



# Analisis Kelayakan Implementasi LTE 1.8 GHz Bagi Operator Seluler di Indonesia

## *Feasibility Analysis of LTE 1.8 GHz for Mobile Operators in Indonesia*

Sri Ariyanti<sup>1</sup>, Doan Perdana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika

<sup>1</sup>Jl. Medan Merdeka Barat No.9 Jakarta 10110, Indonesia

<sup>2</sup>Electrical Engineering Department, Telkom University

<sup>2</sup>Jl. Telekomunikasi, Terusan Buah Batu, Bandung 40257, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

Naskah diterima 3 Januari 2015

Direvisi 25 Januari 2015

Disetujui 25 Februari 2015

#### Keywords:

LTE

Feasibility Analysis

1.8 GHz

#### Kata kunci :

LTE

Analisis Kelayakan

1,8 GHz

### ABSTRACT

*The increasing of data demand drives mobile operators to implement more reliable broadband access network. LTE technology has downlink peak rate up to three times than HSDPA, hence it may fulfill the mobile data user requirement. Frequency 1.8 GHz refarming can be implemented to provide efficiency because they do not need to pay licence fee for leasing new frequency. GSM technology will be abandoned since it is not growing anymore. Besides that, dense urban users tend to use data mobile. Before implementing LTE technology on 1.8 GHz frequency, it is necessary to analysis the feasibility such technology. This research used qualitative method supported by quantitative approach. The result of this research showed that minimum bandwidth to implement 1.8 GHz LTE is 15 MHz. Even without Global Frequency Returning, using bandwidth 10 MHz is not feasible.*

### ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan layanan data mendorong operator telekomunikasi berusaha mengimplementasikan jaringan akses *broadband* yang lebih handal. Teknologi LTE merupakan salah satu teknologi dengan kecepatan mencapai tiga kali dibanding teknologi HSDPA, sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pelanggan data *mobile*. *Refarming* frekuensi 1.8 GHz untuk penerapan teknologi LTE memberikan efisiensi karena tidak perlu membayar BHP lagi untuk menyewa frekuensi baru. Teknologi 2G GSM selama ini juga semakin ditinggalkan. Masyarakat di daerah perkotaan cenderung lebih banyak menggunakan layanan data. Sebelum diterapkannya teknologi LTE pada frekuensi 1.8 GHz perlu adanya kajian untuk mengetahui kelayakan teknologi LTE pada frekuensi 1.8 GHz. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan *cost-benefit analysis* implementasi LTE pada frekuensi 1.8 GHz. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif yang didukung dengan data kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minimal bandwidth yang diperlukan agar implementasi LTE layak digunakan adalah 15 MHz. Meskipun tanpa *Global Frequency Returning*, penggunaan *bandwidth* 10 MHz tidak layak digunakan untuk implementasi LTE.

## 1. Pendahuluan

Pola kebutuhan berkomunikasi saat ini dapat dipenuhi dengan sumber informasi yang tidak terbatas melalui internet dan juga mobilitas komunikasi dimana saja melalui teknologi komunikasi nirkabel yang disebut dengan istilah *mobile broadband*. Namun seiring dengan perkembangan tersebut, pengalaman dan kepuasan pengguna jasa telekomunikasi masih belum terpenuhi sesuai dengan yang diharapkan dikarenakan kecepatan dan layanan yang ada masih terbatas. Disamping itu, jumlah pengguna layanan *mobile data* semakin meningkat sejak diluncurkannya teknologi 3G. Hal tersebut menjadi tantangan bagi operator untuk selalu dapat memenuhi harapan para pelanggan agar penyelenggaraan bisnis dapat terus berlangsung. Dengan demikian, para operator telekomunikasi berusaha mengimplementasikan jaringan akses *broadband* yang lebih handal sehingga mampu mengimbangi permintaan dan kebutuhan pelanggan.

<sup>1</sup> Email : sri.ariyanti@kominfo.go.id, <sup>2</sup>doanperdana@telkomuniversity.ac.id

Kehadiran operator baru, ketatnya persaingan bisnis dan meningkatnya pengguna layanan data terutama sejak peluncuran teknologi 3G, mendorong para operator untuk terus meningkatkan kualitas layanannya, baik dari segi kecepatan, kapasitas maupun jangkauan agar dapat menghadapi tantangan-tantangan tersebut. Upaya peningkatan layanan dilakukan dengan mengimplementasikan teknologi yang lebih handal dari segi kecepatan akses maupun kapasitas serta cakupan jaringan.

Teknologi *Long Term Evolution* (LTE) dapat menjadi jawaban atas kebutuhan tersebut. LTE 1.8 GHz merupakan standar teknologi *mobile broadband* berbasis all-IP yang dikeluarkan oleh 3GPP. LTE didesain sebagai teknologi 4G yang menyediakan *multi-megabit bandwidth*, efisien dalam hal penggunaan jaringan radio, pengurangan *latency* dan peningkatan mobilitas serta kapabilitas dalam hal kemampuan untuk interoperasi dan diimplementasikan pada jaringan 2G/3G. Sehingga, implementasi teknologi LTE bersifat *low cost*. Berbagai kelebihan tersebut bertujuan untuk meningkatkan interaksi pengguna jasa telekomunikasi dengan jaringan yang pada akhirnya dapat memenuhi kebutuhan layanan *mobile broadband* (MBB) seperti akses internet *broadband*, *on-line TV*, *blogging*, *social network* dan *interactive gaming*.

Sebelum diterapkan teknologi 4G LTE, perlu diidentifikasi frekuensi yang digunakan. Frekuensi merupakan sumber daya yang terbatas, sehingga penggunaannya harus seefisien mungkin. Agar implementasi teknologi LTE efisien, dapat dilakukan dengan mengimplementasikannya pada frekuensi yang telah digunakan saat ini yaitu frekuensi 1800 MHz yang selama ini digunakan untuk teknologi GSM. *Refarming* frekuensi antara teknologi 2G dan 4G memberikan efisiensi bagi operator, yaitu tidak perlu membayar Biaya Hak Penggunaan (BHP) frekuensi baru.

Merger antara XL Axiata dan Axis memberikan keuntungan berupa *bandwidth* yang lebar pada frekuensi 1.8 GHz yaitu menjadi 22.5 MHz, yang terdiri dari frekuensi yang dimiliki XL Axiata sebesar 7.5 MHz dan Axis sebesar 15 MHz. XL Axiata memiliki rencana untuk menggunakan frekuensi 1.8 GHz sebagai frekuensi bagi teknologi LTE. Selain itu PT. Telkomsel, Indosat dan H3I juga sudah melakukan trial teknologi LTE pada frekuensi tersebut.

Meskipun sudah dilakukan *trial* teknologi LTE oleh keempat operator seluler tersebut, dipandang perlu untuk melakukan analisis ekonomi kelayakan teknologi LTE pada frekuensi 1800 MHz. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan kajian mengenai analisis ekonomi implementasi teknologi LTE pada frekuensi 1800 MHz.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan kajian *Cost Benefit Analysis* terhadap implementasi skema *refarming* frekuensi bagi operator telekomunikasi di Indonesia. Adapun manfaat penelitian ini diharapkan dapat dijadikan salah satu acuan bagi penyusunan kebijakan terkait penggunaan alokasi frekuensi 1.8 GHz untuk skema *refarming* frekuensi bagi operator telekomunikasi di Indonesia.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Anang Prasetyo (Prasetyo, 2011) pada tahun 2011 membuat penelitian berjudul *Techno-Economic Analysis of LTE Release 8 Implementation with Using Capacity and Coverage Estimation Method and DCF Methode in Jabodetabek*. Penelitian tersebut berisi analisa baik secara teknis maupun ekonomis terhadap implementasi LTE release 8 pada jaringan operator dengan menggunakan skenario *co-existence*. Model analisa yang digunakan berdasarkan prinsip tekno ekonomi dengan menggunakan metode *capacity and coverage estimation* untuk menentukan perancangan teknologi LTE dan metoda DCF untuk menganalisa secara ekonomi dan mengukur kelayakan biaya yang dikeluarkan untuk implementasi LTE. Dari simulasi skenario yang dilakukan, diperoleh kesimpulan yaitu NPV terbesar diperoleh berdasarkan skenario pertama dengan pencapaian NPV sebesar Rp. 45.897.032.000, IRR sebesar 18,095%, dan waktu balik modal pada tahun ke 7 dan bulan ke 10. Dari analisis sensitivitas yang dilakukan diperoleh bahwa faktor tarif dan jumlah pelanggan sangat mempengaruhi pencapaian dan dari analisis resiko pada kondisi terburuk terhadap faktor jumlah pelanggan, diperoleh bahwa kemungkinan nilai NPV akan tetap positif

adalah sebesar 83,27%, sehingga dapat disimpulkan bahwa LTE *release 8* layak untuk diimplementasikan di wilayah Jabodetabek.

Anssi Hoikkanen (Hoikkanen & Networks, 2006) melakukan studi ekonomi jaringan *System Architecture Evolution* (SAE) 3G LTE. Analisis dimulai dengan mendeskripsikan pendorong evolusi kedepan jaringan 3G dan kasus bisnis teknologi 3G LTE yang diikuti dengan mendiskusikan prinsip model tekno-ekonomi. Pada akhirnya penelitian ini menganalisis tekno-ekonomi operator 3G LTE pada jaringan 3G yang dimilikinya

P<sup>o</sup> al Grønsund, Ole Grøndalen dan Markku L<sup>ä</sup>hteenoja (Grønsund, Grøndalen, & L<sup>ä</sup>hteenoja, 2013) menganalisis aspek bisnis operator mobile yang menggunakan jaringan LTE dengan menerapkan *cognitive femtocell*. Penambahan sensor *network cognitive femtocells* akan memungkinkan dapat menggunakan frekuensi selain jaringan *mobile*, oleh karena itu perlu adanya peningkatan *power* untuk *cover* area *outdoor* dan gedung sebelahnya. Strategi *cognitive femtocell* akan dibandingkan dengan alternatif strategi dimana operator membangun femtocel konvensional dan harus membangun *base stations* tambahan untuk mengimbangi permintaan trafik. Analisis bisnis menunjukkan ada potensi penghematan biaya ketika menggunakan *cognitive femtocell* jika dibandingkan strategi alternatif. Hasil *sensitivity analysis* menunjukkan bahwa harga *backhaul* merupakan parameter yang paling penting dalam pembangunan jaringan *cognitive femtocell*. Sedangkan biaya yang berhubungan dengan *fixed sensor network* merupakan hal yang paling kurang berpengaruh signifikan. *Sensitivity analysis* dalam penelitian ini juga menunjukkan parameter untuk *spectral efficiency*, *cognitive* dan konvensional *femtocell offloading gain*, *sensor density* dan harga, densitas pelanggan dan pembangunan *site*.

Vladimir Nikolikj dan Toni Jnevski mengembangkan “*state-of-the-art*” model biaya jaringan nirkabel *heterogeneous* untuk menentukan biaya pembangunan jaringan radio yang paling efektif dengan permintaan penggunaan per pelanggan lebih dari 100 GB tiap bulan. Penelitian ini juga membandingkan teknologi LTE-Advanced dan standard Wi-Fi IEEE 802.11ac. Analisis dalam penelitian ini berkontribusi terhadap penilaian keuntungan pengoperasian teknologi LTE-Advanced pada *band digital dividend*. *Outcome* model pembiayaan memberikan penilaian yang tepat pada total investasi yang diperlukan untuk melayani area tertentu, menggunakan band dari 700 MHz sampai 5 GHz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa solusi *small cell* seperti *femto cell* dan WiFi lebih efisien ketika *base station* makro yang baru perlu dibangun atau ketika peningkatan trafik yang tinggi harus dilayani. Pada kasus evaluasi yang lain menunjukkan bahwa pentingnya ukuran spektrum dalam menentukan performansi *cost-capacity*. Dengan mengevaluasi nilai ekonomi pembangunan bersama *small* dan *macro cell*, dapat ditentukan bahwa disamping investasi spektrum tambahan atau membangun jaringan yang lebih banyak, operator *mobile* dapat mengkompensasi *penetration losses indoor* melalui *site femto* atau Wi-Fi (Nikolikj & Janevski, 2014)

## 2.2. Landasan Teori

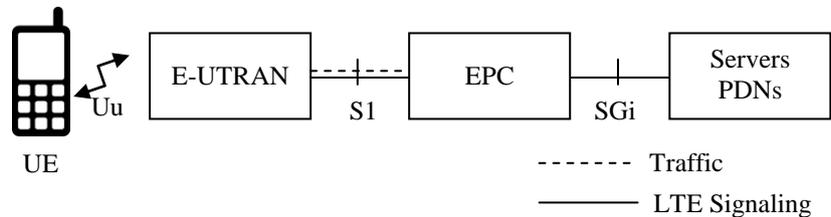
*Long Term Evolution* (LTE) adalah jaringan akses radio evolusi jangka panjang keluaran dari 3rd *Generation Partnership Project* (3GPP). LTE merupakan kelanjutan dari teknologi generasi ketiga (3G) WCDMA-UMTS (Lingga Wardhana, 2014). Organisasi 3GPP merumuskan kriteria teknologi LTE sebagai berikut (Lingga Wardhana, 2014):

- 1) *Peak rate downlink* mencapai 100 Mbps saat pengguna bergerak cepat dan 1 Gbps saat bergerak pelan atau diam, sedangkan *peak rate* untuk *uplink* sebesar 50 Mbps
- 2) *Delay* sistem berkurang hingga 140 ms
- 3) Efisiensi spektrum meningkat dua hingga empat kali lipat dari teknologi 3.5G *High Speed Packet Access* (HSPA) *Release-6*
- 4) Migrasi sistem hemat biaya dari HSPA *Release-6* ke LTE
- 5) Meningkatkan layanan *broadcast*
- 6) Menggunakan penyambungan *Packet Switch* (PS) sehingga memungkinkan sistem mengadopsi IP secara menyeluruh
- 7) *Bandwidth* yang fleksibel mulai dari 1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz hingga 20 MHz

- 8) Dapat bekerja di berbagai spektrum frekuensi baik berpasangan (*paired*) maupun tidak berpasangan (*unpaired*)
- 9) Dapat bekerja sama (*inter-working*) dengan sistem 3GPP maupun sistem non-3GPP yang sudah ada

2.2.1. Arsitektur Jaringan *Long Term Evolution* (LTE)

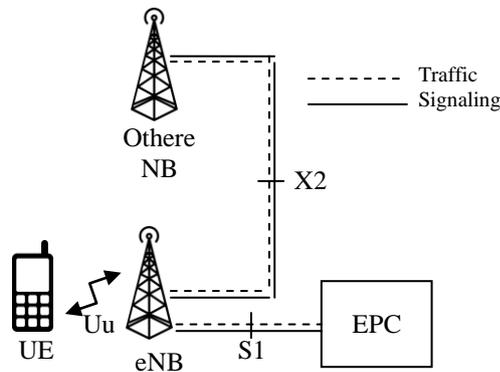
Arsitektur jaringan LTE pada layer fisik secara garis besar terdiri dari *User Equipment* (UE), *the evolved UMTS terrestrial radio access network* (E-UTRAN) dan *evolved packet core* (EPC)(Cox, 2012). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan *Long Term Evolution* (LTE)(Cox, 2012)

*User equipment* (UE) atau *mobile equipment* (ME) merupakan alat komunikasi seperti *voice mobile* atau *smartphone*. *Mobile equipment* dibagi menjadi dua komponen yaitu *mobile termination* (MT) yang menangani semua fungsi komunikasi, dan *terminal equipment* (TE) yang berfungsi mengakhiri aliran data.

*Evolved UMTS terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN) berfungsi menangani komunikasi radio antara *mobile equipment* (ME) dan *evolved packet core* (EPC) dan hanya mempunyai satu komponen yaitu *evolved Node B* (eNB). eNode B adalah *base station* yang mengontrol *mobile equipment* (ME) pada satu atau lebih sel. eNB mempunyai dua fungsi, pertama yaitu mengirim transmisi radio ke ME baik arah *uplink* maupun *downlink* menggunakan fungsi proses sinyal analog dan digital dari LTE *air interface*. Fungsi yang kedua mengontrol operasi level rendah semua *mobile equipment* (ME), dengan mengirimkan pesan sinyal seperti perintah *handover* yang berhubungan dengan transmisi radio. Dalam melaksanakan fungsinya, eNodeB mengkombinasikan fungsi pertama dan *radio network controller*(Cox, 2012). Adapun arsitektur E-UTRAN dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur *evolved UMTS terrestrial radio access network* (E-UTRAN)

Salah satu komponen dari EPC yaitu *home subscriber server* (HSS), merupakan pusat basis data yang berisi semua informasi mengenai pelanggan. HSS merupakan komponen kecil dari LTE yang telah dibawa oleh UMTS dan GSM. *Packet data network* (PDN) *gateway* (P-GW) merupakan titik yang menghubungkan dunia luar. Melalui *interface* SGi, setiap PDN *gateway* tukar menukar data dengan satu atau lebih *external devices* atau *packet data networks*, seperti server server jaringan operator, internet atau subsistem IP multimedia. Setiap paket data *network* diidentifikasi oleh *access point name* (APN). Operator jaringan secara khusus menggunakan sedikit APN, misalnya satu untuk server yang dimilikinya dan satu untuk internet. *Serving Gateway* (S-GW) berfungsi sebagai *router*, dan meneruskan data antara *base station* dan PDN *gateway*. *Mobility management entity* (MME) bertugas mengontrol operasi level tinggi dari

mobile dengan mengirimkan signaling seperti keamanan dan manajemen aliran data yang tidak berhubungan dengan komunikasi radio(Cox, 2012).

### 2.2.2. Penataan Alokasi Spektrum Frekuensi di Indonesia

Berdasarkan data statistika Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia tahun 2011, Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia diturunkan dari Alokasi Frekuensi Peraturan Radio edisi 2008 (*Radio Regulations, edition of 2008*) dan *Final Act-World Radio communication Conference (WRC 2007)* dengan memperhatikan Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia dan Penggunaan spektrum frekuensi di Indonesia, serta perencanaan baru yang dirancang lebih efisien dengan memperhatikan perkembangan teknologi dunia dan nasional. Berdasarkan Peraturan Menteri No.29 tahun 2009 mengenai Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio di Indonesia, yang mengacu kepada ITU *Radio Regulation*, edisi 2008, maka alokasi spektrum frekuensi radio di Indonesia diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Alokasi Spektrum Frekuensi di Indonesia

Alokasi Frekuensi (MHz)	Dinas Komunikasi Radio	Catatan Kaki ITU RR	Catatan Kaki Indonesia
450 - 455	Tetap	5.209 5.271 5.286	INS 12
	Bergerak	5.286A 5.286B	
	Bergerak - Satelit ( Bumi ke angkasa )	5.286C	
		5.286D	
455-456	Tetap	5.209 5.271 5.286A	INS 12
	Bergerak	5.286B 5.286 C	
	Bergerak - Satelit ( Bumi ke angkasa )		
456-459	Tetap	5.271 5.287 5.288	INS 11, INS 12
	Bergerak		
459-460	Tetap	5.209 5.271 5.286A	INS 12
	Bergerak	5.286B 5.286 C	
	Bergerak - Satelit ( Bumi ke angkasa )		
460-470	Tetap	5.287 5.288 5.289	INS 11, INS 12
	Bergerak	5.290	
470-585	Tetap, Bergerak, Siaran	5.291, 5.298	INS 12
585-610	Tetap, Bergerak, Siaran	5.149 5.305 5.306	INS 12
	Radionavigasi	5.307	
610-806	Siaran, Bergerak	5.149 5.305 5.306	INS 12
		5.307 5.311	
806-890	Tetap, Bergerak	5.149 5.305 5.306	INS 13, INS 14
		5.307 5.311	
890-960	Tetap, Bergerak	5.317A	INS 15
1710-1930	Tetap, Bergerak, Operasi Ruang Angkasa, Penelitian Ruang Angkasa	5.380 5.384A	INS 18, INS 19, INS 20
		5.388A 5.388B	
		5.149 5.341 5.385	
		5.386 5.387 5.388	
1930-1980	Tetap, Bergerak	5.388A 5.388B	INS 20
		5.388	
1980-2010	Tetap, Bergerak, Bergerak - Satelit ( Bumi ke angkasa )	5.351A	INS 21
		5.388 5.389A	
		5.389B 5.389F	

Alokasi Frekuensi (MHz)	Dinas Komunikasi Radio	Catatan Kaki ITU RR	Catatan Kaki Indonesia
2110-2120	Tetap, Bergerak, Penelitian Ruang Angkasa (Bumi ke Angkasa)	5.388A 5.388B 5.388	INS 20
2120-2170	Tetap, Bergerak	5.388A 5.388B 5.388	INS 20
2300-2450	Tetap, Bergerak, Radiolokasi, Amatir	5.150 5.282 5.393 5.394 5.396	INS 23, INS 24
2500-2520	Tetap, Tetap Satelit, Bergerak kecuali Bergerak Penerbangan, Siaran Satelit (angkasa ke bumi)	5.409 5.411 5.415 5.384A 5.351A 5.403 5.403 5.404 5.407 5.414	INS 25
2520-2535	Tetap, Tetap Satelit, Bergerak kecuali Bergerak Penerbangan, Siaran Satelit	5.409 5.411 5.415 5.384A 5.413 5.416 5.403 5.415A	INS 26
2535-2655	Tetap, Bergerak kecuali Bergerak Penerbangan, Siaran	4.409 5.411 5.384A 5.413	INS 26

Sumber: (Permen Kominfo,2009)

Penggunaan spektrum frekuensi 1800 MHz di Indonesia dialokasikan pada pita 1710-1785 MHz berpasangan dengan 1805-1880 MHz dialokasikan untuk penyelenggaraan telekomunikasi bergerak seluler dan diidentifikasi untuk IMT (hasil WRC 2003) yaitu masing-masing untuk *uplink* dan *downlink*. Selain itu, catatan kaki INS20 juga menyatakan bahwa pita frekuensi 1710-1885 MHz dialokasikan untuk penyelenggaraan telekomunikasi bergerak seluler dan diidentifikasi untuk IMT (hasil WRC 2003). Pembagian alokasi untuk spektrum frekuensi 1800 MHz menurut penguasaan dan penggunaannya disajikan pada tabel 2. Dari alokasi penguasaan pita frekuensi pada rentang pita 1710 MHz sampai 1885 MHz diduduki oleh empat operator seluler, yaitu PT XL-Axis, PT Indosat, PT Telkomsel, dan PT Hutchinson 3 Indonesia.

Tabel 2. Kepemilikan dan Masa Berlaku spektrum Frekuensi 1800 MHz

Pita Frekuensi (MHz)	Operator	Masa Lisensi
1710 - 1717.5 (UL) / 1805 - 1812.5 (DL)	XL	2010 - 2020
1717.5 - 1722.5 (UL) / 1812.5 - 1817.5 (DL)	Indosat	2010 - 2020
1722.5 - 1730 (UL) / (1817.5 - 1825 (DL)	Telkomsel	2010 - 2020
1730 - 1745 (UL) / 1825 - 1840 (DL)	AXIS	2010 - 2020
1745 - 1750 (UL) / 1840 - 1845 (DL)	Telkomsel	2010 - 2020
1750 - 1765 (UL) / 1845 - 1860 (DL)	Indosat	2010 - 2020
1765 - 1775 (UL) / 1860 - 1870 (DL)	Telkomsel	2010 - 2020
1775 - 1785 (UL) / 1870-1880 (DL)	HCPT	2010 - 2020

Sumber : ( Direktorat Jenderal SDPPI, 2013)

Dari distribusi pendudukan dan penggunaan pita frekuensi seperti disajikan pada tabel 2, terlihat ada jeda antara *uplink* tertinggi dan *downlink* terendah sebesar 20 MHz. Apabila mengacu kepada catatan kaki INS 20 di atas yang menyatakan bahwa pita frekuensi 1710–1885 MHz dialokasikan untuk penyelenggaraan telekomunikasi bergerak seluler, maka masih terdapat sisa pita selebar 5 MHz di atas *downlink* tertinggi yang sudah dimiliki operator (1880). Jeda yang ada ini diantaranya digunakan untuk separasi frekuensi atau untuk *guard band*.

2.2.3. LTE Network Planning

LTE network planning berfungsi untuk menentukan jumlah eNodeB yang diperlukan untuk menggelar jaringan LTE. LTE *network planning* terdiri dari *coverage planning* dan *capacity dimensioning*.

a. Coverage Planning

Proses *coverage planning* digunakan untuk memperoleh jumlah eNodeB yang dibutuhkan untuk membangun LTE. Tahap pertama dalam melakukan *coverage planning* yaitu melakukan *link budget* dengan memasukkan parameter-parameter yang diperlukan. Selanjutnya menentukan besarnya radius sel dengan menentukan propagasi yang digunakan. Setelah itu menghitung besarnya luas sel, yang kemudian digunakan untuk memperoleh jumlah eNodeB yang digunakan (Asp, Training, & Broadband, 2013)

b. Link Budget

*Link budget* terdiri dari dua yaitu arah *uplink* (UE ke eNodeB) dan *downlink* (enodeB ke UE). Parameter-parameter yang digunakan untuk arah *uplink* meliputi daya pancar *User Equipment* (UE), penguatan antena, *body loss*, *Noise Figure* penerima (eNodeB), *Receiver Noise*, *SINR*, *Fade Margin*, *Interference Margin*, penguatan antena penerima dan *feeder loss*. Sedangkan pada arah *downlink*, parameter yang digunakan meliputi daya transmit (eNodeB), gain antena eNodeB, *cable loss*, *Noise Figure* penerima (UE), *receiver noise*, *SINR*, *Fade Margin*, *Interference Margin*, *Rx Antenna gain*(dB) dan *Body Loss*. Proses *link budget* baik untuk arah *uplink* maupun *downlink* digunakan untuk memperoleh nilai *Maximum Allowable Pathloss* (MAPL). MAPL merupakan maksimal *path loss* (redaman) yang diijinkan antara *transmitter* ke *receiver*.

c. Cell radius

Setelah diperoleh MAPL, maka cell radius akan bisa diperoleh dengan memasukkan model propagasi sesuai frekuensi yang digunakan. Frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1800 MHz. Model propagasi yang sesuai adalah cost-231 karena cocok digunakan untuk frekuensi 1500 MHz -2000 MHz. Adapun model propagasi cost-231 diformulasikan dalam persamaan 1-5 (Molisch, 2011).

$$Lp(\text{dB})=A+B \log_{10}(d) + C \dots\dots\dots(1)$$

Dimana

$$A= 46.3+33.9 \log_{10}(fc) - 13.28 \log_{10}(hb) -a(hm) \dots\dots\dots(2)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log_{10}(hb) \dots\dots\dots(3)$$

$$a(h_{ms}) = \begin{cases} 3.2[\lg(11.75h_{ms})]^2 - 4.97 & DU,U \\ [1.1\lg(f) - 0.7]h_{ms} - [1.56\lg(f) - 0.8] & SU \end{cases} \dots\dots\dots(4)$$

$$CM = \begin{cases} 0 \text{ dB} & \text{For rural and suburban} \\ 3 \text{ dB} & \text{For Dense Urban and Urban} \end{cases} \dots\dots\dots(5)$$

d. eNodeB Coverage Area

Luas sel atau cakupan eNodeB diperoleh setelah mendapatkan nilai radius sel. Antena yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan tiga sektor, sehingga persamaan untuk memperoleh luas sel dengan persamaan 6. Jumlah eNodeB diperoleh dengan membagi luas area yang akan dilayani terhadap luas sel, atau dengan persamaan 7.

$$L=1,95 \times 2,6 \times d^2 \dots\dots\dots(6)$$

dimana d merupakan radius sel.

$$NeNB = A/Asite \dots\dots\dots(7)$$

dimana A merupakan luas area yang akan dilayani.

e. *Capacity Dimensioning*

LTE *Capacity dimensioning* digunakan untuk memperoleh jumlah eNodeB yang diperlukan untuk membangun jaringan LTE. Diagram alir proses *capacity dimensioning* dapat dilihat pada gambar 3.

Proses LTE *capacity dimensioning* meliputi;

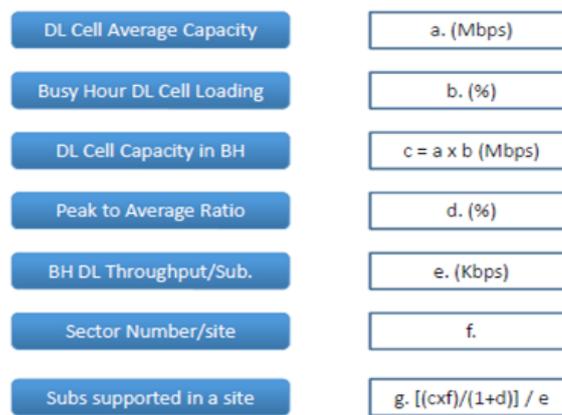
- 1). Perhitungan *cell average throughput* dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Cell average Throughput} = \text{cell bandwidth} \times \text{spectral efficient} \dots\dots\dots(8)$$

- 2). *Subscriber supported per cell*

Untuk menentukan jumlah *subscriber* yang bisa ditampung satu sel, terlebih dahulu menentukan model trafik yang digunakan. Setelah ditentukan model trafik, maka akan diperoleh *single user throughput* yang kemudian akan diperoleh jumlah *subscriber per cell*.

Langkah – langkah *capacity dimensioning* untuk lebih jelasnya sebagai berikut(Asp et al., 2013):



Gambar 3. Diagram Alir Capacity Dimensioning

f. Jumlah eNodeB

Jumlah eNodeB diperoleh dengan membagi estimasi jumlah pelanggan yang akan dilayani terhadap jumlah *subscriber per cell*.

2.2.4. *Cost Benefit Analysis*

Proyek didefinisikan operasi yang terdiri dari serangkaian pekerjaan, aktivitas atau layanan yang bertujuan untuk menyelesaikan tugas terpisah yang bersifat ekonomis atau teknik secara tepat; mempunyai tujuan yang baik(Hubner, 2008).Kebutuhan penilaian berfokus pada keseluruhan proyek sebagai units tersendiri dan bukan fragmen atau bagian dari proyek itu. Pemisahan proyek semata karena alasan administrasi, bukan obyek sesuai penilaian. Untuk mengetahui suatu proyek layak dijalankan atau tidak perlu dilakukan analisis kelayakan salah satunya yaitu menggunakan *cost-benefit analysis* (CBA). *Cost-benefit analysis* merupakan metode untuk mengorganisasi informasi guna memperoleh keputusan mengenai alokasi sumberdaya. Kekuatan sebagai alat analisis mempunyai dua fitur utama yaitu: (Group, 2006)

- a. Biaya dan manfaat disajikan sejauh mungkin dalam bentuk uang karena dibandingkan satu sama lain
- b. Biaya dan manfaat bernilai dinilai dalam hal klaim yang mereka buat dan keuntungan yang mereka berikan kepada masyarakat secara keseluruhan

Konsep dasar *cost benefit analysis* meliputi:

- a. *Opportunity cost* : sumber daya yang dinilai terhadap penggunaan alternatif terbaik yang berada pada diatas atau dibawah harga produksi. *Opportunity cost* bisa diartikan juga biaya yang dikeluarkan ketika memilih suatu kegiatan
- b. Kesiediaan untuk membayar: *Output* yang dinilai pada apakah konsumen bersedia untuk membelinya
- c. Aturan biaya dan manfaat: tunduk pada anggaran dan kendala lainnya serta pertimbangan keadilan

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Pendekatan Penelitian

Untuk mengetahui gambaran bagaimana pemanfaatan frekuensi 1,8 GHz, penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif. Sementara untuk mengetahui bagaimana kelayakan teknologi LTE pada frekuensi 1,8 GHz menggunakan pendekatan kuantitatif.

#### 3.2. Teknik Penelitian

Penelitian dilakukan dengan teknik penelitian dengan metode kualitatif didukung dengan data kuantitatif. Data kualitatif diperoleh dari *Focus Group Discussion* dan *in depth interview* kepada operator seluler sedangkan data kuantitatif diperoleh dari pembagian kuesioner kepada operator seluler dan studi literatur.

#### 3.3. Responden

Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari informan yaitu operator seluler yang menggunakan frekuensi 1,8 GHz, regulator dari Direktorat Penataan Ditjen SDPP dan Vendor perangkat telekomunikasi.

#### 3.4. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Jakarta dengan pertimbangan bahwa informan yang terdiri dari operator seluler, vendor, regulator sebagian besar berada di Jakarta. Kami juga melakukan penelitian di Bandung untuk memperoleh data baik primer maupun sekunder dari operator seluler maupun dari literatur di Universitas Telkom Bandung.

#### 3.5. Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu data primer maupun sekunder. Data primer diperoleh dari *Focus Group Discussion* dengan operator seluler yang menggunakan frekuensi 1,8 GHz yaitu PT.Telkomsel, PT. Indosat, PT.XL Axiata dan PT. Hutchison 3 Indonesia. Diundang pula informan dari salah satu vendor perangkat telekomunikasi yaitu PT. Huawei Technical Investment dan perwakilan regulator dari Direktorat Penataan SDPPI, Kementerian Komunikasi dan Informatika. Selain menggunakan FGD, dilakukan *interview* pada operator seluler untuk memperoleh data sekunder yang lebih komprehensif. Data sekunder diperoleh pula dari studi literatur.

#### 3.6. Teknik Analisis

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis tekno-ekonomi. Secara teknis, dilakukan perhitungan *link budget* untuk selanjutnya mengetahui jumlah site yang diperlukan untuk menerapkan teknologi *Long Term Evolution*. Setelah itu dilakukan analisis ekonomi yaitu *cost-benefit analysis* untuk menentukan apakah teknologi LTE layak digunakan atau tidak.

### 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Rencana wilayah pembangunan LTE pada penelitian ini adalah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi dan Bandung. Pemilihan wilayah tersebut dengan pertimbangan merupakan kota besar, mempunyai penduduk yang padat, dan pengguna *mobile data* yang cukup banyak. Dengan demikian, apabila diterapkan teknologi LTE, kemungkinan penduduk Jabodetabek lebih tertarik jika dibandingkan dengan penduduk daerah lain. Klasifikasi tipe area dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Tipe area

Kepadatan Penduduk	Tipe Area
0 – 300 penduduk/Km <sup>2</sup>	Rural
300 – 3000 penduduk/Km <sup>2</sup>	Sub urban
3000 – 6500 penduduk/Km <sup>2</sup>	Urban
≥ 6500 penduduk/Km <sup>2</sup>	Dense urban

Sumber : (Marcus et al., 2010)

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa sebanyak 61.24% penduduk Jabodetabek berada pada daerah *dense urban*. Sedangkan sisanya sebanyak 38.76% berada pada daerah sub urban (tabel 4). Sedangkan pada tabel 5 menunjukkan sebagian besar penduduk untuk wilayah Bandung berada pada daerah *sub urban*, yaitu sebesar 67.4%. Sedangkan sisanya, sebesar 32.6% berada pada daerah *dense urban*.

Tabel 4. Tipe area, luas, populasi, kepadatan penduduk dan prosentase penduduk untuk area Jabodetabek

Jabodetabek	Luas (Km <sup>2</sup> )	Populasi	Kepadatan Penduduk
Dense Urban	1119,73	13196497	11785,42774
Sub Urban	1224,88	2377209	1940,768892
Total	2344,61	15573706	6642,343929

Tabel 5. Tipe area, luas, populasi, kepadatan penduduk dan prosentase penduduk untuk area Bandung

Bandung	Luas (Km <sup>2</sup> )	Populasi	Kepadatan Penduduk
Dense Urban	167,67	2182661	13017,60005
Sub Urban	1767,96	3064366	1733,277902
Total	1935,63	5247027	2710,759288

Sesuai dengan alur penelitian, sebelum dilakukan *Cost-benefit Analysis* dilakukan perhitungan jumlah eNodeB yang diperlukan untuk membangun jaringan *Long Term Evolution* pada frekuensi 1800 MHz. Untuk menentukan jumlah eNodeB yang diperlukan untuk membangun jaringan LTE tersebut dilakukan *LTE Network Planning* meliputi *coverage planning* maupun *capacity dimensioning*.

#### 4.1. LTE Network Planning

*LTE Network Planning* meliputi *coverage planning* maupun *capacity dimensioning*. Penelitian ini menggunakan beberapa skenario yaitu menggunakan bandwidth 10 MHz dan 15 MHz. Pertimbangan skenario tersebut dikarenakan pita 1800 MHz saat ini digunakan oleh GSM sehingga tidak semua bandwidth dapat digunakan.

#### 4.2. LTE Coverage Planning

Parameter yang digunakan untuk perhitungan *link budget coverage planning* mengacu pada ETSI TS 136 104 V10.1.0 (2011-01), ECC report (ECC, 2013) dan Huawei (Huawei Technologies co.LTD, 2014). Skenario yang digunakan dalam perencanaan jaringan LTE dapat dilihat pada tabel 6. Setelah dilakukan proses link budget maka diperoleh MAPL untuk arah uplink dan downlink yang ditunjukkan pada tabel 7. Berdasarkan hasil *Maximum Allowable Pathloss* (MAPL) tersebut diperoleh jarak dari enodeB ke *Mobile Station* (MS) dengan masing – masing tipe area *dense urban* dan *sub urban* ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 6. Skenario Perencanaan Jaringan LTE

Morphology	Uplink	Downlink
Konfigurasi Antena	1 x 2	2 x 2
Data Rate pada <i>cell edge</i>	500 kbps	1000 kbps
MCS at Cell Edge	QPSK, 1/3	QPSK, 2/5

Tabel 7. Besarnya MAPL untuk arah *uplink* dan *downlink* pada *bandwidth* 10 MHz dan 15 MHz

Bandwidth	MAPL	
	Uplink	Downlink
10 MHz	127,88753	139,2875291
15 MHz	128,28753	138,8875291

Tabel 8. Besarnya Jarak eNodeB ke MS untuk tipe *dense urban* dan *sub urban*

Bandwidth	d (Km) Uplink		d (Km) Downlink	
	Dense Urban	Sub Urban	Dense Urban	Sub Urban
10 MHz	0,490077692	0,603197181	1,032524795	1,044546372
15 MHz	0,503060859	0,619177116	1,005876778	1,017588093

Berdasarkan tabel 8 terlihat bahwa jarak dari eNodeB ke MS untuk arah *uplink* maupun *downlink* baik *bandwidth* 10 MHz maupun 15 MHz, pada tipe *dense urban* lebih kecil dibanding tipe *sub urban*. Hal ini disebabkan adanya pengaruh redaman pada area *dense urban* lebih besar dibanding pada *sub urban*. Redaman pada daerah *dense urban* disebabkan antara lain pantulan dari bangunan atau gedung tinggi serta interferensi dari user lain. Jarak antar eNodeB dan MS pada arah *downlink* lebih besar dibandingkan pada arah *uplink*. Hal ini disebabkan daya pancar eNodeB lebih besar dibanding daya pancar *Mobile Station* (MS).

Untuk menentukan jumlah eNodeB yang diperlukan, maka digunakan jarak yang paling sedikit yaitu pada arah *uplink*. Sehingga Untuk arah Jabodetabek dan Bandung, diperoleh jumlah eNodeB yang dibutuhkan dapat ditunjukkan pada tabel 9.

Tabel 9. Jumlah eNodeB yang dibutuhkan untuk area Jabodetabek dan Bandung

Tipe	Dense Urban		Sub urban	
	10 MHz	15 MHz	10 MHz	15 MHz
Jabodetabek	920	873	664	631
Bandung	138	131	959	910

#### 4.3. LTE 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* dan *sub urban*. Sedangkan *bandwidth* yang digunakan adalah 10 MHz dan 15 MHz. Parameter trafik mengacu pada *LTE Radio Network Planning*, Huawei(Huawei Technologies Co.LTD, n.d.).

Besarnya *Peak to Average Ratio* untuk menghitung besarnya *single user throughput* untuk masing-masing tipe area yang ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 10. *Peak to Average Ratio* maing-masing tipe area (Huawei Technologies co.LTD, n.d.)

Morphology	Dense Urban	Urban	Sub Urban	Rural Area
<i>Peak to Average Radio</i>	40%	20%	10%	0%

Berdasarkan parameter-parameter yang telah diasumsikan dalam penelitian ini, diperoleh *single user throughput* untuk masing-masing tipe ditunjukkan pada tabel 11.

Tabel 11. *Single user throughput* untuk masing-masing tipe area

	Dense Urban		Urban		Sub Urban		Rural	
	UL (Kbit)	DL (Kbit)	UL (Kbit)	DL (Kbit)	UL (Kbit)	DL (Kbit)	UL (Kbit)	DL (Kbit)
<i>Single User Throughput in Busy Hour (IP) (Kbps)</i>	10,8018	44,77238	9,50888	36,3788	5,5415	19,6750	1,2174	5,7052

Parameter lain yang digunakan untuk perhitungan *capacity planning* adalah sebagai berikut:

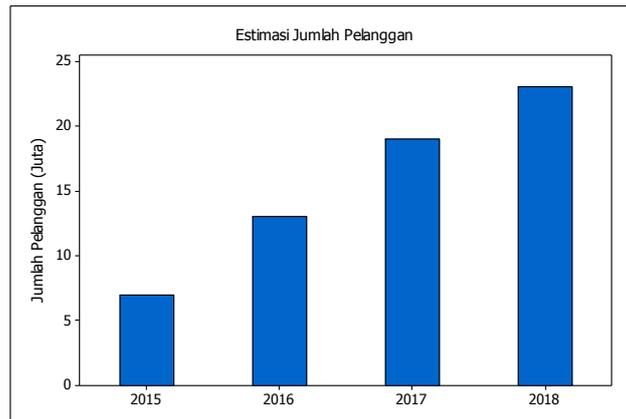
- Jumlah sektor per site = 3
- Spectral efficiency* = 1.74 bps/Hz/cell (Huawei Technologies co.LTD, n.d.)
- Design Downlink Cell loading* sebesar 50%(Huawei Technologies co.LTD, n.d.)

- d. Antena yang digunakan MIMO 2 x 2
- e. *Downlink cell average capacity* dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. *Downlink cell average capacity* (Mbps)

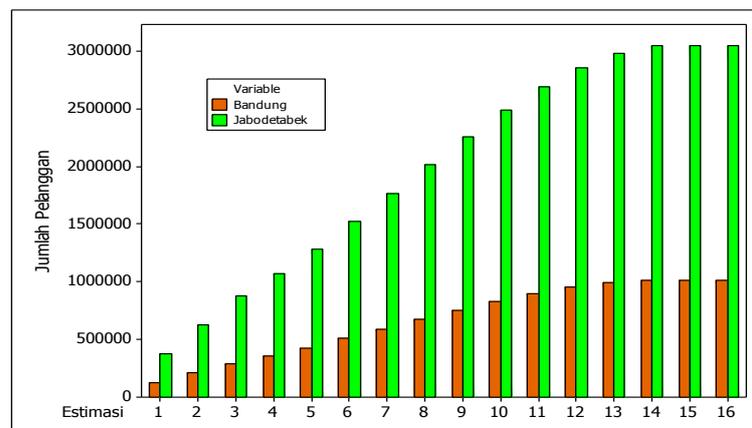
Bandwidth	Dense Urban	Urban	Sub Urban	Rural
10 MHz	17,4399724	17,43997	17,1999736	17,19997
15 MHz	26,1599724	26,15997	25,7999736	25,79997

Jumlah eNodeB yang diperlukan untuk membangun LTE di area Jabodetabek dan Bandung ditentukan oleh target jumlah pelanggan yang akan dilayani. Estimasi jumlah pelanggan LTE pada penelitian ini mengacu pada estimasi jumlah pelanggan LTE operator XL-Axiata, seperti ditunjukkan pada gambar 4.



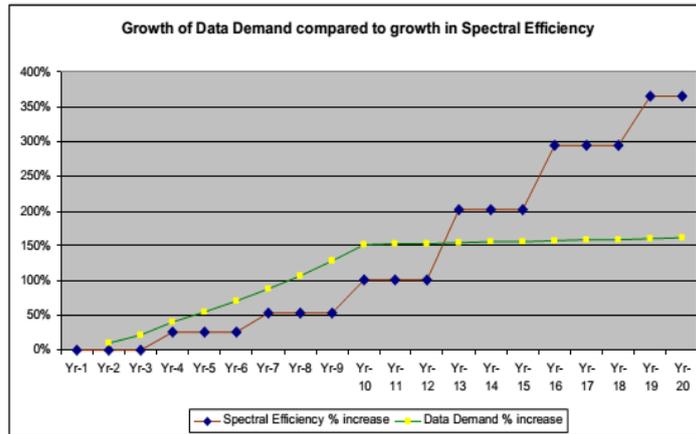
Gambar 4. Estimasi Jumlah Pelanggan LTE , XL-Axiata (XL-Axiata, 2014)

Berdasarkan data populasi Jabodetabek dan Bandung dari Kementerian Dalam Negeri tahun 2012, prosentase jumlah penduduk Jabodetabek sebesar 76,26%, sedangkan jumlah penduduk di wilayah Bandung sebanyak 23,4%. Asumsi pada tahun pertama jumlah pelanggan LTE untuk area Jabodetabek dan Bandung sebesar 500.000. Sehingga proporsi jumlah pelanggan pada tahun pertama untuk wilayah Jabodetabek sebesar 381.300 pelanggan, dan area Bandung sebesar 117.000 pelanggan. Estimasi jumlah pelanggan untuk wilayah Jabodetabek dan Bandung dapat dilihat pada gambar 5. Pada gambar 5 terlihat bahwa estimasi kenaikan pelanggan Jabodetabek meningkat dari tahun ke tahun namun tidak terlalu besar. Hal ini diperkirakan banyaknya kompetitor operator LTE di Indonesia. Sehingga pelanggan mempunyai lebih banyak pilihan untuk menggunakan layanan operator yang sesuai dengan minat mereka.



Gambar 5. Estimasi Jumlah Pelanggan Untuk Wilayah Jabodetabek dan Bandung (Sumber: Data diolah)

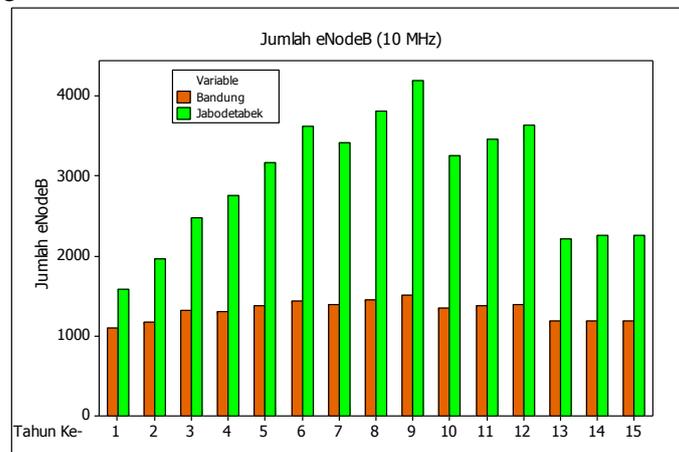
Spektral efisiensi dalam penelitian ini diasumsikan naik setiap tiga tahun sekali. Kenaikan tersebut dapat dilihat pada gambar 6. Dengan demikian pada tahun tertentu ketika jumlah pelanggan naik, tidak perlu menambah eNodeB.



Gambar 6. Asumsi Spectral Efficiency

4.4. Jumlah eNodeB setelah Perhitungan coverage planning dan capacity dimensioning

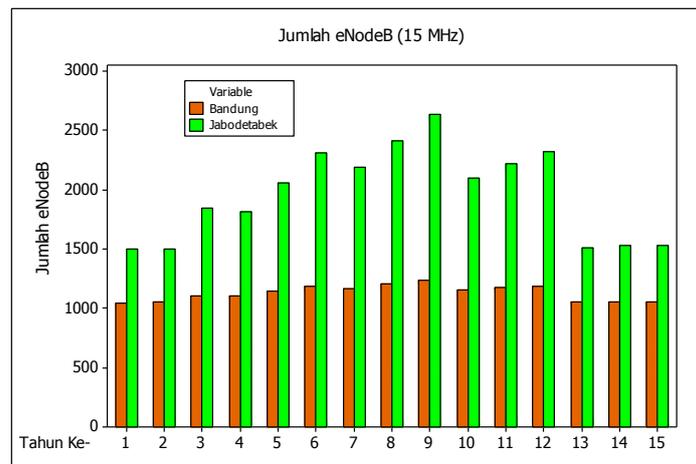
Setelah diperoleh hasil perhitungan jumlah eNodeB dari coverage planning maupun capacity dimensioning, maka jumlah eNodeB yang perlu dibangun adalah jumlah terbesar dari hasil perhitungan coverage planning maupun capacity dimensioning. Sehingga jumlah eNodeB yang dibutuhkan dalam lima tahun pertama untuk membangun jaringan teknologi LTE di area Jabodetabek dan Bandung dapat dilihat pada gambar 7. Pada gambar 7 terlihat bahwa jumlah eNodeB yang dibutuhkan untuk membangun jaringan LTE pada area Jabodetabek lebih besar jika dibandingkan area Bandung. Pada tahun pertama sebanyak 1584 eNodeB dibutuhkan untuk membangun LTE untuk daerah Jabodetabek. Sedangkan daerah Bandung lebih sedikit yaitu diperlukan 1097 buah. Jumlah eNode terbesar pada tahun ke-9 baik jabodetabek dan Bandung. Namun mengalami penurunan untuk tahun ke-10 karena pada tahun tersebut dilakukan upgrade teknologi yaitu peningkatan spektral efisiensi sebesar 100%. Kemudian pada tahun ke-13 juga mengalami peningkatan spektral efisiensi sebesar 200% sehingga jumlah eNodeB yang digunakan semakin sedikit meskipun jumlah pelanggan naik.



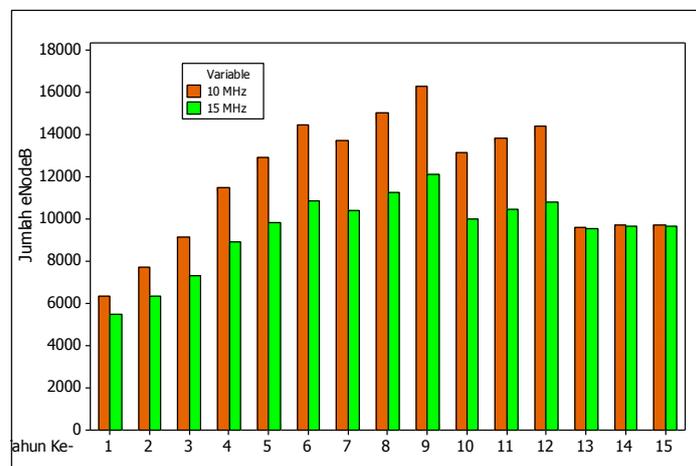
Gambar 7. Jumlah eNodeB setelah coverage planning dan capacity dimensioning (sumber: Data diolah)

Jumlah eNodeB untuk daerah Jabodetabek dan Bandung menggunakan bandwidth 15 MHz ditunjukkan pada gambar 8. Pada gambar tersebut bahwa pada tahun pertama jumlah eNodeB yang dibutuhkan untuk area Jabodetabek sebanyak 1504 buah. Sedangkan untuk daerah Bandung lebih sedikit yaitu 1041 buah. Apabila dibandingkan, jumlah eNodeB untuk membangun LTE pada bandwidth 15 MHz lebih sedikit jika dibandingkan menggunakan bandwidth 10 MHz. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 9. Pada gambar tersebut terlihat pada tahun pertama, penggunaan bandwidth 15 MHz memberikan efisiensi sebesar 13.93% jumlah eNodeB jika dibandingkan penggunaan bandwidth 10 MHz. Pada tahun berikutnya mengalami peningkatan efisiensi dengan nilai paling besar 25.76% pada tahun ke 9. Namun

pada tahun ke 14 dan 15 hanya 0.03% dikarenakan jumlah pelanggan sudah stagnan, sehingga tidak diperlukan penambahan eNodeB baik penggunaan *bandwidth* 10 MHz maupun 15 MHz.



Gambar 8. Jumlah eNodeB setelah *coverage planning* dan *capacity dimensioning* (sumber: Data diolah)



Gambar 9. Perbandingan Jumlah eNodeB menggunakan *bandwidth* 10 MHz dan 15 MHz.

#### 4.5. Cost Benefit Analysis Penyelenggaraan Jaringan LTE 1.8 GHz oleh Operator Seluler

*Cost-benefit analysis* pada bagian ini untuk melihat seberapa layak penyelenggaraan jaringan LTE 1.8 GHz oleh operator seluler. Analisis biaya dan manfaat ini menggunakan empat skenario:

- Skenario I, menggunakan *bandwidth* 10 MHz dengan pembiayaan (*Service Charge*) *Global Frequency Returning* (GFR)
- Skenario II, menggunakan *bandwidth* 15 MHz dengan pembiayaan pembiayaan (*Service Charge*) *Global Frequency Returning* (GFR)
- Skenario III, menggunakan *bandwidth* 10 MHz tanpa ada pembiayaan (*Service Charge*) *Global Frequency Returning* (GFR)
- Skenario IV, menggunakan *bandwidth* 15 MHz tanpa pembiayaan pembiayaan (*Service Charge*) *Global Frequency Returning* (GFR)

##### a) Asumsi Variabel

Asumsi variabel yang digunakan untuk menghitung *cost-benefit analysis* dapat dilihat pada tabel 13 berikut ini.

Tabel 13. Asumsi variabel perhitungan *cost-benefit analysis*

Asumsi variabel	Nilai	Keterangan
Ekuitas	100%	Tidak ada pinjaman ke bank
Umur proyek	15	Tahun

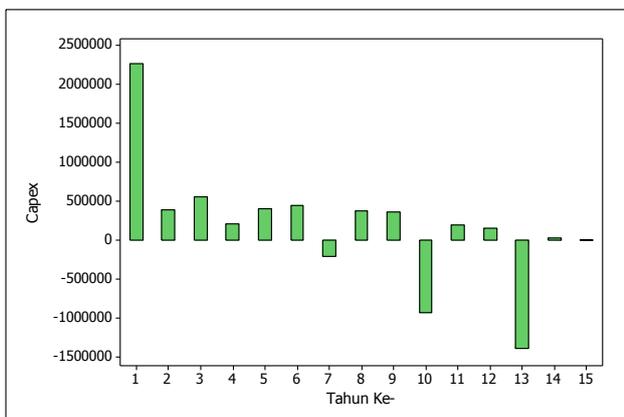
Asumsi variabel	Nilai	Keterangan
Masa konstruksi	1	Tahun
Masa operasi	14	Tahun
Umur lisensi	10	Tahun
<i>Opportunity Cost of Capital (OCC)</i>	7,50%	Suku bunga pinjaman per 10 November 2014 (BI)
Nilai tukar	Rp.12.138	Rp/USD per 10 November 2014 (BI)
PPh	10%	
Bandwidth	10 MHz	Skenario I dan III
	15 MHz	Skenario II dan IV
BHP frekuensi Jabodetabek dan Bandung	4.936.063.208	(juta) per MHz untuk daerah Jabodetabek dan Bandung
Amortisasi	4%	
Jumlah site Global Frequency Returning (GFR)	20000	Pengosongan 10 MHz (sumber:Telkomsel, 2014)
Biaya GFR	\$1200	Per site
ARPU	Rp.100.000	Per bulan(Setiawan, 2013)
Biaya marketing dan administrasi	10%	dari ARPU(Setiawan, 2013)
Kenaikan gaji	5%	Per tahun(Azmi, 2013)
Kenaikan biaya operasional	5%	Per tahun(Azmi, 2013)

b) Asumsi Biaya Pra-Operasi

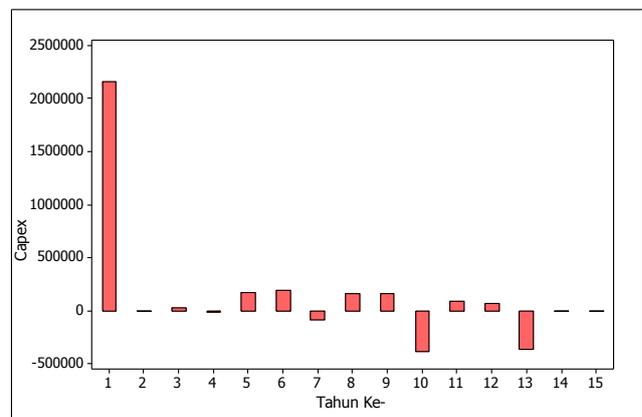
Penerapan teknologi LTE pada frekuensi 1,8 GHz diasumsikan tidak ada biaya perijinan karena sudah dilakukan perijinan pada penerapan teknologi GSM. Sebelum menerapkan teknologi LTE pada frekuensi 1,8 GHz perlu adanya penataan frekuensi tersebut agar *contiguous*. Biaya penataan tersebut cukup besar yaitu mencapai USD1000 – 1200 per site (Setiawan, 2014). Pada penelitian ini diasumsikan sebanyak 2000 site dengan biaya *Global Frequency Returning (GFR)* sebesar USD1200 per site.

c) Asumsi *Capital Expenditure (Capex)*

Capex merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk memperoleh ataupun meng-*upgrade* aset tetap seperti tanah, bangunan, dan mesin produksi. Asumsi capex dalam penelitian meliputi biaya perangkat BTS (*hardware* dan *software*), *rectifier* dan baterai, serta jaringan lainnya. Besarnya *capital expenditure (capex)* untuk skenario I dan III (*bandwidth* 10 MHz), skenario II dan IV (*bandwidth* 15 MHz) dapat dilihat pada gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Besarnya capex untuk penggunaan *bandwidth* 10 MHz

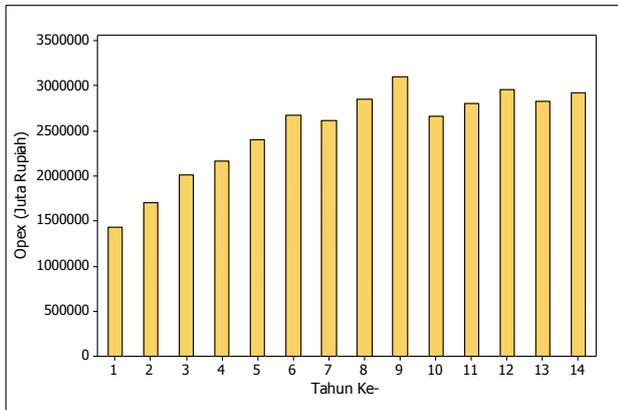


Gambar 11. Besarnya capex untuk penggunaan *bandwidth* 15 MHz

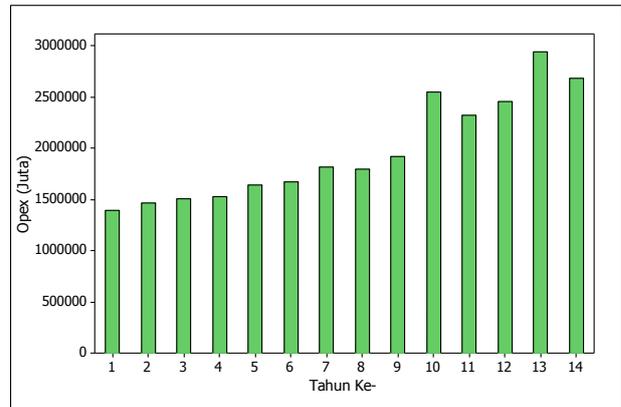
d) Asumsi *Operational Expenditure* (Opex)

Asumsi opex memperkirakan biaya operasional biaya *back-office* keseluruhan operator LTE. Biaya opex dalam penelitian ini terdiri dari biaya karyawan, *Technical Support Scope*, *Service Levels and Service Credit* (TSA), *maintenance*, BHP frekuensi, BHP USO, BHP Telekomunikasi, sewa tower, listrik, *sewa backhaul*, biaya interkoneksi, biaya marketing dan administrasi dan biaya perizinan per 10 tahun.

Besarnya *operational expenditure* (opex) untuk penggunaan LTE pada *bandwidth* 10 MHz lebih besar jika dibandingkan penggunaan bandwidth 15 MHz. Biaya operasional (opex) dalam 14 tahun operasi pada *bandwidth* 15 MHz lebih efisien 25% dibanding penggunaan *bandwidth* 10 MHz.



Gambar 12. Asumsi Biaya Operasional selama 14 tahun untuk *bandwidth* 10 MHz



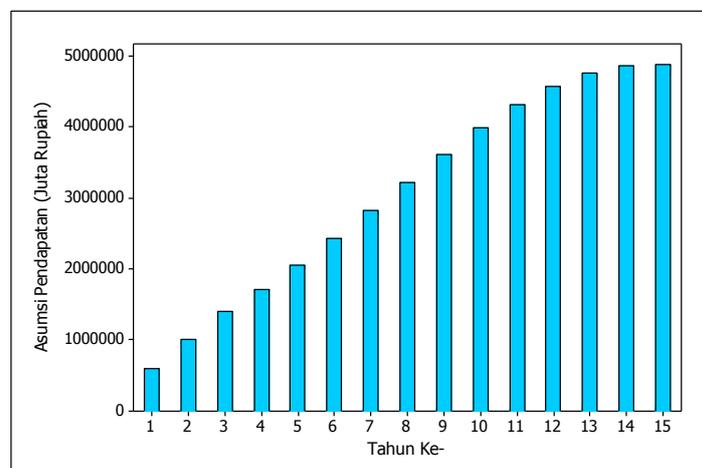
Gambar 13. Asumsi Biaya Operasional selama 14 tahun untuk *bandwidth* 15 MHz

e) Amortisasi

Asumsi amortisasi dalam penelitian ini 4% dari *capital expenditure* (capex). Besarnya amortisasi tiap tahun berbeda-beda tergantung jumlah eNodeB yang telah dibangun. Pada gambar 39 dan 40 terlihat bahwa amortisasi berfluktuatif tergantung pada jumlah eNodeB LTE *existing* pada tahun sebelumnya. Besarnya amortisasi penggunaan apabila menggunakan *bandwidth* 10 MHz lebih besar dibanding dengan 15 MHz. Hal ini disebabkan jumlah eNodeB yang digunakan untuk penggunaan *bandwidth* 10 MHz lebih besar jika dibandingkan 15 MHz. Dengan demikian penyusutan perangkat juga lebih besar, sebanding dengan jumlah perangkat atau eNodeB yang digunakan.

f) Pendapatan

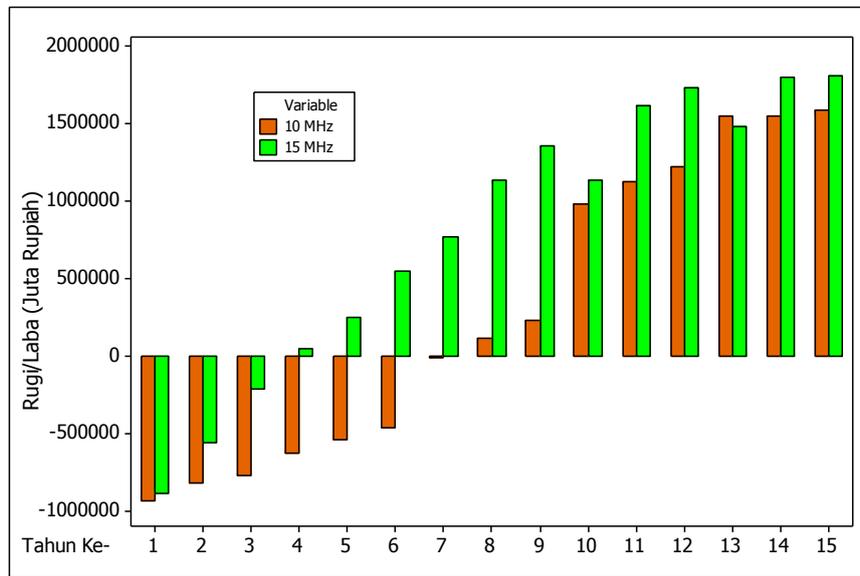
Pendapatan diperoleh dari *Average Revenue Per Unit* (ARPU). Pada penelitian ini diasumsikan sebesar Rp.100.000 per bulan flat selama 15 tahun dengan paket layanan 5 Gbps (Setiawan, 2013). Pendapatan yang diperoleh per tahun ditunjukkan pada gambar 14. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pendapatan dari tahun ke tahun mengalami peningkatan meskipun tidak ada kenaikan ARPU per tahun terhadap inflasi. Hal ini disebabkan prediksi jumlah pelanggan LTE mengalami peningkatan.



Gambar 14. Asumsi Pendapatan (juta)

g) Perkiraan Laba Rugi

Laba rugi ditentukan oleh variabel pendapatan, biaya operasi, laba/rugi operasi, amortisasi, laba/rugi sebelum pajak dan pajak/PPH (10%). Perkiraan Laba rugi dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 15. Pada gambar tersebut terlihat bahwa penerapan LTE FDD menggunakan *bandwidth* 10 MHz akan memperoleh laba pada tahun ke 8 (delapan). Namun pada *bandwidth* 15 MHz mengalami keuntungan pada tahun ke 4 (empat). Dengan demikian, penggunaan *bandwidth* 15 MHz akan mengalami keuntungan lebih cepat 4 tahun dibanding penggunaan *band* 10 MHz.



Gambar 15. Besarnya Laba/Rugi setelah pajak penggunaan *bandwidth* 10 MHz dan 15 MHz (sumber: Data diolah)

h) *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR)

NPV merupakan selisih antara pengeluaran dan pemasukan yang telah didiskon dengan menggunakan *social opportunity cost of capital* sebagai diskon faktor. Apabila  $NPV > 0$  maka proyek layak,  $NPV = 0$  berarti perusahaan tidak mengalami keuntungan maupun kerugian  $NPV < 0$  maka perusahaan tidak layak.

IRR merupakan indikator tingkat efisiensi dari suatu investasi. Suatu proyek layak apabila laju pengembaliannya (*rate of return*) lebih besar dari laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain (bunga deposito bank, reksadana, dan lain-lain). Dalam penelitian ini diasumsikan besarnya bunga investasi ditempat lain = 7.5% (suku bunga pinjaman per 10 November 2014 di BI).

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa proyek untuk skenario II dan IV layak. Sedangkan untuk skenario I dan III proyek tidak layak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 14. Dari tabel tersebut terlihat bahwa proyek akan memperoleh keuntungan apabila bandwidth yang digunakan sebesar 15 MHz, baik menggunakan biaya GFR maupun tanpa GFR. Namun ketika proyek menggunakan *bandwidth* 10 MHz maka proyek tidak layak digunakan meskipun tanpa ada biaya pra-operasi yaitu biaya GFR. Proyek tanpa GFR pada penggunaan bandwidth 15 MHz memberikan keuntungan sebesar 1.33% jika dibanding menggunakan GFR.

Tabel 14. NPV dan IRR masing-masing skenario

Skenario	NPV	IRR
Skenario I ( <i>Bandwidth</i> 10 MHz dengan GFR)	-Rp3.553.181.822.499	-0,87%
Skenario II ( <i>Bandwidth</i> 15 MHz dengan GFR)	Rp2.695.645.400.060	13,73%
Skenario III ( <i>Bandwidth</i> 10 MHz tanpa GFR)	-Rp3.181.541.264.359	-0,34%

Skenario	NPV	IRR
Skenario IV ( <i>Bandwidth</i> 15 MHz tanpa GFR)	Rp3.067.285.958.200	15,06%

## 5. Kesimpulan

### 5.1. Simpulan

Penerapan Teknologi LTE frekuensi 1800 MHz dengan menggunakan *bandwidth* 15 MHz lebih layak dibandingkan penggunaan *bandwidth* 10 MHz. Meskipun tanpa *Global Frequency Returning*, Penerapan teknologi LTE 1800 MHz pada *bandwidth* 10 MHz masih mengalami kerugian dalam 15 tahun operasi. Minimal *bandwidth* yang digunakan pada teknologi LTE 1800 MHz agar memperoleh keuntungan yaitu 15 MHz.

### 5.2. Saran

Perlu adanya subsidi dari pemerintah untuk biaya *Global Frequency Returning* atau pengurangan BHP untuk meringankan beban operasional penerapan LTE. Perlu dilakukan analisis kelayakan penggunaan *bandwidth* 10 MHz pada 5 tahun pertama, 15 MHz pada 5 tahun kedua, dan 20 MHz pada 5 tahun ketiga.

## 6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis, baik dalam hal penelitian maupun penulisan makalah, terutama Puslitbang SDPPI selaku penyandang dana.

## Daftar Pustaka

- Asp, I. T. U., Training, C. O. E., & Broadband, W. (2013). Long Term Evolution : Radio Network Planning ITU ASP COE Training on, 1–35.
- Cox, C. (2012). An Introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE and 4G Mobile Communications (pp. 21–44). John Wilwy & Sons.
- Direktorat Jenderal SDPPI. (2013). *Data Statistik Semester 2 2013*. Jakarta.
- Grønsund, P., Grøndalen, O., & Lähteenoja, M. (2013). Business case evaluations for LTE network offloading with cognitive femtocells. *Telecommunications Policy*, 37(2-3), 140–153. doi:10.1016/j.telpol.2012.07.006
- Group, D. of F. and A. F. M. (2006). Handbook of Cost-Benefit Analysis January 2006. Canberra.
- Huawei Technologies co.LTD. (n.d.). LTE Radio Network Planning Introduction.
- Lingga Wardhana, D. (2014). *4G Handbook Bahasa Indonesia*. Jakarta.
- Marcus, J. S., Burns, J., Jervis, V., Wahlen, R., Carter, K. R., Philbeck, I., & Vary, P. (2010). *PPDR Spectrum Harmonisation in Germany , Europe and Globally*. Bad Honnef.
- Molisch, A. F. (2011). 7.6.1 Appendix 7.A : The Okumura – Hata Model. In *Wireless Communications, Second Edition*.
- Nikolij, V., & Janevski, T. (2014). A Cost Modeling of High-capacity LTE-advanced and IEEE 802.11ac based Heterogeneous Networks, Deployed in the 700MHz, 2.6GHz and 5GHz Bands. *Procedia Computer Science*, 40, 49–56. doi:10.1016/j.procs.2014.10.030
- Prasetyo, A. (2011). *Techno-Economic Analysis of LTE Release8 Implementation with Using Capacity and Coverage Estimation Method and DCF Methode in Jabodetabekf*. Institut Teknologi Telkom.
- Setiawan, D. (2013). *Pemodelan Akselerasi Implimentasi Digital Dividend di Indonesia*. Universitas Indonesia.