

Studi Perencanaan Jaringan *Long Term Evolution* Area Jabodetabek Studi Kasus PT. Telkomsel

Study of Long Term Evolution Network Planning in Jabodetabek, Case Study of PT. Telkomsel

Sri Ariyanti

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

sri.ariyanti@kominform.go.id

Naskah diterima: 29 Agustus 2014; Direvisi: 10 November 2014; Disetujui: 14 November 2014

Abstract— LTE is 4th generation technology-evolution of GSM that has peak data rate up to 100 Mbps. Mobile operators have opportunity to use this technology through frequency refarming. Their Frequency allocations that suitable for LTE are 1800 MHz and 2100 MHz. It is necessary for planning of both coverage and capacity before deploy that technology to know the number of sites (eNodeB). For that reason, this research discuss about LTE network planning in Jabodetabek for giving a description of the number of sites to deploy this technology at 1800 MHz and 2100 MHz frequency. The result of this research shows that the number of sites for 2.02 million subscribers need 2546 sites on bandwidth of 10 MHz at 1800 MHz and 2100 MHz frequency.

Keywords— LTE, coverage planning, capacity planning

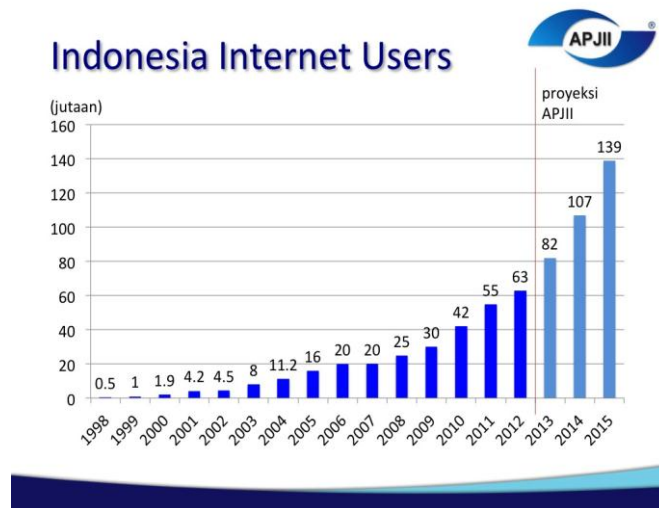
Abstrak— Teknologi LTE merupakan teknologi 4G evolusi dari GSM dengan *data rate* mencapai 100 Mbps. Operator seluler mempunyai kesempatan untuk menggunakan teknologi tersebut melalui *refarming* frekuensi. Alokasi yang sesuai saat ini yaitu pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz. Sebelum menerapkan teknologi LTE, perlu dilakukan perencanaan baik *coverage planning* maupun *capacity planning* untuk menghitung jumlah eNodeB. Penelitian ini bertujuan memberikan gambaran site yang diperlukan untuk penerapan teknologi LTE pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz. Metode penelitian menggunakan pendekatan data kuantitatif yaitu menghitung jumlah site yang dibutuhkan untuk menggelar jaringan LTE. Perhitungan jumlah site tersebut meliputi *coverage planning* dan *capacity dimensioning*. Hasil penelitian menunjukkan Jumlah eNodeB yang dibutuhkan untuk membangun jaringan LTE pada daerah Jabodetabek dengan jumlah pelanggan yang dilayani pada tahun pertama sebesar 2.02 juta, *bandwidth* 10 MHz pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz yaitu sebanyak 2546 buah.

Kata Kunci— LTE, perencanaan cakupan, perencanaan kapasitas

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jumlah pengguna internet di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan data dari APJII, data pengguna internet pada tahun 2006 mencapai 16 juta jiwa, dan meningkat dari tahun ke tahun, sehingga pada tahun 2012 mencapai 60 juta jiwa. APJII memproyeksikan pengguna internet tahun 2015 mencapai 139 juta.

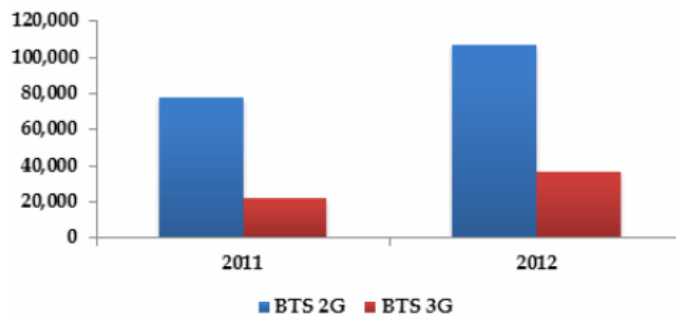


Gambar 1. Pengguna Internet di Indonesia (APJII, 2013)

Peningkatan jumlah pengguna internet ini tidak terlepas dari adanya teknologi 3G yang memberikan kemudahan bagi pengguna internet untuk mengakses data secara *mobile*. Peningkatan jumlah pelanggan akan memberikan pengaruh pada kualitas data yang akan diterima. Semakin banyak pengguna yang mengakses data, maka kualitas akan semakin

menurun karena prinsipnya adalah *sharing bandwidth*. Agar kualitas layanan yang diterima masih terjaga, operator perlu menambah bandwidth atau menambah jumlah *base transceiver station*.

Jumlah *base transceiver station* (BTS) di Indonesia meningkat sebesar 63,28% untuk BTS 3G dan sebesar 36,31% untuk BTS 2G dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2012 (Kementerian Kominfo, 2013). Peningkatan ini tidak terlepas dari meningkatnya pelanggan seluler GSM maupun 3G (WCDMA/HSDPA).



Gambar 2. Jumlah BTS 2G dan 3G di Indonesia (Kementerian Kominfo, 2013)

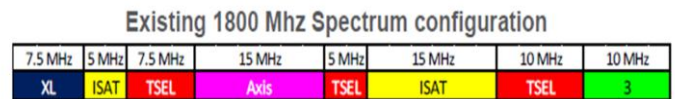
Pembangunan BTS tentu tidak menelan biaya yang sedikit. Agar tidak terlalu banyak dikeluarkan biaya untuk membangun site, maka perlu adanya penambahan *bandwidth* atau penggunaan teknologi baru.

Seperti kita ketahui bahwa frekuensi merupakan sumber daya alam yang terbatas. Berdasarkan Tabel Alokasi Frekuensi (TASFRI), alokasi frekuensi yang digunakan untuk seluler sudah penuh. Alokasi Frekuensi 1800 MHz untuk teknologi *Global System for Mobile Communications* (GSM) sudah dialokasikan untuk 5 (lima) operator seluler pada rentang 1775 – 1785 MHz (*uplink*) dan 1805 – 1880 MHz (*downlink*). Sedangkan frekuensi 2.1 GHz sudah diterapkan untuk teknologi 3G pada rentang frekuensi 1920 – 1980 MHz (*uplink*) dan 2110 – 2170 MHz (*downlink*) yang telah diduduki oleh 5 (lima) operator seluler (Jenderal, Daya, Perangkat, & Informatika, 2013). Untuk meningkatkan kualitas layanan data menggunakan teknologi 3G, perlu dilakukan penambahan bandwidth pada frekuensi 2,1 GHz. Namun hal ini cukup sulit dilakukan karena alokasi frekuensi sudah sangat terbatas.

Upaya yang dilakukan oleh operator seluler untuk mempertahankan kualitas layanan data antar lain rencana pembangunan teknologi 3G pada frekuensi lain yaitu 900 MHz dan teknologi 4G *Long Term Evolution* (LTE).

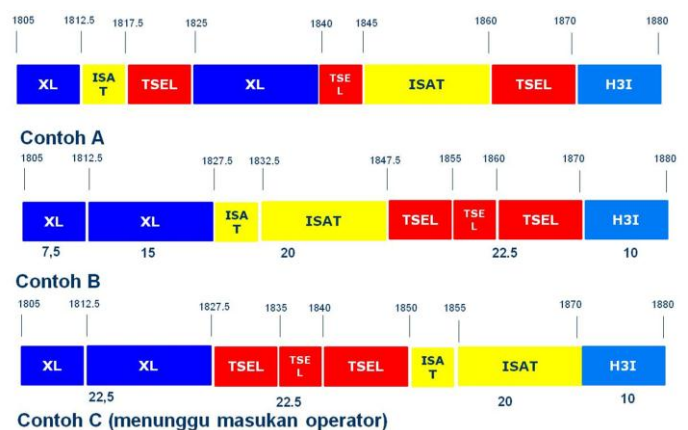
Teknologi LTE merupakan evolusi teknologi GSM yang mempunyai data rate lebih tinggi dibanding dengan teknologi 3G, yaitu mencapai 100 Mbps untuk *downlink* dan 50 Mbps untuk *uplink*. Penerapan teknologi LTE sangat cocok untuk operator seluler karena cukup dengan mengupgrade jaringan di sisi Radio Frekuensi (RF), sehingga lebih memberikan efisiensi dibanding dengan membangun infrastruktur jaringan dari awal.

Operator seluler yaitu Telkomsel, Indosat, XL Axiata maupun H3I sudah melakukan trial teknologi LTE pada frekuensi 1800 MHz dengan pertimbangan lebih hemat karena ekosistemnya sudah terbentuk, tidak memerlukan investasi besar, dan bisa menggunakan antena yang sudah ada. Namun alokasi frekuensi 1800 MHz masih perlu ditata. Meskipun teknologi LTE mempunyai fleksibilitas dalam penggunaan *bandwidth*, namun *bandwidth* yang ideal digunakan yaitu 20 MHz.



Gambar 3. Konfigurasi Alokasi Spektrum Frekuensi 1800 MHz yang diduduki 5 operator (Setiawan, 2014)

Direktorat Penataan Sumber Daya, Ditjen SDPPI Kementerian Komunikasi dan Informatika berencana menata ulang frekuensi 1800 MHz dengan dua opsi yang dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Opsi Penataan Alokasi Frekuensi 1800 MHz (Setiawan, 2014)

Penataan ulang frekuensi 1800 MHz ini memerlukan waktu yang cukup lama dan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu, perlu dilakukan pertimbangan untuk penggunaan frekuensi yang lain yaitu 2100 MHz. Alokasi frekuensi 2100 MHz sudah tertata dengan baik dan operator mempunyai cukup *bandwidth* untuk menggelar teknologi LTE meskipun masih diduduki oleh teknologi 3G.

TABEL 1. ALOKASI FREKUENSI 2100 MHz

Pita frekuensi Radio	Penyelenggara Jaringan Bergerak Seluler (Operator)	Masa Laku Izin Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio
1920 – 1925 (UL)/ 2110 – 2115 (DL)	H3I	Tahun 2006 - 2016
1925 – 1930 (UL)/ 2115 - 2120 (DL)		Tahun 2011 - 2021

1930 – 1935 (UL)/ 2120 – 2125 (DL)	Telkomsel	Tahun 2013 – 2023
1935 – 1940 (UL)/ 2125 – 2130 (DL)		Tahun 2009 – 2019
1940 – 1945 (UL)/ 2130 – 2135 (DL)		Tahun 2006 – 2016
1945 – 1950 (UL)/ 2135 – 2140 (DL)	Indosat	Tahun 2009 – 2019
1950 – 1955 (UL)/ 2140 – 2145 (DL)		Tahun 2006 – 2016
1955 – 1960 (UL)/ 2145 – 2150 (DL)	XL-AXIATA	Tahun 2013 – 2023
1960 – 1965 (UL)/ 2150 - 2155 (DL)		Tahun 2006 – 2016
1965 – 1970 (UL)/ 2155 – 2160 (DL)		Tahun 2010 – 2020
1970 – 1975 (UL)/ 2160 – 2165 (DL)	AXIS	Tahun 2011 – 2021
1975 – 1980 (UL) 2165 – 2170 (DL)		Tahun 2006 - 2016

Sumber: (Ditjen SDPPI, 2013)

Peluang untuk membangun teknologi LTE yaitu di frekuensi 700 MHz, 1800 MHz dan 2100 MHz. Namun penggunaan frekuensi 700 MHz masih lama diterapkan karena menunggu migrasi dari TV analog ke TV digital. Untuk menghadapi persaingan usaha, operator seluler harus berfikir cepat untuk melakukan strategi penggunaan frekuensi yang bisa digunakan untuk teknologi LTE.

Penerapan teknologi LTE membutuhkan biaya yang tidak sedikit dalam pembangunan infrastrukturnya. Operator harus melakukan perencanaan jumlah site yang dibutuhkan untuk bisa menjangkau pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran berapa banyak site yang dibutuhkan untuk penerapan teknologi LTE pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz sehingga bisa menjadi pertimbangan oleh operator dalam menentukan pilihan untuk menggunakan frekuensi mana yang lebih efisien.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa jumlah site untuk frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz berdasarkan perhitungan link budget
2. Berapa jumlah site untuk frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz berdasarkan capacity dimensioning?
3. Berapa jumlah site yang dibutuhkan untuk membangun jaringan LTE pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah memberikan gambaran site yang diperlukan untuk penerapan teknologi LTE pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz.

Manfaat

Manfaat dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi regulator dalam mengambil kebijakan terkait penentuan frekuensi yang digunakan untuk teknologi LTE.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Kajian Literatur

Penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1) *Long Term Evolution Network Planning and Performance Measurement* oleh El-Feghi, Zakaria Suliman Zubi dan H. Algabroun, 2014

Penelitian ini melakukan proses perencanaan jaringan radio melalui beberapa tahap yaitu *site survey*, perencanaan frekuensi yang digunakan, *link budget* dan *coverage planning* dan *capacity planning*. Lokasi objek penelitian di kota Tripoly. Daerah dibagi menjadi tiga area yaitu dense urban, urban dan sub urban. Frekuensi yang digunakan yaitu 1800 MHz dengan *bandwidth* 20 MHz Teknologi yang digunakan yaitu LTE FDD, menggunakan soft frekuensi reuse (SFR 1*3*1), dan diasumsikan *cyclic prefix* normal(El-Feghi, Zakaria Sulima Zubi, A Jamil, 2014).

Berdasarkan hasil perhitungan *link budget*, kebutuhan site untuk daerah dense urban sebanyak 144 site, urban sebanyak 283 site dan sub urban sebanyak 86 site. Berdasarkan hasil perhitungan *capacity planning*, jumlah site yang diperlukan untuk daerah dense urban sebanyak 215 site, urban sebanyak 129 site dan sub urban sebanyak 86 site. Maka site yang diperlukan untuk membangun teknologi LTE di kota Tripoly adalah 215 site untuk daerah dense urban, 283 untuk urban dan 86 untuk suburban.

Dalam penelitian tersebut juga mengukur performansi moda propagasi LTE FDD untuk arah *uplink* maupun *downlink* dengan membandingkan modulasi QPSK, 16QAM dan 64QAM. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh kesimpulan bahwa BER vs SNR dan BLER vs SNR berbeda-beda tergantung pada beberapa parameter seperti skema modulasi, code rate dan konfigurasi antenna. Performansi akan meningkat seiring dengan penambahan jumlah antenna di penerima (*diversity antenna*). Jumlah antenna pengirim tidak mempengaruhi nilai BER atau BLER. Hasil simulasi BER dan BLER TDD dan FDD menunjukkan performansi yang sama pada antenna konfigurasi yang sama. Diversitas antenna penerima mempengaruhi SNR. Konfigurasi antenna SIMO (1x2) meningkatkan SNR sebesar 3 dB, sedangkan MIMO (2x2) meningkatkan SNR sebesar 4 dB.

2) *Studi Pemanfaatan Digital Dividend untuk Layanan Long Term Evolution* oleh Sri Ariyanti, 2013

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil perhitungan *link budget* frekuensi 700 MHz untuk penerapan teknologi LTE, mengetahui perbandingan kapasitas pengguna

pada daerah dense urban, urbans, suburban dan rural, mengetahui estimasi jumlah operator LTE optimum dan pembagian *bandwidth*nya. Frekuensi 700 MHz tersebut merupakan frekuensi UHF yang digeser setelah dilakukan migrasi dari TV analog ke TV digital. Hasil pergeseran frekuensi UHF tersebut menyisakan alokasi frekuensi 2x45 MHz FDD atau yang disebut *digital dividend*. Sisa frekuensi tersebut dalam penelitian ini direncanakan untuk teknologi *Long Term Evolution*.

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(Ariyanti, 2013).

3) *Nominal and Detailed LTE Radio Network Planning Considering Future Deployment in Dhaka City* oleh Nafiz Imtiaz Bin Hamid, Md Ashraful Hoqqe, Kazi Khairul Islam, 2012.

Penelitian ini melakukan perencanaan jaringan radio penerapan teknologi *Long Term Evolution* di kota Dhaka. Adapun proses dari *Radio Network Planning* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan informasi *pre-planning* dan *dimensioning* jaringan seperti persiapan *Link budget*, perhitungan *coverage* dan *capacity* melalui *running* simulasi
- *Nominal and detailed planning*, meliputi pemilihan dan penggunaan *radio planning tool*. Langkah ini meliputi pemilihan model propagasi, menentukan thresholds *Link Budget*, membuat *detailed radio plan* berdasarkan pada threshold, memeriksa kapasitas jaringan terhadap estimasi trafik yang lebih detail, perencanaan konfigurasi, *survey site*, pre-validasi dan validasi site, perencanaan parameter eNodeB
- Menentukan KPIs dan parameter perencanaan, yaitu menggunakan parameter sistem eNodeB dan *counter*, menentukan performansi KPIs dan target nilainya berdasarkan pada tawaran vendor, memverifikasi KPIs dan target nilai penggunaan *tool planning* dan *dimensioning* secara nominal bersama dengan optimasi *pre* dan *post launching*.

Tapi ruang lingkup dalam penelitian ini tidak mendefinisikan KPI dan paramater *planning*.

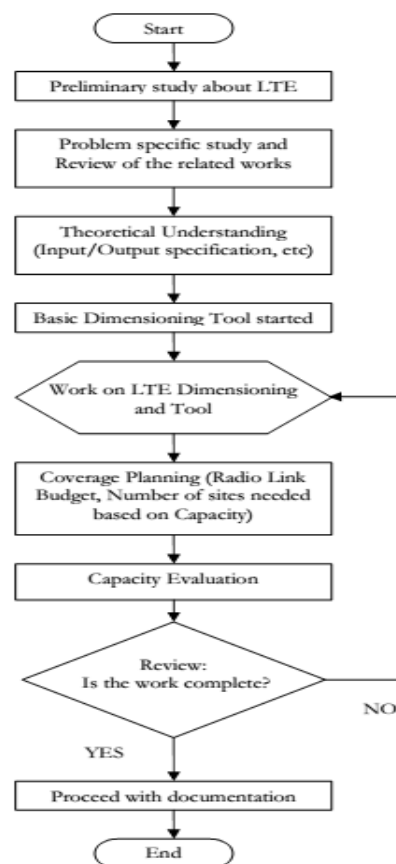
Analisis *coverage* dan *capacity* pada penelitian ini digunakan pada nominal dan tahap *detailed radio planning* dengan menggunakan atoll dimana diinputkan digital map kota Daka. Simulasi menggunakan Atoll berisi prediksi *coverage* dan simulasi *traffic*. Untuk awal pembangunan jaringan, di bagian paling awal hanya sejumlah kecil pelanggan yang dipertimbangkan untuk perhitungan *coverage* dan *capacity*. Sehingga, masih ada tantangan untuk peningkatan kapasitas pada beberapa tahun ke depan. (Imtiaz & Hamid, 2012).

Adapun hasil simulasi *link* menggunakan Atoll dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. LINK BUDGET YANG DIPEROLEH DARI TOOL ANALISIS

Transmitter:	Site33_3
Receiver:	(230,172 ; 2,626,698)
Distance:	2,571m
Power:	43dBm
EIRP:	53.22dBm
Reception gain:	0 dB
Path Loss:	160.01 dB
Shadowing margin:	4.72 dB
Indoor Loss:	0 dB
Signal Level:	-111.51dBm

4) *Dimensioning of LTE Network, Description of Models and Tool, Coverage and Capacity Estimation of 3GPP Long Term Evolution Radio Interface* oleh Abdul Basit, Syed, 2009



Gambar 5. Diagram Alir Proses Penelitian

Penelitian ini bertujuan menunjukkan fitur LTE yang relevan untuk *dimensioning*; mendefinisikan model dasar *Access network Dimensioning*; estimasi jangkauan; estimasi perhitungan elemen jaringan; evaluasi kapasitas dan mendeskripsikan *tool dimensioning*.

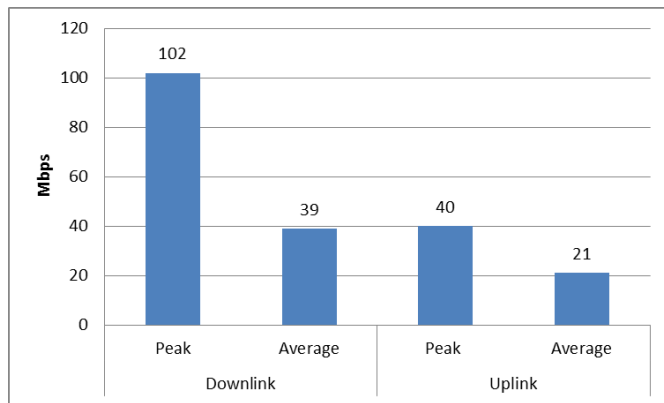
Alur penelitian yang dilakukan meliputi *radio link budget*, *capacity planning* dan *tool dimensioning*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *throughput per cell* untuk daerah urban sebesar 29,23 Mbps, suburban sebesar 25,43 Mbps, rural sebesar 19,89 Mbps. *Coverage* untuk daerah urban sebesar 1 Km, sub urban sebesar 1.5 Km dan rural sebesar 2 Km. Estimasi jumlah site untuk tahun pertama sebesar 32 site, dan untuk tahun ke 9 sebanyak 60 site (Basit, 2009).

B. Landasan Teori

Teknologi *Long Term Evolution* (LTE) merupakan teknologi generasi ke empat (4G), evolusi dari teknologi *Global System for Mobile Communications* (GSM) dengan *peak data rate* sebesar 150 Mbps untuk *downlink* pada *release 8*. Kecepatan data tersebut ketika menggunakan *bandwidth* sebesar 20 MHz dan konfigurasi antena MIMO 2x2 (Toskala, 2012).

Gambar menunjukkan contoh *drive test* jaringan LTE menggunakan *bandwidth* 20 MHz. Pada gambar tersebut terlihat bahwa *peak data rate* pada arah *downlink* sebesar 102 Mbps, data rate rata-rata sebesar 39 Mbps. Untuk arah *uplink*, *peak data rate* mencapai 40 Mbps dan *average data rate* sebesar 21 Mbps.



Gambar 6. Contoh Hasil *Drive Test* Jaringan LTE pada *Bandwidth* 20 MHz (Toskala, 2012)

1) Standard LTE-Advanced

ITU-R menentukan persyaratan untuk *IMT-Advanced* sebagai berikut:

- *Peak data rate* untuk mobilitas tinggi mencapai 100 Mbps dan untuk mobilitas rendah mencapai 1 Gbps;
- Mengijinkan *inter-working* terhadap sistem radio akses lainnya;
- Memungkinkan kualitas yang tinggi untuk layanan *mobile*;
- Kemampuan *worldwide roaming*;

- *Cost* yang rendah untuk mendukung layanan dan aplikasi;
- *Cell spectral efficiency* di area indoor sebesar 3 bits/Hz/cell untuk *downlink*, dan 0.7 bits/Hz/cell untuk *high speed uplink*;
- *Peak spectral efficiency* mencapai 15 bits/s/Hz;
- Skalabilitas *bandwidth* mencapai 40 MHz dan dipertimbangkan mencapai 100 MHz;
- *Spectral efficiency* pelanggan pada pinggir sel berkisar dari 0.015 bps/Hz sampai 0.1 bps/Hz;
- Persyaratan *latency* pada waktu transisi anatar *idle* dan aktif sebesar 100 ms, pada kondisi *unloaded*;
- Mendukung mobilitas mencapai 350 Km/jam;
- Interupsi *handover* untuk intra frekuensi sebesar 27.5 ms, inter frekuensi dengan *band* sebesar 46 ms dan antar band sebesar 60 ms;
- Kapasitas VoIP mencapai 30 – 50 *user* per sektor/MHz;

Tabel 3 menunjukkan perbandingan persyaratan teknis LTE *Advanced* berdasarkan 3GPP dan ITU-R

TABEL 3. PERBANDINGAN PERSYARATAN TEKNIS LTE ADVANCED BERDASARKAN 3GPP DAN ITU-R

System Performancy Requirements	3GPP	ITU-R
<i>Downlink peak sectrum efficiency</i>	30 bps/Hz (max 8 antena)	15 bps/Hz (max 4 antena)
<i>Uplink peak sectrum efficiency</i>	15 bps/Hz (max 4 antena)	6.75 bps/Hz (max 2 Tx antena)
<i>Uplink cell edge user spectral efficiency</i>	0.04–0.07 bps/Hz	0.03 bps/Hz
<i>Downlink edge user spectral efficiency</i>	0.07–0.12 bps/Hz	0.06 bps/Hz
<i>User plane latency</i>	10 ms	10 ms

Sumber : (Toskala, 2012)

2) Physiscal Layer LTE Release 8 dan 9

LTE-Advanced Release 10 didesain berdasarkan *LTE Release 8 dan 9* dengan hanya sedikit modifikasi dan peningkatan performansi. Terutama arsitektur dan protokol dalam beberapa kasus tidak ada perubahan pada *LTE-Advanced*, hanya penambahan elemen penting untuk mengaktifkan *Physical layer LTE-Advanced*.

Physiscal Layer *LTE Release 8 dan 9* menggunakan *multiple access Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)* pada arah *downlink* dan *Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)* pada arah *uplink*.

Bandwidth yang digunakan pada *LTE Release 8 dan 9* yaitu 1.4, 3, 5, 10, 15 dan 20 MHz. Adapun parameter teknis

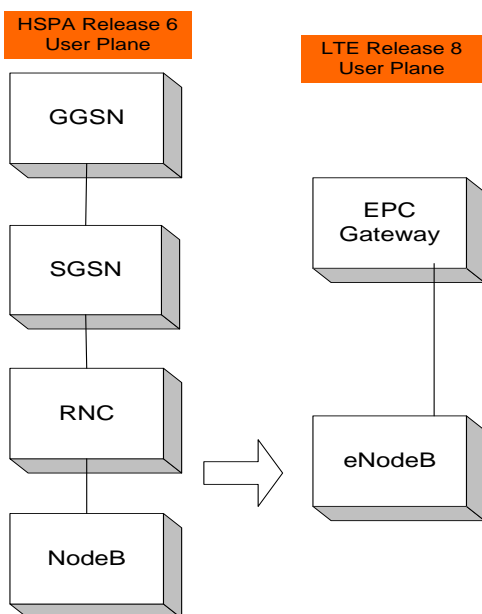
untuk physical layer LTE lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini.

TABEL 4. PARAMETER TEKNIS PHYSICAL LAYER LTE(TOSKALA, 2012)

Bandwidth	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
Sub-frame duration	1 ms					
Sub-carrier spacing	15 kHz					
FFT length	128	256	512	1024	1536	2048
Sub-carriers	72	180	300	600	900	1200
Symbols per slot	7 with Short CP and 6 with Long CP					
Cyclic prefix	5.21 μs with Short CP and 16.67 μs with Long CP					

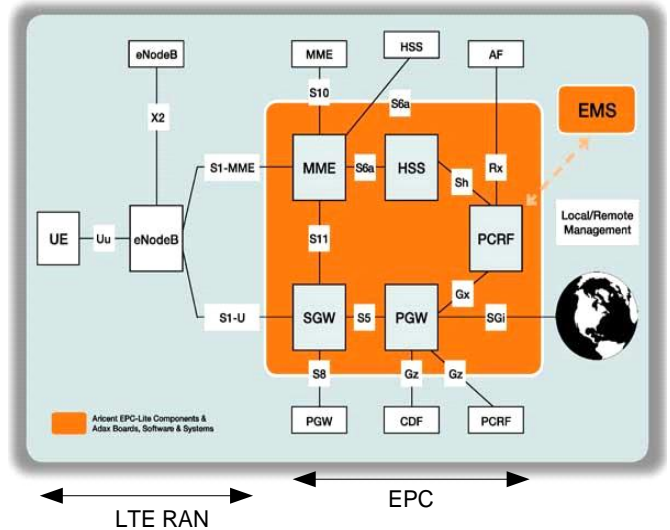
3) *Arsitektur LTE Release 8*

Arsitektur LTE diadopsi dari prinsip flat arsitektur, jika dibandingkan dengan arsitektur *release 6* HSPA, arsitektur LTE *release 8* pada sisi radio dan *core* ditangani oleh satu elemen, seperti yang ditunjukkan pada gambar 7. Tujuannya adalah menjamin kemudahan skalabilitas untuk menghindari *upgrade* kapasitas beberapa tingkat ketika trafik naik seperti pada *release 6*.



Gambar 7. Evolusi Arsitektur flat radio dan LTE(Toskala, 2012)

Adapun arsitektur keseluruhan LTE *Radio Acces Network* (LTE RAN) dan *Evolved Packet Core* (EPC) ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Arsitektur Jaringan *Long Term Evolution* secara keseluruhan(Toskala, 2012)

4) *Model Propagasi*

Model propagasi dalam penelitian ini menggunakan COST-231 karena sesuai untuk frekuensi yang digunakan penelitian ini yaitu 1800 MHz dan 2100 MHz. Model Cost231 – Hatta merupakan perkembangan dari model propagasi hatta yang digunakan pada *range* frekuensi antara 1500 MHz – 2000 MHz(Singh, 2012).

Adapun parameter untuk model ini adalah sebagai berikut:

- Frekuensi *Carrier* (f_c) = 1500 MHz – 2000 MHz
- Tinggi antenna *Base Station* (h_b) = 30 – 200 m
- Tinggi Antena *Mobile Station* (h_m) = 1 – 10 m
- Jarak transmisi (d) = 1- 20 Km

Adapun persamaan dari model COST-231-Hatta adalah sebagai berikut(Molisch, 2011):

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

Dimana

$$A = 46.3 + 33.9 \log_{10} (f_c) - 13.28 \log_{10}(h_b) - a(h_m)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log_{10} (h_b)$$

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

$$CM = \begin{cases} 0 \text{ dB} & \text{For Rural and suburban} \\ 3 \text{ dB} & \text{For Dense Urban and Urban} \end{cases}$$

5) *Prosedur LTE Link Budget*

Perhitungan *Link budget* terdiri dari arah *downlink* maupun *uplink*. Perhitungan *Link Budget* didasarkan dari perhitungan *Receiver Signal Strength Indicator* (RSSI). RSSI atau kekuatan sinyal merupakan pengukuran seberapa kuat sinyal

yang diterima pada jarak tertentu. Nilai RSSI pada *range* 0–255. Semakin besar RSSI, semakin besar sinyal. Komunikasi yang handal dapat diperoleh RSSI lebih besar dari 70. Jika RSSI terlalu rendah, komunikasi kemungkinan menjadi *intermiten* atau gagal keseluruhan. Sinyal penerima untuk Okumura model, Hata model dan Cost-231 dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut ini:

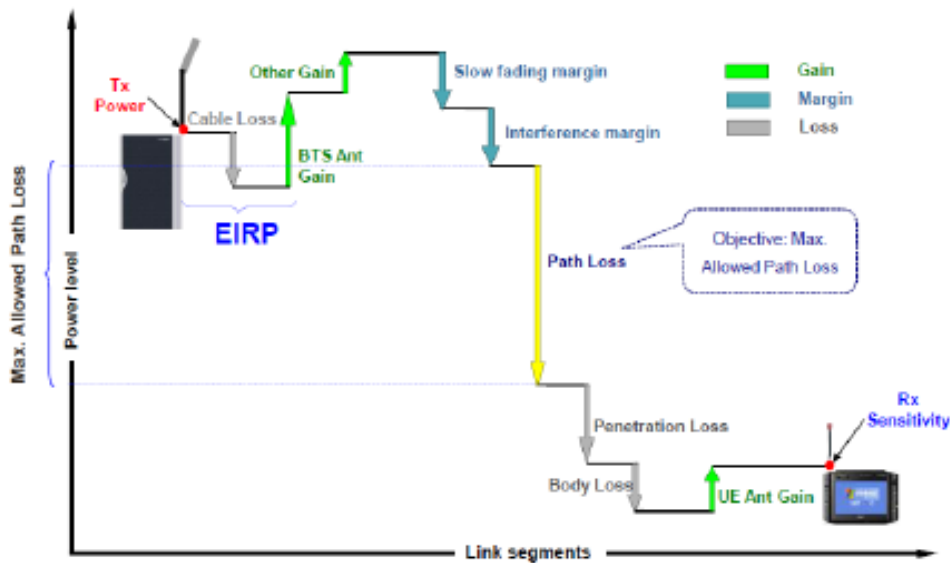
$$Pr = Pt + Gt + Gr - PL - A$$

Dimana :

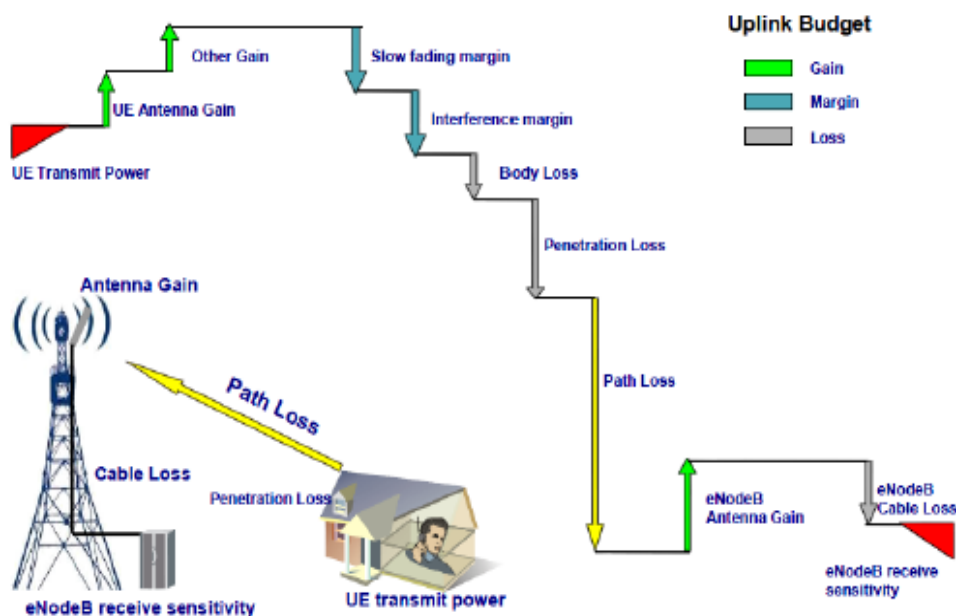
- Pr merupakan daya sinyal yang diterima (dBm)
- Pt merupakan daya pancar (dBm)
- Gt merupakan *gain* antenna pemancar (dB)
- Gr merupakan *gain* antenna penerima (dB)
- PL merupakan *path loss* (dBm)

Secara lebih detail ilustrasi perhitungan *link budget* untuk arah *downlink* maupun *uplink* dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 (Asp, Training, & Broadband, 2013).

Downlink Link Budget



Gambar 9. Ilustrasi *Link Budget* untuk Arah *Downlink*(Asp et al., 2013)



Gambar 10. Ilustrasi *Uplink Link Budget*(Asp et al., 2013)

Persamaan untuk memperoleh *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) untuk arah *downlink* maupun *uplink* adalah sebagai berikut ini:

Downlink :

$$MAPL = EIRP_{DL} - S_{UE} - LNF - IM_{DL} - L_{pen} - L_{bodyLoss} + G_{eNB Antena}$$

Uplink:

$$MAPL = EIRP_{UL} - S_{eNB} - LNF - IM_{UL} - L_{pen} - L_{bodyLoss} + G_{eNB Antena} + G_{eNB TMA}$$

Dimana:

MAPL: *Maximum Allowable Path Loss*

EIRP: *Equivalent Isotropic Radiated Power*

S_{UE} : *Receiver sensitivity UE (User Equipment)*

S_{eNB} : *Receiver sensitivity eNodeB (BTS)*

LNF: *log normal fading margin*

IM : *Interference Margin*

G-antena: *Antena Gain*

G-shad: *Gain Against Shadowing*

L_{pen} : *Penetration loss*

$L_{bodyLoss}$: *Body Loss*

III. METODE PENELITIAN

A. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan data kuantitatif yaitu menghitung jumlah site yang dibutuhkan untuk menggelar jaringan LTE. Perhitungan jumlah site tersebut meliputi *coverage planning* dan *capacity dimensioning*.

B. Lokasi penelitian

Penelitian di lakukan di Jakarta. Pemilihan lokasi dengan pertimbangan bahwa semua kantor pusat operator seluler berada di Jakarta.

C. Teknik pengumpulan data

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa data penelitian merupakan data kuantitatif. Pengumpulan data dilakukan melalui permohonan data yang terkait dengan perhitungan *link budget* maupun *capacity dimensioning*.

D. Objek Penelitian

Penelitian ini hanya membahas kebutuhan site untuk perencanaan teknologi LTE, studi kasus operator Telkomsel. Area atau objek penelitian hanya daerah Jabodetabek karena merupakan daerah dengan kepadatan penduduk cukup besar, pelanggan 3G juga banyak berada di daerah tersebut. Perencanaan awal teknologi baru biasanya dimulai dari kota besar dengan populasi penduduk yang padat.

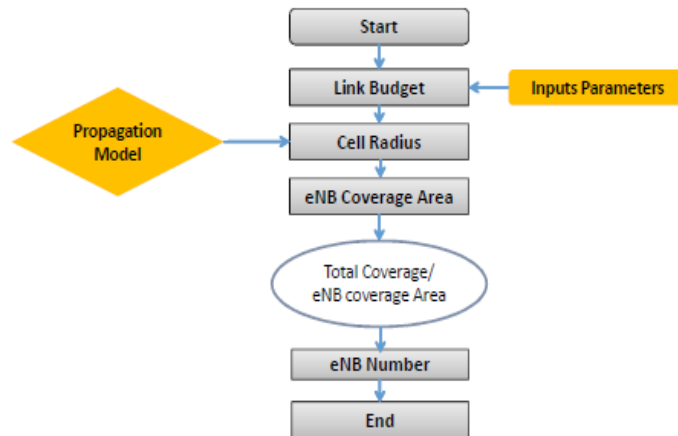
E. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini yaitu deskriptif dengan menggambarkan kebutuhan site untuk perencanaan teknologi LTE.

Metode penelitian ini menggunakan *network planning* yang sudah ada, yaitu meliputi *coverage planning* dan *capacity planning*. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini meliputi:

1) LTE coverage planning

Diagram alir LTE *coverage dimensioning* dapat dilihat pada gambar 11 berikut ini:



Gambar 11. Diagram Alir Coverage Planning(Asp et al., 2013)

Berdasarkan gambar 11, proses *coverage planning* meliputi sebagai berikut:

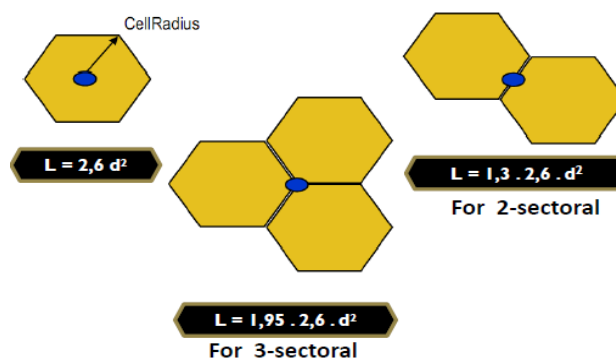
a) Link Budget

Seperti telah dijelaskan sebelumnya pada bab 2, *link budget* meliputi arah *uplink* dan *downlink*. Dengan memasukkan parameter-parameter yang diperlukan, maka diperoleh *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL).

Menentukan model propagasi untuk memperoleh besarnya radius sel dengan memasukkan nilai MAPL. Model propagasi dalam penelitian ini menggunakan COST231- Hata cocok digunakan untuk frekuensi 1500 – 2000 MHz. Sehingga sesuai dengan frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini.

b) Setelah diperoleh radius sel maka akan diperoleh eNB coverage area atau luas sel

Luas sel atau *cell area* diperoleh dari persamaan seperti pada gambar 12.



Gambar 12. Persamaan untuk menghitung luas sel (Floatway Learning Center, 2014)

Pada penelitian ini menggunakan tiga sektoral, sehingga untuk memperoleh luas sel dengan persamaan sebagai berikut:

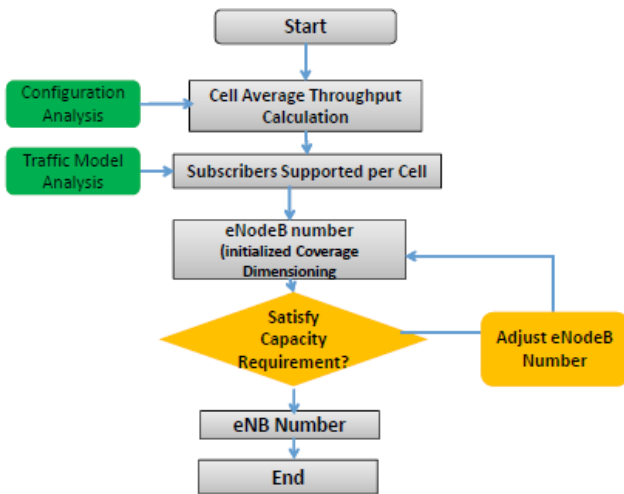
$$L = 1,95 \times 2,6 \times d^2, \text{ dimana } d \text{ merupakan radius sel.}$$

c) Memperoleh jumlah eNodeB dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_{eNB} = A/A_{site}, \text{ A merupakan luas area yang di-cover}$$

2) *LTE capacity dimensioning*

Diagram alir proses *LTE capacity dimensioning* dapat dilihat pada gambar 13 berikut ini:



Gambar 13. Diagram Alir *LTE Capacity Dimensioning*(Asp et al., 2013)

Berdasarkan gambar 13 Proses *LTE Capacity dimensioning* meliputi:

a) Perhitungan *cell average throughput* dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Cell average Throughput} = \text{cell bandwidth} \times \text{spectral efficient}$$

b) *Subscriber supported per cell*

Untuk menentukan jumlah *subscriber* yang bisa ditampung satu sel, terlebih dahulu menentukan model trafik.

Untuk selanjutnya, langkah – langkah yang dilakukan sebagai berikut:

DL Cell Average Capacity	a. (Mbps)
Busy Hour DL Cell Loading	b. (%)
DL Cell Capacity in BH	c = a x b (Mbps)
Peak to Average Ratio	d. (%)
BH DL Throughput/Sub.	e. (Kbps)
Sector Number/site	f.
Subs supported in a site	g. [(cxf)/(1+d)] / e

Sehingga diperoleh jumlah *subscriber* per site.

c) Menentukan jumlah eNode B

Jumlah eNodeB diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{eNode B Number} = \text{Total subscribers/jumlah subscriber persite}$$

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan permasalahan penelitian, kajian ini menentukan jumlah eNodeB yang diperlukan untuk perencanaan jaringan teknologi *Long Term Evolution* pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz. Alokasi frekuensi 2100 MHz yang dimiliki oleh empat operator seluler maksimal 15 MHz dan sudah *contiguous*. Sedangkan alokasi frekuensi 1800 MHz yang dimiliki oleh keempat operator seluler tersebut belum *contiguous*. Rencana pemerintah kedepannya adalah menata alokasi frekuensi 1800 MHz agar *contiguous*. Dengan demikian *bandwidth* yang dimiliki oleh XL-Axis sebesar 22.5 MHz, Telkomsel sebesar 22.5 MHz, Indosat sebesar 20 MHz dan H3I sebesar 10 MHz.

Berdasarkan *bandwidth* yang dimiliki oleh operator seluler pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz, maka penelitian ini menganalisis kebutuhan eNodeB pada *bandwidth* 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz dan 20 MHz pada frekuensi 1800 MHz dan *bandwidth* 5 MHz, 10 MHz dan 15 MHz pada frekuensi 2100 MHz.

A. *Site Survey*

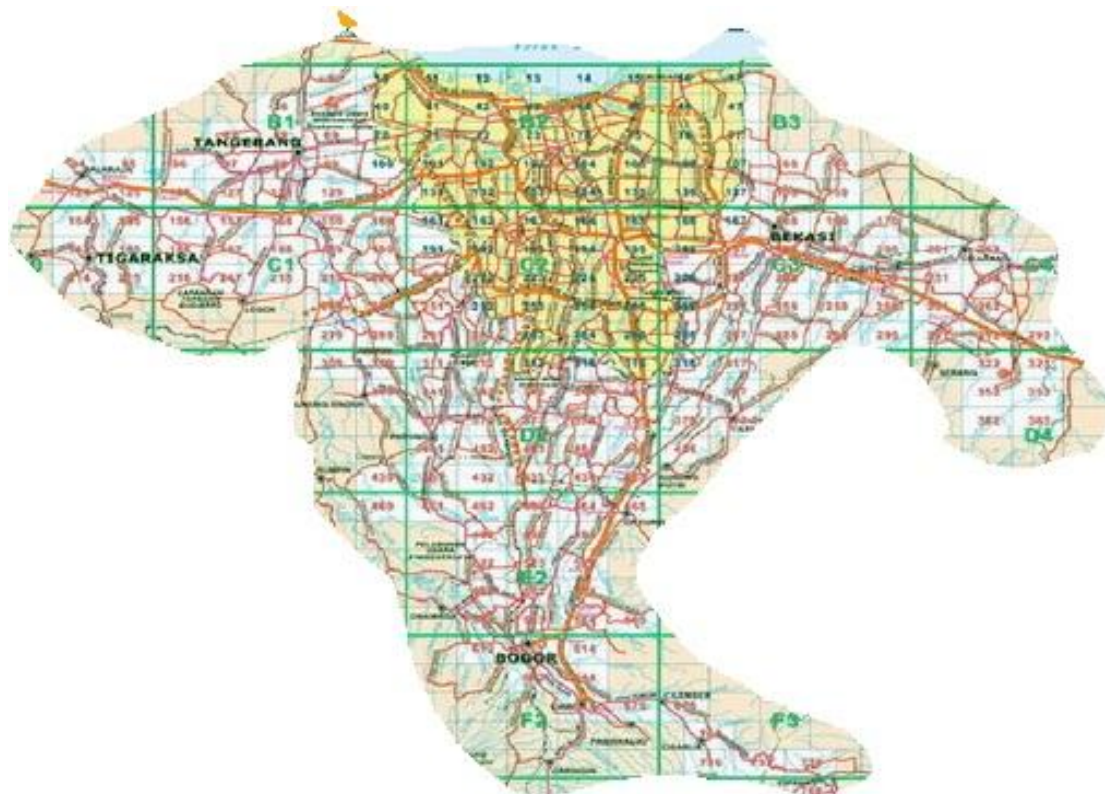
Area pembangunan jaringan LTE pada penelitian ini yaitu kota Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi. Daerah tersebut dipilih dengan pertimbangan mayoritas penduduknya sudah menggunakan internet dalam kesehariannya. Luas area Jabodetabek sebesar 1230.8 Km², terdiri dari dense urban dengan luas wilayah mencapai 1207.77 Km² atau 98% dari total luas wilayah Jabodetabek, dan daerah urban sebesar 22.03 Km² atau sebesar 2% dari total wilayah Jabodetabek. Adapun peta wilayah Jabodetabek dapat dilihat pada Gambar 14.

B. *Spektrum Frekuensi yang digunakan*

Teknologi yang digunakan dalam perencanaan jaringan ini adalah LTE FDD pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz. *Bandwidth* yang digunakan pada frekuensi 1800 MHz sebesar 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz dan 20 MHz. Sedangkan untuk frekuensi 2100 MHz, *bandwidth* yang digunakan sebesar 5 MHz, 10 MHz dan 15 MHz.

C. *Link Budget Coverage Planning*

Sesuai dengan prosedur yang digunakan untuk Link Budget coverage planning yang telah dijelaskan sebelumnya pada Bab III, maka menghitung besarnya *Maximum Allowed Path Loss* (MAPL). Parameter yang digunakan untuk menghitung MAPL mengacu pada *ECC report* dan Huawei. Parameter yang digunakan dalam perencanaan jaringan LTE dapat dilihat pada tabel 5. Sedangkan parameter *uplink* dan *downlink budget* dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.



Gambar 14. Peta Wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi (google, 2014)

TABEL 5. SKENARIO PERENCANAAN JARINGAN LTE

<i>Morphology</i>	<i>Uplink</i>	<i>Downlink</i>
Konfigurasi Antena	1 x 2	2 x 2
Data Rate	500 kbps	1000
MCS at Cell Edge	QPSK, 1/4	QPSK, 2/5

TABEL 6. PARAMETER UPLINK BUDGET

Parameter Uplink	Satuan	Value
Tx Power	dBm	23
Antenna gain	dB	0
Body loss	dB	2
e.i.r.p.	dBm	21
Rx Noise Figure	dB	3
Bandwidth	MHz	5
Receiver Noise=KTB x NF	dBm	
SINR	dB	-3,3
Fade Margin	dB	9
Interference margin	dB	3
Rx antenna gain	dB	17
Feeder Loss	dB	2

TABEL 7. PARAMETER DOWNLINK BUDGET

Parameter Downlink	Satuan	Value
Tx Power	dBm	46
Antenna gain	dB	17
Cable loss	dB	2
e.i.r.p.	dBm	61
Rx Noise Figure	dB	7
Bandwidth	MHz	5
Receiver Noise=KTB x NF	dBm	
SINR	dB	-2
Fade Margin (dB)	dB	9
Interference margin	dB	8
Rx antenna gain	dB	0
Body Loss	dB	2

Berdasarkan parameter diatas, diperoleh *Maximum Allowed Path Loss* (MAPL) untuk frekuensi 1800 dan 2100 MHz baik untuk arah *uplink* dan *downlink* dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9.

TABEL 8. BESARNYA MAPL UNTUK ARAH *UPLINK* PADA FREKUENSI 1800 MHz DAN 2100 MHz

Frekuensi	Bandwidth			
	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
1800 MHz	131,29	128,98	126,52	125,27
2100 MHz	132,29	129,98	127,52	

TABEL 9. BESARNYA MAPL UNTUK ARAH *DOWNLINK* PADA FREKUENSI 1800 MHz DAN 2100 MHz

Frekuensi	Bandwidth			
	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
1800 MHz	143,99	140,98	139,22	137,97
2100 MHz	144,99	141,98	140,22	

Berdasarkan tabel 8 dan 9 terlihat bahwa semakin besar frekuensi yang digunakan, semakin besar MAPL nya. Hal ini disebabkan *gain* antenna untuk frekuensi 2100 MHz lebih besar jika dibanding dengan *gain* antenna yang digunakan untuk frekuensi 1800 MHz.

Besarnya MAPL juga dipengaruhi oleh besarnya *bandwidth* yang digunakan. Semakin besar *bandwidth* yang digunakan, semakin kecil MAPL nya. Hal ini disebabkan oleh besarnya *receiver noise* berbeda tergantung pada *bandwidth* yang digunakan. Sebagaimana telah diketahui bahwa persamaan *receiver noise* adalah sebagai berikut:

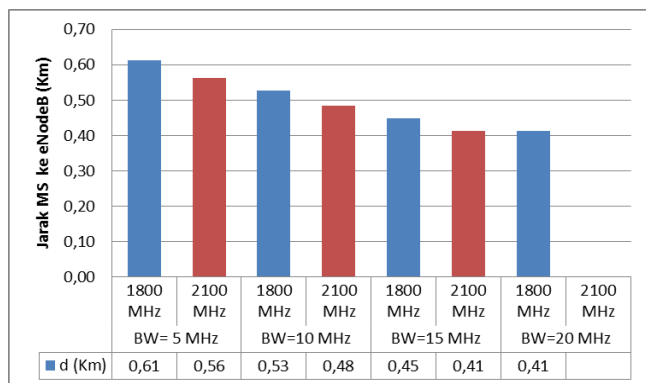
$$\text{Receiver Noise} = K \cdot T \cdot B \cdot NF$$

Dimana :

- K merupakan konstanta boltzman, sebesar 1.38×10^{-23}
- T merupakan temperatur *noise*, sebesar 290⁰ Kelvin.
- B merupakan *bandwidth* yang digunakan (Hz)
- NF merupakan noise figure

1) Perbandingan Jarak Antara eNodeB ke Mobile Station (MS) pada arah Uplink dan Downlink

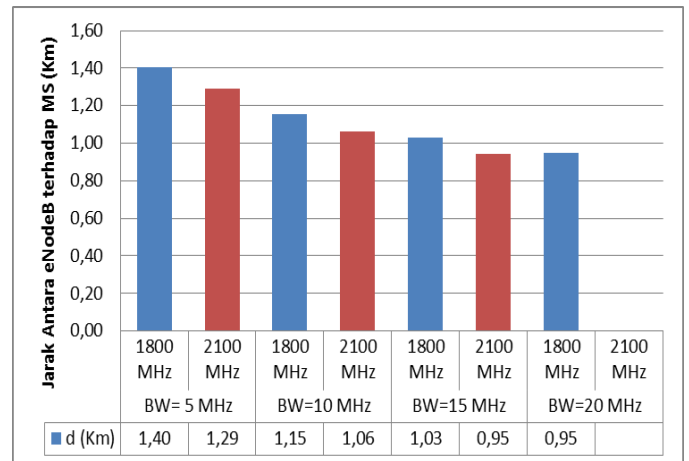
Setelah diperoleh *Maximum Allowed Path Loss*, kemudian dilakukan perhitungan untuk memperoleh besarnya jarak antara eNodeB terhadap *Mobile Station* (MS). Model propagasi yang digunakan untuk *link budget* menggunakan Cost-231. Adapun jarak antara MS terhadap eNodeB pada arah *uplink* dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Jarak MS ke eNodeB pada arah *Uplink*

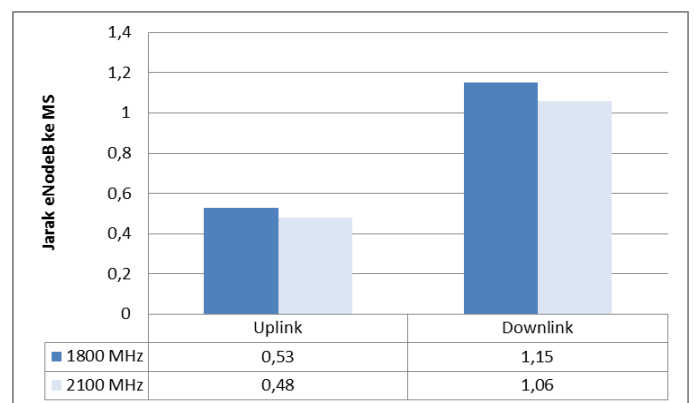
Gambar 15 diatas menunjukkan semakin besar frekuensi yang digunakan, semakin kecil jangkauan siny dari MS ke eNode B. Demikian pula untuk *bandwidth* yang digunakan, semakin besar *bandwidth* yang digunakan, semakin kecil jarak antara MS ke eNodeB.

Adapun besarnya jarak antara eNodeB terhadap MS pada arah *downlink* dapat dilihat pada gambar 16 berikut ini. Dari Gambar 16 terlihat bahwa semakin besar frekuensi yang digunakan, semakin kecil jarak antara eNodeB terhadap MS. Semakin besar *bandwidth* yang digunakan, semakin kecil jangkauan dari eNodeB terhadap MS.



Gambar 16. Jarak Antara EnodeB terhadap MS pada arah *downlink*

Perbandingan jarak eNodeB terhadap *Mobile Station* (MS) pada arah *uplink* dan *downlink* pada *bandwidth* 10 MHz dapat dilihat pada gambar 17. Pada gambar 17 menunjukkan bahwa jarak eNodeB pada arah *downlink* lebih besar dibanding dengan *uplink*. Hal ini disebabkan karena daya pancar eNodeB pada arah *downlink* lebih besar dibanding daya pancar *Mobile Station* pada arah *uplink*.



Gambar 17. Perbandingan Jarak antara eNodeB dan MS pada arah *uplink* dan *downlink*

2) Perbandingan Jumlah eNodeB Pada Frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz

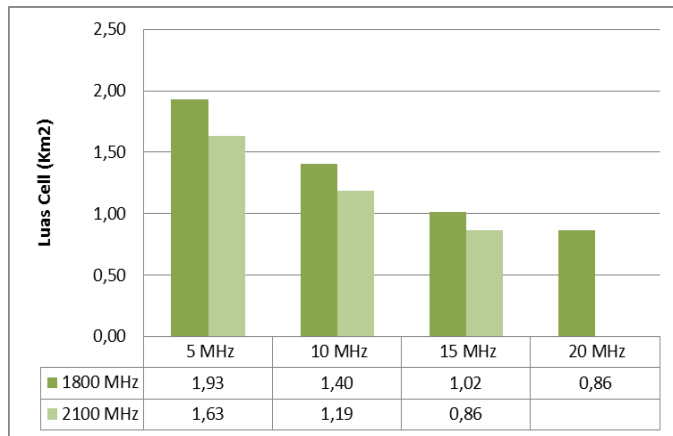
Berdasarkan hasil perhitungan jarak antara eNodeB dan *Mobile Station* pada arah *uplink* dan *downlink*, diperoleh luas site yang kemudian akan memperoleh jumlah eNodeB. Asumsi jumlah sektor dalam 1 sel dalam penelitian ini

sebanyak 3 sektor, sehingga persamaan luas site adalah sebagai berikut:

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

Dimana d merupakan jarak antara eNodeB ke *Mobile Station* (MS).

Perhitungan luas *cell* menggunakan jarak MS ke eNodeB pada arah *uplink* karena dalam perencanaan menggunakan jarak yang paling kecil untuk mengantisipasi kondisi *worst case*. Hasil perhitungan luas *cell* berdasarkan persamaan diatas dapat dilihat pada Gambar 18.

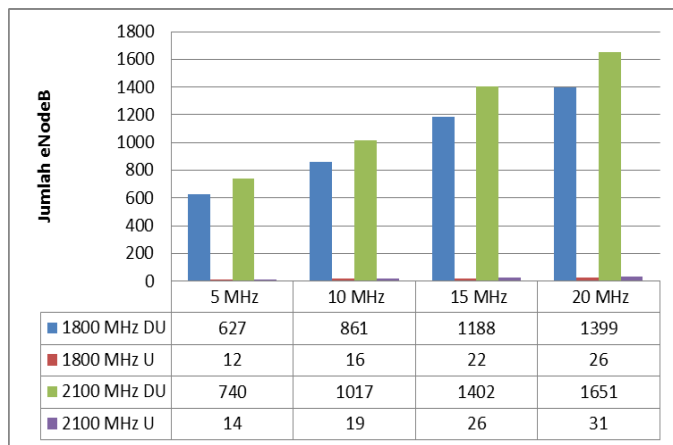


Gambar 18. Perbandingan Luas Sel Frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz

Gambar 18 menunjukkan bahwa semakin besar frekuensi yang digunakan, semakin kecil luas sel. Selain itu pula, semakin besar *bandwidth* yang digunakan, luas sel semakin kecil. Hali ini disebabkan *thermal noise* dipengaruhi oleh besarnya *bandwidth* yang digunakan. Semakin besar *bandwidth* yang digunakan, semakin besar *thermal noise* nya.

Stelah diperoleh luas *cell*, maka dapat diperoleh jumlah eNodeB yang diperlukan. Jumlah eNodeB diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah eNodeB} = \text{Luas Area} / \text{Luas Sel}$$



Gambar19. Perbandingan Jumlah eNodeB yang dibutuhkan untuk membangun LTE pada area Jabodetabek

Jumlah eNodeB yang diperlukan untuk perencanaan teknologi LTE di Jabodetabek pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 Mhz dapat dilihat pada Gambar 19. Pada gambar tersebut terlihat bahwa semakin besar frekuensi yang digunakan, semkain besar pula jumlah eNodeB yang diperlukan. Area jabodetabek merupakan termasuk area megapolitan dengan luas area dense urban sebesar 98% dari total luas area. Dengan demikian daerah dense urban memerlukan jumlah site yang lebih besar dibanding dengan daerah urban.

D. Capacity Planning

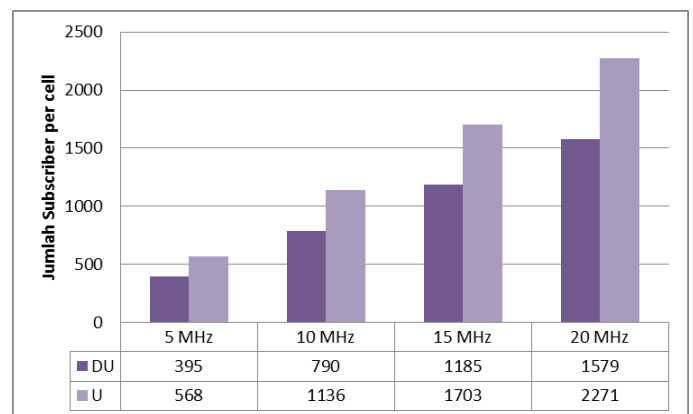
Capacity planning digunakan untuk menghitung jumlah subscriber dalam satu *cell*. Perhitungannya dapat dilihat pada bab 3. Asumsi perhitungan *downlink cell capacity* adalah sebagai berikut:

- 1) Jumlah sektor per site = 3
- 2) *Peak to average ratio* untuk daerah dense urban sebesar 40% dan urban sebesar 20%
- 3) *Design Downlink Cell loading* sebesar 50%
- 4) Antena yang digunakan MIMO 2 x 2
- 5) Modulasi QPSK, data rate 1000 Kbps
- 6) *Downlink cell average capacity* dapat dilihat pada tabel 9.

TABEL 10. DOWNLINK CELL AVERAGE CAPACITY (MBPS)

Bandwidth	Dense Urban	Urban
5 MHz	16,8	16,8
10 MHz	33,6	33,6
15 MHz	50,4	50,4
20 MHz	67,2	67,2

Berdasarkan hasil perhitungan *capacity planning* diperoleh jumlah *user per cell* yang ditunjukkan pada gambar 20. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin besar *bandwidth* yang digunakan, semakin besar pula kapasitas *user* dalam satu sel. Kapasitas *user* per sel pada daerah urban lebih besar dibanding dengan dense urban karena *throughput* per user dan *Peak to Average Ratio* untuk daerah urban lebih kecil dibanding dengan daerah dense urban.



Gambar 20. Jumlah Subscriber dalam satu cell

Setelah diperoleh jumlah *subscriber* dalam satu *cell*, maka diperoleh jumlah eNodeB yang diperlukan untuk membangun jaringan *Long Term Evolution*.

$$\sum eNodeB = \frac{\sum \text{subscriber yang akan dilayani}}{\sum \text{subscriber per cell}}$$

Pada penelitian ini diasumsikan jumlah pelanggan LTE pada tahun pertama sebesar 2.02 juta. Dengan demikian diperoleh jumlah eNodeB yang diperlukan untuk membangun jaringan LTE pada area Jabodetabek dapat dilihat pada Tabel 11.

Jumlah eNodeB yang diperlukan untuk membangun jaringan LTE pada daerah Jabodetabek berdasarkan *capacity planning* dipengaruhi oleh besarnya *bandwidth* yang digunakan. Semakin besar *bandwidth* yang digunakan, semakin sedikit jumlah eNodeB yang dibutuhkan.

TABEL 11. JUMLAH ENODEB BERDASARKAN *CAPACITY PLANNING*

Bandwidth	Tipe Area	Jumlah eNodeB
BW = 5 MHz	Dense Urban	5020
	Urban	72
BW=10 MHz	Dense Urban	2510
	Urban	36
BW=15 MHz	Dense Urban	1674
	Urban	24
BW=20 Mhz	Dense Urban	1256
	Urban	18

E. Jumlah EnodeB Final

Jumlah eNodeB yang dibutuhkan dengan memilih jumlah eNodeB terbesar dari hasil *coverage planning* maupun *capacity planning*. Jumlah eNodeB pada frekuensi 1800 MHz ditunjukkan pada tabel 12. Sedangkan untuk frekuensi 2100 MHz ditunjukkan pada tabel 13. Pada kedua tabel tersebut menunjukkan bahwa jumlah eNodeB pada frekuensi 1800 MHz maupun 2100 MHz sama yaitu berdasarkan hasil perhitungan *capacity planning* dengan menggunakan *bandwidth* 5 MHz, 19 MHz, dan 15 MHz. Namun pada *bandwidth* 20 MHz, jumlah eNodeB pada frekuensi 1800 MHz berbeda dengan 2100 MHz.

TABEL 12. PERBANDINGAN JUMLAH ENODEB BERDASARKAN *COVERAGE PLANNING* DAN *CAPACITY PLANNING* PADA FREKUENSI 1800 MHz

Bandwidth	Area	Frekuensi 1800 MHz		
		Coverage	Capacity	Final BTS
BW = 5 MHz	Dense Urban	627	5020	5020
	Urban	12	72	72
BW=10 MHz	Dense Urban	861	2510	2510
	Urban	16	36	36
BW=15 MHz	Dense Urban	1188	1674	1674
	Urban	22	24	24
BW=20 Mhz	Dense Urban	1399	1256	1399
	Urban	26	18	26

TABEL 13. PERBANDINGAN JUMLAH ENODEB BERDASARKAN *COVERAGE PLANNING* DAN *CAPACITY PLANNING* PADA FREKUENSI 2100 MHz

Bandwidth	Area	Frekuensi 2100 MHz		
		Coverage	Capacity	Final BTS
BW = 5 MHz	Dense Urban	740	5020	5020
	Urban	14	72	72
BW=10 MHz	Dense Urban	1017	2510	2510
	Urban	19	36	36
BW=15 MHz	Dense Urban	1402	1674	1674
	Urban	26	24	26
BW=20 Mhz	Dense Urban	1651	1256	1651
	Urban	31	18	31

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah eNodeB yang dibutuhkan dipengaruhi oleh frekuensi dan *bandwidth* yang digunakan. Berdasarkan *coverage planning*, semakin besar frekuensi dan *bandwidth* yang digunakan, semakin banyak eNodeB yang dibutuhkan. Berdasarkan *capacity planning*, semakin besar *bandwidth* yang digunakan, semakin sedikit eNodeB yang dibutuhkan. Dengan demikian, penambahan *bandwidth* akan memberikan efisiensi pembangunan jaringan *mobile broadband*.

Hasil *coverage planning* menunjukkan bahwa jumlah eNodeB yang dibutuhkan untuk pembangunan LTE pada area Jabodetabek dengan menggunakan frekuensi 1800 MHz pada *bandwidth* 10 MHz sebanyak 877 buah, sedangkan berdasarkan *capacity planning* sebanyak 2546 buah. Sedangkan pada frekuensi 2100 MHz dibutuhkan sebanyak 1036 buah berdasarkan *coverage planning* dan 2546 buah berdasarkan *capacity planning*.

Jumlah eNodeB yang dibutuhkan untuk membangun jaringan LTE pada daerah Jabodetabek dengan jumlah pelanggan yang dilayani pada tahun pertama sebesar 2.02 juta, *bandwidth* 10 MHz pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz sebesar 2546 buah.

B. Saran

Perlu dilakukan kajian mengenai kebutuhan eNodeB selama beberapa tahun kedepan. Selain itu perlu dilakukan *Cost and Benefit Analysis* pembangunan infrastruktur LTE.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyanti, S. (2013). Studi Pemanfaatan Digital Dividend untuk Layanan Long Term Evolution. *Buletin Pos Dan Telekomunikasi, Puslitbang SDPPI*, 11, 281.

Asp, I. T. U., Training, C. O. E., & Broadband, W. (2013). Long Term Evolution : Radio Network Planning ITU ASP COE Training on, 1–35.

Basit, A. (2009). *Dimensioning of LTE Network Description of Models and Tool , Coverage and Capacity Estimation of 3GPP Long Term Evolution radio interface*. Helsinki University of Technology.

Diitjen SDPPI. (2013). *Data Statistik Direktorat Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika Semester 2 Tahun 2013*. Jakarta.

- El-Feghi, Zakaria Sulima Zubi, A Jamil, H. A. (2014). Long Term Evolution Network Planning and Performance Measurement, 171–177.
- Floatway Learning Center. (2014). Training Material 4G RF Planning.
- Imtiaz, N., & Hamid, B. (2012). Nominal and Detailed LTE Radio Network Planning considering Future Deployment in Dhaka City, 50(17), 37–44.
- Jenderal, D., Daya, S., Perangkat, D. A. N., & Informatika, D. A. N. (2013). Data Statistik Semester 2 2013. Jakarta.
- Kementerian Kominfo. (2013). *Buku Putih TIK Kominfo 2013*. Jakarta.
- Molisch, A. F. (2011). 7 . 6 . 1 Appendix 7 . A : The Okumura – Hata Model. In *Wireless Communications, Second Edition*.
- Setiawan, D. (2014). Kajian Analisis Ekonomi Implementasi LTE 1.8 GHz Operator Selular di Indonesia. Jakarta.
- Singh, Y. (2012). Comparison of Okumura , Hata and COST-231 Models on the Basis of Path Loss and Signal Strength. *International Journal Computer Applications (0975-8887)*, 59(11), 37–41.
- Toskala, H. H. and A. (2012). *LTE Advanced: 3GPP Solution for IMT Advanced*. John Wiley & Sons.