

# Analisis Perencanaan Jaringan LTE di Pita Frekuensi 3500 MHz dengan Mode TDD dan FDD

Dheni Kuncoro Adri Saputro

*PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero)*  
dhenikuncoro@yahoo.com

## Abstrak

Perkembangan telekomunikasi saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. kemajuan dalam telekomunikasi ini seiring dengan peningkatan jumlah pengiriman data. Hal ini memicu munculnya era broadband yang dapat mengatasi masalah pengiriman data yang lebih besar dengan waktu yang lebih cepat. Teknologi LTE (*Long Term Evolution*) merupakan salah satu teknologi dari era broadband yang dapat menawarkan kecepatan akses data mencapai 100 Mbps atau sekitar 4 kali kecepatan teknologi HSPA+. Salah satu hal yang menjadi permasalahan dalam implementasi LTE di Indonesia adalah alokasi frekuensi. LTE memang memberikan beberapa alternatif alokasi frekuensi yang dapat digunakan seperti 700, 850, 900, 1800, 2100 dan 2600 MHz dan dengan lebar pita yang dapat disesuaikan yaitu 5, 10, 15 dan 20 MHz. Namun pada pita frekuensi tersebut telah dialokasikan untuk jaringan lain maka frekuensi 3500 MHz dapat diambil sebagai alternatif untuk penerapan LTE. Dalam perencanaan jaringan LTE dikenal mode FDD dan TDD sebagai akses komunikasi antara jaringan (eNB) ke penerima (UE). Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan di daerah pulau Batam yang mewakili karakteristik geografis yang beragam di Indonesia, kemudian melakukan pengukuran pada setiap mode dengan disesuaikan lebar *bandwidth* berdasarkan *throughput* melalui pengukuran *uplink throughput* dan *downlink throughput* kemudian parameter *coverage* melalui pengukuran SINR dan RSRP sehingga diperoleh analisa untuk penerapan frekuensi 3500 MHz sebagai frekuensi alternatif untuk perencanaan jaringan LTE di Indonesia.

**Kata Kunci:** *LTE, Frekuensi 3500 MHz, FDD, TDD, Uplink Throughput, Downlink Throughput, SINR, RSRP*

## Abstract

The development of telecommunications is now progressing very rapidly. The progress in telecommunications is in line with the increasing number of data submissions. This has triggered the emergence of a broadband era that can solve the problem of sending larger data with faster time. LTE (Long Term Evolution) technology is one of the technologies of the broadband era that can offer data access speeds of up to 100 Mbps or about 4 times the speed of HSPA + technology. One of the main issues in the implementation of LTE in Indonesia is the frequency allocation. LTE does provide some alternatives of usable frequency allocations such as 700, 850, 900, 1800,

2100 and 2600 MHz and with adjustable bandwidth of 5, 10, 15 and 20 MHz. However, in these frequency bands have been allocated to other networks then the 3500 MHz frequency can be taken as an alternative to the application of LTE. In the planning of LTE network is known mode of FDD and TDD as communication access between network (eNB) to recipient (EU). In this research, modeling in Batam Island representing various geographical characteristics in Indonesia, then measured at each mode with adjusted bandwidth width based on throughput through uplink throughput and downlink throughput measurement and then parameter coverage through SINR and RSRP measurements to obtain analysis for application Frequency 3500 MHz as an alternative frequency for LTE network planning in Indonesia.

**Keywords:** LTE, Frequency 3500 MHz, FDD, TDD, Uplink Throughput, Downlink Throughput, SINR, RSRP

Received May 2016

Accepted for Publication June 2016

DOI: 10.22441/incomtech.v7i1.1163

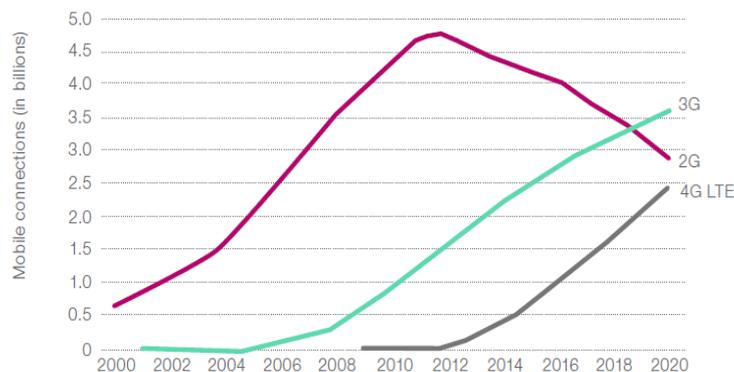
## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi pada saat ini mengalami kemajuan yang pesat terutama pada telekomunikasi nirkabel (*wireless*) dalam menunjang teknologi informasi dan media internet. Selain itu telekomunikasi pada saat ini telah menjadi kebutuhan oleh seluruh penduduk Indonesia khususnya layanan bergerak. Kebutuhan pelanggan untuk layanan *multimedia broadband* dengan kecepatan akses yang lebih cepat terus meningkat, bukan tidak mungkin layanan 3G yang ada saat ini sudah tidak dapat lagi memenuhi harapan pelanggannya. Walaupun masih menjadi pertanyaan tentang sampai dimana batasan bentuk layanan *multimedia broadband* dimasa mendatang, teknologi LTE diharapkan dapat menjadi solusi layanan yang terintegrasi baik layanan eksisting maupun layanan masa depan. Diperkirakan sampai tahun 2020 trafik mobile data senantiasa akan terus mengalami kenaikan secara eksponensial lebih tinggi dibandingkan dengan layanan *fixed broadband*. Kebutuhan komunikasi dewasa ini tidak hanya untuk layanan suara tetapi juga harus dapat melayani layanan data, gambar, dan video. Hal ini didukung oleh variasi layanan data yang terus berkembang dan semakin bertambah. Kenaikan trafik mobile data juga didorong dengan pertumbuhan dari banyaknya tipe aplikasi *smartphone* dan *content* yang berkembang seperti android, aplikasi jejaring sosial dan lain-lain. Yang diperkirakan sampai tahun 2018 pengguna *smartphone* akan tumbuh dan mengalami kenaikan. Dengan munculnya fenomena tersebut dimana kebutuhan mobile data dan akses data menjadi meningkat tajam sementara pemakaian layanan voice menjadi menurun namun dampak terhadap *revenue* menjadi relatif *flat* dan biaya operasional jaringan menjadi tinggi sehingga menimbulkan apa yang disebut dengan fenomena *scissor effect*. Besarnya pasar dan begitu potensialnya pelanggan di Indonesia, tentunya juga harus diikuti dengan peningkatan layanan dan kualitas yang harus diberikan oleh para operator. Selain menetapkan tarif yang bersaing, peningkatan teknologi juga harus terus dikembangkan dengan perluasan jaringan dan penggunaan teknologi yang baru.



Gambar 1. Mobile Connection by Device

*Long Term Evolution* (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan pada sebuah projek dari *Third Generation Partnership Project* (3GPP) untuk memperbaiki standar mobile phone generasi ke-3 atau (3G) yaitu UMTS WCDMA. LTE ini merupakan pengembangan dari sebelumnya yaitu UMTS atau (3G) dan HSPA (3,5G) yang mana LTE disebut sebagai generasi ke-4 atau (4G). LTE akan mampu membawa aplikasi yang menarik seperti TV interaktif dan game tingkat advance karena LTE mendukung kemampuan *handover* dan *roaming* ke jaringan bergerak eksisting maka cakupan yang melayani perangkat pelanggan menjadi *ubiquitous*. LTE diciptakan untuk memperbaiki teknologi sebelumnya. Kemampuan dan keunggulan dari LTE selain dari kecepatannya dalam transfer data tetapi juga karena LTE dapat memberikan *coverage* dan kapasitas layanan yang lebih besar, mendukung pengguna *multiple antenna*, fleksibilitas dalam penggunaan *bandwidth* operasinya dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada. Dengan keunggulan yang di tawarkan teknologi LTE maka penggunaan teknologi 2G diprediksi akan semakin berkurang seperti di tunjukkan oleh gambar berikut.



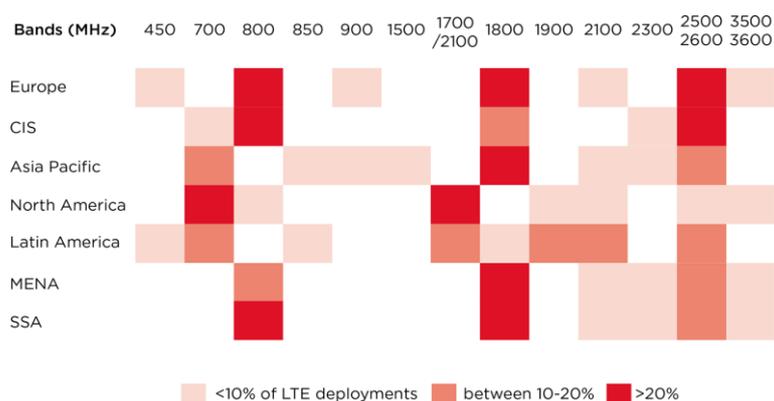
Gambar 2. Grafik Pertumbuhan Pengguna LTE

Perubahan paling mendasar dari LTE dibanding standar sebelumnya terdiri dari tiga hal utama yaitu air *interface*, jaringan radio, dan jaringan core. Di waktu mendatang, melakukan pengunduhan atau pengunggahan video berdefinisi tinggi, mengakses e-mail dengan *attachment* yang besar, mengajak teman bermain game favorit di manapun tempatnya, menjadi hal yang sangat mungkin dengan dukungan LTE. Untuk masalah pita spektrum yang sangat berpengaruh dengan kinerja jaringan, LTE dapat beroperasi pada standar IMT-2000 (450, 850, 900, 1800, 1900, 2100 MHz) maupun pada pita spektrum baru seperti 700 MHz dan

2,5 GHz. Alokasi pita lebar yang sangat fleksibel, mulai dari 1,4,3,5,10,15 hingga 20 MHz, menjanjikan fleksibilitas yang tinggi dalam penggunaan spektrum.

Pemerintahan di suatu negara juga punya cara yang berbeda mengatur pengalokasian rentang pita frekuensi. Pada dasarnya LTE bisa berjalan di seluruh frekuensi. Namun, penyelenggaraan jaringan LTE di setiap negara, bisa jadi berada di spektrum frekuensi yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan spektrum frekuensi yang diatur oleh pemerintah dan operator seluler yang mendapatkan lisensi LTE. Selain itu, beberapa frekuensi juga telah digunakan untuk layanan lain. Di Indonesia misalnya, frekuensi 700 MHz digunakan untuk siaran TV analog, dan frekuensi 2.600 MHz, dipakai untuk layanan televisi satelit berlangganan. Hal ini menjadi salah satu alasan, mengapa frekuensi LTE di setiap negara bisa jadi tidak sama. Sehingga, negara dan operator seluler memilih untuk menyelenggarakan LTE di frekuensi yang tersedia. Frekuensi yang umum digunakan untuk LTE di Asia, frekuensi 1.800 MHz dan 2.600 MHz menjadi frekuensi yang umum digunakan untuk penyelenggaraan LTE. Frekuensi ini digunakan oleh Singapura, Hong Kong, Korea Selatan dan beberapa negara Eropa. Di Jepang dan Amerika Serikat, LTE berjalan di frekuensi 700 MHz atau 2.100 MHz. Sekedar catatan, beberapa negara juga menggunakan frekuensi 800 MHz dan 850 MHz untuk LTE. Untuk Negara pengguna LTE berdasarkan frekuensi carrier bisa dilihat di tabel berikut :

Tabel 1 *Share of LTE deployments by frequency band, by region*



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 troughput dan melakukan kajian analisis kapasitas untuk setiap range bandwidth yang dialokasikan pada LTE pada frekuensi 3500 MHz.

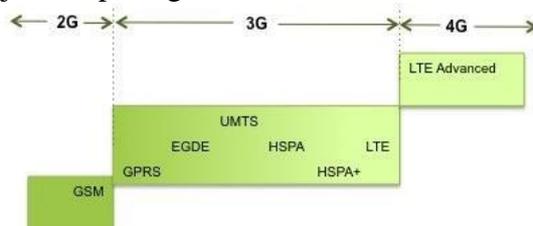
Batasan permasalahan adalah dalam pemilihan dan penggunaan teknologi LTE di pita frekuensi 3500 MHz dengan lebar frekuensi carrier 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz & 20 MHz, kemudian melakukan pemodelan perencanaan jaringan LTE dengan frekuensi 3500 MHz dengan mode TDD dan FDD, Pemodelan dilakukan pada kota Batam 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 troughput 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 *Troughput Uplink* dan *Downlink*.

## 2. 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*. LTE adalah suatu proyek dalam *Third Generation Partnership Project* (3GPP) (Wardhana, 2014) Evolusi jaringan seluler sampai ke teknologi LTE ditunjukkan pada gambar berikut :



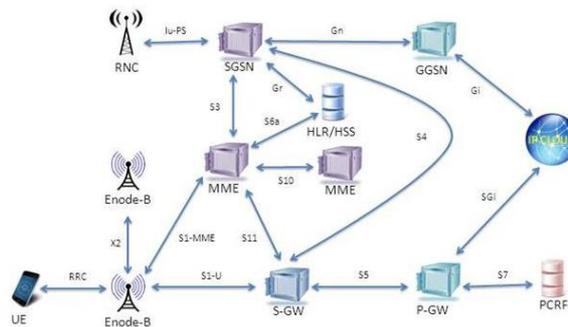
Gambar 3. Evolusi jaringan LTE

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. Banyak fasilitas yang didapat sehingga perlu untuk *upgrade* 3G UMTS ke teknologi komunikasi mobile 4G, yang pada dasarnya adalah sebuah sistem *mobile broadband* dengan peningkatan layanan multimedia (Wardhana, 2014).

## 2.1. Arsitektur LTE

Arsitektur jaringan LTE dirancang untuk tujuan mendukung trafik *packet switching* dengan mobilitas tinggi, *quality of service* (QoS), dan *latency* yang kecil. Pendekatan *packet switching* ini memperbolehkan semua layanan termasuk layanan *voice* menggunakan koneksi paket. Oleh karena itu pada arsitektur jaringan LTE dirancang sesederhana mungkin, yaitu hanya terdiri dari dua node yaitu eNodeB dan *Mobility Management Entity/Gateway* (MME/GW). Semua interface jaringan pada LTE adalah berbasis *internet protocol* (IP). eNodeB saling terkoneksi dengan interface X2 dan terhubung dengan MME/SGW melalui interface S1 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Pada LTE terdapat 2 logical gateway, yaitu *Serving Gateway* (S-GW) dan *Packet Data Network Gateway* (P-GW). S-GW bertugas untuk melanjutkan dan menerima paket ke dan dari eNodeB yang melayani *User Equipment* (UE). P-GW menyediakan *interface* dengan jaringan *Packet Data Network* (PDN), seperti internet dan IMS. Selain itu P-GW juga melakukan beberapa fungsi lainnya, seperti alokasi alamat, *packet filtering*, dan *routing*. Jaringan LTE yang disebut sebagai SAE (*System Architecture Evolution*) hanya terdiri atas dua bagian, yaitu EPC (*Evolved Packet Core*) & E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*).

Gambar 4 merupakan gambar arsitektur *Network element* jaringan LTE secara sederhana. EPC terdiri dari 3 komponen seperti *Serving Gateway* (S-GW), *Packet*

*Data Network Gateway (P-GW) dan Mobility Management Entity (MME).*Gambar 4. *Network Element* sederhana pada LTE

Bagian E-UTRAN hanya terdiri dari komponen *Evolved Node B* (eNB). *User Equipment* (UE) merupakan perangkat yang digunakan *user* untuk berkomunikasi dengan jaringan LTE melalui komponen eNB. UE dapat berupa *handphone / smartphone*, tablet, laptop, atau perangkat lain yang dilengkapi dengan *network adapter* LTE. Alur kerja hubungan *downlink* LTE dimulai dari P-GW hingga ke UE. Pada tahap awal, paket data yang berasal dari jaringan di luar jaringan LTE masuk ke jaringan LTE melalui P-GW. P-GW berfungsi menangani paket-paket data, menetapkan peraturan/izin paket data, penyaringan paket data, pemotongan aliran paket data, dan menghubungkan UE kepada jaringan yang berada di luar jaringan LTE yang biasa disebut sebagai IMS (*IP Multimedia Subsystem*), IMS dapat berupa jaringan operator seluler ataupun jaringan internet. P-GW juga merupakan pintu masuk dan pintu keluar bagi setiap paket data yang akan dikirimkan dari UE, ataupun paket data yang akan diterima UE.

Tabel. 2 Fungsi-fungsi *Network Element* pada LTE

Komponen	Keterangan
UE	Berfungsi sebagai end device yang digunakan user untuk mengirim dan menerima data, dapat berupa handphone/smartphone, tablet, laptop, dsb.
eNB	Berfungsi menangani transmisi data dari dan kepada UE. eNB juga berfungsi mengelola radio resource atau bandwidth yang digunakan dalam proses transmisi data ke UE
MME	Berfungsi mengatur pensinyalan radio, ketika UE berpindah posisi atau melakukan perpindahan eNB, mengidentifikasi status aktivitas UE, melacak keberadaan UE, melakukan proses pendaftaran UE, dlsb.
HSS	Berfungsi menyimpan informasi yang berkaitan dengan UE sebagai pelanggan operator seluler, seperti nomor pelanggan dan langganan data, melakukan otorisasi dan autentikasi terhadap UE yang akan mengakses jaringan LTE, dlsb.
S-GW	Berfungsi sebagai router yang meneruskan paket data ke UE, sebagai jembatan antara eNB & P-GW.
P-GW	Berfungsi mengatur keluar masuknya paket data dari dan ke jaringan yang berada di luar LTE (IMS), menetapkan peraturan/izin paket data, melakukan penyaringan paket data, pemotongan aliran paket data, dlsb.

## 2.2. 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. Berikut adalah gambaran dari FDD mode :



Gambar 5. 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 3. Tabel Band operasi FDD untuk Frekuensi 3500 MHz.

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

## 2.3. Pita Frekuensi TDD

Modus TDD memungkinkan operasi *full duplex* menggunakan pita frekuensi tunggal dan pembagian waktu *multiplexing uplink* 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 6. TDD Mode

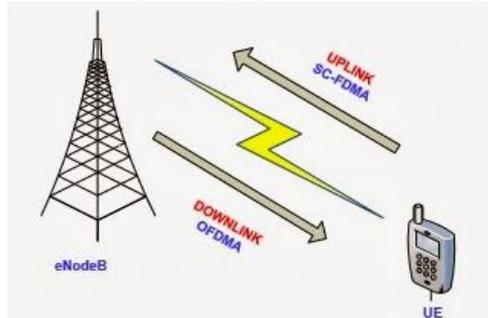
Salah satu keuntungan dari TDD adalah kemampuannya untuk memberikan asimetris *uplink* dan *downlink* alokasi. Keuntungan lainnya termasuk alokasi dinamis, peningkatan efisiensi *spektral*, dan meningkatkan penggunaan teknik *beamforming*. Hal ini disebabkan memiliki *uplink* dan *downlink* yang sama karakteristik frekuensi. Untuk band operasinya diperlihatkan dalam tabel berikut :

Tabel 4. Tabel Band operasi TDD.

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

## 2.4. 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) (Wardhana, 2014).



Gambar 7. 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.

## 2.5. 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 *pathloss* 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 *denseurban*, urban, suburban, dan rural.

- Daerah urban

Kota-kota besar dengan bangunan yang besar dantinggi, serta rumah-rumah yang padat.

$$L_{urban} (db) = 69,55 + 26,16 \log(fc) - 13,82 \log(hte) - a(hre) + [44,9 - 6,55 \log(hte)] \log(d) \dots\dots\dots(1)$$

- Daerah *dense urban*

Pusat kota (*down town*) atau distrik bisnis dengan populasi penduduk yang sangat padat.

$$L_{dense-urban} (db) = L_{urban} + 3 \dots\dots\dots(2)$$

- Daerah suburban

Daerah pedesaan dengan pohon-pohon dan rumah-rumah, beberapa penghalang pada *mobile station* tetapi tidak terlalu padat.

$$L_{sub-urban} (db) = L_{urban} - 2[\log(fc/28)]^2 - 5,4 \dots\dots\dots(3)$$

- Daerah rural/*open*

Daerah terbuka, tidak ada pohon dan bangunanyang tinggi, jarak pandang 300-400m bebas, sepertidaerah peternakan, pertanian, dan laut.

$$L_{rural} (db) = L_{urban} - 4,78 (\log(fc))^2 + 18,33 \log(fc) - 40,94 \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

$fc$  = frekuensi carrier (Mhz)

$hte$  = tinggi antena efektif BS (m)

$hre$  = tinggi antena efektif MS (m)

$d$  = jarak antara transmitter dan receiver (Km)

$a(hre)$  = faktor koreksi untuk hre

- Faktor koreksi untuk kota kecil dan menengah:

$$a(hre) = [1,1 \log(fc) - 0,7] hre - [1,56 \log(fc) - 0,8] db \dots\dots\dots(5)$$

- Faktor koreksi untuk kota besar :

$$a(hre) = 8,29[\log(1,54 hre)]^2 - 1,1 db \quad fc \leq 300 Mhz$$

$$a(hre) = 3,2[\log(11,75 hre)]^2 - 4,97 db \quad fc \geq 300 Mhz \dots\dots\dots(6)$$

## 2.6. Planning by Capacity

*Planning by capacity* merupakan perhitungan kapasitas jaringan yang bertujuan untuk memperoleh jumlah sel yang dibutuhkan untuk dapat melayani kebutuhan trafik *user*. Dalam melakukan *planning by capacity*, langkah yang dilakukan adalah perhitungan *network throughput* yang bertujuan untuk mengetahui total *throughput* yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan seluruh pelanggan. Perhitungan *network throughput* melalui beberapa langkah yaitu : menghitung *throughput per session*, kemudian menghitung *single user throughput*, dan selanjutnya menghitung *UL* dan *DL throughput*. (Wardhana, 2014).

## 2.7. Coverage Planning

Dalam teknologi telekomunikasi dikenal istilah *coverage planning* atau penjelasan tentang *cakupan* wilayah yang di cover oleh jaringan telekomunikasi melalui BTS. Parameter utama untuk evaluasi sistem *coverage* LTE yang pertama adalah pengukuran SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*) yang merupakan rasio antara rata-rata power yang diterima dengan rata-rata interferensi dan noise. Parameter selanjutnya adalah pengukuran RSRP, dimana pengukuran RSRP adalah mengukur kuat sinyal pada cell LTE yang membantu untuk me-ranking

cell-cell yang berbeda sebagai input, yang dipergunakan untuk algoritma handover dan cell reselection. RSRP (*Reference Signal Received Power*) didefinisikan sebagai rata-rata pada kontribusi power resource element yang membawa referensi signal yang dianggap sebagai pengukuran *bandwidth* frekuensi. Minimum RSRP dan SINR yang sesuai tergantung pada band frekuensinya (Wardhana, 2014), berikut adalah untuk penjelasan lebih lanjut mengenai perhitungannya :

### 2.7.1.1. 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 (Basit, 2009).

### 2.7.1.2. 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 (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 (*dB*)

## 2.8. Software Radio Planning Atoll

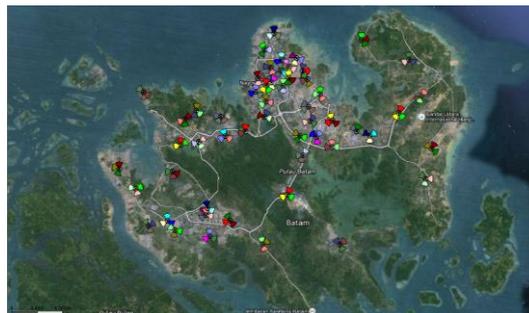
Atoll merupakan sebuah *software radio planning* yang menyediakan satu set alat dan fitur yang komperhensif dan terpadu yang memungkinkan user untuk membuat suatu proyek perencanaan *microwave* ataupun perencanaan radio dalam satu aplikasi. Berbagai prediksi study dari cakupan dapat dikonfigurasi sesuai kehendak perancang. Study yang disuguhkan diantaranya adalah :

1. *Coverage by signal level* : Menghitung area yang tertutupi oleh level sinyal dari tiap cell.
2. *Coverage by C/(I+N) level (DL)* : Menghitung area yang tertutupi oleh SINR downlink. SINR adalah perbandingan antara kuat sinyal dengan kuat interferensi ditambah noise yang dipancarkan oleh *cell*.
3. *Coverage by C/(I+N) level (UL)* : Menghitung area tertutupi SINR *uplink*.
4. *Coverage by throughput (DL)* : Menghitung area *throughput downlink*.
5. *Coverage by throughput (UL)* : Menghitung area yang tertutupi oleh *throughput uplink*.

### 3. SIMULASI

#### 3.1. 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 *environment traffic 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 8. Tampilan Persebaran eNodeB di pulau Batam

Gambar 8 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. Tabel 5 adalah *parameter dimensioning* yang digunakan.

#### 3.2. Data Throughput Jaringan

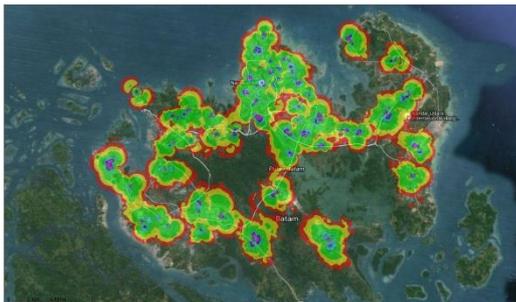
*Throughput* merupakan jumlah data yang dikirim/transfer dari sumber (*source*) ketujuan (*destination*) persatuan waktu (*bits per second/bps*). *Throughput* maksimal yang diberikan pun akan berbeda karena jumlah *Resource Blok (RB)* nya berbeda. Besar *throughput* sangat dipengaruhi oleh jumlah RB 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 Throuhput* dan *DL Throuhput*.

Tabel 5 Parameter untuk pendimensian

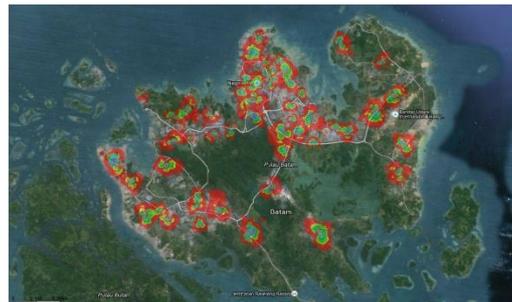
TRAFIC PARAMETER			
✓	Service	:	Mobile Internet Access
✓	Mobility Type	:	Fixed
✓	Terminal	:	NSN Terminal
✓	User Profile	:	Standart User
✓	Environment	:	Dense Urban, Rulal, Suburban, Urban
BANDS OPERATIONS			
✓	Frequency	:	FDD → Band 22
			TDD → Band 42
RADIO NETWORK SETTING			
✓	Antenna 3500 MHz	:	Gain → 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)		

### 3.3. Uplink Throughput

*Throughput Uplink* menunjukkan rata-rata *throughput* dalam *cell* ketika data ditranfer 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:

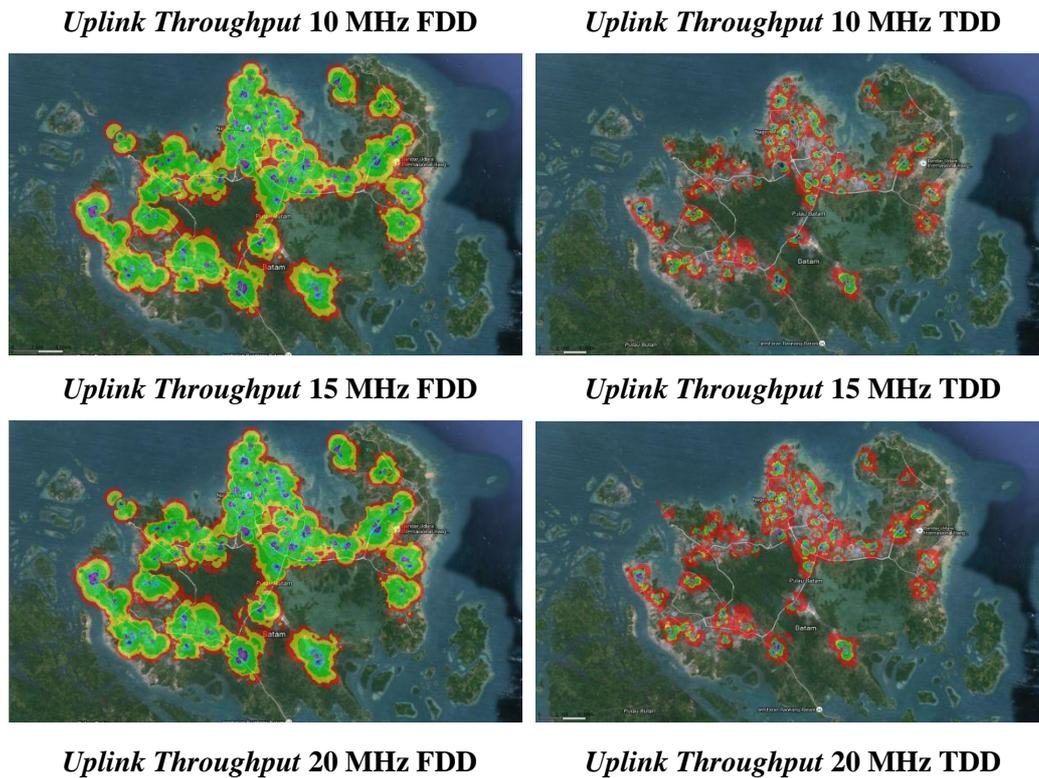


*Uplink Throughput 5 MHz FDD*



*Uplink Throughput 5 MHz TDD*





Gambar 9. Tampilan *Uplink Throughput* mode TDD dan FDD

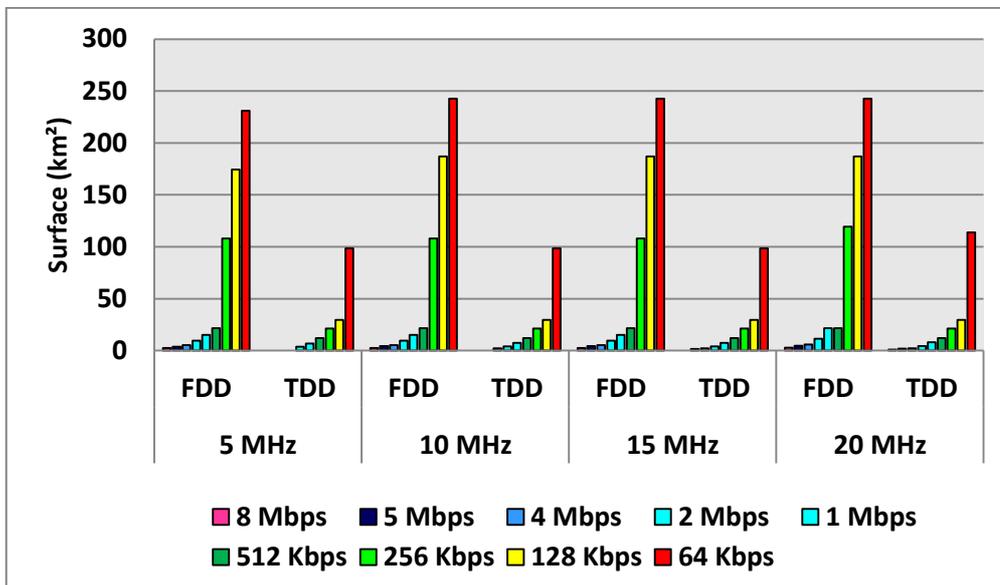
Dari hasil simulasi tersebut maka diperoleh nilai *uplink throughput* untuk setiap lebar *bandwidth* dan tiap mode. Hasil pemodelan yang dilakukan di pulau Batam untuk pita frekuensi 3500 MHz, nilai pengukuran *UL Throughput* untuk keseluruhan lebar BW Channel baik dengan mode FDD maupun TDD terlihat hampir sama, hal ini dikarenakan pada sisi *Uplink* untuk standar LTE tidak disertakan system MIMO, sehingga berasan *UL throughput* tidak banyak mengalami perbedaan yang terlalu signifikan. Untuk besarnya nilai *Uplink Throughput* tersebut dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan jangkauan *Uplink Throughput* setiap *Bandwidth* dan Mode

UL Throughput	Surface (km <sup>2</sup> )							
	5 MHz		10 MHz		15 MHz		20 MHz	
	FDD	TDD	FDD	TDD	FDD	TDD	FDD	TDD
8 Mbps	2,3928	-	2,568	-	2,5816	-	2,7716	1,1276
5 Mbps	3,8464	-	4,2352	-	4,2492	1,7312	4,7612	1,7616
4 Mbps	5,3112	-	5,3112	2,0944	5,3172	2,1616	5,9952	2,2244
2 Mbps	9,4768	3,7548	9,4768	4,0832	9,484	4,0832	11,5776	4,3128
1 Mbps	14,9972	6,7868	14,9972	7,3148	14,9988	7,3148	21,4288	7,9724
512 Kbps	21,4288	12,0708	21,4288	12,0708	21,4296	12,0708	21,4288	12,0708
256 Kbps	107,8968	21,2564	107,8968	21,2564	107,8968	21,2564	119,3824	21,2564
128 Kbps	174,3452	29,606	187,1368	29,606	187,1368	29,606	187,1368	29,606
64 Kbps	230,8636	98,5472	242,6576	98,5472	242,6576	98,5472	242,6576	113,9236

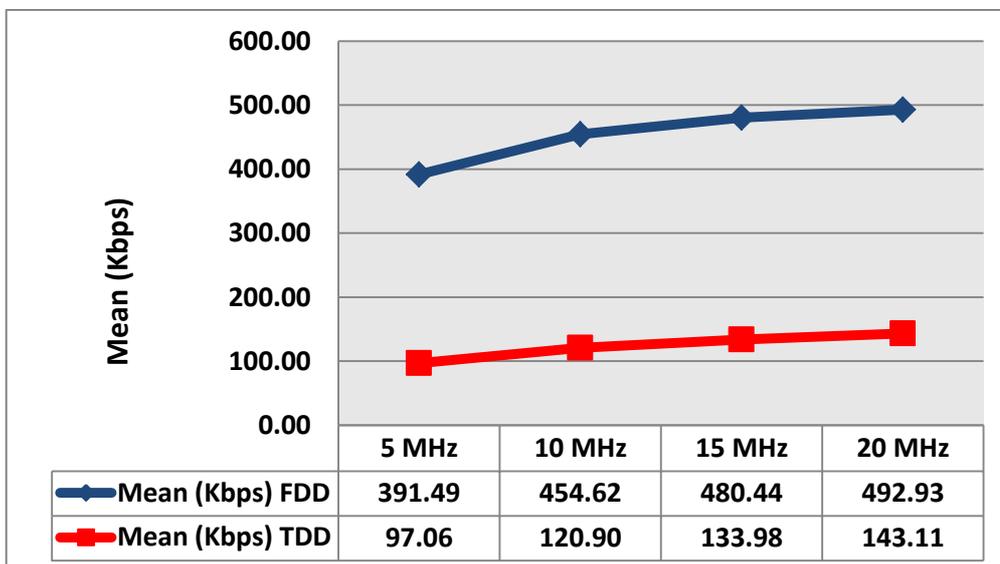
Pada tabel 6 terlihat penjelasan dari perbedaan jangkauan (*surface*) yang sebelumnya telah digambarkan pada gambar 4.2. Untuk nilai kecepatan *Uplink*

*Throughput* 4 sampai 8 Mbps untuk mode TDD di *bandwidth channel* 5 MHz tidak dapat terjangkau dikarenakan lebar *bandwidth* yang terlalu kecil, sedangkan di *bandwidth* 10 sampai 20 MHz semakin terlihat jangkauan yang diterima UE dari eNB. Untuk grafik dari pengukuran *Uplink Throughput* dilihat pada gambar 13 :



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 gambar 11.

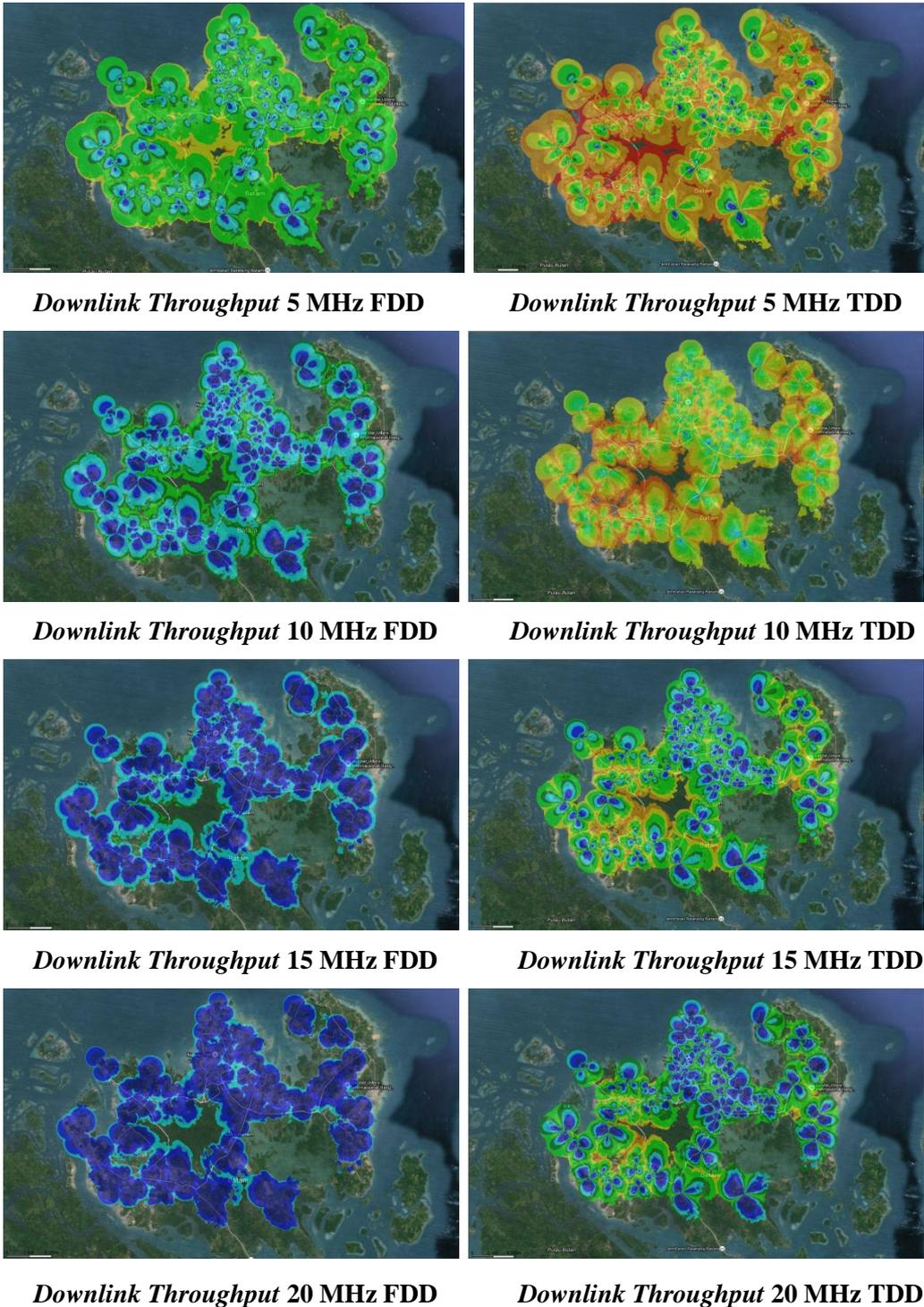


Gambar 11. *Mean Uplink Throughput* mode TDD & FDD

Berdasarkan tabel dan grafik di atas maka dapat dilihat untuk mode FDD memiliki nilai mean lebih baik daripada 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.

### 3.4. Downlink Throughput

*Throughput downlink* menunjukkan rata-rata downlink throughput dalam *cell* ketika data ditranfer 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 chanel* 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz & 20 MHz :



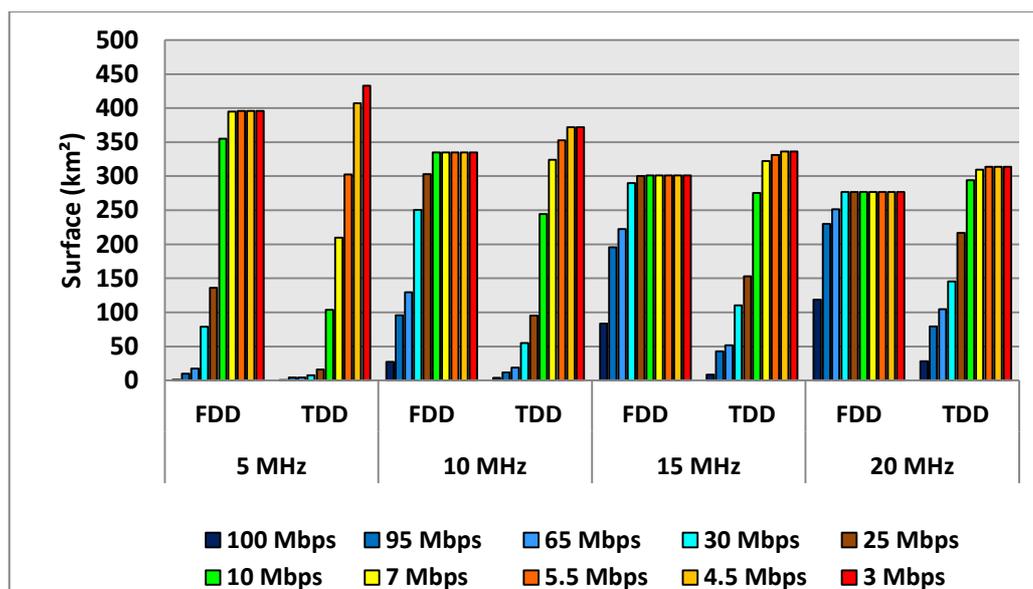
Gambar 12. Tampilan *Downlink Throughput* mode TDD dan FDD.

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 7. Perbandingan jangkauan *Downlink Throughput* setiap *Bandwidth* dan Mode

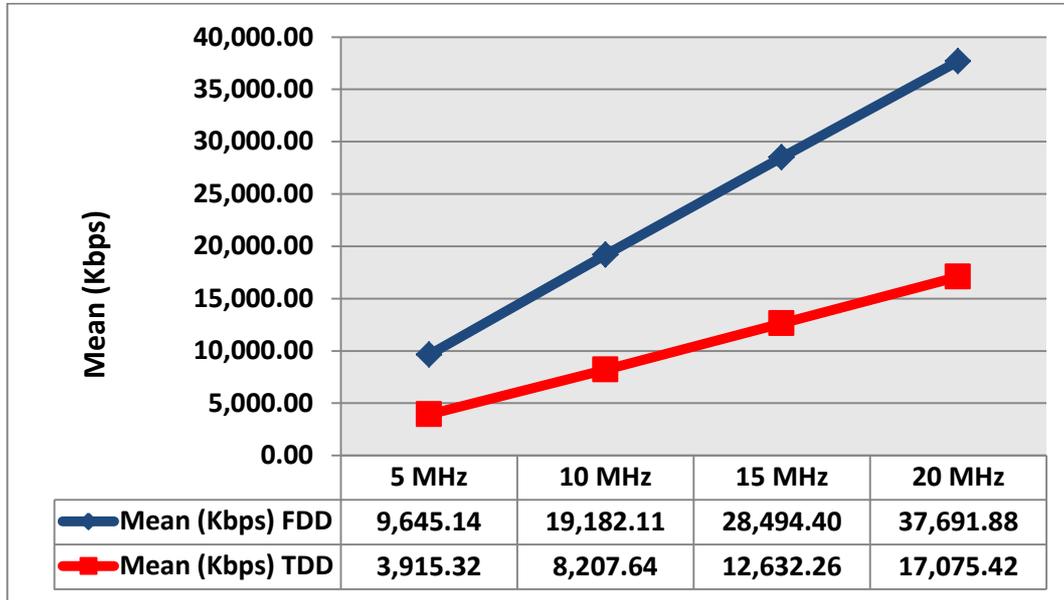
DL Throughput	Surface (km <sup>2</sup> )							
	5 MHz		10 MHz		15 MHz		20 MHz	
	FDD	TDD	FDD	TDD	FDD	TDD	FDD	TDD
100 Mbps	0,9028	0,7468	27,2212	3,784	83,4812	8,4784	118,8388	28,02
95 Mbps	10,1396	4,1476	95,5812	11,7228	195,4272	42,8116	229,912	79,4076
65 Mbps	17,5964	4,1476	129,6816	19,0688	222,4928	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 7 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 *uplink throughput* 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. Untuk grafik dari pengukuran *Downlink Throughput* dapat dilihat pada gambar 13 :



Gambar 13. Grafik Pengukuran *Downlink Throughput* mode FDD dan TDD

Dari grafik 13, 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* dapat dilihat dalam gambar 14.



Gambar 14. Mean Downlink Throughput mode TDD & FDD

Berdasarkan tabel dan grafik di atas maka dapat dilihat untuk mode FDD memiliki nilai mean lebih baik daripada 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.

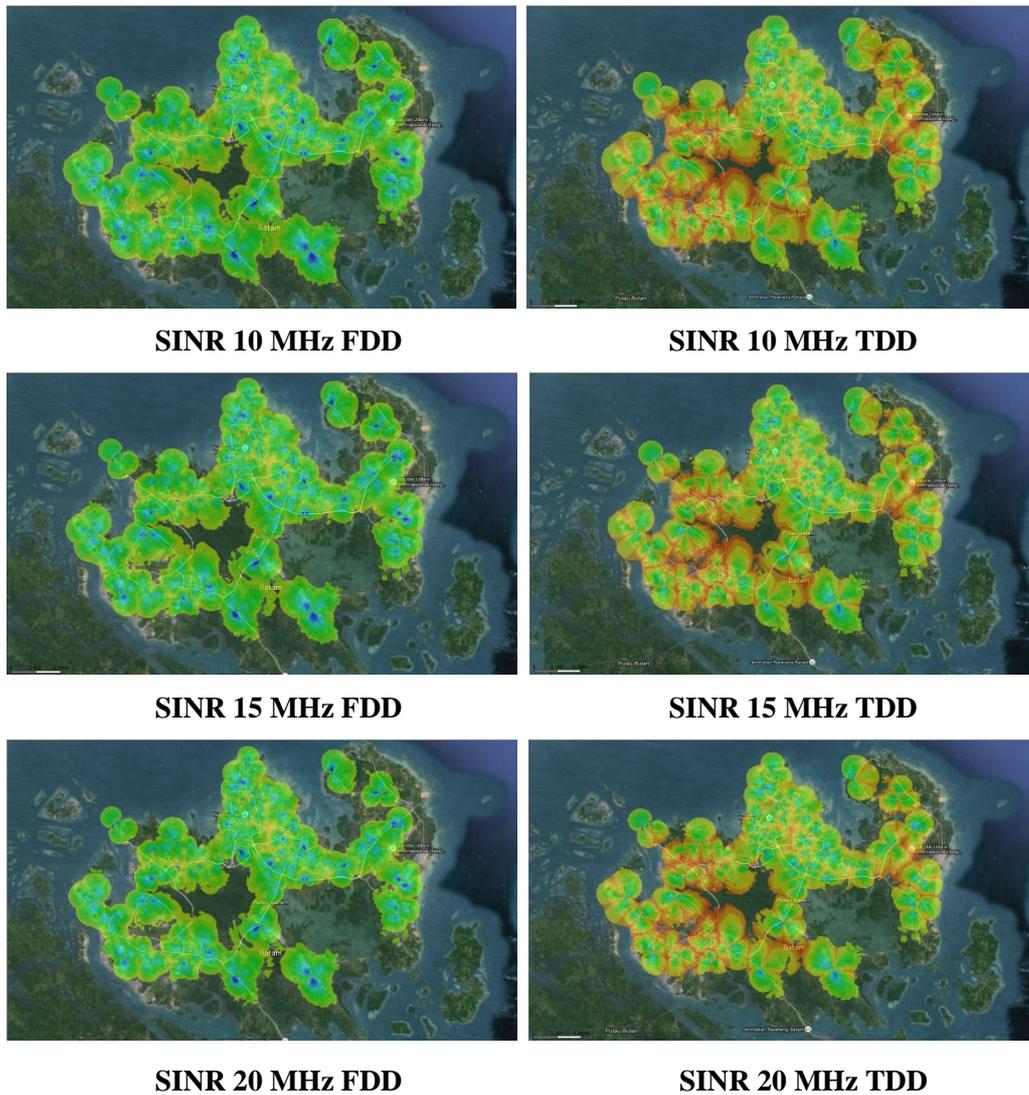
### 3.5. Data Signal to Interference and Noise Ratio (SINR)

*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. Untuk hasil pemodelan/simulasi nilai SINR di pulau Batam pada gambar 15 :



SINR 5 MHz FDD

SINR 5 MHz TDD



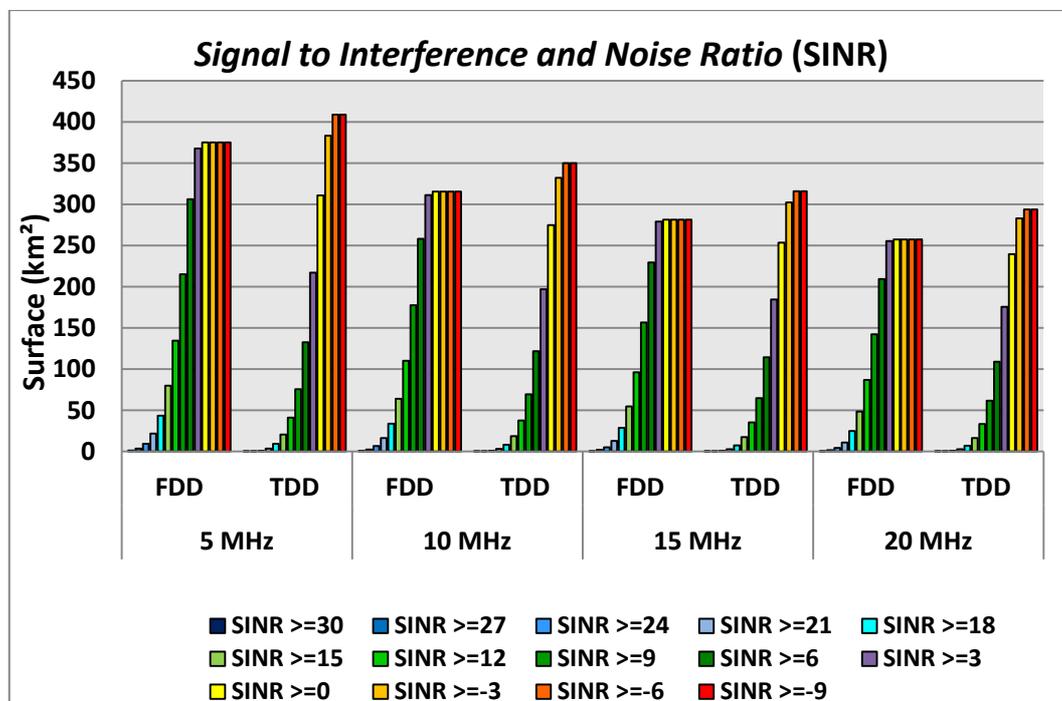
Gambar 15. Tampilan *SINR* mode TDD dan FDD

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 daripada 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 besarnya nilai *SINR* tersebut dapat dilihat dalam tabel 8 dan gambar 16.

Tabel 8 Perbandingan Pengukuran SINR setiap *Bandwidth* dan Mode

SINR (dB)	Surface (km <sup>2</sup> )							
	5 MHz		10 MHz		15 MHz		20 MHz	
	FDD	TDD	FDD	TDD	FDD	TDD	FDD	TDD
SINR $\geq 30$	1,343	0,01	0,813	0,01	0,54	0,01	0,415	0,01
SINR $\geq 27$	3,728	0,225	2,495	0,185	1,905	0,155	1,543	0,133
SINR $\geq 24$	9,615	1,025	6,668	0,935	5,08	0,845	4,227	0,79
SINR $\geq 21$	21,858	3,468	16,25	3,155	13,003	2,94	10,95	2,715
SINR $\geq 18$	43,59	9,313	33,91	8,153	28,623	7,513	24,883	7,065
SINR $\geq 15$	79,775	20,838	63,935	18,728	54,97	17,385	48,675	16,28
SINR $\geq 12$	134,715	41,385	110,298	37,695	96,355	35,213	86,803	33,295
SINR $\geq 9$	215,023	75,86	177,633	69,47	156,585	65,043	142,205	61,858
SINR $\geq 6$	306,408	132,555	258,105	121,67	229,395	114,415	209,535	108,938
SINR $\geq 3$	367,695	217,155	311,188	196,93	279,168	184,648	255,515	175,675
SINR $\geq 0$	375,268	310,908	315,5	274,73	281,655	253,718	257,515	239,698
SINR $\geq -3$	375,268	383,54	315,5	332,14	281,655	302,467	257,515	282,973
SINR $\geq -6$	375,268	409	315,5	350,165	281,655	316,1	257,515	293,913
SINR $\geq -9$	375,268	409	315,5	350,165	281,655	316,1	257,515	293,913

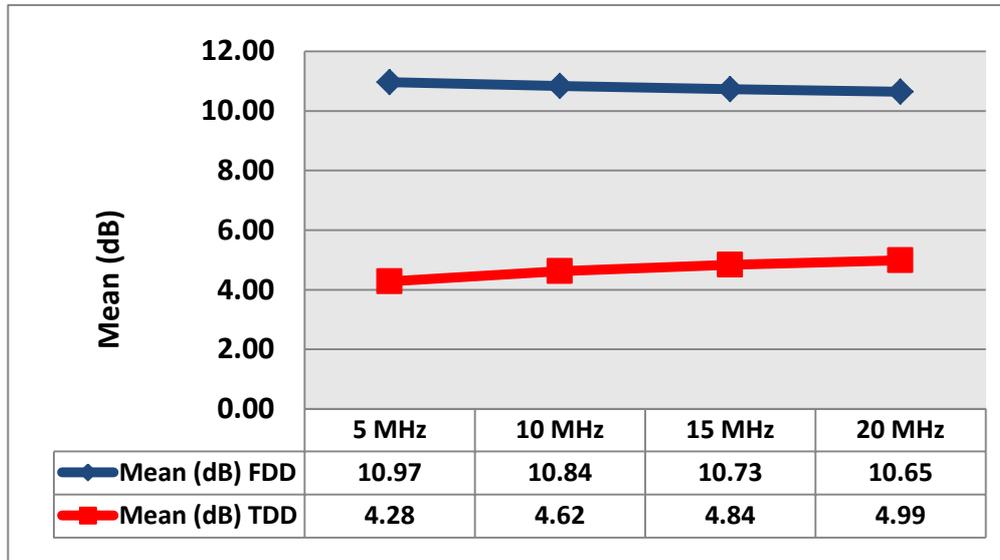
Pada tabel 7 terlihat perbedaan jangkauan (*surface*) setiap mode dan *bandwidth* dari nilai SINR  $\geq -9$  dB hingga SINR  $\geq 30$  dB yang sebelumnya telah digambarkan pada gambar 4.8. Semakin besar nilai SINR maka semakin kecil jangkauan yang terukur dalam setiap mode. Untuk grafik dari pengukuran SINR dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. 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 gambar 17.



Gambar 17. 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 daripada mode TDD. Sehingga dengan mode FDD didapatkan kualitas jalur yang paling baik untuk dapat digunakan.

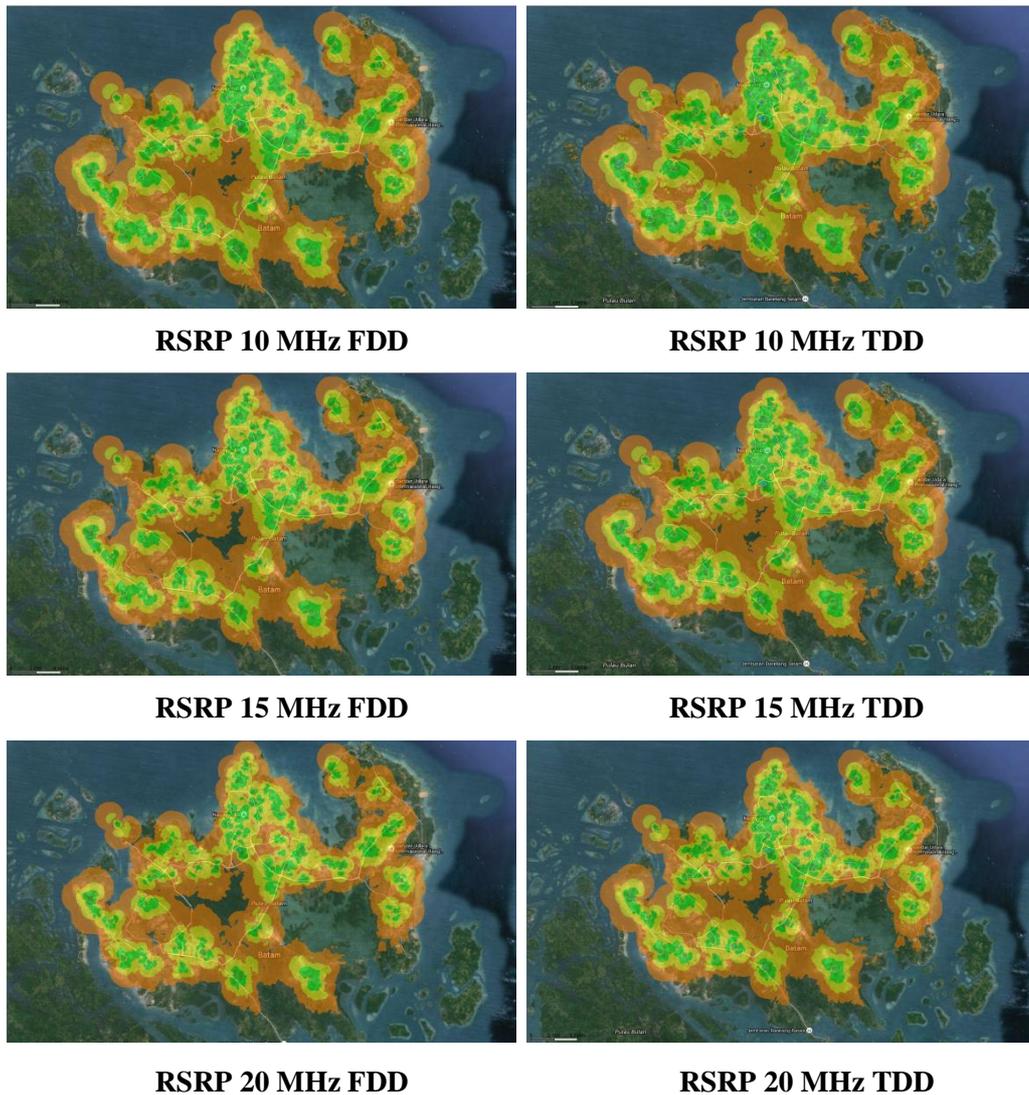
### 3.6. Data Reference Signal Receive Power (RSRP)

*Reference Signal Receive Power (RSRP)* adalah pengukuran kuat sinyal 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 hanya 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 :



RSRP 5 MHz FDD

RSRP 5 MHz TDD



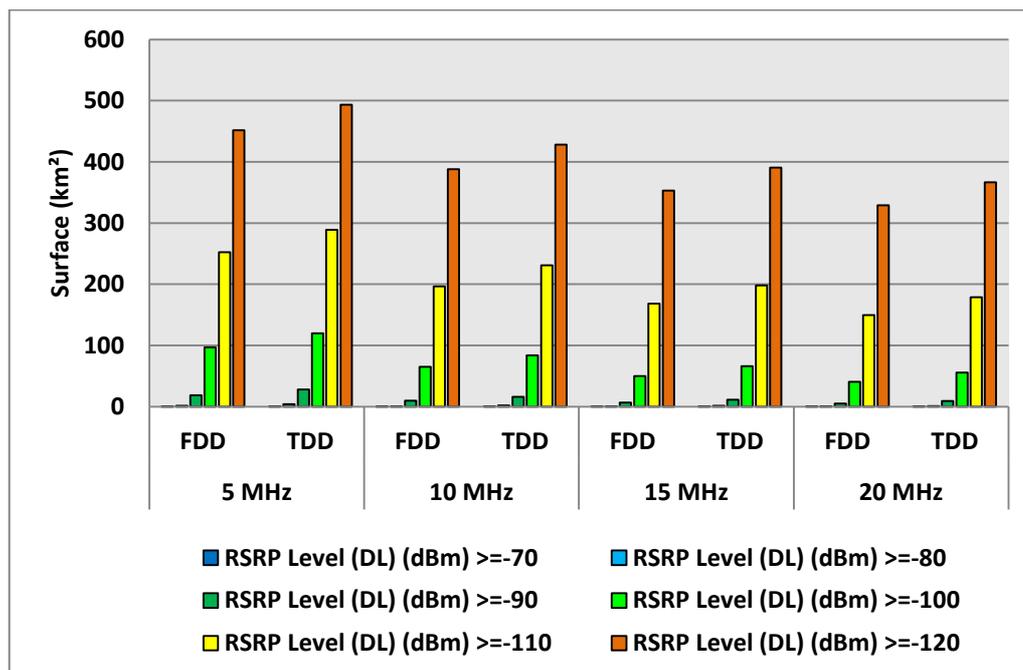
Gambar 18. Tampilan *RSRP* mode TDD dan FDD

Dari hasil pemodelan dengan pita frekuensi 3500 MHz pada gambar 18 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. Untuk besarnya nilai *RSRP* tersebut dapat dilihat dalam tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Pengukuran RSRP setiap *Bandwidth* dan Mode

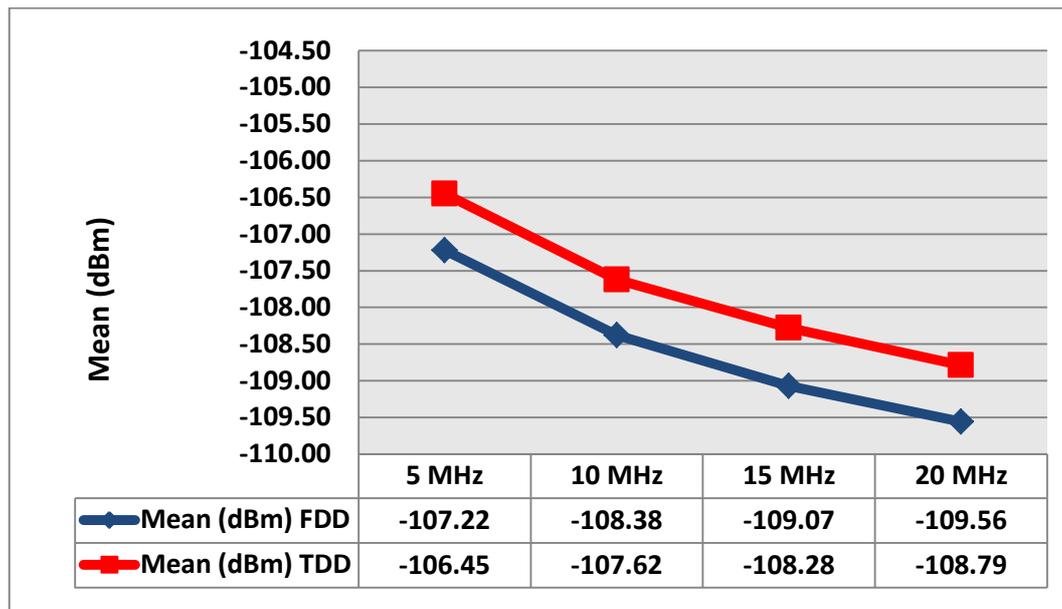
RSRP	Surface (km <sup>2</sup> )							
	5 MHz		10 MHz		15 MHz		20 MHz	
	FDD	TDD	FDD	TDD	FDD	TDD	FDD	TDD
RSRP Level (DL) (dBm) >=-70	0,0372	0,4608	0,0064	0,2492	0,0028	0,1656	0,002	0,1184
RSRP Level (DL) (dBm) >=-80	1,7164	4,0832	0,6212	2,0944	0,3164	1,4132	0,184	1,0944
RSRP Level (DL) (dBm) >=-90	18,9568	28,2632	10,1152	16,1252	6,9092	11,5344	5,1584	9,1988
RSRP Level (DL) (dBm) >=-100	96,7088	119,8712	65,3044	84,16	49,8592	66,4388	40,4804	55,7504
RSRP Level (DL) (dBm) >=-110	252,4924	288,9852	196,4092	230,7628	168,5428	198,3612	149,6888	179,0604
RSRP Level (DL) (dBm) >=-120	451,7996	493,2756	388,134	428,2892	353,0172	390,7244	328,8532	366,4684

Pada tabel 9 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 19.



Gambar 19. Grafik Pengukuran RSRP mode FDD dan TDD

Dari grafik 19 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 20.



Gambar 20. Mean RSRP mode TDD &amp; 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.

## 5. 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*, sehingga besaran *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 daripada 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*. 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, dikarenakan pada mode TDD sinyal rata-rata *receive sinyal 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*

dapat ditarik kesimpulan penggunaan mode FDD lebih baik daripada TDD dimana dengan mode FDD memiliki nilai *Throughput* yang jauh lebih besar dan nilai SINR yang lebih baik. Untuk nilai RSRP memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan antara mode TDD dan FDD walaupun dengan mode TDD memiliki nilai yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. 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.
2. Johannes Baumgarten, Kin Lien Chee, Andreas Hecker and Thomas Kurner, "Performance of Prediction Models in Suburban/Rural Residential Areas At 860, 2300 and 3500 MHz". 6th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), 2011.
3. Eng. Dalia Abdalla Omer, Dr. Amin Babiker A/Nabi Mustafa, "LTE FDD vs LTE TDD from a QoS Perspective". IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE) Vol 10, Issue 2, Ver.1, 2015.
4. Zaid A. Shamsan and Tharek Abd. Rahman, "IMT-Advanced Coexistence Method With Fixed Services in Different Geographical Areas At 3500 MHz". IEEE 978-1-4244-3861-7, 2009.
5. Wout Joseph, Laurens Roelens and Luc Martens, "Path Loss Model for Wireless Applications at 3500 MHz" IBBT Gaston Crommenlaan Ghent, 2006.
6. Maria-Cristina Munteanu, Constantin Gheorghe, George Lojewski, "A Performance Analysis Based on Bandwidth of LTE and UMTS Technologies in the 900 MHz Spectrum". Telecommunications and Information Technology, University Politehnica of Bucharest, Romania 2014. ISSN 2286-3540, U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 76, Iss. 2, 2014.
7. Riikka Susitaival, Henning Wiemann, Jessica Östergaard, Anna Larmo, "Internet access performance in LTE TDD", 978-1-4244-2519-8/10 IEEE, 2010.
8. Sri Arianti, "Study of Long Term Evolution Network Planning in Jabodetabek, Case Study of PT. Telkomsel". Puslitbang Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika, 2014.
9. Denny Kusuma Hendraningrat, Nachwan Mufti A. "Refarming of Frequency 700 MHz Analysis for Long Term Evolution (LTE) in Indonesia using Link Budget Calculation". International Conference on Electrical Engineering and Informatics, 2011.
10. Muhammad Suryanegara, Achmad Ramadhan, Afid Kurnia Akbar, Muhamad Asvial. "The Forecasting Model of 4G LTE Implementation in Indonesia". Jakarta, Indonesia 2014.
11. Lingga Wardhana, "4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia Jilid 1 dan Jilid 2". 2014.
12. Aderemi A. Atayero, Matthew K. Luka, Martha K. Orya, Juliet O. Iruemi. "3GPP Long Term Evolution: Architecture, Protocols and Interfaces". International Journal of Information and Communication Technology Research. Volume 1 No. 7, November 2011.
13. Dr. Gerhard Kadel, "Next Generation Mobile Networks". Technology Radar Feature Paper Edition III/2010, Deutsche Telekom Technology Radar, 2010.
14. Nokia Networks, "FDD and TDD LTE Radio Planning". Nokia Solutions and Networks no. RA4120EN15GLA00, 2015.
15. Asp, I.T.U., Training, C.O.E., & Broadband, W. "Long Term Evolution : Radio Network Planning". ITU ASP COE Training on 1-35, 2013.
16. El-Feghi, Zakaria Sulima Zubi, A Jamil, H. A. "Long Term Evolution Network Planning and Performance Measurement", Recent Advances in Image, Audio and Signal Processing 171-177, 2014.
17. Debora Kartika Fitri, Uke Kurniawan Usman, Leanna Vidya Yovita, "Analisis Perbandingan FDD dan TDD Terhadap Luas Daerah Cakupan Layanan Suara Pada LTE". Universitas Telkom, 2011.
18. Abdul Basit, Syed, "Dimensioning of LTE Network Description of Models and Tool, Coverage and Capacity Estimation of 3GPP Long Term Evolution radio interface" Helsinki University of Technology, 2009.
19. Ni Made Erma Pratiwi Astiti, Ida Ayu Laksmi Dewi, NMAE Dewi Wirastuti, "Implementasi Teknologi 4G LTE di Indonesia", Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems. Bali, 14-15 November 2013.