan LTE dengan frekuensi 3500 MHz dengan mode TDD dan FDD, Pemodelan dilakukan pada kota Batam dikarenakan kondisi geografis yang mewakili semua environment traffic parameter kota-kota di Indonesia berdasarkan dense urban, rural, suburban dan urban, kemudian akan diperoleh hasil prediksi

perencanaan dari mode TDD dan FDD dengan menggunakan software atoll untuk diperoleh pengukuran mengenai coverage dan throughput sehingga dapat dibandingkan mode yang ideal untuk implementasi jaringan LTE pada frekuensi 3500 MHz. Kemudian dari sisi regulasi, diasumsikan tidak ada permasalahan dari segi peraturan atau regulasi dalam penggunaan frekuensi 3500 MHz yang sebelumnya digunakan untuk satelite dan WIMAX, kemudian dari segi operator tidak digunakan dalam lingkungan multi operator melainkan digunakan satu operator telekomunikasi.

Metode yang dipakai adalah dengan melakukan pemodelan dengan software Atoll. Pada pemodelan ini dibatasi untuk wilayah Batam dengan *frekuensi carrier* 3500 MHz. Untuk tambahan kebutuhan data pendukung baik sebagai data primer ataupun data sekunder, penulis melakukan beberapa studi kajian seperti studi dengan mempelajari buku referensi, e-book, jurnal, studi kasus dan mencari data-data yang berkaitan dengan pembahasan penelitian, kemudian melakukan studi lapangan (observasi), yaitu melakukan pengambilan data-data yang dibutuhkan ke pihak operator & vendor yang terkait dengan pemutusan rencana implementasi teknologi LTE di alokasi frekuensi 3500 MHz. Dan selanjutnya melakukan pemodelan dengan *wireless networking engineering* untuk menentukan prediksi *Coverage* dan output *Throughput Uplink* dan *Downlink*.

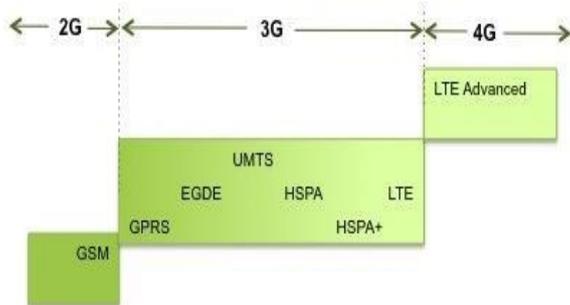
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknologi Lte

Layanan *mobile broadband* terus berkembang seiring dengan meningkatnya mobilitas masyarakat dalam beraktivitas serta kebutuhan layanan internet. Berbagai teknologi seluler terus dikembangkan mulai dari GSM/GPRS/EDGE (2G), UMTS/HSPA (3G), dan teknologi LTE. LTE adalah standar terbaru dalam teknologi jaringan seluler dibandingkan GSM/EDGE and UMTS/HSPA. LTE adalah sebuah nama baru dari layanan yang mempunyai kemampuan tinggi dalam sistem komunikasi bergerak yang merupakan langkah menuju generasi ke-4 (4G) dari teknologi radio yang

dirancang untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan telepon *mobile*.

Untuk menjamin ketahanan sistem terhadap bencana pada komunikasi yang berbasis teknologi Long Term Evolution (LTE), the 3rd Generation Partnership 2 Jurnal Rekayasa Elekrika Vol. 11, No. 1, April 2014 Project (3GPP) sebagai konsorsium pengembangan standar dan spesiikasi teknologi GSM/3G/LTE [1],[2]. Evolusi jaringan seluler sampai ke teknologi LTE ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 1. Evolusi jaringan LTE

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa LTE merupakan evolusi dari jaringan seluler yang dipersiapkan untuk teknologi 4G. Keuntungan utama dengan LTE adalah *throughput* yang tinggi, *latency* yang rendah, FDD dan TDD pada *platform* yang sama, peningkatan pengalaman pelanggan dan arsitektur sederhana yang mengakibatkan biaya operasional yang rendah. LTE juga akan mendukung sel dengan teknologi jaringan yang lebih lama seperti GSM, CDMAOne, WCDMA (UMTS), dan CDMA 2000. Semakin meningkatnya permintaan akan akses mobile broadband maka, kebutuhan akan alokasi spektrum frekuensi dan bandwidth juga semakin meningkat. Sehingga terjadi permasalahan yang disebut krisis spektrum frekuensi [3].

2.1 Pita Frekuensi FDD

Dalam FDD, uplink terpisah dan downlink yang digunakan, yang memungkinkan perangkat untuk mengirimkan dan menerima data pada saat yang sama. Jarak antara uplink dan downlink saluran disebut sebagai jarak duplex. Saluran uplink beroperasi pada frekuensi yang lebih rendah. Hal ini dilakukan karena frekuensi yang lebih tinggi mengalami redaman lebih besar dari frekuensi yang lebih rendah, Oleh karena itu, memungkinkan ponsel untuk memanfaatkan

tingkat pengiriman lebih rendah [4]. Berikut adalah gambaran dari FDD mode :



Gambar 2. FDD Mode

Dengan menggunakan FDD dimungkinkan untuk mengirim dan menerima sinyal secara simultan dengan frekuensi yang berbeda-beda. Dengan teknik ini dibutuhkan *guard frequency* untuk memisahkan frekuensi pengiriman dan penerimaan secara simultan, serta dibutuhkan proses filtering frekuensi yang harus akurat. Untuk band operasinya diperlihatkan dalam tabel berikut :

Tabel 1. Tabel Band operasi FDD untuk Frekuensi 3500 MHz.

FDD LTE BANDS & FREQUENCIES					
LTE BAND NUMBER	UPLINK (MHZ)	DOWNLINK (MHZ)	WIDTH OF BAND (MHZ)	DUPLICATE SPACING (MHZ)	BAND GAP (MHZ)
22	3410 - 3500	3510 - 3600	90	100	10

2.2 Pita Frekuensi TDD

Modus TDD memungkinkan operasi *full duplex* menggunakan pita frekuensi tunggal dan pembagian waktu *multiplexinguplink* dan *downlink* sinyal. Setiap kanal tersebut di-*multiplexing* dengan menggunakan basis waktu sehingga setiap kanal memiliki time slot yang berbeda. Berikut adalah gambaran dari TDD mode :



Gambar 3. TDD Mode

Salah satu keuntungan dari TDD adalah kemampuannya untuk memberikan asimetris *uplink* dan *downlink* alokasi. Keuntungan lainnya termasuk alokasi dinamis, peningkatan efisiensi

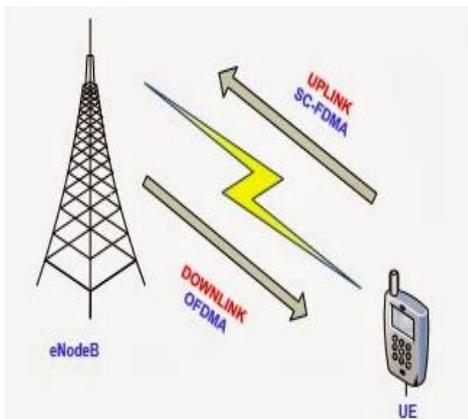
spektral, dan meningkatkan penggunaan teknik *beamforming*. Hal ini disebabkan memiliki *uplink* dan *downlink* yang sama karakteristik frekuensi untuk band operasinya diperlihatkan dalam tabel berikut :

Tabel 2. Tabel Band operasi TDD.

TDD LTE BANDS & FREQUENCIES		
LTE BANDNUMBER	ALLOCATION (MHZ)	WIDTH OF BAND (MHZ)
42	3400 - 3600	200

2.3 Teknik Akses Pada LTE

Pada LTE teknik akses yang digunakan pada transmisi dalam arah *downlink* dan *uplink* berbeda. Arah *downlink* adalah arah komunikasi dari eNodeB ke UE, sementara arah *uplink* adalah arah dari UE menuju eNodeB seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Pada arah *downlink* teknik akses yang digunakan adalah *Orthogonal Frequency Division Modulation Access* (OFDMA) dan pada arah *uplink* teknik akses yang digunakan adalah *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA). OFDMA adalah variasi dari *Orthogonal Frequency Division Modulation* (OFDM) [5]. (Wardhana, 2014).



Gambar 4. Arah transmisi *downlink* dan *uplink*

Pada teknik OFDM setiap *subcarrier* adalah *orthogonal* sehingga akan menghemat *spektrum* frekuensi dan setiap *subcarrier* tidak akan saling mempengaruhi. Akan tetapi salah satu kelemahan teknik akses ini adalah tingginya *Peak Average Power Ratio* (PAPR) yang dibutuhkan. Tingginya PAPR dalam OFDM

membuat 3GPP melihat skema teknik akses yang berbeda pada arah *uplink* karena akan sangat mempengaruhi konsumsi daya pada UE sehingga pada arah *uplink* LTE menggunakan teknik SC-FDMA. SC-FDMA dipilih karena teknik ini mengkombinasikan keunggulan PAPR yang rendah dengan daya tahan terhadap gangguan lintasan jamak dan alokasi frekuensi yang fleksibel dari OFDMA.

2.4 Propagasi Model Okumura-Hata

Propagasi adalah rambatan gelombang *microwave* melalui udara dari antena pemancar ke antena penerima yang jaraknya bisa mencapai ribuan kilometer. Mekanisme perambatan gelombang elektromagnetik secara umum sangat dipengaruhi oleh efek pantulan (*reflection*), difraksi, dan hamburan (*scattering*). Dalam melakukan perencanaan jaringan, model propagasi harus ditentukan karena sangat berpengaruh pada performansi jaringan. Model propagasi merupakan cara untuk memprediksi daya sinyal rata-rata.

Model Okumura-Hata ini merupakan sebuah *model empiric* yang dapat diaplikasikan untuk prediksi *path loss* dari hasil pengukuran *level* daya terhadap perubahan jarak. Model Okumura-Hata sangat cocok diterapkan pada daerah yang padat dan banyak gedung tinggi. Model ini membagi daerah-daerah yang menjadi target perencanaan ke beberapa bagian, yaitu daerah *dense urban*, *urban*, *suburban*, dan *rural*.

2.5 Planning by Capacity

Capacity Planning digunakan untuk mengetahui estimasi jumlah pelanggan, trafik pelanggan atau perhitungan OBQ, pembagian morfologi dan kapasitas sel suatu eNodeB. Kapasitas suatu jaringan merupakan salah satu tolak ukur dalam perencanaan, sehingga operator dapat memprediksi berapa besar jaringan dapat menampung user dengan berbagai macam layanan [6].

2.6 Coverage Planning

Dalam teknologi telekomunikasi dikenal istilah *coverage planning* atau penjelasan tentang *cakupan* wilayah yang di cover oleh jaringan telekomunikasi melalui BTS.

Kemampuan dan keunggulan dari LTE (Long Term Evolution) terhadap teknologi sebelumnya selain dari kecepatan dalam transfer data tetapi karena LTE (Long Term Evolution)

dapat memberikan coverage dan kapasitas layanan yang lebih besar, mengurangi biaya dalam operasional, mendukung penggunaan multiple antenna, fleksibel dalam penggunaan bandwidth operasi dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada [7].

Berikut adalah untuk penjelasan lebih lanjut mengenai perhitungannya :

1. Perhitungan SINR

Untuk mendapatkan kualitas sinyal pada penerima maka digunakan perhitungan SINR. Untuk kualitas sinyal diukur pada sisi handset dan eNB dengan persamaan:

$$SINR = \frac{S}{I+N} \dots\dots\dots(7)$$

dimana SINR adalah rasio perbandingan daya sinyal dan daya interferensi ditambah noise. S merupakan daya sinyal, I adalah daya interferensi, dan N adalah daya noise [2]. (Basit, 2009).

2. Perhitungan Parameter RSRP

Ada tiga tahapan pada prosedur handover LTE secara keseluruhan: tahap persiapan handover, tahap pelaksanaan handover dan tahap handover selesai. Pada tahap persiapan hand-in menjadi sangat penting karena UE harus menseleksi kandidat FAP yang tepat dari banyak target FAP untuk melakukan hand-in. Pada tahap persiapan UE melakukan pengukuran (*measurement*) kuat sinyal yang diterima dari beberapa target FAP. UE akan mendeteksi FAP yang memiliki nilai Reference Signal Received Power (RSRP) terbaik. RSRP sebanding dengan pengukuran Received Signal Code Power (RSCP) di WCDMA. RSRP merupakan kuat sinyal yang terima UE. Pada sistem LTE RSRP dihitung dengan rumus sebagai berikut [2]. (Basit, 2009) :

$$RSRP = P_t - 10 \log N_{AS} + G_{cell} - PL - L_{fad} \dots\dots\dots(8)$$

dimana :

RSRP = Kuat sinyal yang diterima UE (dBm)

P_T = Transmit Power (dBm)

P_{Ln} = Path Loss (dB)

L_{fad} = Shadowing log-normal standar deviasi (dB) asumsi 3dB

N_{AS} = Jumlah dari subcarrier yang aktif pada serving cell.

G_{cell} = Gain Antenna termasuk cable loss (dBi).

3. Software Radio Planning Atoll

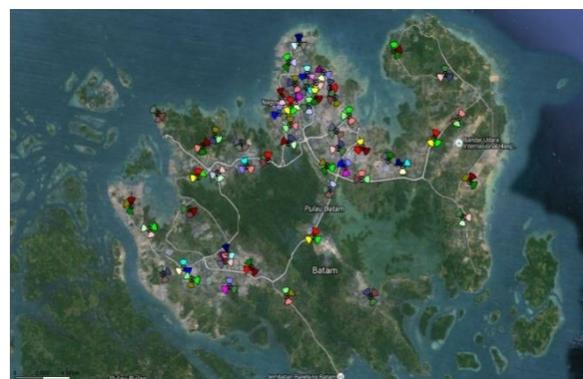
Atoll merupakan sebuah *softwareradio planning* yang menyediakan satu set alat dan fitur yang komperhensif dan terpadu yang memungkinkan user untuk membuat suatu proyek perencanaan *microwave* ataupun perencanaan radio dalam satu aplikasi.

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Simulasi

1. Penentuan wilayah pemodelan dan parameter *dimensioning*

Dalam penelitian ini ditentukan pemilihan wilayah yang digunakan untuk pengambilan data dan pengukuran, dalam hal ini ditentukan wilayah di pulau Batam dikarenakan karena kondisi geografis yang mewakili semua *environmenttraffic parameter* kota-kota di Indonesia berdasarkan persebaran dense urban, rural, suburban dan urban sehingga sangat memungkinkan untuk dilakukan penelitian, sedangkan untuk pengukuran melalui software Atoll. Berikut adalah tampilan pulau Batam dan persebaran eNodeB yang terdapat di pulau batam :



Gambar 5. Tampilan Persebaran eNodeB di pulau Batam

Gambar 5 merupakan tampilan jumlah site yang terdapat di pulau Batam, jumlah eNodeB ini berjumlah 54 site dan merupakan eNodeB eksisting yang digunakan untuk jaringan seluler di pulau Batam. Persebaran ini yang menjadi pemodelan awal untuk pengukuran *Throughput* dan *parameter Coverage* yang menjadi fokus penelitian. Berikut adalah *parameter dimensioning* yang digunakan.

Tabel 3. *Parameter Dimensioning* yang digunakan

TRAFIC PARAMETER		
✓ Service	:	Mobile Internet Access
✓ Mobility Type	:	Fixed
✓ Terminal	:	NSN Terminal
✓ User Profile	:	Standart User
✓ Environment	:	Dense Urban, Rulal, Suburban, Urban
BANDS OPERATIONS		
✓ Frequency	:	FDD → Band 22
		TDD → Band 42
RADIO NETWORK SETTING		
✓ Antenna 3500 MHz	:	Gain → 16,85 dBi
		Polarisasi → Sirkular
		Elctrical Tilt → 2°
		Beamwidth → 62°
		H. Width → 68,68°
		V. Width → 7,7°
✓ Antenna Schema	:	DL → MIMO 2*2
		UL → Rx Div
✓ NodeB Configuration	:	2x20 per Tx path
		RS-EPRE = 16.2 dBm
✓ UE Configuration		
(NSN Terminal)	:	Antenna height → 1.5m height
		Antenna Gain → 0 dBi
		Transmitter power → 23dBm
PROPAGATION MODEL		
✓ Standart Propagation Model (SPM)		

3.2 Data Throughput Jaringan

Throughput merupakan jumlah data yang dikirim/transfer dari sumber (source) ketujuan (destination) persatuan waktu (bits per second/bps). Throughput maksimal yang diberikan pun akan berbeda karena jumlah Resource Blok (RB) nya berbeda. Besar throughput sangat dipengaruhi ioleh jumlah RB yang dapat diberikan kepada user. Hasil dari perhitungan Throuhput.

Ini bisa digunakan untuk mengetahui kapasitas maksimum dan minimum dari wilayah pulau Batam. Berikut hasil pemodelan untuk UL Throughput dan DL Throughput.

3.3 Uplink Throughput

Throughput Uplink menunjukkan rata-rata throughput dalam cell ketika data ditransfer pada arah uplink (site). Data yang diperoleh merupakan data pengukuran untuk Uplink FDD dan TDD. Dari Hasil pemodelan didapatkan tampilan besarnya throughput Uplink di pulau Batam dengan lebar Bandwidth chanel 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz & 20 MHz adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Uplink Throughput 5 MHz FDD



Gambar 7. Uplink Throughput 10 MHz FDD



Gambar 8. Uplink Throughput 15 MHz FDD



Gambar 9. Uplink Throughput 20 MHz FDD

Dari hasil simulasi tersebut maka diperoleh nilai *uplink throughput* untuk setiap lebar *bandwidth* dan tiap mode. Hasil pemodelan yang dilakukan di pulau Batam untuk pita frekuensi 3500 MHz, nilai pengukuran *UL Throughput* untuk keseluruhan lebar BW Channel baik dengan mode FDD maupun TDD terlihat hampir sama, hal ini dikarenakan pada sisi *Uplink* untuk standar LTE tidak disertakan system MIMO,

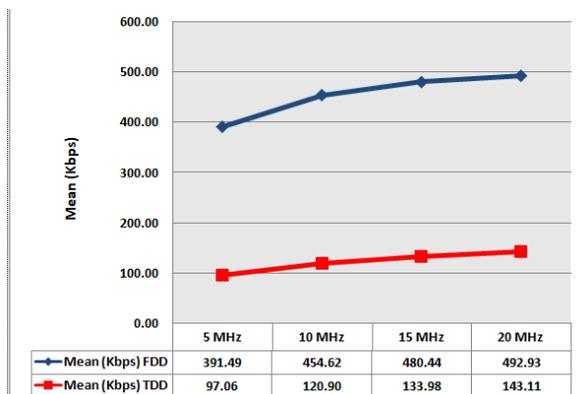
sehingga tidak banyak mengalami perbedaan yang terlalu signifikan. Untuk besarnya nilai *Uplink Throughput* tersebut dapat dilihat pada tabel dengan grafik berikut:

Untuk grafik dari pengukuran *Uplink Throughput* dilihat pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Grafik Pengukuran *Uplink Throughput* mode FDD dan TDD

Sedangkan untuk nilai mean *uplink Throughput* dari mode FDD dan TDD untuk masing-masing lebar *bandwidth* dapat dilihat dalam grafik berikut :



Gambar 11. *Mean Uplink Throughput* mode TDD & FDD

Berdasarkan tabel dan grafik di atas maka dapat dilihat untuk mode FDD memiliki nilai mean lebih baik dari pada nilai *mean* untuk mode TDD. Hal itu disebabkan karena mode FDD memiliki dual mode yang memisahkan *Uplink* dan *Downlink* sehingga memiliki rata-rata nilai *throughput* lebih baik dari TDD.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Downlink Throughput*

Throughput downlink menunjukkan rata-rata *downlink throughput* dalam *cell* ketika data ditransfer pada arah *downlink (User)*. Data untuk *Uplink* FDD dan TDD diambil di wilayah pulau Batam. Berikut adalah tampilan besarnya

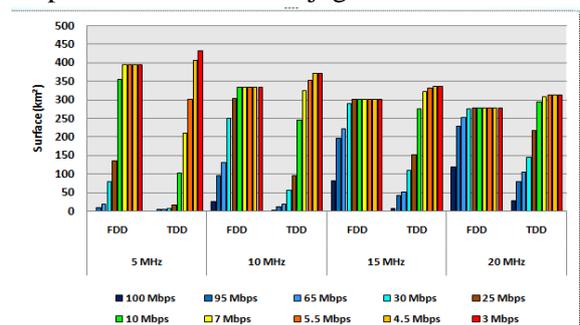
throughput downlink di pulau Batam dengan lebar *Bandwidth channel* 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz & 20 MHz:

Hasil pemodelan yang dilakukan di pulau Batam untuk pita frekuensi 3500 MHz, nilai pengukuran *DL Throughput* semakin baik untuk lebar BW Channel baik dengan mode FDD maupun TDD, terlihat dengan *coverage* yang berwarna biru, untuk warna merah mengindikasikan nilai pengukuran yang kurang baik. Hasil simulasi memperlihatkan jika mode FDD lebih baik dibandingkan dengan TDD untuk pengukuran *DL Throughput*. Berikut adalah nilai pengukuran:

Tabel 4. Perbandingan jangkauan *Downlink Throughput* setiap *Bandwidth* dan Mode

DL Throughput	Surface (km ²)							
	5 MHz		10 MHz		15 MHz		20 MHz	
	FDD	TDD	FDD	TDD	FDD	TDD	FDD	TDD
100 Mbps	0,9028	0,7468	27,2212	3,784	83,4812	8,4784	118,8388	28,02
95 Mbps	10,1396	4,1476	95,5812	11,7228	195,4272	42,8116	229,912	79,4076
65 Mbps	17,5964	4,1476	129,6816	19,0688	222,4928	51,7832	251,4752	104,8856
30 Mbps	79,104	7,8408	250,2948	55,2072	290,0748	110,162	276,642	145,6732
25 Mbps	136,0656	16,0632	302,9496	95,09	300,3124	152,95	276,9868	216,5816
10 Mbps	355,144	103,7024	334,8712	244,476	301,0072	275,4336	276,9868	293,8884
7 Mbps	394,9204	209,806	334,8712	324,0004	301,0072	322,4016	276,9868	309,5696
5.5 Mbps	395,8492	302,4288	334,8712	352,9116	301,0072	331,0572	276,9868	313,884
4.5 Mbps	395,8492	407,0984	334,8712	371,7464	301,0072	336,4712	276,9868	313,884
3 Mbps	395,8492	432,9544	334,8712	371,7464	301,0072	336,4712	276,9868	313,884

Pada tabel 4 perbedaan jangkauan (*surface*). Untuk pengukuran kecepatan *downlink throughput* untuk mode TDD dan FDD rangenya lebih besar dengan jangkauan 3 Mbps hingga 100 Mbps, nilai yang diperoleh ini sangat berbeda dengan nilai *uplinkthroughput* yang jangkauannya kbps. Dikarenakan *system* MIMO yang bertujuan meningkatkan *throughput* serta penggunaan *spatial diversity* yang bertujuan sebagai rentabilitas data yang dikirimkan Nilai setiap *bandwidth channel* juga berbeda.



Gambar 11. Grafik Pengukuran *Downlink Throughput* mode FDD dan TDD

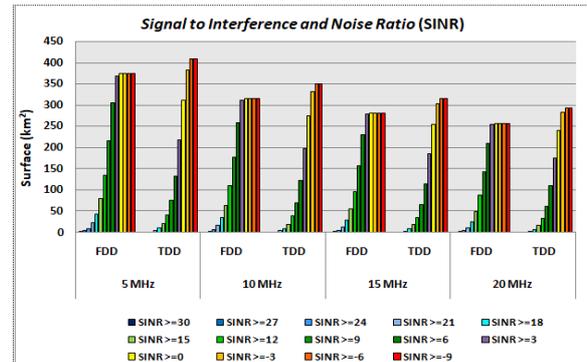
Dari grafik 14 untuk mode FDD terlihat kestabilan jangkauan untuk setiap pengukuran *DL Throughput* dibandingkan dengan FDD, namun untuk nilai pengukuran yang kecil, mode FDD terlihat lebih baik. Untuk pengukuran mean *downlink throughput* dari mode TDD dan FDD untuk masing-masing lebar *bandwidth*.

Berdasarkan tabel dan grafik di atas maka dapat dilihat untuk mode FDD memiliki nilai mean lebih baik dari pada nilai rata-rata untuk mode TDD. Seperti halnya dengan penjelasan pada *UL Throughput*, hal ini disebabkan karena mode FDD memiliki dual mode yang memisahkan *downlink* dan *uplink* sehingga memiliki rata-rata nilai *throughput* lebih baik dari TDD.

4.2 Data Signal to Interference and Noise Ratio (SINR)

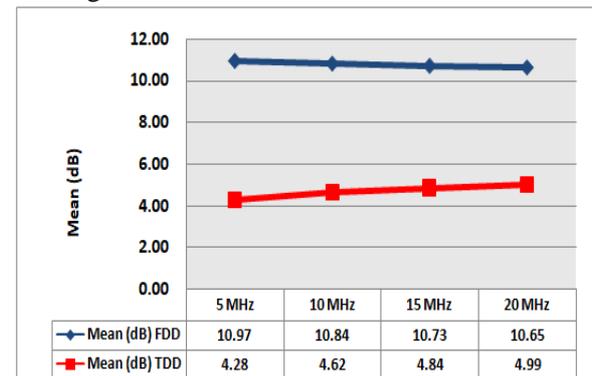
Signal to Interference and Noise Ratio (SINR) merupakan perbandingan (*ratio*) antara kekuatan sinyal (*signal strength*) dengan kekuatan *Derau (noise level)*. Nilai SINR dipakai untuk menunjukkan kualitas jalur (*medium*) koneksi. Semakin besar nilai SINR, maka semakin tinggi kualitas jalur tersebut. Artinya, makin besar pula kemungkinan jalur itu dipakai untuk lalu lintas komunikasi data dan sinyal dalam kecepatan tinggi.

Dari hasil pemodelan tersebut maka didapatkan untuk nilai SINR untuk masing-masing lebar *bandwidth* dan tiap mode. Bentuk *coverage* yang dihasilkan terlihat berbeda, dimana untuk mode FDD terlihat lebih baik dibanding TDD, hal ini dikarenakan *noise* pada TDD lebih kecil dari pada nilai *noise* pada mode FDD, karena mode TDD hanya memiliki satu band yang digunakan untuk *uplink* dan *downlink*, sedangkan untuk FDD memiliki dual band untuk *uplink* dan *downlink*. Untuk grafik dari pengukuran *SINR* dapat dilihat pada gambar 16. berikut :



Gambar 12. Grafik Pengukuran *SINR* mode FDD dan TDD

Dari grafik 16, mode TDD terlihat lebih stabil dalam setiap pengukuran *SINR* nya, sedangkan untuk nilai *SINR* yang kecil yaitu $SINR \geq -3$ hingga $SINR \geq -9$ mode TDD lebih baik. Untuk pengukuran mean *SINR* dari setiap mode dan masing-masing lebar *bandwidth* dapat dilihat dalam grafik berikut :



Gambar 13. *Mean SINR* mode TDD & FDD

Berdasarkan hasil rata-rata simulasi untuk frekuensi 3500 MHz maka didapatkan untuk nilai mode FDD memiliki nilai yang jauh lebih baik dari mode TDD. Sehingga dengan mode FDD didapatkan kualitas jalur yang paling baik untuk dapat digunakan.

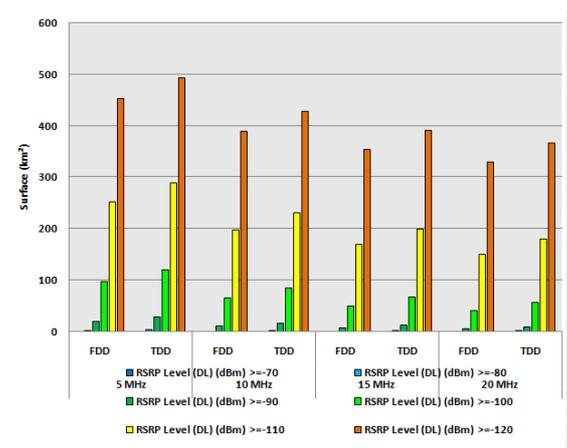
4.3 Data Reference Signal Receive Power (RSRP)

Reference Signal Receive Power (RSRP) adalah pengukuran kuatsinyal pada *cell* LTE yang membantu untuk meranking *cell-cell* yang berbeda sebagai input, yang dipergunakan untuk algoritma *handover* dan *cell reselection*. *RSRP* didefinisikan sebagai rata-rata pada kontribusi *power resource element* yang membawa referensi signal yang dianggap sebagai pengukuran

bandwidth frekuensi. Namun banyak yang terukur pada *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDM) symbol yang membawa *reference signal* pada sisi *downlink*. *Reference Signal Received Power* adalah patokan sinyal di LTE. Hakikatnya semakin tinggi nilai RSRP, semakin bagus sinyalnya. Berikut adalah hasil simulasi untuk RSRP untuk setiap lebar *Bandwidth* 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz & 20 MHz dan mode FDD dan TDD :

RSRP20 MHz FDD

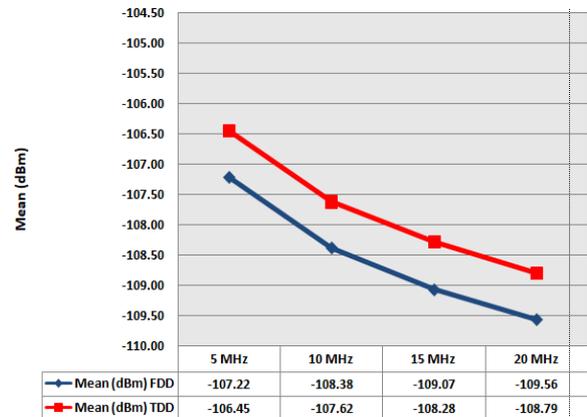
Dari hasil pemodelan dengan pita frekuensi 3500 MHz pada gambar 16 diperoleh tampilan *coverage* RSRP setiap mode dan lebar *bandwidth*, semakin kecil *bandwidth* maka semakin besar jangkauan RSRP yang dihasilkan pengukuran, baik untuk mode FDD maupun TDD, Hal ini berkaitan dengan jumlah *resource block* yang dibawa oleh masing-masing lebar *bandwidth* dimana semakin besar lebar *bandwidth* semakin besar pula *resource block*nya, sehingga menyebabkan nilai RSRP menjadi kecil. Terlihat perbedaan jangkauan (*surface*) setiap mode dan *bandwidth* dari nilai RSRP Level (DL) (dBm) ≥ -120 hingga RSRP Level (DL) (dBm) ≥ -70 yang sebelumnya telah digambarkan pada gambar 14. Semakin besar nilai RSRP maka semakin kecil jangkauan yang terukur dalam setiap mode. Untuk grafik dari pengukuran RSRP dapat dilihat pada gambar 16. berikut :



Gambar 14. Grafik Pengukuran RSRP mode FDD dan TDD

Dari gambar 14 diatas terlihat nilai pengukuran RSRP mode TDD lebih baik dibandingkan dengan FDD pada setiap

bandwidth channel. Untuk pengukuran mean RSRP dari setiap mode dan masing-masing lebar *bandwidth* dapat dilihat dalam gambar 15 berikut :



Gambar 15. Mean RSRP mode TDD & FDD

Dari hasil simulasi dihasilkan untuk nilai RSRP dengan mode TDD memiliki nilai rata-rata yang lebih baik dibandingkan dengan nilai rata-rata dengan mode FDD. Sehingga dapat dikatakan untuk mode TDD memiliki kuat sinyal yang lebih baik dibanding mode FDD.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil pemodelan yang dilakukan di pulau Batam dapat mewakili kebanyakan area di Indonesia dikarenakan persebaran kondisi geografis wilayah yang kompleks. Untuk nilai pengukuran *UL Throughput* untuk keseluruhan lebar *Bandwidth Channel* mode FDD maupun TDD terlihat hampir sama, dikarenakan pada sisi *Uplink* untuk standar LTE tidak disertakan *system MIMO*, sehinggabesaran *UL throughput* tidak banyak mengalami perbedaan yang terlalu signifikan. Dalam pengukuran *DL Throughput* semakin baik untuk lebar *BW Channel* baik FDD maupun TDD, terlihat dengan *coverage* yang berwarna biru, untuk warna merah mengindikasikan *coverage* yang kurang baik. Hasil simulasi memperlihatkan jika mode FDD lebih baik dibandingkan dengan TDD. Nilai SINR untuk masing-masing lebar *bandwidth* dan tiap mode bentuk *coverage* yang dihasilkan terlihat berbeda, dimana untuk mode FDD terlihat lebih baik dibanding TDD, dikarenakan nilai Noise pada TDD lebih kecil dari pada nilai

noise pada mode FDD, karena mode TDD hanya memiliki satu band yang digunakan. Untuk *Uplink* dan *Downlink*, sedangkan untuk FDD memiliki dual band untuk *Uplink* dan *Downlink*.

5.2 Saran

Nilai RSRP dengan mode TDD memiliki nilai rata-rata yang lebih baik dibandingkan dengan nilai rata-rata dengan model FDD. Sehingga dapat dikatakan untuk mode TDD memiliki kuat sinyal yang lebih baik dibanding mode FDD, dikarenakan pada mode TDD sinyal rata-rata *receive signal power* yang membawa setiap *resource block* lebih baik dibandingkan mode FDD sehingga nilai *overhead* pada mode TDD lebih kecil dibandingkan dengan mode FDD. Secara keseluruhan dengan membandingkan parameter *Throughput* dan *Coverage* dalam dan dilihat dari analisis kapasitas untuk setiap *range bandwidth* bahwa mode FDD lebih baik dari TDD.

DAFTAR PUSTKA

- [1] B.Bartenyi, "LTE standards for public safety-3GPP view," Critical Communication World Conference, 2013.
- [2] T.Gray, M. Steppler, and D. Bernhardt, LTE for critical communications—drivers, benefits, and challenges", public—white paper, P3 communications GmbH [Online]. Available: http://www.p3group.com/downloads/4/1/7/5/201206_P3_-_LTE_for_Critical_Communications__White_Paper_-_v2_0.pdf
- [3] A. Wahyudin, M. A. Amanaf dan I. K. Ratnasari, "Perancangan dan Analisis LTE Advanced 850 Mhz untuk Meningkatkan Penetrasi Mobile Broadband di Indonesia", ELKOMIKA, Vo. 7, No. 1, Hal : 57 -71.
- [4] D.K.A. Saputro, "Analisis Perencanaan Jaringan LTE di Pita Frekuensi 3500 MHz dengan Mode TDD dan FDD", IncomTech, Jurnal Telekomunikasi dan Komputer, vol.7, no.1, Juni 2016.
- [5] Biao Huang, Haifeng Tan, Wen Wei, Jian Fang and Na Zheng, "Coexistence Studies for LTE-FDD With TD-LTE in the Band. 2500-2690 MHz" State Radio Monitor Center Beijing", 2011.
- [6] A. S. Tanjung dan Febrizal, "Perencanaan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Menggunakan Parameter Existing Di Universitas Riau", Jom FTEKNIK Volume 4 No. 1 Februari 2017.
- [7] I.P.A.V.S Kusumo, P.K. Sudiarta, "Analisis Performansi dan Optimalisasi Layanan LTE Telkomsel di Denpasar, Bali," E-Journal Spektrum Vol.2, no. 3, vol. Vol.2, no., 2015.