

Studi Pemanfaatan Digital Dividend Untuk Layanan *Long Term Evolution (LTE)*

Study Of Digital Dividend Usage For Long Term Evolution (LTE) Service

Sri Ariyanti

Puslitbang Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika
Jl. Medan Merdeka Barat No.9 Jakarta 10110

Sri.ariyanti@kominfo.go.id

Naskah diterima: 30 Juli 2013; Direvisi: 21 Agustus 2013; Disetujui: 28 Agustus 2013

Abstract— In accordance with Permen kominfo No. 22/PER/M/KOMINFO/11/2011 about implementation of Digital terrestrial television free to air, all analog TV full migration to digital TV in the year 2018. Thus there are the remaining allocation of 2 x 45 Mhz FDD is referred to as the digital dividend, that frequency will be use for LTE. But before that, needs to be examined how the use of digital dividend for LTE. This research aims to know the results of the calculation of link budget 700 MHz frequency for LTE, the comparison of user capacity in areas of dense-type urban, urban, sub-urban and rural, estimation of the number of LTE subscribers, and knowing the number of optimum LTE operator. The research method in this study with the study of literature. The study used a descriptive quantitative analysis techniques. The results showed that coverage of most of the area is rural area then followed consecutive sub urban, dense urban and urban. User capacity per site in 1 Km² of the biggest order to small rural areas, i.e. consecutive sub urban, urban and dense urban. Estimation of the most number of LTE subscribers in Indonesia is dense urban-namely reach 500 user/Km² in the year to 8. The most optimum number of LTE operators are 3.

Keywords— digital dividend, LTE, 700 MHz frequency

Abstrak— Sesuai dengan Permen kominfo No. 22/PER/M/KOMINFO/11/2011 tentang Penyelenggaraan Penyiaran Televisi Digital Terrestrial Penerimaan Tetap Tidak Berbayar (*Free To Air*), pada tahun 2018 semua TV analog migrasi secara penuh ke TV digital. Dengan demikian ada alokasi tersisa sebesar 2 x 45 Mhz FDD yang disebut sebagai digital dividend. Frekuensi tersebut rencananya akan digunakan untuk teknologi LTE. Namun sebelum digelar teknologi LTE pada frekuensi *digital dividend* tersebut maka perlu dikaji bagaimana

penggunaan *digital dividend* untuk layanan LTE. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil perhitungan link budget frekuensi 700 MHz untuk LTE, mengetahui perbandingan kapasitas user pada daerah tipe dense-urban, urban, sub-urban dan rural, mengetahui estimasi jumlah pelanggan LTE, mengetahui jumlah operator LTE optimum dan pembagian bandwidthnya. Metode penelitian dengan menggunakan studi literatur. Kajian ini menggunakan teknik analisis kuantitatif deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jangkauan paling besar yaitu daerah rural kemudian disusul berturut-turut daerah sub urban, dense urban dan urban. Kapasitas user per site dalam 1 Km² dari urutan terbesar ke kecil berturut-turut yaitu daerah rural, sub urban, urban dan dense urban. Estimasi jumlah pelanggan LTE di Indonesia paling besar yaitu di daerah dense-urban yaitu mencapai 500 user/Km² pada tahun ke 8. Jumlah operator LTE-700 MHz paling optimum sebanyak 3 operator dengan pembagian bandwidth masing-masing 15 MHz.

Kata kunci— *digital dividend*, LTE, frekuensi 700 MHz

I. PENDAHULUAN

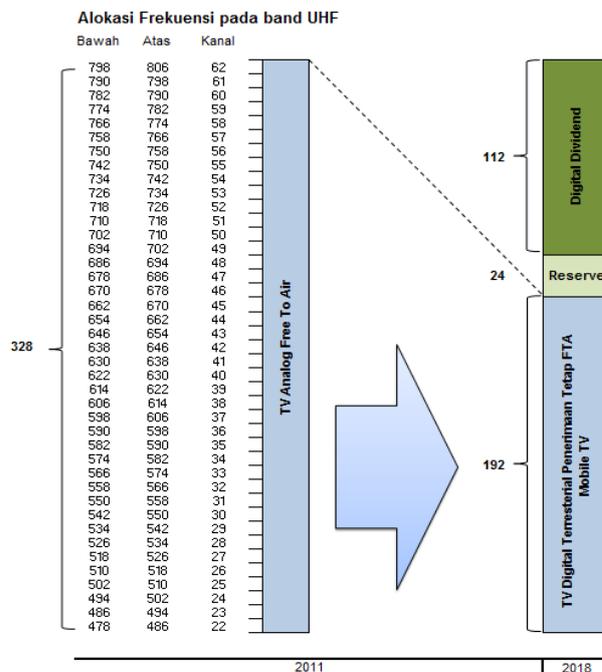
Spektrum frekuensi radio merupakan bagian (subset) dari spektrum elektromagnetik yang berada pada rentang frekuensi 3 Hz sampai dengan 300 GHz. Spektrum frekuensi radio telah menjadi media transmisi berbagai teknologi komunikasi karena kemampuannya membawa sinyal yang berisikan informasi. Spektrum frekuensi radio sebagai sumber daya alam terbatas/langka. Di Indonesia, saat ini pemanfaatannya masih bersifat eksklusif, artinya ketika suatu pita spektrum frekuensi telah diduduki untuk penyelenggaraan suatu layanan tertentu, maka pita spektrum frekuensi tersebut tidak dapat digunakan oleh pihak lain dalam radius pancaran yang sama sesuai dengan karakteristik yang melekat padanya. Akibatnya,

jika suatu spektrum yang telah diduduki, maka anggota masyarakat lainnya telah kehilangan peluang untuk menggunakannya.

Undang-Undang Nomor 36 tahun 1999 tentang Telekomunikasi pasal 4 ayat (1) menyatakan bahwa telekomunikasi dikuasai oleh negara dan pembinaannya dilakukan oleh Pemerintah. Oleh karena itu sumber daya alam tersebut perlu dikelola dan diatur pembinaannya guna memperoleh manfaat yang optimal dengan memperhatikan kaidah hukum nasional maupun internasional seperti konstitusi dan konvensi International Telecommunication Union (ITU).

Sebagai bentuk dari perkembangan teknologi dan sarana untuk melakukan efisiensi struktur industri penyiaran yang berorientasi kepada peningkatan peluang usaha, ekonomi, sosial, dan budaya masyarakat, maka pada tahun 2018 Indonesia akan segera melakukan migrasi penyiaran televisi analog ke penyiaran digital. Adapun salah satu tujuan dari penyelenggaraan penyiaran televisi digital sebagaimana termuat dalam pasal 2 Permenkominfo No. 22/PER/M/KOMINFO/11/2011 tentang Penyelenggaraan Penyiaran Televisi Digital Terrestrial Penerimaan Tetap Tidak Berbayar (Free To Air) adalah meningkatkan efisiensi pemanfaatan spektrum frekuensi radio untuk penyelenggaraan penyiaran. Teknologi kompresi digital dan sistem pengkodean (coding) memungkinkan untuk mengirimkan lebih banyak informasi dibandingkan dengan teknologi analog. Multipleksing televisi digital membutuhkan bandwidth sebesar 8 MHz seperti halnya televisi analog. Perbedaannya terletak pada penggunaan teknik kompresi digital sedemikian hingga suatu sinyal dapat membawa informasi gambar dan suara tidak hanya satu, namun 4 sampai dengan 6 kanal program siaran televisi. Dengan kata lain, dengan jumlah spektrum frekuensi yang sama dengan televisi analog, dapat disediakan layanan televisi dengan jumlah yang lebih banyak. Oleh karena televisi digital membutuhkan lebih sedikit spektrum dari pada televisi analog, maka akan terdapat sisa kelebihan spektrum setelah semua layanan TV analog tersebut ditutup, yang dikenal dengan istilah *digital dividend*. *Digital dividend* di tiap negara sangat bervariasi besarnya tergantung pada topografi, penetrasi dari layanan kabel/satelit, kebutuhan regional, penggunaan spektrum negara yang berlangganan, dan sebagainya.

Migrasi secara penuh penyiaran analog ke digital tidak hanya menyebabkan terjadinya efisiensi layanan, namun di sisi lain, dengan range spektrum frekuensi radio yang ada menyebabkan meningkatnya jumlah penyelenggara layanan. Hal ini dapat menyebabkan industri penyiaran menjadi jenuh yang sebelumnya terdiri dari 40 kanal untuk 40 penyelenggara siaran 240-400 penyelenggara siaran. Sebagai bentuk pembatasan jumlah penyelenggara siaran, maka alokasi spektrum frekuensi radio diperkecil dengan mempertimbangkan bahwa jumlah penyelenggara yang dapat ditampung dapat optimal. Salah satu rencana pengalokasiannya oleh pemerintah ditunjukkan pada Gambar 1.



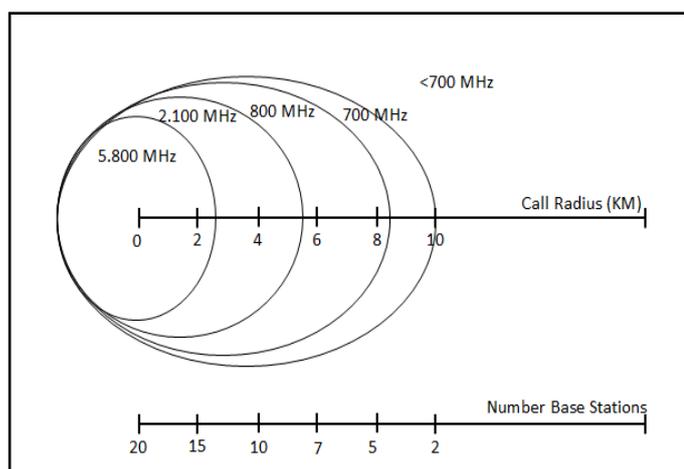
Gambar 1. Alokasi Frekuensi pada Band UHF

Dalam Gambar 1 tersebut, alokasi Band UHF untuk penyiaran pada region 3 ITU sebanyak 328 MHz yang terbagi dalam 40 kanal siaran, diperkecil alokasinya menjadi 192 MHz. Sisa dari kanal berupa 24 MHz untuk band tidak terpakai dan sisanya 112 MHz merupakan kanal sisa atau *digital dividend* yang alokasinya belum ditentukan peruntukannya.

Kelebihan *digital dividend* tersebut dapat digunakan berbagai keperluan, antara lain :

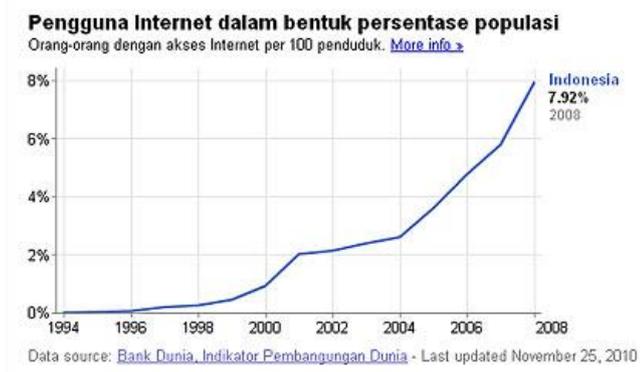
- Meningkatkan jumlah layanan penyiaran televisi digital terrestrial.
- Meningkatkan cakupan wilayah (*Coverage*) transmisi televisi digital.
- Digunakan untuk layanan televisi digital yang dapat diterima pada perangkat genggam (contoh : DVB-H).
- Meningkatkan kualitas gambar dan suara, khususnya pada *High Definition TV*.
- Digunakan untuk layanan non-penyiaran, seperti Wimax, UMTS, LTE dan sebagainya.

Hasil penelitian dari *GSMA Association* dan *BBC* menunjukkan bahwa pemanfaatan *digital dividend* pada pita 700/800 MHz untuk layanan 4G dapat memberikan dampak penurunan 70% CAPEX bagi operator dibandingkan jika digelar pada pita 2100 MHz, karena pada frekuensi tersebut layanan dapat digelar dengan jumlah BTS yang lebih sedikit, namun dengan radius jangkauan yang lebih luas (Gambar 2). Lebih jauh, tentunya ada potensi penurunan tarif pungut ditingkat pelanggan (konsumen).



Gambar 2. Karakteristik Propagasi Spektrum (sumber : BBS R&D)

Berdasarkan data dari Bank Dunia mengenai Indikator Pembangunan Dunia, jumlah pengguna internet dari tahun ke tahun semakin bertambah. Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 3. Kebutuhan layanan data khususnya data mobile sangat diminati oleh masyarakat karena kemudahan untuk menggunakannya. Semakin banyak pelanggan maka akan dirasa kebutuhan bandwidth atau teknologi baru yang menawarkan efisiensi bandwidth dan kecepatan akses data.



Gambar 3. Pengguna Internet dalam bentuk Persentase Populasi

Salah satu teknologi generasi ke-4 (4G) yang menawarkan efisiensi dan akses data berkecepatan tinggi adalah teknologi *Long term Evolution* (LTE). *Long term Evolution* (LTE) merupakan salah satu teknologi jaringan telekomunikasi generasi keempat (4G) yang masih dalam tahap pengembangan oleh 3GPP dengan kemampuan pengiriman data mencapai kecepatan secara teoritis 100 Mbps untuk downlink dan 50 Mbps untuk uplink.

Seperti kita ketahui bahwa Teknologi generasi ke-3 (3G) di Indonesia sudah di launching sejak akhir tahun 2006. Meski sudah lama, namun pengguna layanan teknologi 3G masih sedikit. Menurut Sekretaris Jenderal Asosiasi Telekomunikasi Seluler Indonesia (ATSI) Dian Siswarini dalam konferensi pers tentang Indonesia Cellular Show (ICS) 2013 di Jakarta, Minggu (26/5), pengguna telepon seluler di Indonesia yang memakai layanan teknologi 3G baru mencapai sekitar 20 persen dari total pemilik ponsel di Indonesia. Sebagian besar pengguna telepon seluler di Indonesia saat ini masih menggunakan layanan teknologi telepon seluler generasi kedua atau 2G. Adopsi teknologi 3G di masyarakat masih rendah, baru mencapai 20 persen. (PT. Kompas Cyber Media, 2013). Meskipun demikian operator seluler

berkeinginan untuk menggunakan teknologi *Long Term Evolution* (LTE) yang merupakan teknologi 4G. Pada pertengahan 2010 dan awal 2011, beberapa operator seperti Telkomsel dan XL melakukan uji coba LTE pada frekuensi eksisting DCS 1800 MHz di Indonesia dengan melibatkan beberapa vendor rekanan. Pemerintah dalam hal ini regulator belum memberikan alokasi definitif untuk teknologi LTE dikarenakan salah satunya apakah teknologi LTE ini memberikan keuntungan bagi semua pihak terutama operator seluler atau tidak.

Sesuai dengan Permen kominfo No. 22/PER/M/KOMINFO/11/2011 tentang Penyelenggaraan Penyiaran Televisi Digital Terestrial Penerimaan Tetap Tidak Berbayar (Free To Air), pada tahun 2018 semua TV analog migrasi secara penuh ke TV digital. Dengan demikian ada alokasi tersisa sebesar 2 x 45 Mhz FDD yang disebut sebagai digital dividend. Frekuensi tersebut rencananya akan digunakan untuk teknologi LTE. Namun sebelum digelar teknologi LTE pada frekuensi digital dividend tersebut maka perlu dikaji bagaimana pemanfaatan digital dividend untuk layanan LTE.

A. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan fakta tersebut di atas dapat ditemukan beberapa permasalahan yang akan dijawab melalui studi ini, yaitu :

1. Bagaimana hasil perhitungan link budget frekuensi 700 MHz untuk LTE?
2. Bagaimana perbandingan kapasitas user pada daerah tipe dense-urban, urban, sub-urban dan rural?
3. Berapa estimasi jumlah pelanggan LTE?
4. Berapa jumlah operator LTE optimum dan pembagian bandwidthnya?

B. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil perhitungan link budget frekuensi 700 MHz untuk LTE
2. Mengetahui perbandingan kapasitas user pada daerah tipe dense-urban, urban, sub-urban dan rural
3. Mengetahui estimasi jumlah pelanggan LTE
4. Mengetahui jumlah operator LTE optimum dan pembagian bandwidthnya

II. LANDASAN TEORI DAN GAMBARAN UMUM

A. Penelitian/Karya Ilmiah Sebelumnya

1. Penelitian “Pemodelan Akselerasi Implementasi Digital Dividend di Indonesia”, oleh Denny Setiawan

Penelitian tersebut mengembangkan suatu model tekno ekonomi mengenai percepatan migrasi analog ke digital dengan memanfaatkan potensi pendapatan negara dari Biaya hak Penggunaan (BHP) frekuensi untuk *Digital Dividend* LTE untuk membantu biaya-biaya yang dibutuhkan penyelenggara TV dalam masa transisi dari analog ke digital, yaitu insentif set-top-box, biaya operasional sewa kapasitas multiplex TV digital dan modal infrastruktur multiplex TV digital terestrial di Indonesia.

Berdasarkan model yang dikembangkan tersebut dilakukan perhitungan *Present Worth* relatif terhadap kebijakan eksisting menunggu Digital Dividend tahun 2018 untuk 3 skenario subsidi biaya sewa kapasitas TCDTV yaitu skenario A (subsidi sewa kapasitas TV digital selama masa simulcast), skenario B (subsidi sewa kapasitas TV digital saat Digital Switchover) dan skenario C (tanpa subsidi sewa kapasitas TV digital) dengan asumsi variabel-variabel lain seperti BHP frekuensi *Digital Dividend* LTE, insentif set-top-box dan biaya infrastruktur *Multiplexer* TV digital bernilai tetap.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa skenario A tidak layak dilakukan, skenario b layak dilakukan pada tahun 2014, sedangkan skenario C layak dilakukan pada tahun 2014 dan 2015. Ditemukannya pula bahwa sensitivitas model akselerasi digital dividend ini terdapat pada variabel BHP frekuensi dan subsidi *set-top-box*

2. Penelitian “Perkiraan Kebutuhan Spektrum Frekuensi Untuk Implementasi Layanan *Mobile Broadband* di Indonesia”, oleh Aditya Yoga Perdana

Dengan meningkatnya adopsi masyarakat terhadap layanan *mobile broadband*, akan dibutuhkan peningkatan kapasitas jaringan yang berimplikasi pada bertambahnya kebutuhan spektrum frekuensi. Untuk mencukupi kebutuhan tersebut, diperlukan suatu perkiraan yang cermat mengenai lebar spektrum yang harus tersedia sampai beberapa tahun ke depan. Pada penelitian ini digunakan model Bass dengan parameter penjasar untuk memperkirakan jumlah potensi demand dengan skenario pasar yang berbeda antara tahun 2011 sampai 2020.

Untuk mengetahui kapasitas jaringan yang diperlukan, juga dilakukan *network dimensioning* jaringan *mobile broadband*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alokasi spektrum BWA saat ini hanya bisa mencukupi kebutuhan spektrum frekuensi sampai dengan tahun 2013, selebihnya dibutuhkan tambahan alokasi spektrum sebesar 25 MHz – 85 MHz pada tahun 2014, 15 MHz – 150 MHz antara 2015-2017, 470 MHz – 750 MHz antara tahun 2018-2019 dan 1230 MHz – 1735 MHz pada 2020.

3. *White Paper “Digital Dividend Green Paper”* oleh *Department of Broadband, Communications and the Digital Economy of Australia*

Tujuan dari whitepaper ini untuk memperlihatkan potensi pembebasan frekuensi radio khususnya pita UHF yang digunakan oleh televisi analog agar dapat memaksimalkan efisiensi alokasi spektrum. Pemerintah Australia melalui *Department of Broadband, Communications and the Digital Economy* melakukan studi yang memperlihatkan bahwa pada pita UHF dapat memberikan 126 MHz apabila peruntukan televisi analog di migrasi menuju digital.

Meskipun begitu, sebelum menentukan keputusan final maka hal tersebut di paparkan kepada komunitas telekomunikasi di Australia, selain itu dikaji pula tentang besarnya biaya yang dibutuhkan dalam melakukan pembebasan blok frekuensi di pita UHF. Kelanjutan dari studi ini merupakan langkah dalam menentukan peruntukan digital dividend

4. *White Paper “The Digital Dividend in Europe: in the eye of “The Perfect Storm”* oleh Alberto Pamiás dan Daniel Torras (Delta Partners)

Pita yang menjadi fokus digital dividend dalam paper ini adalah pita 800MHz dan digital dividend ini dapat menyebabkan pergolakan dalam industri telekomunikasi.

Kebutuhan operator dan vendor dalam memenuhi peningkatan permintaan terhadap *mobile broadband*, terbatasnya ketersediaan spektrum dan peluang pendapatan negara terhadap proses lelang frekuensi merupakan alasan seberapa besar digital dividend mempengaruhi industri telekomunikasi.

White paper ini bertujuan menggambarkan signifikansi dan implikasi dari *digital dividend* terhadap strategi operator dalam menentukan *action plan*. Selain itu dapat memberikan bentuk peluang bisnis baru yang belum terlihat.

5. *White Paper “The Benefits of Digital Dividend”* oleh 4G Americas

White paper ini membahas mengenai keuntungan dari digital dividend pada pita 698-806 Mhz di Amerika Serikat (Region 2) dan APT (Region 3). Amerika Serikat merupakan negara pertama di dunia yang melakukan pelelangan terhadap spektrum frekuensi 698-806 MHz dan memiliki keuntungan dari pembangunan awal jaringan pita lebar bergerak. Operator layanan utama di Amerika Serikat telah meluncurkan layanan LTE komersial pada tahun 2010-2011. Rencana alokasi spektrum frekuensi Amerika Serikat juga telah mengakomodir persyaratan khusus AS untuk keselamatan masyarakat dan penyiaran. Pada bulan September 2010, APT mencapai kesepakatan untuk rencana pita harmonisasi pada 698-806 Mhz untuk region 3. Jepang telah mulai menerapkan rencana APT dan diharapkan untuk memulai layanan LTE pada tahun 2015.

Salah satu keuntungan penerapan 700 MHz pada seluruh region adalah adopsi umum LTE, baik FDD maupun TDD. Chipset seperti pita 3GPP 2, 4 dan 5. Terdapat perbedaan pada pita yang diterapkan Amerika Serikat dan APT dalam hal lebar pita kanal yang beroperasi, lokasi kanal, jarak duplex dan lingkungan interferensi serta tumpang tindih spektral. Hal ini memberikan peluang bagi skala ekonomi manufaktur bagi peralatan yang beroperasi pada kedua rencana pita. Perkembangan teknologi dan komponen akan menurunkan harga dan meningkatkan peluang bagi skala ekonomi pada pita jamak dan format radio.

B. Pengertian Digital Dividend

Menurut (Oxford Dictionaries), dividend didefinisikan sebagai sejumlah uang yang dibayar secara berkala (biasanya per tahun) oleh perusahaan kepada para pemegang saham yang berasal dari keuntungan (atau cadangan) perusahaan. Dividend bisa juga diartikan sebagai sebuah imbalan uang (pengembalian) untuk investasi yang diharapkan, kadang-kadang diperoleh pada akhir siklus bisnis. Sedangkan digital dividend didefinisikan sebagai jumlah spektrum yang tersedia oleh adanya transisi penyiaran televisi terrestrial dari analog ke digital (BOZSOKI, 2013)

Digital dividend terjadi apabila TV analog sudah bermigrasi semua ke TV digital. TV analog menggunakan bandwidth sebesar 328 MHz. Namun setelah proses digitalisasi, bandwidth TV digital menjadi lebih sempit yaitu sebesar 192 MHz. Dengan demikian ada alokasi bandwidth sebesar 112 MHz dan 24 Mhz yang tersisa dari peninggalan TV analog tersebut. Bandwidth sebesar 112 MHz tersebut dialokasikan untuk digital dividend, sedangkan bandwidth 24 Mhz untuk kanal reserve.

Kelebihan digital dividend tersebut dapat digunakan berbagai keperluan, antara lain :

1. Meningkatkan jumlah layanan penyiaran televise digital terrestrial.

2. Meningkatkan cakupan wilayah (*Coverage*) transmisi televisi digital.
3. Digunakan untuk layanan televisi digital yang dapat diterima pada perangkat genggam (contoh : DVB-H).
4. Meningkatkan kualitas gambar dan suara, khususnya pada High Definition TV.
5. Digunakan untuk layanan non-penyiaran, seperti Wimax, UMTS, LTE dan sebagainya.

Keuntungan yang diperoleh oleh customer dengan adanya digitalisasi penyiaran adalah sebagai berikut: (Telkomsel, 2013)

1. Pemilihan program TV lebih banyak
2. Kualitas gambar dan suara TV lebih bagus
3. *Flexible* digunakan baik untuk *portable* maupun *mobile*
4. Meningkatkan layanan informasi termasuk *electronic programming guide*.

Keuntungan yang diperoleh industri dengan adanya digitalisasi penyiaran adalah sebagai berikut: (Telkomsel, 2013)

1. Harga kanal lebih murah bagi industri penyiaran
 2. Adanya layanan baru (Pay-TV)
 3. Jaringan *transmitter* baru
 4. *Receiver devices* yang baru (*set top box*)
 5. Munculnya teknologi baru
- C. Teknologi *Long Term Evolution*

1. Pengertian Teknologi *Long Term Evolution*

Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi standard 3GPP, evolusi dari teknologi GSM dan UMTS. Data rate yang ditawarkan LTE lebih besar dibandingkan teknologi sebelumnya. Adapun kelebihan dari LTE adalah sebagai berikut:

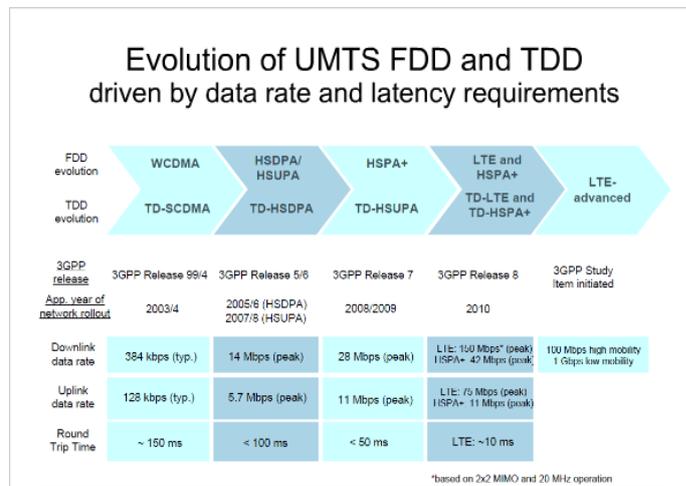
- a. *Latency*/delay lebih rendah
- b. Data rate lebih tinggi
- c. Meningkatkan kapasitas dan *coverage*
- d. *Cost-reduction*

Teknologi WCDMA yang mulai dibangun jaringannya tahun 2003/2004 mempunyai data rate mencapai 384 kbps untuk downlink dan 128 kbps untuk uplink dengan *round trip time* 150 ms. Pada tahun 2005/2006 muncul teknologi baru yaitu *High Speed Downlink Packet Access* (HSDPA) dengan data rate downlink mencapai 14 Mbps dan uplink sebesar 5.7 Mbps. Kemudian tahun 2008/2009 3GPP merelease teknologi HSPA+ dengan data rate mencapai 28 Mbps untuk donlink dan 11 Mbps untuk uplink. Pada tahun 2010 muncul teknologi yang terbaru yaitu *Long Term Evolution* (LTE) dengan data rate mencapai 150 Mbps. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 4.

Koneksi supercepat inilah kelebihan dari LTE. Kecepatan yang tidak kalah dengan koneksi DSL. Dengan kemampuan ini, LTE tidak hanya menguntungkan bagi perangkat mobile, tetapi juga bagi home user. Berkat transmisi yang saat ini berkecepatan 100 Mbps (setara WLAN), *home user* tidak membutuhkan koneksi telepon lagi. Jangkauan LTE pun lebih jauh sehingga koneksi telepon akan hanya menjadi cadangan (Dewantoro, 2010).

Keunggulan lain dari LTE adalah bila koneksi LTE terlalu lambat, sinyalnya dapat dialihkan ke jaringan teknologi lain, seperti GSM, UMTS, dan teknologi mobile lainnya. Agar LTE menjangkau seluruh wilayah, teknologi ini menggunakan

rentang channel yang cukup lebar, mulai dari 1,4MHz sampai 20MHz. jadi, teknologi ini dapat memenuhi regulasi yang telah ditentukan di setiap Negara. Jaringan LTE komersil pertama sudah ditawarkan di Swedia (Dewantoro, 2010).



Gambar 4. Evolusi UMTS FDD dan TDD berdasarkan Data Rate dan Latency

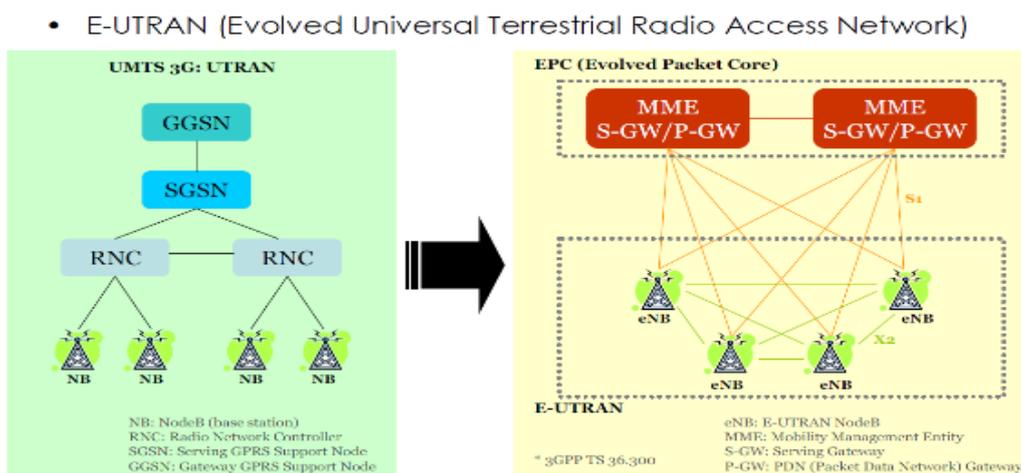
Para ahli menyimpulkan bahwa dengan bandwidth mulai dari 80 Mbps sampai 150 Mbps sudah cukup untuk sebagian besar pengguna Internet. Paling tidak untuk permulaan, karena rencananya kecepatan download teknologi LTE mencapai 300 Mbps. Untuk memperoleh kecepatan ini, diperlukan transmisi yang bebas interferensi. Untuk itu pengembang mengkombinasikannya dengan beberapa teknologi, seperti MIMO, QAM, dan OFDM yang menggunakan beberapa antena sekaligus untuk memancarkan dan menerima sinyal. Selain itu, teknologi ini pun memungkinkan bitrate yang lebih besar. Paket data dikirim ke user melalui *Internet Protocol* (IP), seperti pada koneksi DSL (Dewantoro, 2010).

Kecepatan ini dapat dicapai dengan menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) pada downlink dan *Single Carrier Frequency Division Multiplex* (SC-FDMA) pada uplink, yang digabungkan dengan penggunaan MIMO. Nantinya seluruh jaringan pada teknologi LTE akan berbasis Internet Protocol (IP) atau disebut juga All IP Networks (AIPN).

Jadi, teknologi LTE sangat mirip dengan WLAN. Dan LTE tidak kalah dengan WiMax yang sedang dikembangkan terutama di India dan Afrika dan hanya berfungsi sebagai akses internet saja.

2. Konfigurasi Teknologi *Long Term Evolution* (LTE)

Meningkatnya penggunaan mobile data dan kemunculan aplikasi-aplikasi baru seperti MMOG (*Multimedia Online Gaming*), mobile TV, Web2.0, dan konten-konten *streaming* lainnya telah memicu 3rd Generation Partnership Project (3GPP) untuk mengusung sistem *Long-Term Evolution* (LTE). LTE adalah cabang paling mutakhir dari pohon teknologi mobile network yang sudah kita kenal luas seperti teknologi jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSxPA yang saat ini menjangkau lebih dari 85% pelanggan komunikasi bergerak (Dewantoro, 2010).



Gambar 5. Arsitektur Jaringan 3G UMTS dan LTE (Sumber: Perkenalan Teknologi LTE. Presentasi FGD I “Studi pemanfaatan Digital Dividend untuk Layanan LTE oleh Budi Prasetya, 16 Juli 2013)

LTE, yang akses radionya kita sebut *Evolved UMTS Radio Access Network* (E-UTRAN), diharapkan dapat meningkatkan secara substansial pesat data pengguna, kapasitas per sektor, dan mengurangi tunda sehingga secara signifikan dapat memberikan pengalaman baru bagi pengguna sembari bergerak secara leluasa. Dengan kemunculan Internet Protocol (IP), yang mana protokol ini dapat mengangkut segala macam muatan data, LTE dirancang untuk sepenuhnya mendukung trafik berdasar IP dengan *Quality of Service* (QoS) secara menyeluruh. Komunikasi suara akan dibawa melalui mekanisme *Voice over IP* (VoIP) sehingga penyatuan dengan layanan multimedia lain menjadi lebih baik. Peletakan batu pertama LTE dilakukan pada tahun 2010 ini dan diharapkan dalam 1-2 tahun ke depan akan tersedia luas secara komersial.

Berbeda dengan HSPA (*High Speed Packet Access*), yang diakomodir di dalam arsitektur Release 99 (R99) UMTS, 3GPP merumuskan layanan core paket baru yaitu arsitektur jaringan *Enhanced Packet Core* (EPC) untuk mendukung E-UTRAN melalui pengurangan elemen jaringan, penyederhanaan fungsi, penambahan redundansi dan yang terpenting adalah dimungkinkannya sambungan dan *hand-over* ke jalur tidak bergerak (*fixed line*) dan teknologi akses nirkabel lain. Dengan demikian memungkinkan adanya layanan bergerak yang tiada terputus sama sekali.

3. Fitur dan Kemampuan yang ditawarkan oleh LTE *Evolved UMTS Radio Access Network* (EUTRAN)
 - a. *Downlink* OFDM 100Mbps (untuk spektrum 20MHz)
 - b. *Uplink* SC-FDMA 50Mbps (untuk spektrum 20MHz)
 - c. Desain dan teknologi radio OFDM dipakai untuk menyebar data ke dalam beberapa *sub-carrier* sehingga lebih kebal terhadap *fading* sekaligus meningkatkan kecepatan dan keandalan pengiriman data.
 - d. FDD (*Frequency Division Duplex*) dan TDD (*Time Division Duplex*)
 - e. End-user latency <10mS
 - f. *Control plane latency* (waktu perpindahan menuju *active state*) < 100mS (dari *idle* ke *active*)
 - g. Lebar bandwidth: 1.25, 2.5, 5, 10, 15 dan 20MHz).
 - h. Spektrum 1.25MHz bisa diterapkan pada proses reformatting (pemakaian ulang spektrum saat ini) sementara 5MHz – 20MHz dapat dipakai untuk implementasi spektrum baru dan perluasan spektrum seiring dengan peningkatan kebutuhan.

- i. Pilihan spektrum frekuensi yang dapat disesuaikan dengan jaringan saat ini yaitu band GSM, CDMA, UMTS (450,700, 850, 900, 1700, 1800, 1900, 2100, 2500MHz) dengan demikian dimungkinkan pula roaming secara global.
- j. Mampu melayani pengguna yang melaju hingga 500 km/jam meskipun demikian kondisi optimum mobilitas yang dapat diakomodasi adalah mulai dari 0 hingga 15km/jam.
- k. Cakupan ukuran sel adalah 5 – 100km dengan penurunan kualitas setelah 30km.
- l. VoIP secara kasar mencapai 3 kali kapasitas suara UMTS.
- m. Antenna MIMO sudah terstandarisasi sehingga secara umum dapat meningkatkan pesat data sektoral (*sector throughput*).
- n. Memungkinkan adanya skala prioritas untuk berbagai kelas layanan dengan skema *End-to-End Quality of Service* (QoS).

Evolved Packet Core (EPC)

- a. *Core Network* dengan *data center* yang baru dan sederhana (all IP) dengan *collapsed architecture* dan redundansi yang meningkat.
- b. Layer aplikasi/servis dan mobilitas terpusat (IMS).
- c. Skala prioritas untuk kelas servis tertentu dengan E2E QOS
- d. *Core Network* dengan teknologi akses setara memungkinkan koneksi ke jaringan akses tetap (PSTN) maupun nirkabel lainnya.
- e. Koneksi ke core GSM/UMTS yang ada saat ini dapat memperlancar migrasi pelanggan LTE.

4. LTE 700MHz Spectrum Band Plan (3GPP)

- a. *Asia-Pacific Telecommunity* (APT) Band Plan di 700 MHz
Band frekuensi 698-806 MHz (biasanya disebut sebagai band 700 MHz) diresmikan APT pada tahun 2008 – 2010 dan dikonfigurasi secara khusus untuk teknologi mobile broadband (misalnya teknologi LTE). LTE tersegmentasi dalam dua macam yaitu TDD dan FDD yang telah distandardisasi 3rd *Generation Partnership Project* (3GPP) dan direkomendasikan oleh *International telecommunications Union* (ITU). APT band plan didesain untuk efisiensi spektrum, dengan membagi blok frekuensi yang berdekatan dengan memperhitungkan kebutuhan frekuensi serta

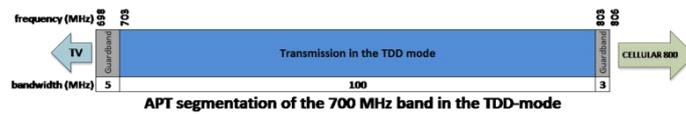
menghindari interferensi terhadap frekuensi layanan lainnya. TDD menggunakan bandwidth 100 MHz secara kontinyu (gambar 8) , sedangkan FDD membagi dua blok yaitu 45 MHz untuk uplink dan 45 MHz untuk downlink (gambar 7). Besarnya *guardband* pada FDD dan TDD 700 MHz yaitu 5 Mhz dan 3 MHz masing-masing pada tepi atas dan bawah. FDD memasukkan center gap sebesar 10 MHz. Penggunaan *guardband* untuk mengurangi interferensi frekuensi yang berdekatan. Sedangkan FDD *center gap* digunakan untuk menghindari interferensi transmisi antara *uplink* dan *downlink*. Standard 3GPP yang ada untuk APT band plan dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini: (ZTE)

TABEL 1. STANDARD 3GPP UNTUK APT BAND PLAN

3GPP band	Duplex	Uplink frequency	Downlink frequency
28	FDD	703 - 748 MHz	758 – 803 MHz
44	TDD	703 – 803 MHz	703 – 803 MHz



Gambar 7. Segementasi APT frekuensi 700 MHz pada FDD-mode



Gambar 8. Segementasi APT frekuensi 700 MHz pada TDD-mode

Keuntungan memanfaatkan frekuensi 700 MHz dapat dilihat dari segi ekonomi dan teknik. Adapun keuntungan dari segi ekonomi adalah sebagai berikut:

- Skala ekonomi : karena ada potensi adopsi global, maka skala ekonomi juga terpengaruh
- Harmonisasi spektrum di dunia : APT band plan telah menjadi pita spektrum harmonis secara multi regional yang akan memberikan ekosistem koheren untuk perangkat LTE. Sebagian besar negara Asia telah memilih APT band.
- Fleksibilitas perencanaan spektrum: APT band plan memungkinkan spektrum nasional yang lebih besar bagi pemerintah di seluruh dunia, memberikan kemungkinan untuk menyesuaikan besarnya kanal untuk kebutuhan pasar

tertentu dengan mengalokasikan blok mulai dari 5x2 MHz sampai 20x2 MHz.

Adapun keuntungan secara teknik adalah sebagai berikut:

- Full interoperability*: Dengan memasukkan sistem dua *duplexer* pada *device* dan peralatan jaringan, keseluruhan interoperability di semua *band* frekuensi terjamin
- Ukuran kanal yang lebih lebar : APT *band plan* memungkinkan operator menikmati kanal yang lebih lebar dibandingkan kanal yang disediakan pada US *band plan*
- Upaya pencegahan lebih kuat terhadap interferensi: APT band plan menjamin pencegahan interferensi terhadap frekuensi yang berdekatan. Baik dari frekuensi rendah sampai frekuensi tinggi
- Adaptif terhadap kebutuhan teknologi masa depan : Kedepannya, fenomena asimetrik trafik (*traffic downlink* lebih besar dari trafik *uplink*) dapat dikurangi dengan teknik signal processing yang sekarang sedang dalam proses pengembangan standard APT band plan.

III. METODE PENELITIAN

A. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif Proses penelitian menggunakan perhitungan yang mengacu pada konsep dasar telekomunikasi. Hasil penelitian terukur, sehingga penelitian ini dikatakan sebagai penelitian kuantitatif.

B. Sumber Data

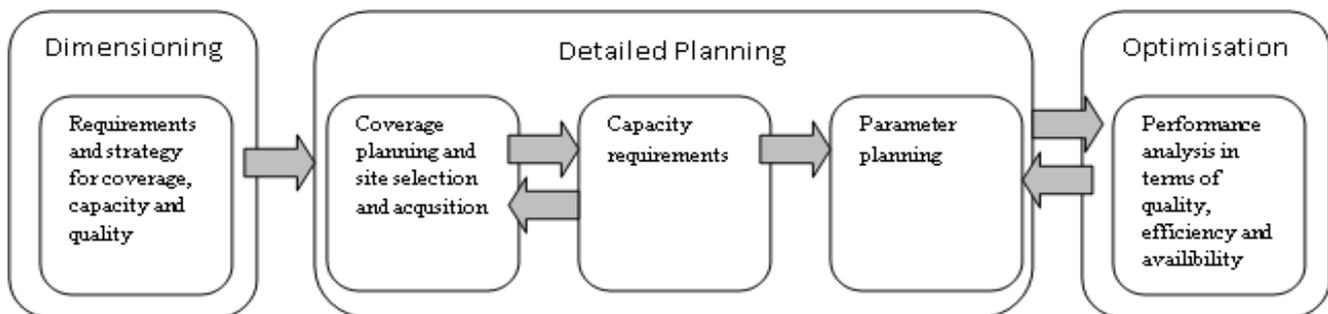
Data dari penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, data dari direktorat Pengendalian, Dirjen Penyelenggara Pos dan Informatika Kementerian Komunikasi dan Informatika serta studi literatur.

C. Teknik Analisis

Penelitian ini menggunakan teknik analisis kuantitatif deskriptif dengan mengacu pada konsep perhitungan link budget serta capacity dimensioning teknologi *Long Term Evolution* (LTE).

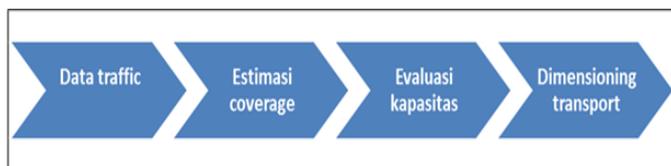
1. Dimensioning

Dimensioning dilakukan pertama kali untuk penilaian secara cepat konfigurasi jaringan wireless. *Dimensioning* merupakan bagian dari proses perencanaan, yang juga termasuk *detailed planning* dan *optimization*. Secara keseluruhan, perencanaan merupakan proses yang meliputi desain, sintesis, dan realisasi. Gambar 9 menunjukkan proses perencanaan jaringan *wireless* seluler secara umum dan posisi *dimensioning* dari keseluruhan proses.



Gambar 9. Proses Perencanaan Jaringan Wireless Seluler Secara Umum

Dimensioning memberikan estimasi perencanaan jaringan secara detail. Setelah jaringan direncanakan, parameter jaringan yang dioptimasi untuk memaksimalkan efisiensi sistem. Parameter input untuk *dimensioning* meliputi trafik dan QoS yang diharapkan. *Dimensioning* memberikan evaluasi persyaratan infrastruktur jaringan. *Dimensioning* jaringan selular secara langsung berkaitan dengan kualitas dan efektivitas jaringan, dan sangat dapat mempengaruhi perkembangannya. Adapun langkah-langkah *dimensioning* dapat dilihat pada gambar 10 berikut ini:



Gambar 10. Langkah-langkah dasar dimensioning jaringan selular

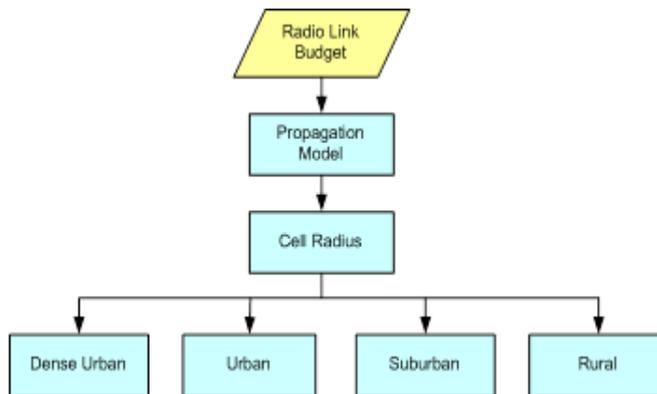
Input dimensioning yang tepat sangat diperlukan untuk hasil yang akurat. Dimensioning selular membutuhkan elemen yang fundamental, termasuk populasi subscriber/pelanggan, distribusi trafik, area geografi yang *discover*, band frekuensi, alokasi *bandwidth*, serta persyaratan *coverage* dan kapasitas. Model propagasi berdasarkan band frekuensi dan area seharusnya dipilih dan dimodifikasi (jika diperlukan). Hal ini diperlukan untuk estimasi *coverage*.

Parameter spesifik seperti *power transmit* antenna, *gain* antenna, estimasi redaman sistem, jenis antenna yang digunakan, dll harus diketahui pada awal dimensioning jaringan. Analisis trafik diperlukan untuk mengestimasi trafik yang dibawa oleh sistem. Jenis trafik meliputi *voice calls*, VOIP, PS atau CS traffic. *Overhead* dibawa tiap trafik yang dikalkulasi dan termasuk dalam model. Waktu dan jumlah trafik diramal untuk mengevaluasi performansi jaringan dan untuk menentukan apakah persyaratan jaringan terpenuhi atau tidak. Estimasi koverage digunakan untuk menentukan area *coverage* base station. Perhitungan estimasi *coverage* menghitung area dimana sinyal dapat diterima oleh user atau receiver. Hal ini menunjukkan maksimum area yang dapat *discover* oleh *Base Station*. *Coverage* planning termasuk *radio link budget* (RLB) dan *coverage* analisis.

2. Radio Link Budget

Radio link budget adalah langkah pertama untuk menentukan *cell radius* (maksimum area yang *discover* oleh *Base Station*). Perhitungan *link budget* digunakan untuk mengestimasi maksimum redaman sinyal antara *mobile station* (MS) dan antenna *base station*. *Maksimum path loss allows* (MAPL) diestimasi berdasarkan model propagasi. Untuk menentukan maksimum area yang *discover* oleh *Base Station*, diperlukan langkah-langkah yang dapat digambarkan pada gambar 11.

Perhitungan *radio link budget* membutuhkan parameter baik daya pancar, gain antenna, *signal-to-noise ratio*, dan lain-lain. Adapun parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 11. Langkah-langkah menentukan Cell Radius

TABEL 2. NILAI PARAMETER YANG DIGUNAKAN UNTUK MENENTUKAN LTE RADIO LINK BUDGET

	Parameter	Nilai
a	Daya pancar maksimum Base Station	43 – 48 dBm
b	Gain antenna Base Station	Tergantung dari pabrik
c	Redaman kabel antara konektor antenna base Station dan antenna	1-6 dB
d	EIRP Base Station, dihitung a + b – c	
e	UE RF Noise Figure, tergantung pada band frekuensi	6 – 11 dB
f	Terminal noise dapat dihitung sebagai berikut: “K (Boltzmann constant) x T (290K) x bandwidth” Bandwidth tergantung pada bit rate, yang didefinisikan sejumlah resource block. Dasumsikan 50 resource block sama dengan 9 MHz, transmisi downlink untuk 1 Mbps	-104.5 dBm untuk 50 blok (9 MHz)
g	Perhitungan total Noise = e+f	
h	Signal-to-noise ratio dari simulasi atau pengukuran. Nilai tergantung pada jenis modulasi dan coding, yang tergantung pada data rate dan resource block yang dialokasikan	-9 s/d 7 dB
i	Hitung g+h	
j	Interference margin dengan rumus : $10\log_{10}(1+10^{(G_{factor} - /10)})$	3 8 dB
k	Control channel overhead termasuk overhead dari sinyal referensi, PBCH, PDCCH dan PHICH	10 – 25% = 0.4 – 1.0 dB
l	UE antean gain	Tergantung dari pabrik
m	Body loss	Tergantung peralatan

Perhitungan link budget pada arah uplink bertujuan untuk mendapat nilai *Maximum Allowable path Loss* (MAPL), yaitu nilai path loss maksimum yang diperbolehkan antara transmitter dan receiver untuk memperoleh *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) minimum yang dibutuhkan untuk mencapai kualitas yang mencukupi dengan turut memperhitungkan *soft handover* dan *log-normal fading*. *Link budget* arah uplink merupakan perhitungan *link budget* dari *User Equipment* (UE) sebagai transmitter ke arah *Base Station* (BS) sebagai receiver. *Link budget* arah downlink merupakan perhitungan *link budget* dari *Base Station* (BS) sebagai transmitter ke arah *User Equipment* (UE) sebagai receiver. Ilustrasi konfigurasi transmisi untuk uplink budgeting dapat dilihat pada gambar 12

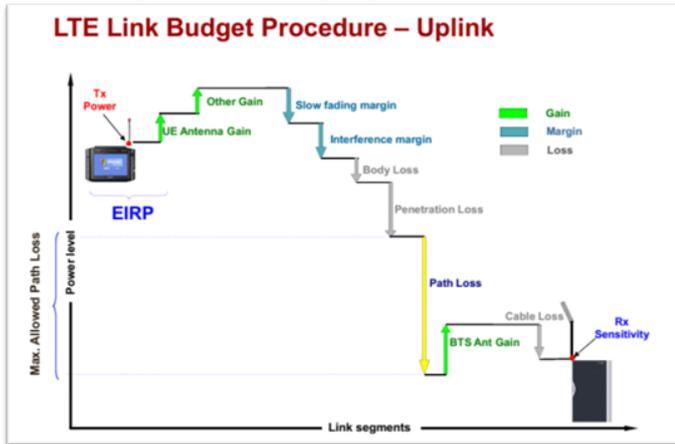
dan konfigurasi transmisi untuk arah downlink dapat dilihat pada gambar 13.

Maximum Allowable path Loss (MAPL) dapat diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

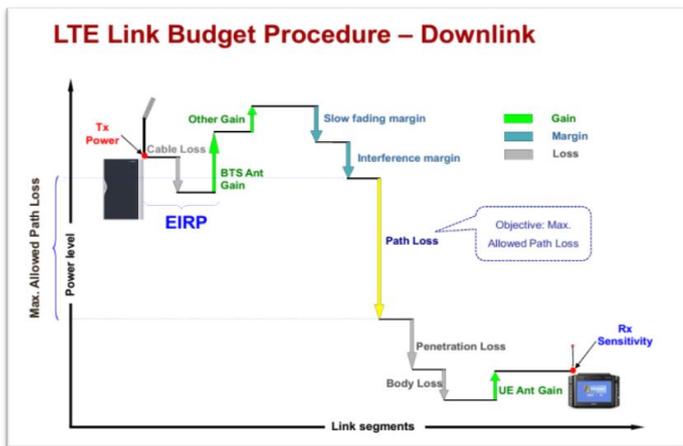
- a. $RxSensitivity = EIRP - MAPL + G(R) - L(R) - \text{Fade Margin}$
- b. $MAPL = EIRP - RxSensitivity + G(R) - L(R) - \text{fade Margin}$
- c. $RxSensitivity = SNR + Nf + NT$
- d. $EIRP = P(T) + G(T) - L(T)$

Dimana:

- MAPL (MaxPathLoss) = *path loss maksimum* (dB)
- EIRP = *Effective Isotropica(ally) radiated Power receiver* (dB)
- RxSensitivity = sensitivitas receiver (dBm)
- SNR = *Signal-to-Noise Ratio* (dB)
- Nf = *Noise figure receiver* (dB)
- NT = *thermal noise* (dBm)
- P(T)= daya maksimum transmitter (dBm)
- G(T)= gain antena transmitter (dB)
- L(T)= loss kabel/konektor transmitter
- Fade margin = batas fading sinyal diterima (dB)



Gambar 12. *Link Budget* Arah Uplink (Huawei Technologies co.,LTD, 2010)



Gambar 13. *Link Budget* Arah Downlink (Huawei Technologies co.,LTD, 2010)

3. Model propagasi (*Path Loss*)

Model propagasi menunjukkan rata-rata sinyal propagasi, dan kemudian dikonversi menurut maksimum *loss* propagasi

yang diijinkan pada cell range maksimum. Propagasi (*path loss*) tergantung pada:

- a. Lingkungan : urban, dense urban, rural, suburban, open, forest, sea, dan lain-lain.
- b. Dalam penelitian ini memperhitungkan untuk area dense urban, urban, suburban dan rural
- c. Jarak
- d. Frekuensi
- e. Kondisi atmosfer
- f. Indoor/outdoor

Model propagasi yang digunakan untuk menghitung *path loss* pada frekuensi 700 MHz dalam penelitian ini adalah model Okumura Hatta Model. Berikut ini merupakan persamaan-persamaan model Okumura Hatta untuk masing-masing karakteristik wilayah. (F. Molisch, 2011)

Urban

$$Lu = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log Hb + (44,9 - 6,55 \log Hb - 0Hb)/\log d$$

$$a(Hr) = (1,1 \log f - 0,7) Hr - (1,56 \log f - 0,8)$$

$$\text{Total} = Lu - a(Hr)$$

Dense Urban

$$Lu = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log Hb + (44,9 - 6,55 \log Hb - 0Hb)/\log d$$

$$a(Hr) = 3,2 \log^2 (11,75 Hr) - 4,97$$

$$\text{Total} = Lu - a(Hr)$$

Suburban

$$Lu = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log Hb + (44,9 - 6,55 \log Hb - 0Hb)/\log d$$

$$a(Hr) = (1,1 \log f - 0,7) Hr - (1,56 \log f - 0,8)$$

$$\text{Total} = Lu - a(Hr) - 2 \log^2 (f/28) - 5,4$$

Rural

$$Lu = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log Hb + (44,9 - 6,55 \log Hb - 0Hb)/\log d$$

$$a(Hr) = (1,1 \log f - 0,7) Hr - (1,56 \log f - 0,8)$$

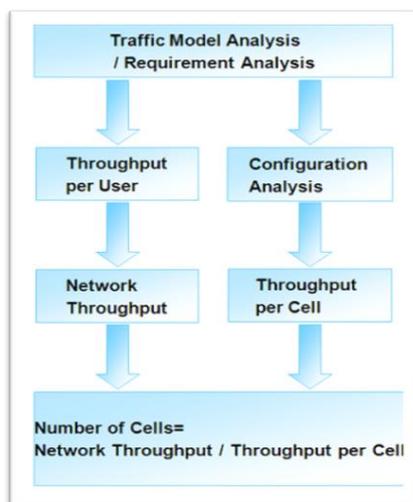
$$\text{Total} = Lu - a(Hr) - 4,78 \log^2 f + 18,33 \log f - 35,94$$

- Keterangan :
- Lu : Redaman lintasan
 - f : Frekuensi (MHz)
 - Hb : Ketinggian antena BTS
 - Hr : Ketinggian antena *mobile*
 - a(Hr) : Faktor koreksi antena *mobile*

Berdasarkan rumus diatas maka diperoleh d (jarak antara *base Station* dan *Mobile Station*) yang menentukan besarnya *cell radius*, dengan diketahui *Maximum path loss* (MAPL) atau Lu.

4. *Capacity Dimensioning*

Tujuan dari LTE *capacity dimensioning* adalah untuk memperoleh PS *throughput* yang didukung jaringan berdasarkan pada *bandwidth* yang tersedia dan kondisi kanal tiap user. *Capacity planning* menawarkan kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan pada user dengan kualitas yang bagus. Adapun tahapan dari *capacity dimensioning* adalah sebagai berikut (gambar 14):



Gambar 14. Diagram Alur LTE Capacity Dimensioning (Huawei, 2010)

Tahapan Capacity Dimensioning (Huawei, 2010):

- a. Melakukan analisa model kebutuhan trafik
- b. Menghitung throughput per user dengan rumus sebagai berikut:
 - 1) Single User Throughput (IP) Kbps = $(\sum (Throughput/Session) \times BHSa \times Penetration\ rate \times (1 + Peak\ to\ Average\ Ratio)) / 3600$
 - 2) $Throughput = Session\ Time \times Session\ Duty\ Ratio \times Bearer\ Rate \times [1/(1-BLER)]$

Dengan

 - Session time = duration per service
 - Session duty ratio = data transmission ratio per session
 - BLER = tolerated block error rate
 - Bearer rate = application layer bit rate
 - Penetration rate = how good service can affect customer
 - BHSa = service attempt in busy hour
- c. Menentukan network throughput dan throughput per cell (Cell Average Throughput)
 - 1) Network Throughput (IP)(Mbps) = $(Total\ User\ Number \times Single\ User\ Throughput(IP))/1000$
 - 2) Cell Average Throughput(MAC) UL/DL = $Throughput\ x/y1 \times A + Throughput\ x/y2 \times B + Throughput\ x/y3 \times C + \dots$

d. Menentukan jumlah cell dengan rumus:

$$Jumlah\ cell = network\ Throughput / Throughput\ per\ cell$$

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

D. Analisis Kapasitas Transponder Satelit dengan Memanfaatkan Modulasi QPSK

1. Perhitungan Link Budget Teknologi LTE pada frekuensi 700 MHz

Untuk menentukan besarnya radius pada daerah dense urban, urban, sub urban dan rural diperlukan perhitungan link budget seperti yang dijelaskan pada sub bab 3.1. Adapun definisi dari daerah dense urban, urban, sub urban, dan rural adalah sebagai berikut:

- Dense urban : Wilayah yang memiliki banyak gedung tinggi, sinyal komunikasi tidak dapat berdifraksi dari atap gedung
- Urban : Wilayah dimana sinyal dapat berdifraksi dari atap ke gedung-gedung dengan ketinggian rendah dan jalan-jalan yang lebar
- Sub urban : Wilayah yang memiliki gedung-gedung dengan ketinggian rendah dan kerapatan kurang
- Rural : Wilayah yang memiliki gedung-gedung dengan ketinggian rendah dan kerapatan kurang, serta memiliki banyak pepohonan

Langkah awal dalam perencanaan (planning) dari Radio Access Network (RAN) dimulai dengan menghitung radio link budget. Radio link budget menghitung semua gain dan loss yang terjadi diantara transmitter (pengirim), media transmisi (ruang bebas, kabel, waveguide, fiber dan lain-lain) sampai dengan receiver (penerima) di dalam sebuah sistem telekomunikasi. Tabel 3 memperlihatkan nilai parameter-parameter yang digunakan dan hasil perhitungan Maximum Allowable Path Loss (MAPL) untuk Uplink dan Downlink. Model propagasi yang digunakan untuk menghitung path loss pada frekuensi 700 MHz dalam penelitian ini adalah model Okumura Hatta Model seperti yang dijelaskan pada bab 3.

TABEL 3. SPESIFIKASI LINK BUDGET UPLINK DAN DOWNLINK

UPLINK			
UE TX Power	dBm	22	a
Body Loss	dB	1	b
eNB Gain	dB	18	c
Feeder Loss	dB	2	d
TMA Insertion Loss	dB	0.5	e
Thermal Noise	dBm	-174	f=k*T
eNB Noise Figure	dB	2.2	g
SINR	dB	-7	h
System Bandwidth	dB	69.54	i=15*12*50*1000
Receiver Sensitivity	dBm	-106.25	j=f+g+h+i
Penetration Loss	dB	12	k
Fading Margin	dB	4	l
Interference Margin	dB	3	m
MAPL	dB	120.737	n=a-b+c-d-e-(-j)-k-l-m

DOWNLINK			
eNB TX Power	dBm	43	a
eNB Gain	dB	18	b
Feeder Loss	dB	2	c
TMA Insertion Loss	dB	0.5	d
UE Antenna Gain	dB	0	e
Body Loss	dB	3	f
Thermal Noise	dBm	-174	g=k*T
UE Noise Figure	dB	7	h
SINR	dB	-5	i
System Bandwidth	dB	69.54	J=15*12*50*1000
Receiver Sensitivity	dBm	-99.45	k=g+h+i+j
Penetration Loss	dB	16	l
Fading Margin	dB	5	m
Interference Margin	dB	12.2	n
MAPL	dB	121.75	o=a-c+b-f-d-(-k)-l-m-n

Dengan diketahuinya MAPL sebesar 120.74 dB untuk Uplink dan 121.75 dB untuk Downlink, maka dengan menggunakan persamaan pada model okumura hatta, dengan menggunakan asumsi tinggi antenna LTE (Hb) 30 m dan tinggi antenna mobile (Hr) 1,5 m, diperoleh radius coverage untuk masing-masing karakteristik wilayah yang ada. Dalam bentuk grafik, radius coverage disajikan pada Gambar 15. Dari Gambar 15 diketahui bahwa jangkauan paling besar untuk layanan LTE pada frekuensi 700 MHz yaitu pada daerah rural karena redaman di daerah rural paling sedikit dibandingkan dengan daerah lainnya. Hal ini disebabkan di daerah rural terdapat sedikit gedung-gedung tinggi yang menyebabkan adanya multipath fading. Daerah urban dan dense urban mempunyai jangkauan paling kecil karena di daerah tersebut banyak gedung-gedung tinggi yang dapat menyebabkan pantulan sinyal. Pantulan sinyal tersebut menimbulkan efek multipath fading yang dapat menambah redaman.

2. Capacity Dimensioning

Capacity dimensioning adalah sebuah proses dalam menentukan skala jaringan berdasarkan kebutuhan kapasitasnya. Capacity dimensioning dilakukan untuk setiap karakteristik wilayah dan bandwidth yang berbeda-beda. Karakteristik wilayah meliputi wilayah dense urban, urban, sub urban dan rural. Sedangkan bandwidth meliputi seluruh bandwidth yang dapat digunakan untuk impelemntasi jaringan LTE, yaitu 1.4 MHz, 3 MHz, 5 Mhz, 10 Mhz, 15 Mhz dan 20 Mhz. Untuk mendapatkan kapasitas user/site dalam area cakupan seluas 1 KM² digunakan formual sebagai berikut :

$$Subscr = \frac{a \times b}{(1 + c) * d}$$

- a : *Designed DL Cell Capacity*
- b : *Sector number per site*
- c : *Peak to average ratio*
- d : *Average DL Busy Hour Throughput/subscr*

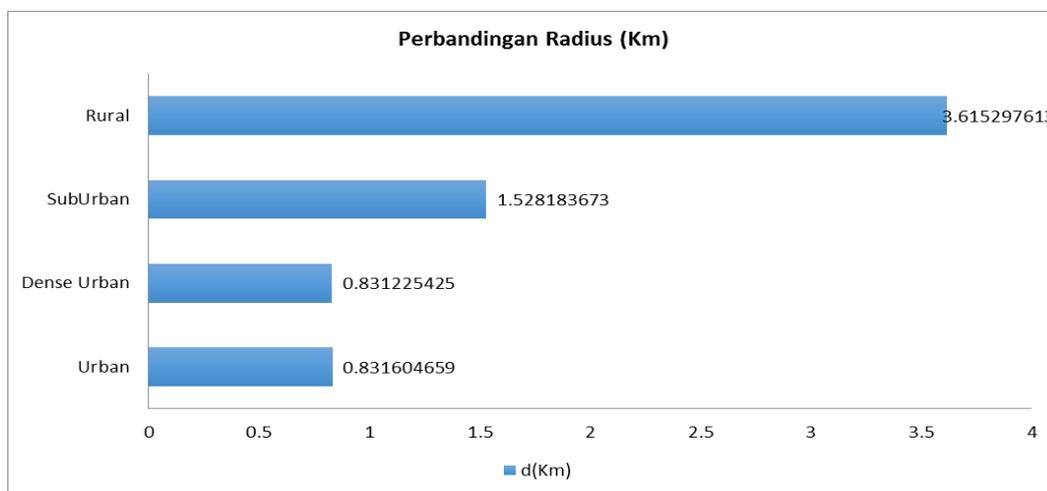
Designed DL cell capacity sendiri merupakan hasil perkalian dari *DL Cell average capacity* dengan *Designed DL Cell loading*. Beberapa asumsi yang digunakan pada proses dimensioning ini adalah sebagai berikut :

1. Sector number per site = 3
2. Peak to average ratio, nilainya berbeda-beda sesuai dengan karakteristik wilayah, untuk dense urban sebesar 40%, urban 20%, sub urban 10% dan rural 0%.
3. *Designed DL cell loading* = 50%
4. *DL Cell average capacity* disajikan pada Tabel 4.

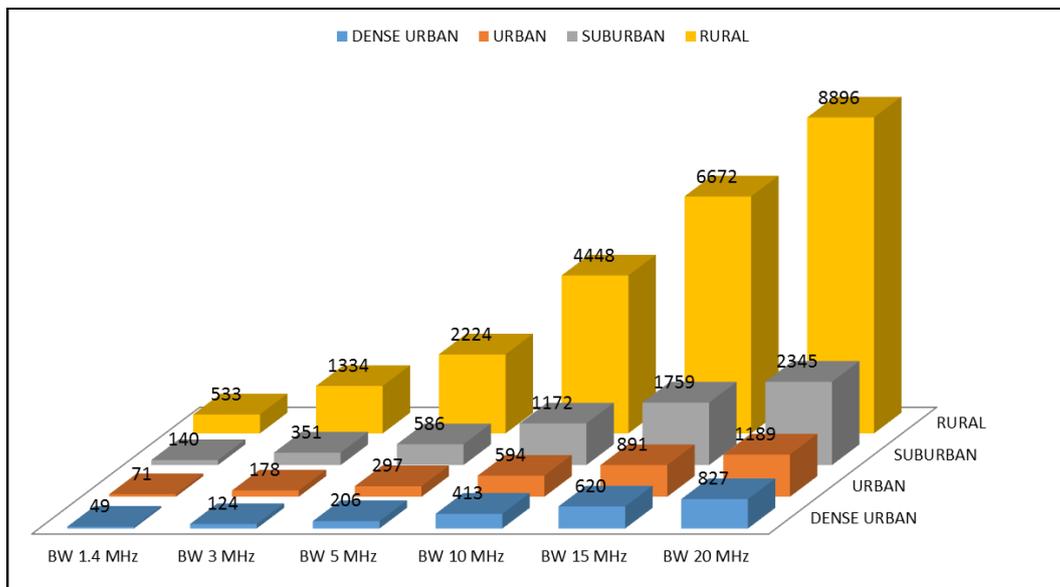
2. TABEL 4. DL CELL AVERAGE CAPACITY

	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
Dense Urban	2.11	5.28	8.80	17.60	26.40	35.20
Urban	2.11	5.28	8.80	17.60	26.40	35.20
Sub urban	2.06	5.16	8.60	17.20	25.80	34.40
Rural	2.06	5.16	8.60	17.20	25.80	34.40

Berdasarkan hasil perhitungan *capacity dimensioning* diperoleh kapasitas user per site dalam area cakupan seluas 1 KM2 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 16.



Gambar 15. Perbandingan Radius Atau Jangkauan Untuk Daerah Rural, Sub Urban, Dense Urban Dan Urban Teknologi LTE Frekuensi 700 MHz



Gambar 16. Kapasitas user per site dalam 1 Km²

Besar kecilnya kapasitas per site tersebut dipengaruhi oleh aktifitas user di wilayah yang bersangkutan. Karena kapasitas cell tetap, aktifitas user yang semakin tinggi, termasuk semakin variatifnya tipe layanan yang digunakan menyebabkan jumlah user yang dapat dilayani menjadi semakin kecil. Berdasarkan Gambar 16 terlihat bahwa kapasitas user per site dalam area seluas 1 Km² di daerah dense urban adalah yang terendah dan yang tertinggi adalah di wilayah rural. Hal ini dapat dimengerti karena aktifitas user di wilayah dense urban merupakan yang tertinggi dan jenis layanan yang digunakan pun semakin banyak dan variatif.

3. Kebutuhan site

Jumlah site per km² ditentukan oleh *network throughput* per km². Penelitian ini mensimulasikan perhitungan site pada bandwidth yang bervariasi yaitu pada 1.4 MHz, 3 Mhz, 5 Mhz, 10 Mhz, 15 Mhz dan 20 Mhz.

a. Skenario (BW 1.4 MHz)

Hasil simulasi untuk skenario 1 (BW yang digunakan 1.4 MHz) menunjukkan bahwa untuk daerah urban, sub urban dan rural, bila LTE digelar mulai tahun 2014, maka setidaknya pada penggunaan bandwidth sebesar 5 MHz, setidaknya sampai delapan tahun sejak LTE digelar, operator tidak perlu membangun site baru.

d. Skenario 4 (BW 10 MHz)

Hasil simulasi jumlah site per km² untuk skenario 4 disajikan pada Gambar 20. Dari gambar tersebut terlihat bahwa untuk semua karakteristik wilayah, yang terdiri dari wilayah dense urban, urban, sub-urban dan rural dalam jangka waktu delapan tahun tidak memerlukan penambahan site baru.

e. Skenario 5 (BW 15 MHz)

Jumlah site per km² untuk skenario 5 (penggunaan bandwidth sebesar 15 MHz) menunjukkan bahwa untuk

sampai delapan tahun kedepan, tidak diperlukan penambahan site baru. Namun untuk dense urban, pada tahun ke 6 diperlukan penambahan site. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 17.

b. Skenario 2 (BW 3 MHz)

Hasil simulasi apabila bandwidth yang digunakan sebesar 3 MHz diperlihatkan pada Gambar 18. Berdasarkan hasil simulasi tersebut, wilayah yang masuk dalam kategori dense urban diperlukan penambahan site pada tahun ke 8 semenjak LTE digelar. Sedangkan untuk daerah urban, sub-urban dan rural, tidak diperlukan penambahan site, setidaknya sampai delapan tahun kedepan.

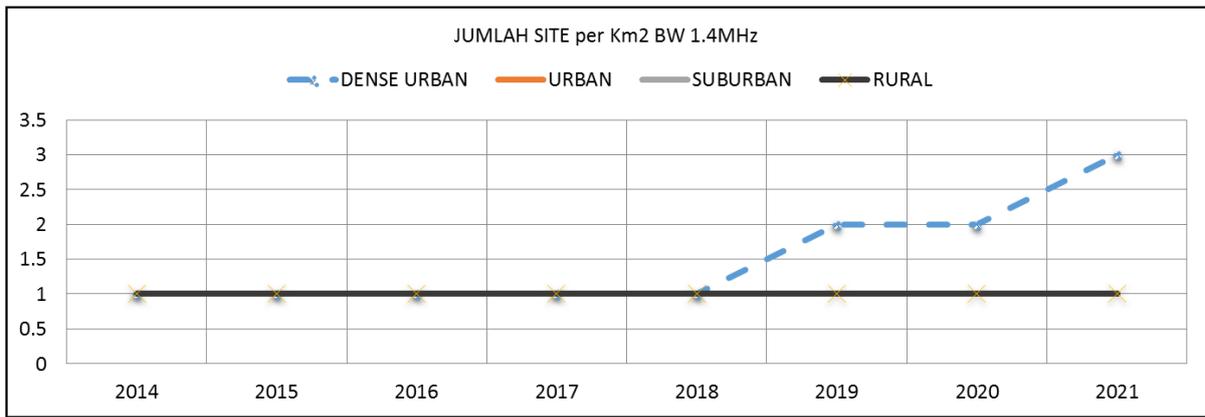
c. Skenario 3 (BW 5 MHz)

Hasil simulasi skenario 3 (BW yang digunakan sebesar 5 MHz) dapat ditunjukkan pada Gambar 19. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa per km² luas wilayah untuk wilayah dense urban, urban, sub-urban maupun rural hanya diperlukan satu site saja. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa

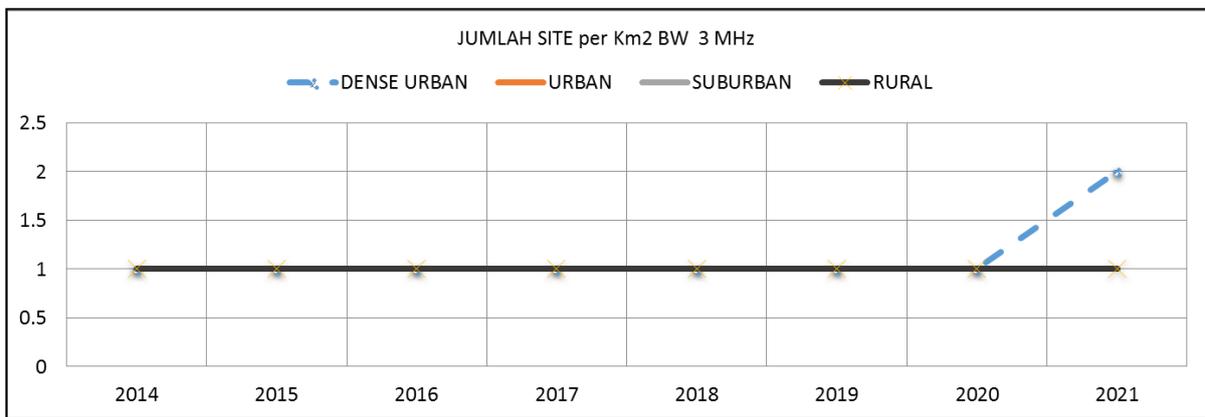
daerah dense urban, urban, sub-urban dan rural tidak perlu ada penambahan site baru dari tahun pertama sampai ke delapan (gambar 21). Dengan demikian bandwidth sebesar 15 MHz cukup optimum digunakan setidaknya dalam waktu delapan tahun sejak LTE digelar.

f. Skenario 6 (BW 20 MHz)

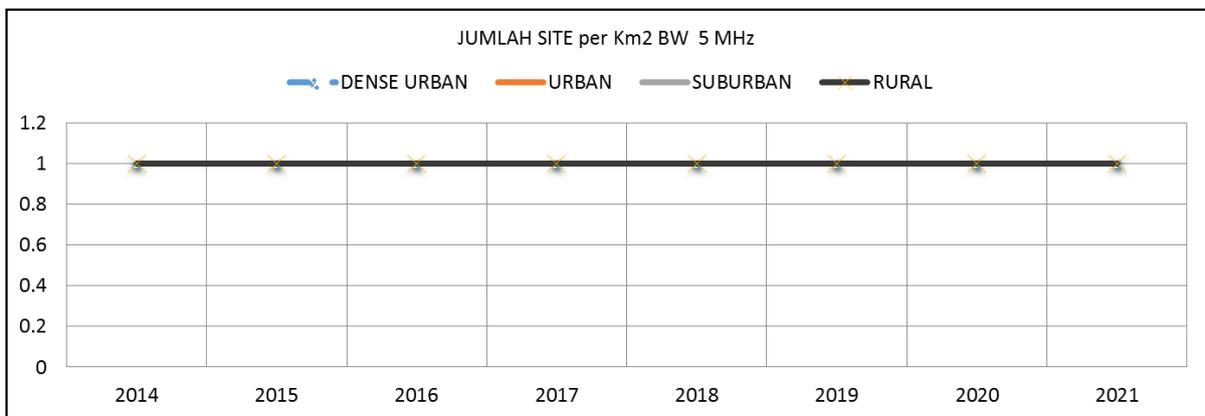
Dengan skenario yang ke enam (penggunaan bandwidth sebesar 20 MHz), hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk daerah dense urban, urban, sub-urban dan rural, setidaknya sampai delapan tahun sejak LTE digelar, tidak perlu adanya penambahan site baru. Hasil simulasi skenario 6 disajikan pada Gambar 22.



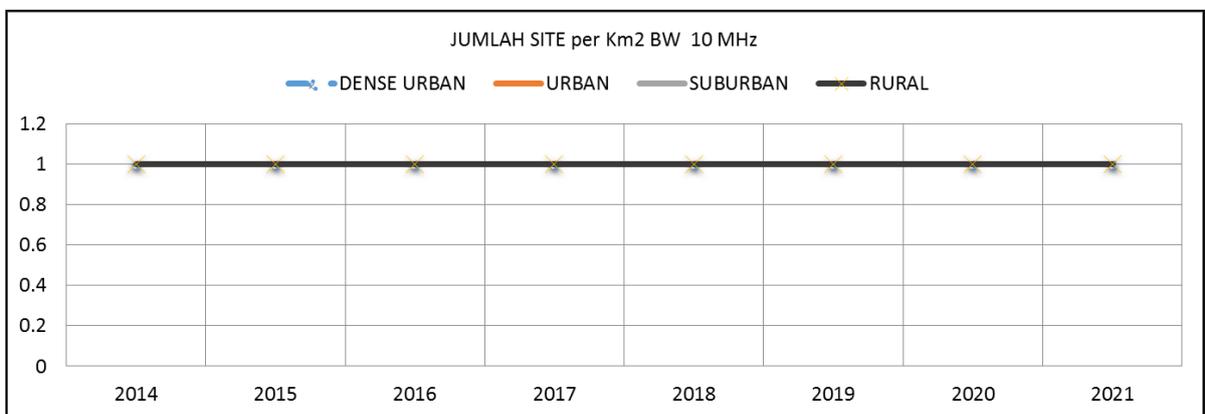
Gambar 17. Jumlah Site per km² Pada Bandwidth 1.4 MHz



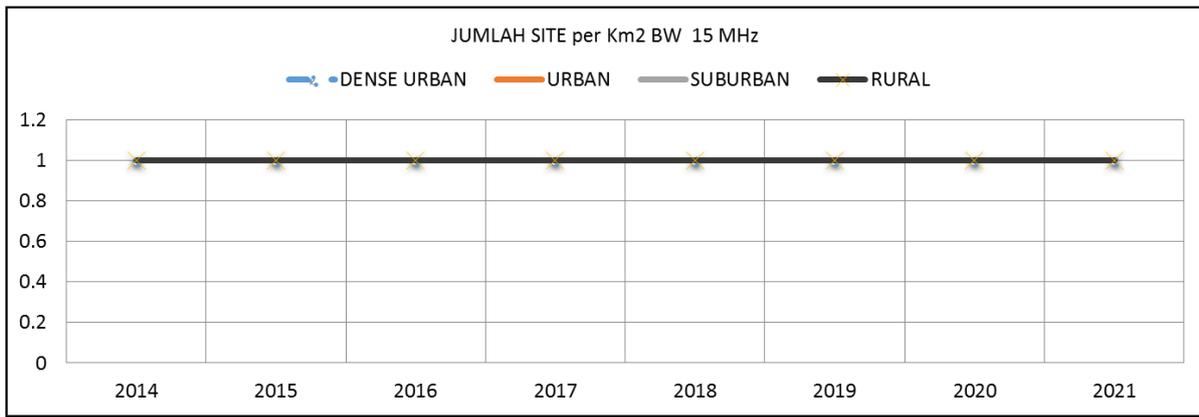
Gambar 18. Jumlah Site per km² pada Bandwidth 3 MHz



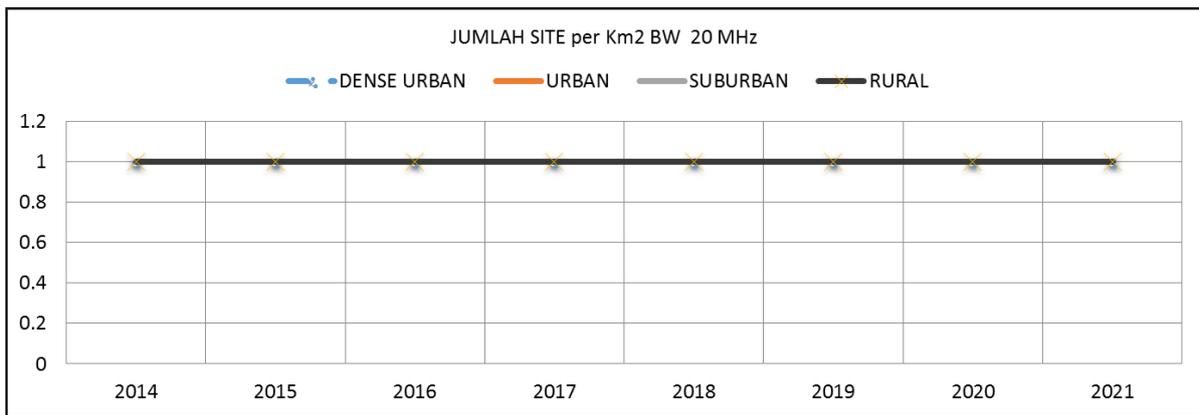
Gambar 19. Jumlah Site per km² pada Bandwidth 5 MHz



Gambar 20. Jumlah Site per km² pada Bandwidth 10 MHz



Gambar 21. Jumlah Site per km² pada Bandwidth 15 MHz



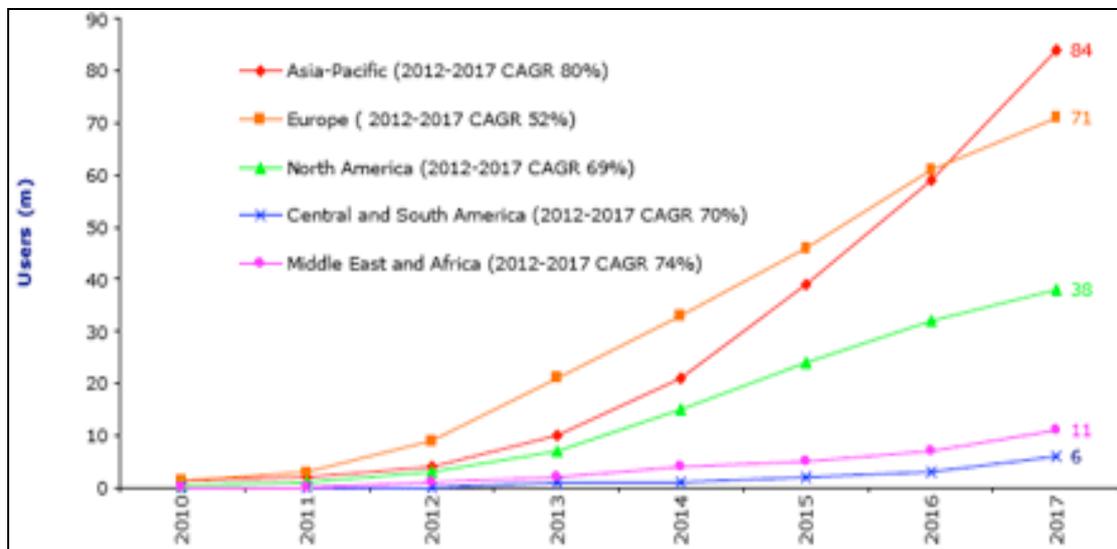
Gambar 22. Jumlah Site per km² pada Bandwidth 20 MHz

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, dari mulai skenario satu sampai dengan skenario 6, dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar bandwidth yang digunakan untuk penyelenggaraan LTE, maka penggunaan frekuensi semakin efisien dan kebutuhan investasi untuk infrastruktur juga semakin bisa ditekan. Akan tetapi perlu juga diperhatikan mengenai jumlah operator telekomunikasi yang bermain. Karena dengan semakin besarnya bandwidth frekuensi yang digunakan, maka operator yang bisa masuk sebagai penyelenggara layanan LTE akan semakin sedikit.

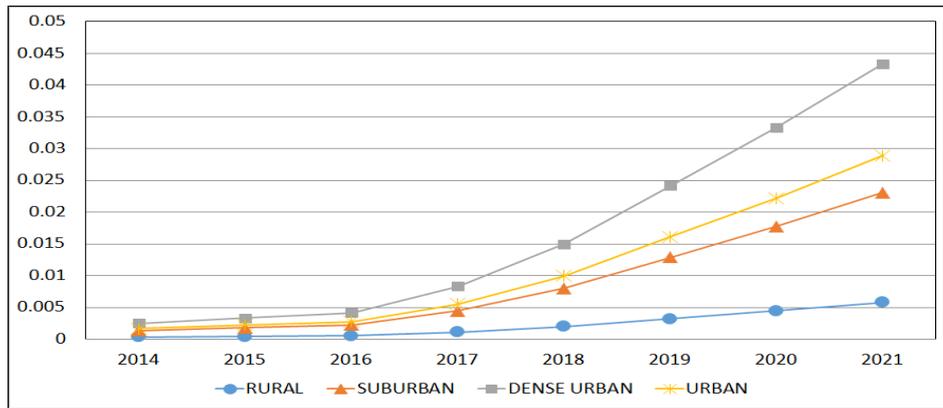
Berdasarkan studi dari Fierce Wireless Europe tentang LTE mobile broadband forecast dari tahun 2010 sampai tahun 2017, estimasi jumlah pelanggan LTE di negara Asia-Pasifik mengalami peningkatan yang cukup signifikan dibandingkan dengan negara lainnya (lihat Gambar 23). Hal ini disebabkan penetrasi mobile broadband di Asia-Pasifik cukup besar dari tahun ketahun.

Penentuan trafik pelanggan LTE di Indonesia dalam penelitian ini mengacu pada hasil estimasi LTE mobile broadband dari fierce wireless untuk negara Asia-Pasifik.

4. Estimasi Jumlah Pelanggan LTE



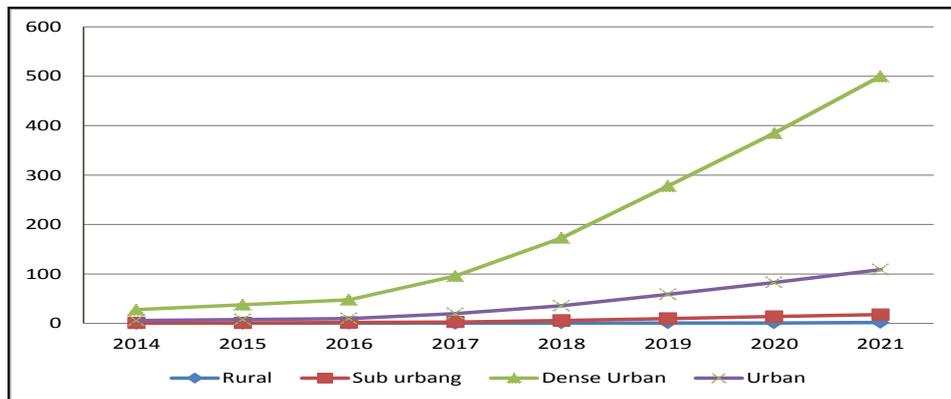
Gambar 23. Estimasi Jumlah User LTE (Sumber: http://www.fiercewireless.com/europe/slideshows/graphs_lte-mobile-broadband-forecast)



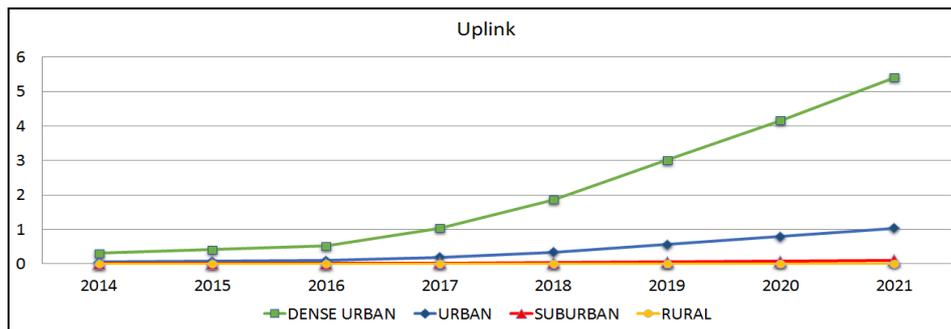
Gambar 24. . Estiamasi Penetrasi Pelanggan LTE/km² di Indonesia

TABEL 5. ESTIMASI PELANGGAN LTE/KM² DI INDONESIA

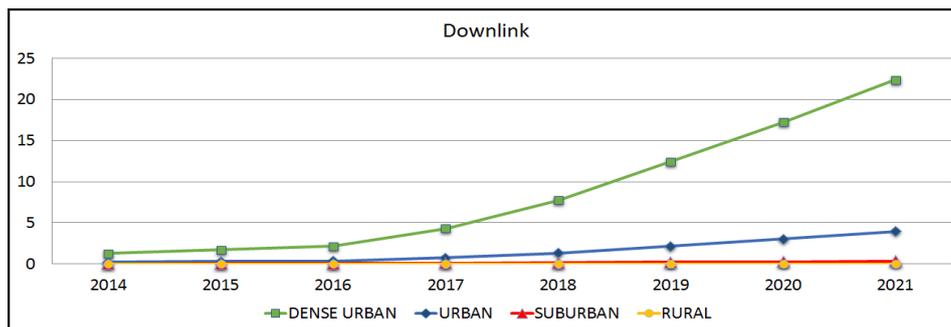
Daerah	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Rural	0	0	0	0	1	1	1	2
Sub urbang	1	1	2	3	6	10	14	18
Dense Urban	28	38	48	96	173	278	385	500
Urban	6	8	10	20	36	59	83	109



Gambar 25. Perkiraan Jumlah Pelanggan LTE di Indonesia



Gambar 26. Estimasi Trafik (Network Throughput) untuk arah Uplink



Gambar 27. . Estimasi Trafik (Network Throughput) untuk Arah Downlink

Berdasarkan Gambar 24, diperoleh jumlah pelanggan LTE/km² dari tahun 2014 sampai 2021 yang ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 25. Perkiraan jumlah pelanggan LTE/Km² untuk daerah dense-urban meningkat cukup signifikan. Selain sebagai daerah perkotaan, dense urban merupakan daerah dengan tingkat kepadatan penduduknya tinggi. Berdasarkan data yang diperoleh sebelumnya, pengguna mobile broadband di daerah dense-urban paling banyak dibanding dengan daerah lainnya. Jumlah pelanggan mobile broadband dari tahun ke tahun juga mengalami peningkatan dari tahun ketahun. Sehingga diperkirakan pelanggan LTE di daerah dense-urban paling banyak dibanding dengan pelanggan di daerah yang lain dan mengalami peningkatan cukup signifikan dari tahun ke tahun.

Estimasi trafik atau network throughput adalah kecepatan rata-rata data yang diterima oleh suatu node dalam selang waktu pengamatan tertentu. Throughput merupakan bandwidth aktual saat itu juga dimana kita sedang melakukan koneksi. Satuan dari *throughput* adalah bps. Network throughput diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{Network Throughput (IP)}(\text{Mbps}) = (\text{Total User Number} \times \text{Single User Throughput (IP)})/1000.$$

Berdasarkan persamaan *network throughput* diatas diperoleh grafik estimasi trafik untuk arah *uplink* (gambar 26) dan grafik estimasi trafik untuk arah *downlink* (gambar 27). Dari gambar tersebut dapat terlihat estimasi trafik baik untuk arah *uplink* maupun *downlink* untuk daerah *dense urban* paling besar dibanding dengan yang lainnya.

TABEL 5. OPERATOR SELULER DI INDONESIA

No	Operator	Owner	Technology	Spectrum	Market Share (Q3/2010)
1	Telkomsel	65% Telkom, 35% SingTel	GSM, 3G (UMTS)	GSM (900/800 MHz) : 30 MHz 3G (2100 MHz) : 10 MHz	41.1%
2	Indosat	65% Qtel, 14.3% RI Govt, 20.7% Public	GSM, 3G (UMTS)	GSM (900/800 MHz) : 30 MHz 3G (2100 MHz) : 10 MHz	17.5%
3	XL Axiata	68.7% Axiata, 13.3% Etisalat, 20.0% Public	GSM, 3G (UMTS)	GSM (900/800 MHz) : 30 MHz 3G (2100 MHz) : 10 MHz	17.0%
4	HCPT	60% Hutchison Whampoa 40% Charoen Phokpand	GSM, 3G (UMTS)	GSM (900/800 MHz) : 30 MHz 3G (2100 MHz) : 5 MHz	4.8%
5	NTS	51% Saudi Telecom Co. 44% Maxis, 5% Lippo	GSM, 3G (UMTS)	GSM (900/800 MHz) : 30 MHz 3G (2100 MHz) : 5 MHz	3.0%
6	Flexi	100% Telkom	CDMA 2000 1x	CDMA 800 MHz : 5 MHz	7.4%
7	Bakrie Telecom	21.1% Bakrie Brothers 78.9% Public	CDMA 2000 1x EVDO	CDMA 800 MHz : 5 MHz	5.3%
8	StarOne	100% Indosat	CDMA 2000 1x	CDMA 800 MHz : 3.75 MHz	0.3%
9	Mobile-8	Jerash Inv. 19.6% Corp. United Inv. 12.7% Etrading Sec. 12.0% Qualcom 3.1%, Public 52.7%	CDMA 2000 1x EVDO	CDMA 800 MHz : 6.25 MHz	1.3%
10	Sampoerna Telecom	100% Sampoerna	CDMA 2000 1x	CDMA 450 MHz : 10 MHz	0.1%
11	Smart Telecom	100% SinarMas	CDMA 2000 1x EVDO	CDMA 1900 MHz : 10 MHz	2.0%

Sumber: National broadband Plan Peluang dan tantangan, Merujuk RPJMN Target Pembangunan Broadband, Denny Setiawan, 28 Maret 2011

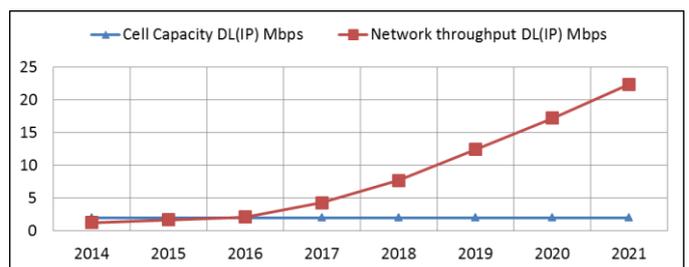
TABEL 6. BANDWIDTH DAN JUMLAH RESOURCE BLOCK YANG DIGUNAKAN UNTUK LTE

Channel Bandwidth BW Channel [MHz]	1.4	3	5	10	15	20
Number of resource blocks	6	15	25	50	75	100

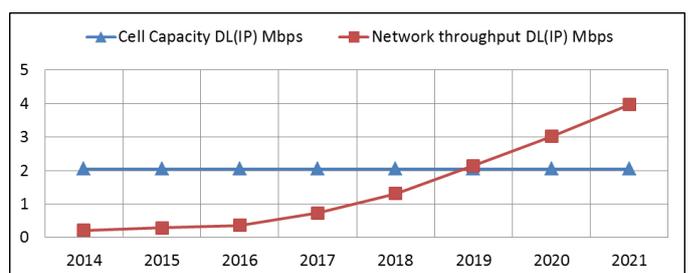
5. Jumlah Operator Optimal

Jumlah operator seluler di Indonesia berdasarkan data tahun 2010 sebanyak 11 operator. Perusahaan Telkomsel, Indosat, XL Axiata, Hutchinson CP Telecommunication (HCPT) dan Natrindo Seluler atau Axis menggunakan teknologi yang sama yaitu GSM dan 3G (UMTS). Flexi, StarOne dan Sampoerna Telecom menggunakan teknologi CDMA 2000 1x. Sedangkan Bakrie Telecom, Mobile-8 dan Smart Telecom menggunakan teknologi CDMA 2000 1x. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 5.

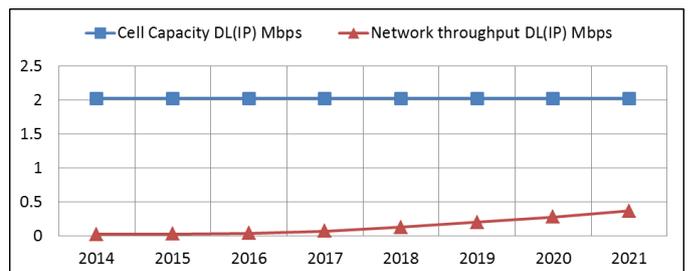
Di dalam simulasi, diasumsikan LTE mulai diterapkan pada tahun 2014. Hasil simulasi untuk skenario I (11 operator dengan pembagian bandwidth 1.4 MHz) menunjukkan bahwa kapasitas cell untuk wilayah dense urban selama dua tahun pertama masih terpenuhi. Namun setelah itu sudah tidak terpenuhi, sehingga perlu dilakukan penambahan bandwidth atau pembangunan site baru. Untuk wilayah urban, kapasitas cell masih terpenuhi sampai tahun 2019, namun setelah itu perlu penambahan bandwidth atau pembangunan site baru. Untuk sub urban dan rural kapasitas cell masih terpenuhi hingga tahun 2021. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 28, 29, 30 dan 31.



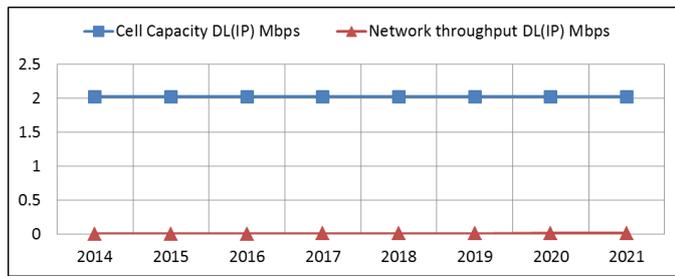
Gambar 28. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Dense Urban (skenario 1)



Gambar 29. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Urban (skenario 1)

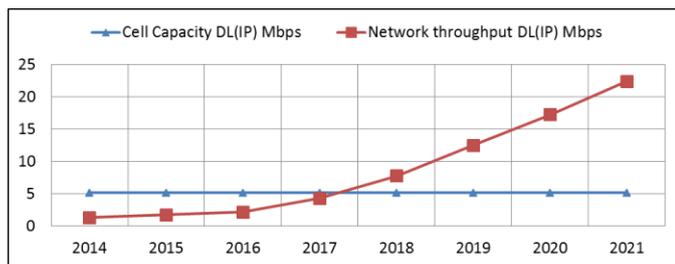


Gambar 30. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Sub Urban (skenario 1)

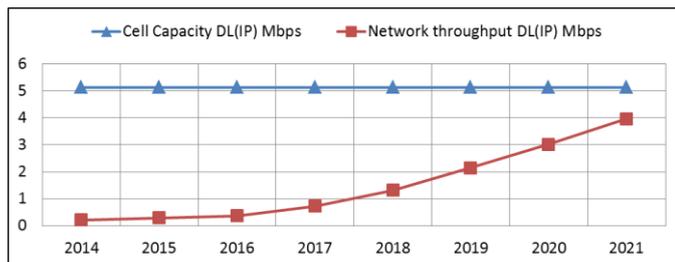


Gambar 31. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Rural (skenario 1)

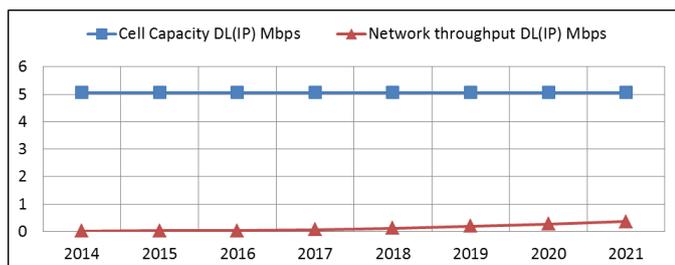
Hasil simulasi untuk skenario 2 (11 operator dengan pembagian bandwidth 3 MHz) menunjukkan network throughput sampai dengan tahun 2017 untuk daerah dense urban masih lebih kecil dibandingkan dengan cell capacity. Namun setelah tahun 2017, network throughput melebihi cell capacity sehingga perlu adanya penambahan bandwidth atau pembangunan site baru (Gambar 32). Untuk daerah urban, network throughput masih lebih kecil dari cell capacity sampai dengan tahun 2021. Namun setelah tahun 2021 diperkirakan network throughput melebihi cell capacity (gambar 33). Perbandingan cell capacity dan network throughput untuk daerah sub urban dapat dilihat pada gambar 34. Gambar tersebut menunjukkan bahwa sampai tahun 2021 network throughput masih belum melebihi cell capacity (gambar 35).



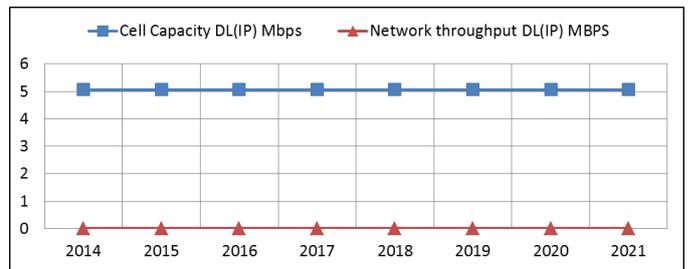
Gambar 32. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Dense Urban (skenario 2)



Gambar 33. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Urban (skenario 2)

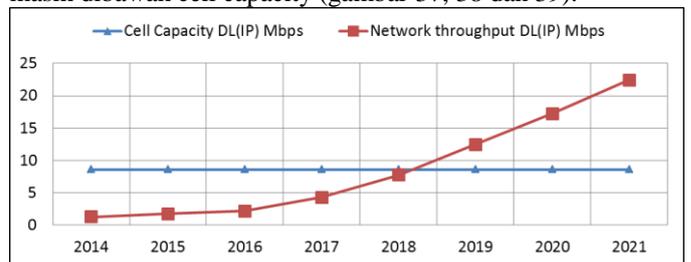


Gambar 34. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Sub Urban (skenario 2)

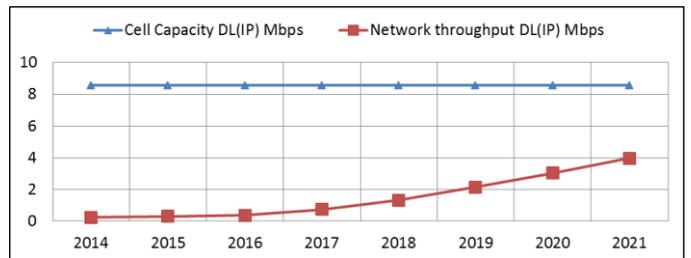


Gambar 35. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Rural (skenario 2)

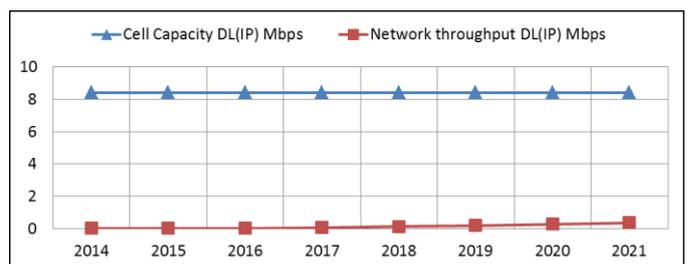
Hasil simulasi skenario 3 (9 operator dengan pembagian bandwidth 5 MHz) menunjukkan bahwa untuk tipe dense urban, network throughput melebihi cell capacity pada tahun 2018, sehingga pada tahun 2018 perlu penambahan bandwidth atau site baru (gambar 36). Sedangkan untuk daerah urban, sub urban dan rural sampai tahun 2021 network throughput masih dibawah cell capacity (gambar 37, 38 dan 39).



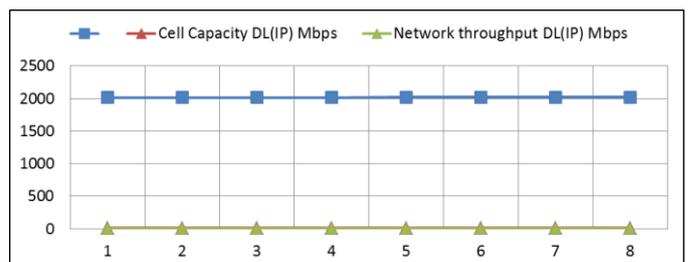
Gambar 36. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Dense Urban (skenario 3)



Gambar 37. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Urban (skenario 3)

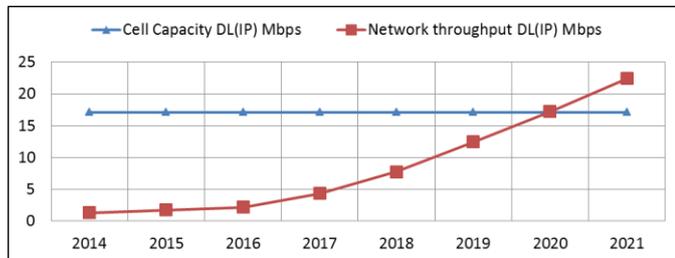


Gambar 38. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Sub Urban (skenario 3)

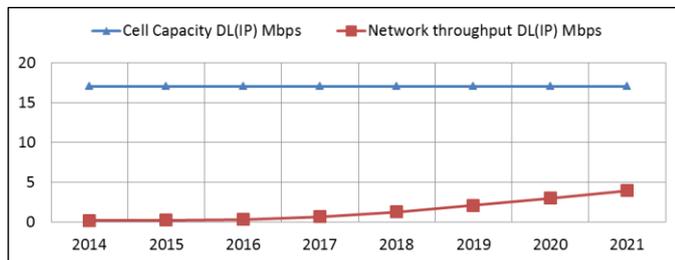


Gambar 39. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Rural (skenario 3)

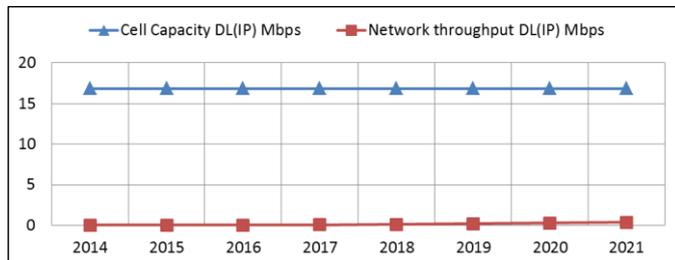
Hasil simulasi skenario 4 (4 operator dengan pembagian bandwidth 10 Mhz) menunjukkan bahwa untuk daerah dense urban, sampai tahun 2020 cell capacity masih memenuhi *network throughput*. Namun setelah tahun 2020 *network capacity* melebihi *cell capacity* sehingga perlu adanya penambahan *bandwidth* atau site baru (gambar 40). Untuk daerah urban, sub urban dan rural, *cell capacity* masih terpenuhi hingga tahun 2021(gambar 41, 42, 43).



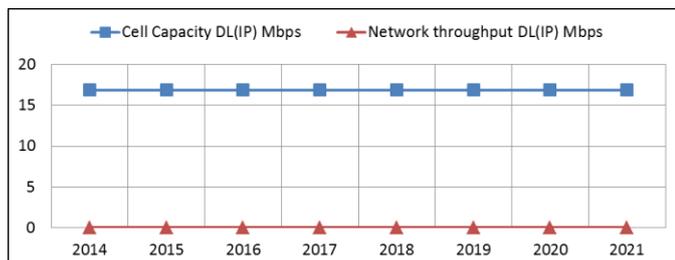
Gambar 40. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Dense Urban (skenario 4)



Gambar 41. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Urban (skenario 4)

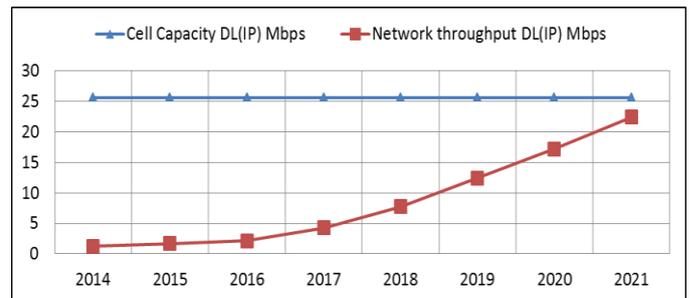


Gambar 42. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Sub Urban (skenario 4)

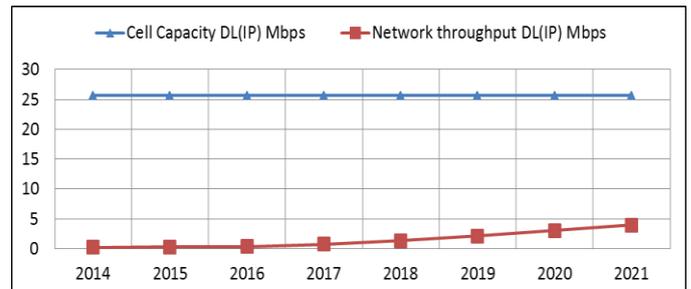


Gambar 43. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Rural (skenario 4)

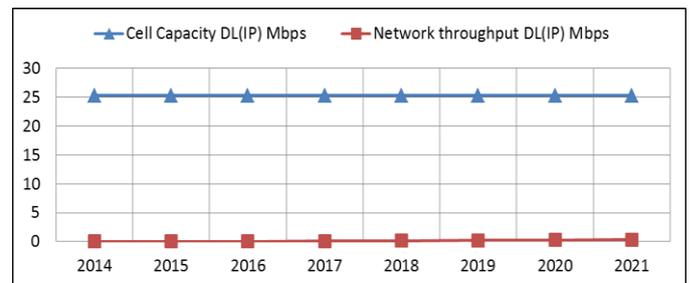
Berdasarkan hasil simulasi untuk skenario 5 (3 operator dengan pembagian bandwidth 15 Mhz), sampai dengan tahun 2021 *cell capacity* untuk daerah dense urban, urban, sub urban dan rural masih memenuhi kebutuhan trafik (gambar 44, 45, 46 dan 47). Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk pembagian *bandwidth* sebesar 15 MHz, operatot LTE tidak perlu menambah *bandwidth* atau membangun site baru sampai tahun 2021.



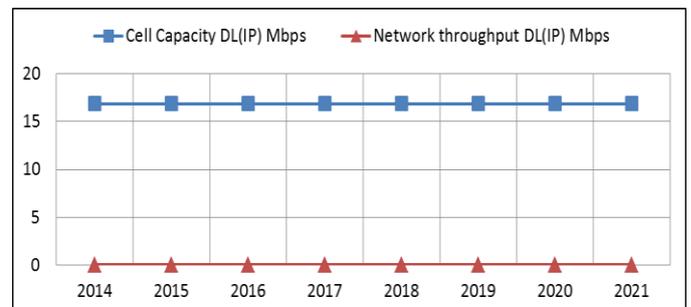
Gambar 44. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Dense Urban (skenario 5)



Gambar 45. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Urban (skenario 5)

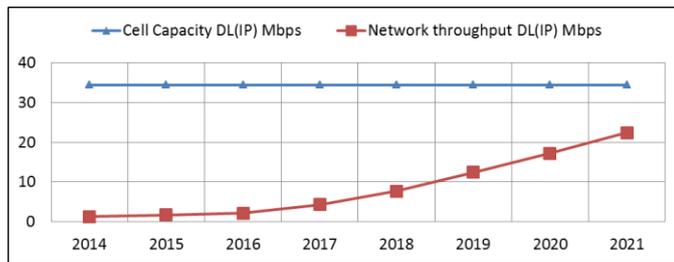


Gambar 46. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Sub Urban (skenario 5)

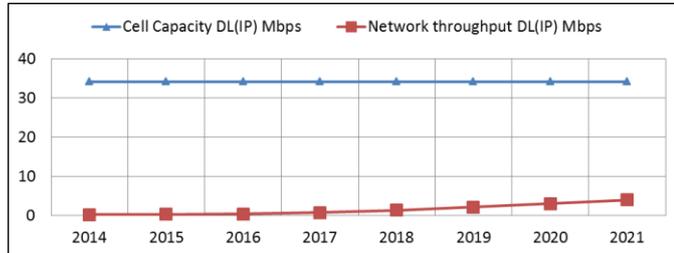


Gambar 47. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Rural (skenario 5)

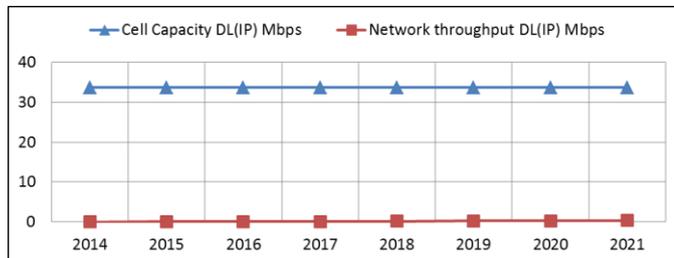
Simulasi untuk skenario 6 (2 operator LTE dengan pembagian bandwidth masing-masing 20 MHz) dapat ditunjukkan pada gambar 48, 49, 50 dan 51. Berdasarkan gambar tersebut dapat terlihat bahwa dari tahun pertama sampai tahun ke delapan *network throughput* tidak melebihi *cell capacity* baik di daerah dense urban, urban, sub urban maupun rural. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa dengan *bandwidth* sebesar 20 MHz operator tidak perlu menambah *bandwidth* atau membangun site baru sampai tahun 2021.



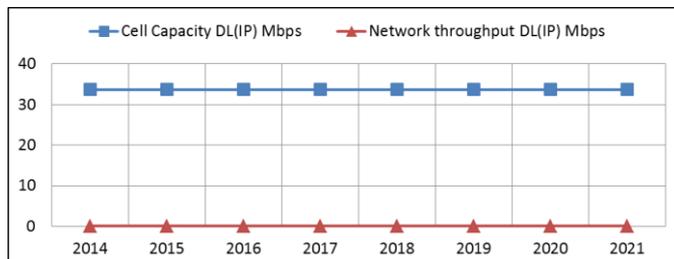
Gambar 48. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Dense Urban (skenario 6)



Gambar 49. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Urban (skenario 6)

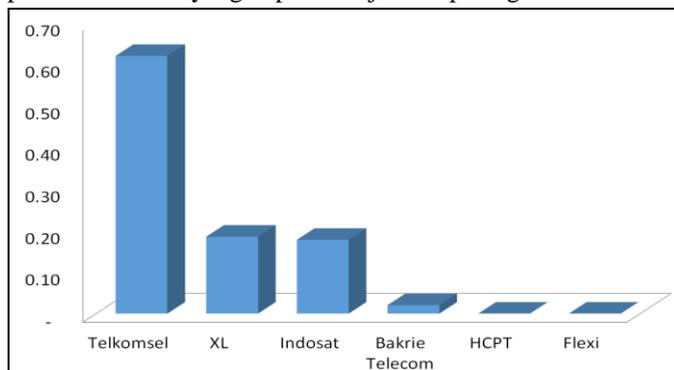


Gambar 50. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Sub Urban (skenario 6)



Gambar 51. Cell Capacity dan Network Throughput untuk Daerah Rural (skenario 6)

Berdasarkan data jumlah user dan ARPU yang diperoleh dari *annual report* enam operator seluler yaitu Telkomsel, XL Axiata, Indosat, Bakrie Telecom, HCPT dan Flexi diperoleh presentase revenue forecast masing-masing operator tersebut pada tahun 2014 yang dapat ditunjukkan pada gambar 52.



Gambar 52. Persentase revenue Forecast Terhadap Enam Operator Seluler pada Tahun 2014

Berdasarkan gambar 52 tersebut terlihat bahwa tiga operator besar yaitu Telkomsel, XL Axiata, dan Indosat mempunyai presentase revenue yang tinggi dibanding dengan operator lainnya. Dengan mempertimbangkan *cell capacity*, *network thruohput* serta revenue masing-masing operator, jumlah operator LTE optimum sebanyak 3 operator dengan pembagian bandwidth masing-masing sebesar 15 MHz. Hal ini disebabkan ada tiga operator besar yang mempunyai revenue tinggi yaitu Telkomsel, Indosat dan XL Axiata berpotensi untuk membangun jaringan LTE.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan link budget diketahui bahwa jangkauan paling besar yaitu daerah rural kemudian disusul berturut-turut daerah sub urban, dense urban dan urban. Daerah rural memiliki jangkauan paling besar karena wilayah tersebut memiliki gedung-gedung dengan ketinggian rendah dan kerapatan kurang, serta memiliki banyak pepohonan. Sehingga path loss (redaman) paling kecil dibanding daerah lainnya

Kapasitas user per site dalam 1 Km² dari urutan terbesar ke kecil berturut-turut yaitu daerah rural, sub urban, urban dan dense urban. Daerah rural memiliki kapasitas terbesar karena aktifitas user di daerah rural paling sedikit dibanding dengan daerah lainnya. Estimasi jumlah pelanggan LTE di Indonesia paling besar yaitu di daerah dense-urban yaitu mencapai 500 user/Km² pada tahun ke 8. Jumlah operator LTE-700 MHz paling optimum sebanyak 3 operator dengan pembagian bandwidth masing-masing 15 MHz

B. Saran

Estimasi jumlah pelanggan dan kapasitas user per site dalam 1 Km² sebaiknya sampai lebih dari 10 tahun agar lebih terlihat bahwa LTE-700 MHz masih cukup optimum dalam masa lisensi frekuensinya.

DAFTAR PUSTAKA

- PT. Kompas Cyber Media (Kompas Gramedia). *Operator Optimalkan Teknologi 3G*, 2013. (<http://teknokompas.com/read/2013/05/27/03081059/operator.optimalkan.teknologi.3>, diakses 4 Juli 2013)
- Baszlink. (2011, September 7). *Digital Devide*. Dipetik Januari 16, 2013, dari BassSlink WebLog: basslink.blogspot.com
- BOZSÓKI, I. (2013, May). *DIGITAL DIVIDEND ITU Report : Insights for Spectrum Decisions*. Dipetik June 1, 2013, dari Carribean Telecommunications Union: http://www.ctu.int/download/IBozsoki_9%20Digital%20Dividend.pdf
- Dewantoro, A. (2010, April 4). *antondewantoro*. Dipetik Desember 27, 2010, dari wordpress: <http://antondewantoro.wordpress.com>
- F.Molisch, A. (2011). *Wireless Communications*. Dalam L. John Wiley & Sons, *Wireless Communications Second Edition*.
- Hasun, F. (2013, Juni). *Business Model*. (F. I. LTE, Pemain)
- Huawei. (2010). *LTE Radio Network Capacity Dimensioning*. *LTE Radio Network Capacity Dimensioning*. Huawei.

Huawei Technologies co., LTD. (2010). LTE Radio Network Planning Introduction . *LTE Radio Network Planning Introduction* . Huawei Technologies co., LTD.

ITU. (2012). *Regional project Asia-Pacific : Guidelines for the Transition from Analog to Digital Broadcast*. ITU.

Kominfo, K. (2011, 11). Permen No. 22/PER/M.KOMINFO/11/2011. *Penyelenggara Penyiaran TV Digital Terrestrial Penerimaan tetap Tidak Berbayar (free to air)*. Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia: Kementerian Komunikasi dan Informatika.

Kominfo, K. (2012). Permen Kominfo No. 18 Tahun 2012. *Permen Kominfo No. 18 Tahun 2012 tentang Perhitungan Tarif Sewa saluran Siaran pada Penyelenggara Penyiaran Multipleksing*. Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia: Kementerian Kominfo.

Oxford Dictionaries. (t.thn.). *Definition of dividend in English*. Dipetik Juni 2, 2013, dari Oxford Dictionaries: <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/dividend>

Pigneur, A. O. (2012). Business Model Generation. Dalam P. E. Komputindo, *Business Model Generation*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.

PT. Kompas Cyber Media . (2013). *Operator Optimalkan Teknologi 3G*. Dipetik Juli 4, 2013, dari kompas: <http://tekno.kompas.com>

Statistik, B. P. (2013). *Statistik Indonesia 2012*. Jakarta: BPS.

Telkomsel. (2013). *How to Optimize Digital Dividend for LTE*. (E. B. Tamba, Pemain) FGD I "Studi Pemanfaatan Digital Dividend untuk LTE, Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia.