
Analisa Kelayakan Refarming Frekuensi 2100 MHz dengan Analisis Prediksi Cakupan *Feasibility Analysis Refarming Frequency 2100 MHz with Coverage Estimation Analysis*

Doan Perdana¹, A. Ali Muayyadi², Nachwan Mufti³, Endang Chumaidiyah⁴

^{1,2,3,4}*Electrical Engineering Department, Telkom University*

^{1,2,3,4}*Jl. Telekomunikasi, Terusan Buah Batu, Bandung 40257*

¹doanperdana@telkomuniversity.ac.id, ²alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id,
³nachwanma@telkomuniversity, ⁴endangchumaidiyah@telkomuniversity.ac.id

Naskah diterima: 20 Agustus 2014; Direvisi: 10 September 2014; Disetujui: 15 September 2014

Abstract— To fulfil the wireless communication network more reliable using a low cost investment is one of the challenges for telecom operators today. Efficient bandwidth allocation and optimal frequency is one of the solution to overcome the high investment costs. The purpose of this research is conducted to review the feasibility analysis using Refarming Frequency Coverage prediction method based on the voice and data subscriber growth (2012-2017) in PT XL Axita, Tbk. The method of the research is assessing the feasibility analysis using the coverage prediction method with four scenarios of implementation, i.e. 2G/3G Collocation, 2G/3G/LTE Collocation, 3G/LTE Collocation, and LTE (Refarming Frequency). Finally, the research conducted to frequency refarming scheme is one of the solution for telecom operators in Indonesia to optimised the eksisting and new of wireless network coverage (2G, 3G, and LTE).

Keywords— Frequency Refarming, Coverage Estimation, Bandwidth, 2G/3G Collocation, 2G/3G/LTE Collocation, 3G/LTE Collocation, LTE

Abstrak— Pemenuhan jaringan komunikasi nirkabel yang handal dengan cakupan wilayah yang luas dengan menggunakan biaya investasi rendah merupakan salah satu tantangan bagi operator telekomunikasi saat ini. Pemanfaatan alokasi bandwidth frekuensi secara efisien dan optimal merupakan salah satu solusi untuk mengatasi biaya investasi yang tinggi. Tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu melakukan kajian analisa teknik skema Refarming Frekuensi dengan metode Prediksi Cakupan (*Coverage Estimation*) sesuai dengan tingkat persentase pertumbuhan pelanggan nirkabel layanan *voice* dan data (2012-2017) pada salah satu operator telekomunikasi di Indonesia. Metode kajian penelitian adalah melakukan kajian analisa kelayakan metode Prediksi Cakupan (*Coverage Estimation*) untuk optimasi cakupan jaringan skema re-farming frekuensi dengan menggunakan empat skenario implementasi, yaitu 2G/3G Collocation, 2G/3G/LTE Collocation, 3G/LTE Collocation, dan LTE (Refarming Frekuensi). Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan yaitu setelah dilakukan kajian analisa kelayakan

menggunakan metode Prediksi Cakupan (*Coverage Estimation*), skema Refarming Frekuensi merupakan salah satu solusi bagi operator telekomunikasi di Indonesia dalam melakukan optimasi cakupan jaringan nirkabel eksisting (2G dan 3G) dan jaringan baru (LTE) yang handal.

Kata Kunci— Refarming Frekuensi, perkiraan cakupan, lebar pita, 2G/3G Collocation, 2G/3G/LTE Collocation, 3G/LTE Collocation, LTE

I. PENDAHULUAN

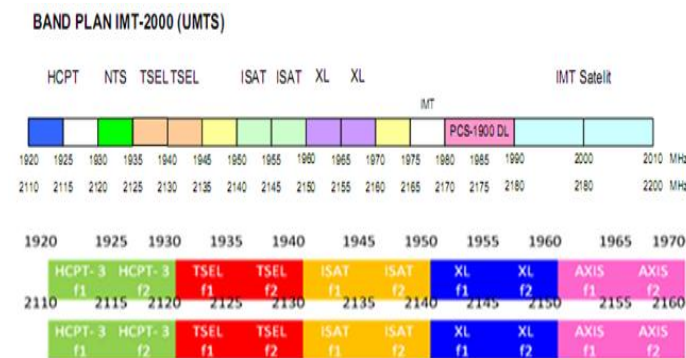
Berdasarkan Direktorat Jendral Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, penggunaan spektrum frekuensi radio harus sesuai dengan peruntukannya serta tidak saling mengganggu mengingat sifat spektrum frekuensi radio dapat merambat ke segala arah tanpa mengenal batas wilayah negara. Penggunaan spektrum frekuensi radio antara lain untuk keperluan penyelenggaraan jaringan telekomunikasi, penyelenggaraan telekomunikasi khusus, penyelenggaraan penyiaran, navigasi dan keselamatan, Amatir Radio dan KRAP, serta sistem peringatan dini bencana alam yang sangat dirasakan manfaatnya oleh masyarakat (Workgroup 4G Kominfo, 2011).

Pemanfaatan spektrum frekuensi harus dikelola secara efektif dan efisien guna memperoleh manfaat yang optimal. Karena spektrum merupakan sumber daya (*resource*) yang terbatas dengan biaya investasi yang tinggi, penggunaannya harus dilakukan secara efisien dan semaksimal mungkin (Perdana, et.al, 2012). Disamping spektrum, tingkat persentase pertumbuhan pelanggan *voice* dan data menjadi hal penting

dengan biaya investasi yang tinggi, penggunaannya harus dilakukan secara efisien dan semaksimal mungkin (Perdana, 2012). Disamping spektrum, tingkat persentase pertumbuhan pelanggan *voice* dan data menjadi hal penting sebagai dasar penggelaran jaringan komunikasi nirkabel, baik untuk jaringan *eksisting* (2G dan 3G) maupun jaringan baru (LTE) (Perdana, 2014). Konsep skema *Refarming* Frekuensi diharapkan menjadi solusi dalam masalah di atas.

Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya, skema *Refarming* Frekuensi didesain sebagai teknik penggabungan beberapa jaringan nirkabel *eksisting* 2G, 3G, dan jaringan baru LTE sehingga operator 2G/3G dapat mengurangi biaya operasional (Perdana, 2012; Perdana, 2014). Hal ini dapat dilakukan karena dengan skema *Refarming* Frekuensi, operator telekomunikasi nirkabel di Indonesia dalam implementasi teknologi baru (LTE) tidak memerlukan power, transmisi tambahan, dan dapat menghemat space untuk penempatan kabinet baru serta dapat lebih memudahkan operator telekomunikasi dalam melakukan *operation* dan *maintenance* perangkat dan menjaga *performance* perangkat (Perdana, 2012; Perdana, 2014). Dengan skema *Refarming* Frekuensi, dapat memudahkan operator telekomunikasi dalam melakukan ekspansi jaringan nirkabel *eksisting* (jaringan 2G dan 3G).

Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya, skema *Refarming* Frekuensi diprediksi akan menjadi teknologi pilihan bagi salah satu operator telekomunikasi nirkabel di Indonesia untuk melakukan ekspansi jaringan *eksisting* (2G/3G) dan mengembangkan jaringan baru (LTE). (Prasetyo, 2011) telah melakukan analisis teknologi dan ekonomi terhadap implementasi LTE *release* 8 pada jaringan operator *existing* dengan menggunakan skenario *co-existence*. Beberapa keuntungan yang diperoleh dengan Skema *Refarming* Frekuensi bagi operator 2G/3G *eksisting*, antara lain : *Cost* (CAPEX/OPEX) *saving*, *Foot Print/Space Cabinet Saving*, *Power Saving*, *Operation Maintenance*, *Convergence Network*, dan *Capacity Expansion*(Perdana, 2012; Perdana, 2014).



Gambar 1 Milestone Skema Refarming Frekuensi band 2100 MHz (Workgroup Spektrum 4G, 2011, Perdana, 2014)

II. TINJAUAN PUSTAKA

Refarming Frekuensi merupakan tata ulang frekuensi yang ada, untuk digunakan menyelenggarakan layanan broadband seperti 3G dan 4G atau *Long Term Evolution* (LTE) (www.bakrie-brothers.com, 2012 & PERDANA, 2014). Beberapa saluran frekuensi yang tersedia misalnya di 700 megahertz (MHz), 900 MHz, 1.800 MHz, 2.100 MHz, 2.300 MHz, dan 2.600 MHz. Penataan ulang (*refarming*) spektrum dapat menjadi solusi keterbatasan frekuensi yang dialami para operator seluler (www.bakrie-brothers.com, 2012 & Perdana, 2014). Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Masyarakat Telematika Indonesia (Mastel), optimalisasi spektrum tersebut dinilai dapat meningkatkan penetrasi internet nirkabel di Indonesia. Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya, implementasi *Refarming* Frekuensi dilakukan dengan empat scenario, yaitu 2G/3G *Collocation*, 2G/3G/LTE *Collocation*, 3G/LTE *Collocation*, dan LTE (PERDANA, 2012 & 2014).

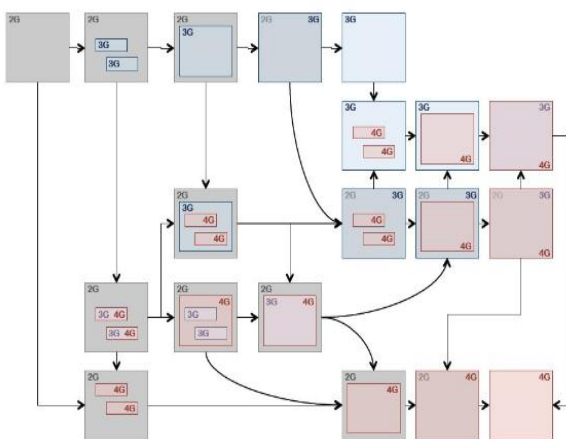
Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya, pada skenario 2G/3G *Collocation*, dilakukan dengan menggunakan alokasi *resource* spektrum 2G dan 3G pada salah satu operator telekomunikasi nirkabel di Indonesia sebagai strategi untuk optimasi kapasitas jaringan *eksisting* dengan masing-masing layanan di dalam nya (Hamalainen, 2007; Karim&Sarraf, 2002; Sustika, 2010). (2G-Voice, 3G-AMR 12.2 Kbps, 3G-RT 64 Kbps, dan 3G-NRT 384 Kbps). Berdasarkan kajian penulis sebelumnya, keunggulan dari skenario ini yaitu kapasitas jaringan 3G-RT 64 Kbps lebih besar sesuai dengan tingkat persentase pertumbuhan pelanggan nirkabel layanan *voice* dan data (2012-2017) dengan mendapatkan alokasi *resource* spektrum 2G sebesar 5 MHz, menghemat *space*, dan *operation* dan *maintenance* lebih mudah (Perdana, et.al, 2012). Kelemahan dari skenario ini yaitu dibutuhkan alokasi *resource* spektrum tambahan apabila tingkat persentase pertumbuhan pelanggan nirkabel layanan data lebih besar dari yang di prediksi dan dibutuhkan biaya OPEX tambahan atas penambahan *license resource* spectrum tersebut (Perdana, 2014).

Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya, pada skenario 2G/3G/LTE *Collocation*, dilakukan dengan menggunakan alokasi *resource* spektrum 2G, 3G, dan LTE pada salah satu operator telekomunikasi nirkabel di Indonesia sebagai strategi untuk optimasi kapasitas jaringan *eksisting* dengan masing-masing layanan di dalam nya (Work Group Spektrum 4G, 2011). (2G-Voice, 3G-AMR 12.2 Kbps, 3G-RT 64 Kbps, dan 3G -NRT 64 Kbps, LTE-NRT 1 Mbps, dan LTE-NRT 2 Mbps). Keunggulan dari yang dilakukan yaitu kapasitas jaringan 3G-NRT 384 Kbps dan LTE-NRT 1 Mbps lebih besar sesuai dengan tingkat persentase pertumbuhan pelanggan nirkabel layanan *voice* dan data (2012-2017) dengan mendapatkan alokasi *resource* spektrum 2G masing-masing sebesar 5 MHz, menghemat *space*, dan *operation* dan *maintenance* lebih mudah. Kelemahan dari skenario ini yaitu dibutuhkan alokasi *resource* spektrum tambahan apabila tingkat persentase pertumbuhan pelanggan nirkabel layanan data lebih besar dari yang di prediksi dan dibutuhkan biaya

OPEX tambahan atas penambahan *license resource* spectrum tersebut (Perdana, 2012)

Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya, pada skenario 3G/LTE *Collocation*, dilakukan dengan menggunakan alokasi resource spectrum 3G dan LTE pada salah satu operator telekomunikasi nirkabel di Indonesia sebagai strategi untuk optimasi kapasitas jaringan eksisting dengan masing-masing layanan di dalam nya (Perdana, 2012; Perdana, 2014) (3G-AMR 12.2 Kbps, 3G-RT 64 Kbps, dan N-RT 64 Kbps). Keunggulan dari skenario ini yaitu kapasitas jaringan 3G-NRT 384 Kbps, LTE-NRT 1 Mbps, dan LTE-NRT 2 Mbps lebih besar sesuai dengan tingkat persentase pertumbuhan pelanggan nirkabel layanan data (2012-2017) dengan mendapatkan alokasi *resource spectrum* 2G masing-masing sebesar 5 MHz dan 10 MHz, menghemat *space*, dan *operation* dan *maintenance* lebih mudah. Kelemahan dari skenario ini yaitu Dibutuhkan alokasi *resource spectrum* tambahan apabila tingkat persentase pertumbuhan pelanggan nirkabel layanan data lebih besar dari yang di prediksi dan dibutuhkan biaya OPEX tambahan atas penambahan *license resource* spectrum tersebut (Perdana, 2012).

Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya, pada skenario LTE dilakukan dengan menggunakan alokasi *resource* spektrum LTE pada salah satu operator telekomunikasi nirkabel di Indonesia sebagai strategi untuk optimasi kapasitas jaringan eksisting dengan masing-masing layanan di dalam nya (Perdana, 2012; Perdana, 2014) (LTE- NRT 1 Mbps dan LTE- NRT 2 Mbps). Keunggulan dari skenario ini yaitu kapasitas jaringan LTE-NRT 1 Mbps dan LTE-NRT 2 Mbps lebih besar sesuai dengan tingkat persentase pertumbuhan pelanggan nirkabel layanan data (2012-2017) dengan mendapatkan alokasi *resource spectrum* 2G dan 3G masing-masing sebesar 15 MHz dan 10 MHz, menghemat *space*, dan *operation* dan *maintenance* lebih mudah (Perdana, 2012). Kelemahan dari skenario ini yaitu Dibutuhkan alokasi *resource* spektrum tambahan apabila tingkat persentase pertumbuhan pelanggan nirkabel layanan data lebih besar dari yang di prediksi dan dibutuhkan biaya OPEX tambahan atas penambahan *license resource* spektrum tersebut (Perdana, 2012; Perdana, 2014)

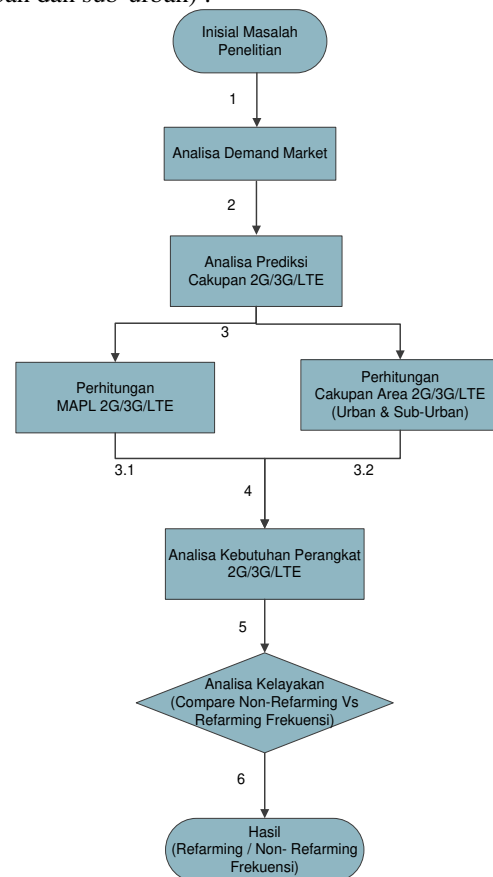


Gambar 2 Kondisi eksisting perangkat pada operator telekomunikasi di Indonesia (Perdana, 2012)

III. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam melakukan implementasi skema Refarming Frekuensi, adalah sebagai berikut (Perdana, 2012) :

1. Analisis prediksi cakupan dilakukan dari sisi salah satu Operator layanan telekomunikasi yang memiliki jaringan teknologi 2G/3G dan jaringan teknologi LTE.
2. Analisis kelayakan dengan metode prediksi cakupan dilakukan pada jaringan 2G GSM, 3G WCDMA, dan LTE pada Network Element : MS, BTS, Node B, dan E-Node B.
3. Strategi implementasi teknik *Refarming* Frekuensi yang digunakan yaitu secara *integrated multi Services* (2G, 3G, & LTE).
4. Teknologi yang dimaksud adalah berdasarkan standar 3GPP, yaitu GSM, UMTS/WCDMA, dan LTE
5. Parameter kualitas yang dianalisis meliputi antara lain : (RSL)min, Eb/No, dan Throughput data.
6. Kemampuan interoperability yang dimaksud adalah antara jaringan *eksisting* (2G, 3G) dengan jaringan baru (LTE).
7. Beberapa parameter yang digunakan dalam analisis menggunakan data operator PT XL Axiata, Tbk.
8. Frekuensi kerja yang digunakan yaitu pada 2100 MHz
9. Analisis prediksi cakupan yang dilakukan dengan menggunakan *Coverage Estimation*.
10. Berdasarkan analisis kelayakan teknis pada jaringan salah satu operator 2G/3G *eksisting* dengan menggunakan metode *Coverage Estimation*, dapat disimpulkan bahwa skema Refarming Frekuensi layak atau tidak untuk diimplementasikan dilihat dari hasil perhitungan MAPL 2G/3G/LTE dan perhitungan cakupan area 2G/3G/LTE (urban dan sub-urban) .



Gambar 3 Metodologi Penelitian Refarming Frekuensi Metode *Coverage Estimation*

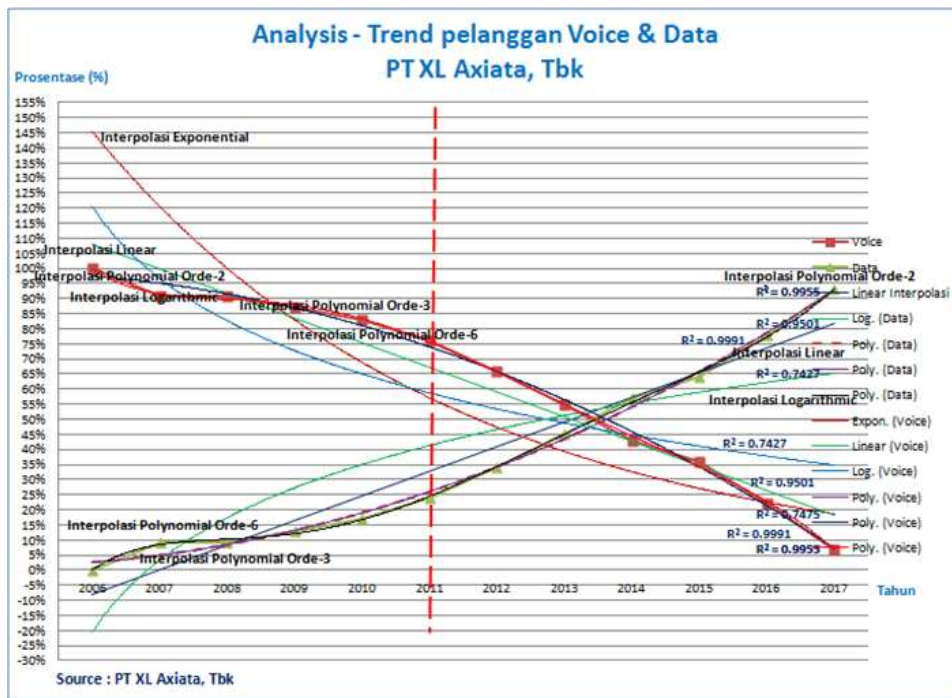
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Demand Market

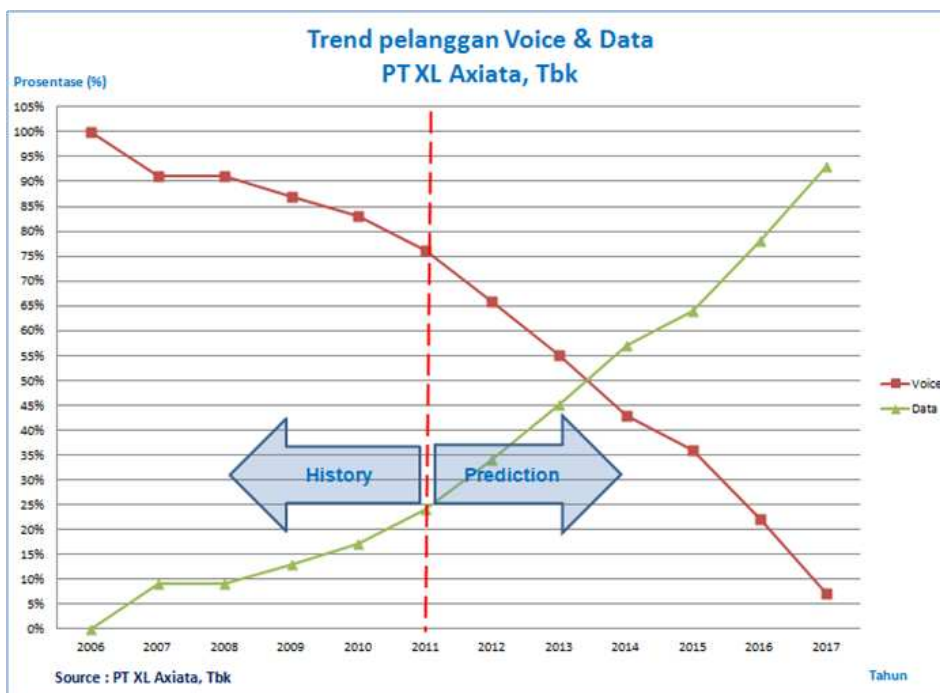
Analisis demand market untuk pelanggan *voice* dan data dilakukan berdasarkan trend historis pertumbuhan *market* pelanggan *voice* dan data PT XL Axiata, Tbk (tahun 2006-2011). Dalam melakukan analisis demand market dengan menggunakan teknik interpolasi polinomial orde-6 berdasarkan data historis pertumbuhan market pelanggan *voice* dan data PT XL Axiata, Tbk (seperti dijelaskan pada Gambar 4).

B. Analisis Prediksi Pelanggan Voice dan Data

Dalam melakukan prediksi kapasitas jaringan, dilakukan dengan *Capacity Estimation*, dimana metode yang dilakukan untuk menentukan jumlah site yang dibutuhkan untuk dapat meng-cover suatu wilayah berdasarkan trafik yang ada di wilayah tersebut. Prediksi kapasitas dilakukan pada jaringan 2G, 3G *eksisting* dan jaringan LTE sesuai dengan QoS layanan (*Services*) *eksisting*, yaitu layanan *voice* dan data.



Gambar 4 Analisis tren pertumbuhan layanan *voice* dan data per tahun (Network Planning PT XL Axiata, 2010)



Gambar 5 Tren pertumbuhan layanan *voice* dan data per tahun (Network Planning PT XL Axiata, 2010)

Dari gambar 4 di atas dapat dijelaskan bahwa Analisis Tren pertumbuhan layanan *voice* dan data tahun 2012-2017 diperoleh dari hasil interpolasi (polinomial orde-6) dari data history pertumbuhan layanan *voice* dan data dari tahun 2006-2011, dikarenakan teknik interpolasi polinomial orde-6 memiliki R2 paling tinggi dan mendekati 1 (0.9991), artinya polinomial orde-6 memiliki ketepatan regresi interpolasi paling tinggi dibandingkan dengan teknik interpolasi yang lain.

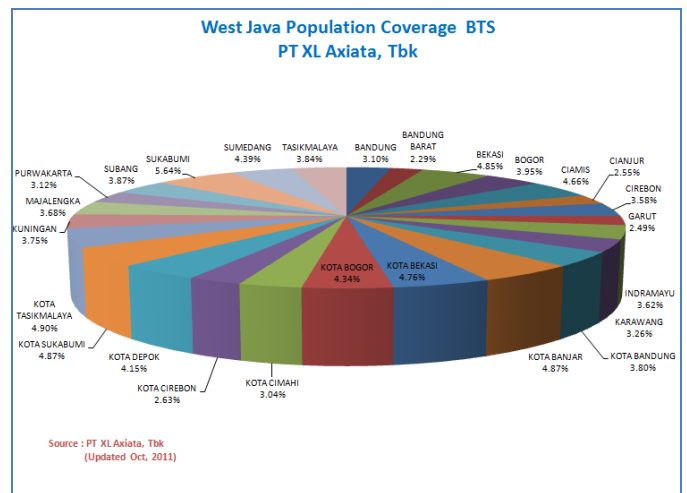
Dari gambar 5 di atas dapat dijelaskan bahwa Tren pertumbuhan layanan *voice* dan data tahun 2012-2017 diperoleh dari hasil interpolasi (polinomial orde-6) dari data history pertumbuhan layanan *voice* dan data dari tahun 2006-2011 (seperti dijelaskan pada Gambar 4) .

C. Analisis Prediksi Pelanggan 2G

Dalam melakukan prediksi kapasitas jaringan 2G, sesuai dengan QoS layanan (*Services*) *eksisting* pada jaringan 2G adalah layanan *voice* sedangkan untuk layanan data akan dimasukkan ke dalam perhitungan kapasitas jaringan 3G.

Dalam perhitungan kapasitas jaringan 2G, diperlukan data populasi *coverage* BTS di PT XL Axiata, Tbk. Data tersebut akan digunakan untuk pendekatan jumlah pelanggan PT XL Axiata, Tbk area Bandung Urban dan Sub-Urban. Dalam melakukan prediksi jumlah pelanggan area Bandung tahun 2012-2017 berdasarkan data jumlah pelanggan nasional PT XL Axiata, Tbk dari tahun 2006-2011.

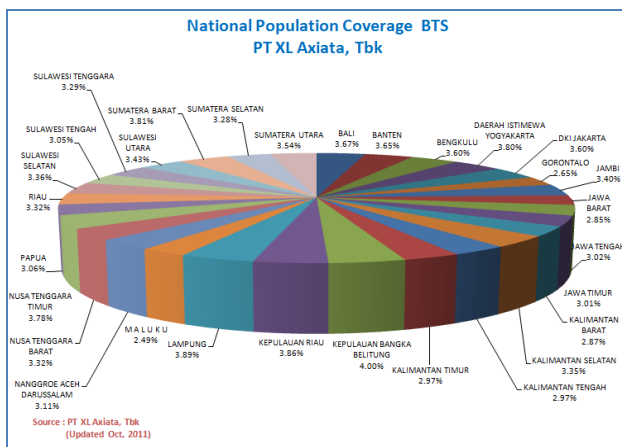
Jumlah pelanggan area Bandung tahun 2012-2017 akan dibedakan dalam dua kelas layanan, yaitu layanan untuk *voice* dan data. Pada jaringan 2G akan dilakukan prediksi jumlah pelanggan untuk layanan *voice*.



Gambar 7 West Java Population Coverage BTS PT XL Axiata, Tbk (Network Planning PT XL Axiata, 2010)

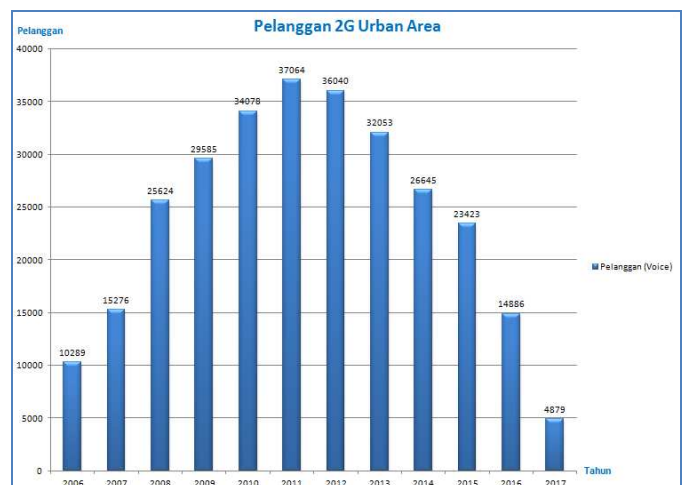
Dari gambar 7 West Java Population Coverage BTS PT XL Axiata, Tbk di atas dapat dijelaskan bahwa *coverage* populasi Kota Bandung sebesar 3.80 % terhadap *coverage* populasi propinsi Jawa Barat dan *coverage* populasi Bandung (Kabupaten Bandung) sebesar 3.10 % terhadap *coverage* populasi propinsi Jawa Barat. Besar nya persentase akan dimasukkan ke dalam perhitungan prediksi pelanggan Bandung PT XL Axiata, Tbk.

Berdasarkan tabel 3.1 di bawah dapat dijelaskan bahwa wilayah Bandung dapat diklasifikasikan menjadi 2 wilayah kelas area, yaitu area Urban (Kota Bandung) dan Sub-Urban (Kabupaten Bandung).



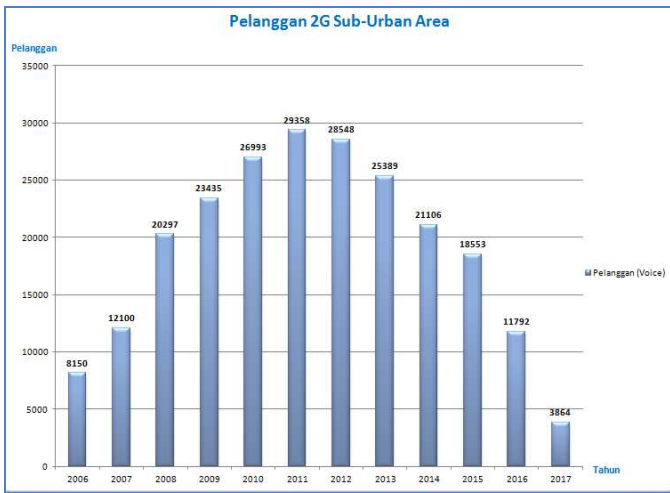
Gambar 6 National Population Coverage BTS PT XL Axiata, Tbk (Network Planning PT XL Axiata, 2010).

Dari gambar 6 National Population Coverage BTS PT XL Axiata, Tbk di atas dapat dijelaskan bahwa *coverage* populasi Propinsi Jawa Barat sebesar 2.85 % terhadap *coverage* populasi national. Besar nya persentase akan dimasukkan ke dalam perhitungan prediksi pelanggan Bandung PT XL Axiata, Tbk.



Gambar 8 Prediksi Pelanggan 2G Urban Area

Dari gambar 8 di atas dapat dijelaskan bahwa prediksi pelanggan 2G Urban Area diperoleh dari hasil asumsi pendekatan *coverage* populasi Propinsi Jawa Barat sebesar 2.85 % terhadap *coverage* populasi national dikalikan dengan *coverage* populasi Kota Bandung sebesar 3.80% terhadap *coverage* populasi propinsi Jawa Barat dikalikan dengan jumlah pelanggan *voice* (2G) nasional PT XL Axiata, Tbk.

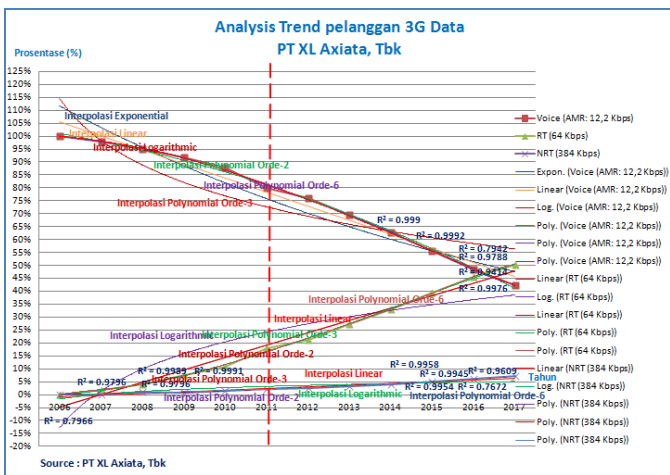


Gambar 9 Prediksi Pelanggan 2G Sub-Urban Area

Dari gambar 9 di atas dapat dijelaskan bahwa prediksi pelanggan 2G Sub-Urban Area diperoleh dari hasil asumsi pendekatan *coverage* populasi Propinsi Jawa Barat sebesar 2.85 % terhadap *coverage* populasi dikalikan dengan *coverage* populasi Bandung (Kabupaten Bandung) sebesar 3.10% terhadap *coverage* populasi propinsi Jawa Barat dikalikan dengan jumlah pelanggan *voice* (2G) nasional PT XL Axiata, Tbk .

D. Analisis Prediksi Pelanggan 3G

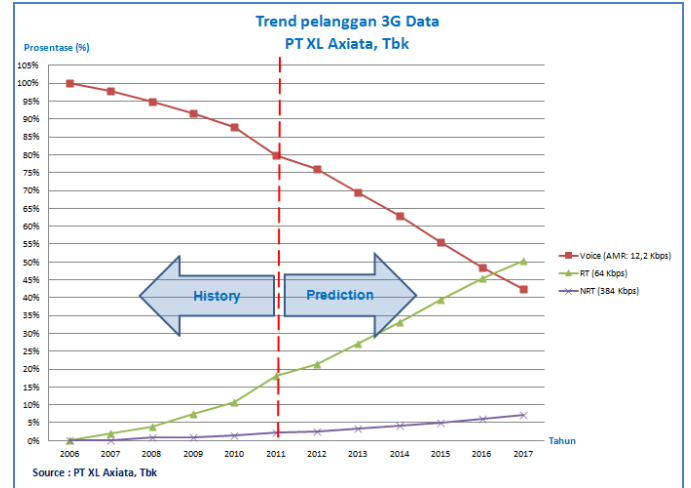
Dalam melakukan prediksi kapasitas jaringan 3G, sesuai dengan QoS layanan (*Services*) eksisting pada jaringan 3G adalah layanan data (*Voice AMR 12,2 Kbps, RT 64 Kbps, dan NRT 384 Kbps*).



Gambar 10 Analisis - Trend pertumbuhan layanan 3G data per tahun

Dari gambar 10 di atas dapat dijelaskan bahwa Analisis Trend pertumbuhan layanan 3G data per tahun diperoleh dari hasil interpolasi (polinomial orde-6) dari data *history* pertumbuhan layanan 3G data dari tahun 2006-2011, dikarenakan teknik interpolasi polinomial orde-6 memiliki R² paling tinggi dan mendekati 1 (0.9991), artinya

polinomial orde-6 memiliki ketepatan regresi interpolasi paling tinggi dibandingkan dengan teknik interpolasi yang lain.

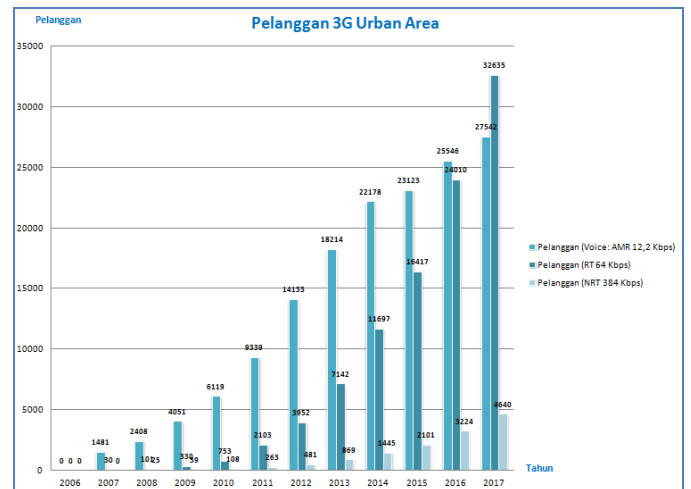


Gambar 11 Trend pertumbuhan layanan 3G data per tahun

Dari gambar 11 di atas dapat dijelaskan bahwa Trend pertumbuhan layanan 3G data tahun 2012-2017 diperoleh dari hasil interpolasi (*polinomial orde-6*) dari data *history* pertumbuhan layanan 3G data dari tahun 2007-2011.

Seperti halnya perhitungan kapasitas 3G di atas, dalam perhitungan kapasitas jaringan 3G, diperlukan data populasi *coverage* BTS di PT XL Axiata, Tbk . Data tersebut akan digunakan untuk pendekatan jumlah pelanggan PT XL Axiata, Tbk area Bandung Urban dan Sub-Urban. Dalam melakukan prediksi jumlah pelanggan area Bandung tahun 2012-2017 berdasarkan data jumlah pelanggan nasional PT XL Axiata, Tbk dari tahun 2006-2011.

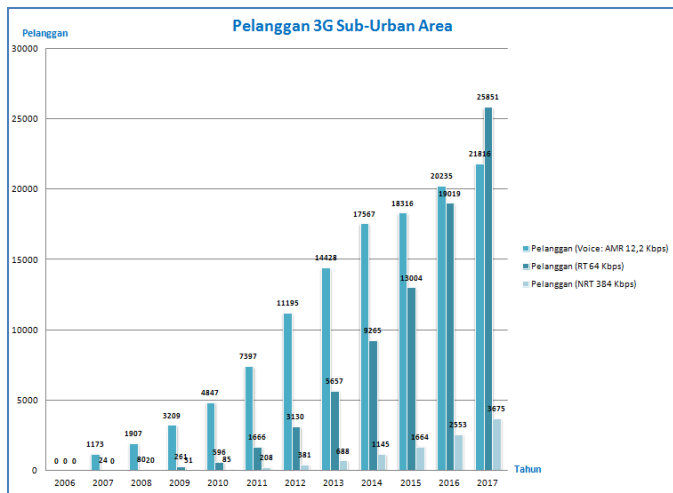
Jumlah pelanggan area Bandung tahun 2012-2017 akan dibedakan dalam dua kelas layanan, yaitu layanan untuk *voice* dan data. Pada jaringan 3G akan dilakukan prediksi jumlah pelanggan untuk layanan data (*Voice AMR 12,2 Kbps, RT 64 Kbps, dan NRT 384 Kbps*).



Gambar 12 Prediksi Pelanggan 3G Urban Area

Dari gambar 12 di atas dapat dijelaskan bahwa prediksi pelanggan 3G Urban Area diperoleh dari hasil asumsi

pendekatan *coverage* populasi Propinsi Jawa Barat sebesar 2.85 % terhadap *coverage* populasi national dikalikan dengan *coverage* populasi Kota Bandung sebesar 3.80% terhadap *coverage* populasi propinsi Jawa Barat. dikalikan dengan jumlah pelanggan data (3G) nasional PT XL Axiata, Tbk

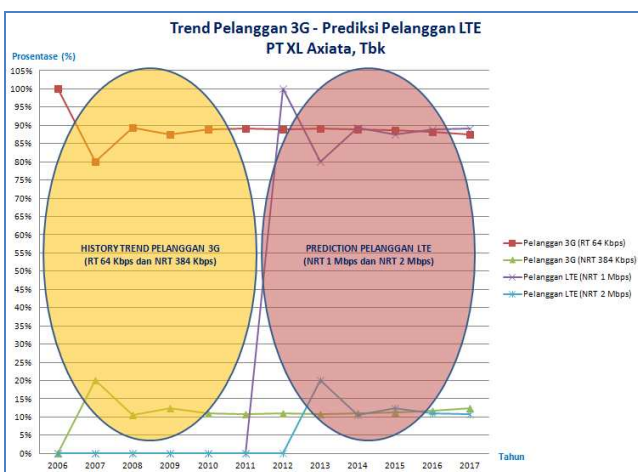


Gambar 13 Prediksi Pelanggan 3G Sub-Urban Area

Dari gambar 13 di atas dapat dijelaskan bahwa prediksi pelanggan 3G Sub-Urban Area diperoleh dari hasil asumsi pendekatan *coverage* populasi Propinsi Jawa Barat sebesar 2.85 % terhadap *coverage* populasi national dikalikan dengan *coverage* populasi Bandung (Kabupaten Bandung) sebesar 3.10% terhadap *coverage* populasi propinsi Jawa Barat dikalikan dengan jumlah pelanggan data (2G) nasional PT XL Axiata, Tbk

E. Analisis Prediksi Pelanggan LTE

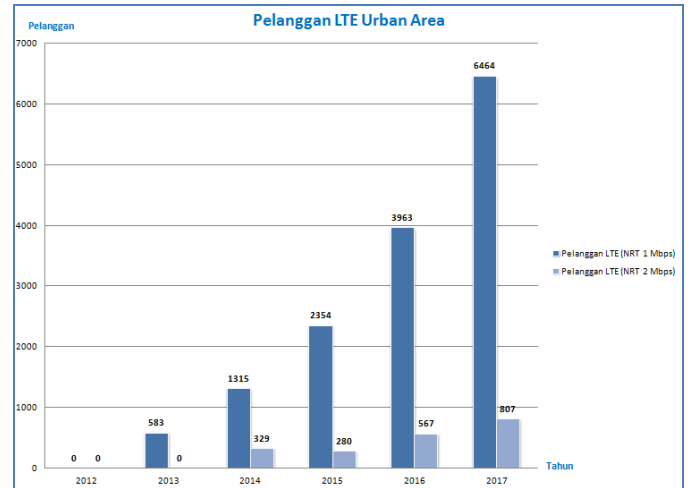
Dalam melakukan prediksi kapasitas jaringan LTE, sesuai dengan QoS layanan (*Services*) pada jaringan LTE adalah layanan data (NRT 1 Mbps dan NRT 2 Mbps).



Gambar 14 Trend pertumbuhan layanan 3G dan prediksi LTE per tahun

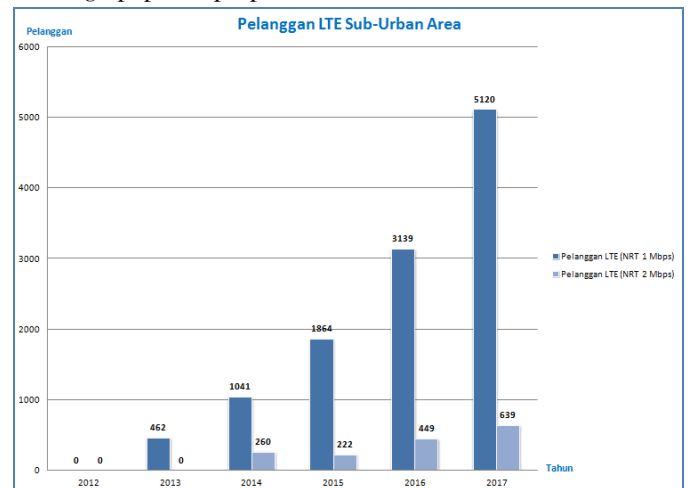
Dari gambar 14 di atas dapat dijelaskan bahwa Trend pertumbuhan prediksi LTE tahun 2012-2017 diperoleh dari hasil interpolasi dari data history pertumbuhan layanan 3G data dari tahun 2007-2011.

Dalam melakukan prediksi jumlah pelanggan LTE dilakukan dengan pendekatan dengan *history* persentase pelanggan 3G data PT XL Axiata. Dalam melakukan prediksi jumlah pelanggan LTE, dibedakan 2 SLA *rate user* maksimum LTE, yaitu user dengan *rate* maksimum 1 Mbps (1024 Kbps) dan user dengan *rate* maksimum 2 Mbps (2048 Kbps).



Gambar 15 Prediksi Pelanggan LTE Urban Area

Dari gambar 15 di atas dapat dijelaskan bahwa prediksi pelanggan LTE Urban Area diperoleh dari hasil interpolasi history pelanggan 3G dikalikan dengan hasil asumsi pendekatan *coverage* populasi Propinsi Jawa Barat sebesar 2.85 % terhadap *coverage* populasi national dikalikan dengan *coverage* populasi Kota Bandung sebesar 3.80% terhadap *coverage* populasi propinsi Jawa Barat.



Gambar 16 Prediksi Pelanggan LTE Sub-Urban Area

Dari gambar 16 di atas dapat dijelaskan bahwa prediksi pelanggan LTE Urban Area diperoleh dari hasil interpolasi history pelanggan 3G dikalikan dengan *coverage* populasi Propinsi Jawa Barat sebesar 2.85 % terhadap *coverage* populasi national dikalikan dengan *coverage* populasi Bandung (Kabupaten Bandung) sebesar 3.10% terhadap *coverage* populasi propinsi Jawa Barat .

F. Analisis Prediksi Coverage

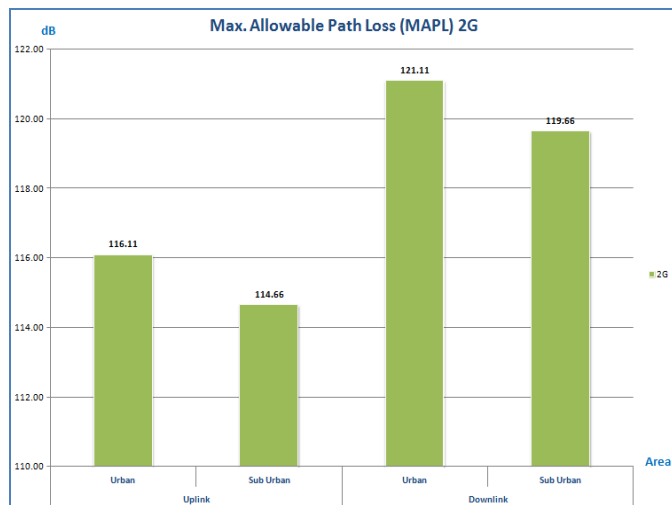
Dalam melakukan analisis prediksi *coverage* jaringan, dilakukan dengan metode *Coverage Estimation*, dimana metode yang dilakukan untuk menentukan jumlah site yang dibutuhkan untuk dapat meng-cover suatu wilayah berdasarkan luas wilayah (Perdana, 2012). Prediksi *coverage* dilakukan pada jaringan 2G, 3G *eksisting* dan jaringan LTE sesuai dengan QoS layanan (*Services*) *eksisting*, yaitu layanan *voice* dan data .

G. Analisis Prediksi Coverage 2G

Seperti halnya dalam melakukan prediksi kapasitas, dalam melakukan analisis prediksi *coverage* jaringan 2G, sesuai dengan QoS layanan (*Services*) *eksisting* pada jaringan 2G adalah layanan *voice* sedangkan untuk layanan data akan dimasukkan ke dalam prediksi *coverage* jaringan 3G (*Voice* AMR 12,2 Kbps, RT 64 Kbps, dan NRT 384 Kbps) dan LTE (NRT 1 Mbps dan NRT 2 Mbps).

H. Analisis Perhitungan MAPL 2G (Max Allowable Path Loss)

Dalam melakukan prediksi *coverage* 2G, diawali dengan perhitungan *link budget*. Perhitungan *link budget* bertujuan untuk menentukan MAPL. Besar MAPL untuk menghitung cakupan suatu sel, dihitung pada arah *uplink* dan *downlink* dengan mempertimbangkan beberapa faktor, salah satu diantaranya adalah lingkungan propagasi radio.



Gambar 17 MAPL 2G Area Urban dan Sub-Urban

Dari gambar 17 di atas dapat dijelaskan bahwa MAPL (*Max. Allowable Path Loss*) jaringan 2G untuk area Urban lebih besar dibandingkan dengan area Sub-Urban untuk layanan *voice* karena Log Normal *Fading Margin* untuk area Urban lebih kecil dibandingkan dengan area Sub-Urban. MAPL akan berpengaruh pada cakupan area suatu wilayah

I. Analisis Perhitungan Cakupan Area 2G

Dalam melakukan perhitungan cakupan 2G area Urban dan Sub-Urban dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan

dan tinggi antenna BS/MS. Dalam memperhitungkan cakupan 2G digunakan model propagasi Okumura-Hatta:

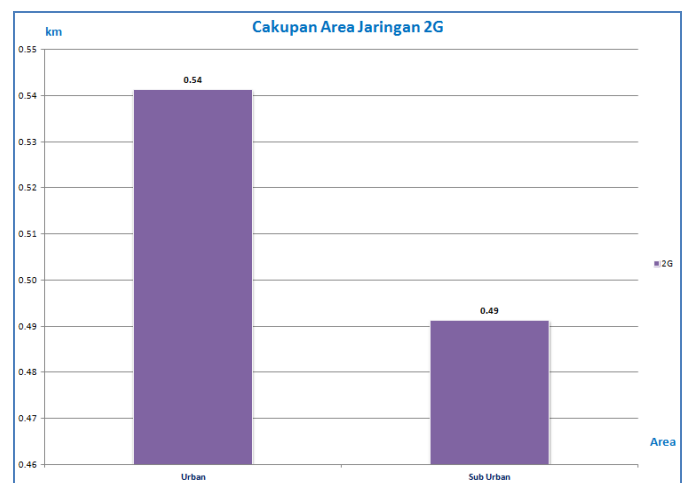
- Area Urban:

$$L_{Urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{bts}) - a(h_{ms}) + (44,9 - 6,55 \log(h_{bts})) \log(r)$$

Dimana :
 f = frekuensi (MHz) ; h_{bts} = tinggi antenna BTS (m)
 h_{ms} = tinggi antenna MS (m) ; r = jarak BTS - MS (km)
 C₁ = 69,55 untuk 400 ≤ f < 1500 MHz; 46,3 untuk 1500 ≤ f ≤ 2000 MHz
 C₂ = 26,16 untuk 400 ≤ f < 1500 MHz; 33,9 untuk 1500 ≤ f ≤ 2000 MHz
 a(h_{ms}) = faktor koreksi ketinggian antenna MS

- Area Sub-Urban:

$$L_{SubUrban} = L_{Urban} - 2[\log(f/28)^2 - 5,4]$$



Gambar 18 Cakupan Area 2G Area Urban dan Sub-Urban

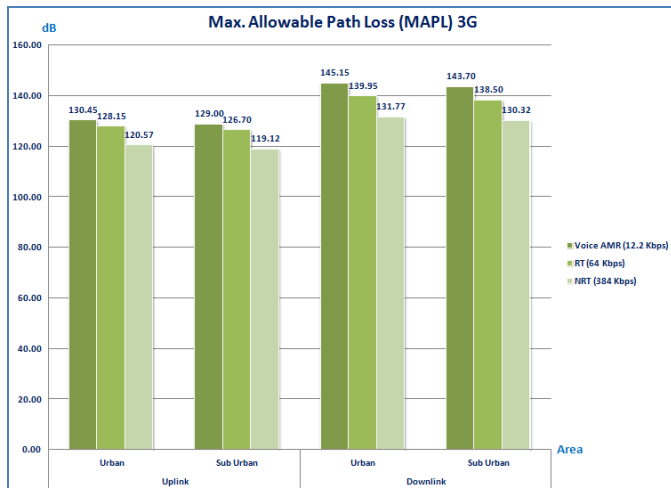
Dari gambar 18 di atas dapat dijelaskan bahwa Cakupan area 2G dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS (seperti dijelaskan pada formula cakupan area Urban dan Sub-Urban di atas).

J. Analisis Prediksi Coverage 3G

Seperti halnya dalam melakukan analisis prediksi *coverage* jaringan 2G, analisis prediksi *coverage* 3G juga memperhitungkan QoS layanan (*Services*) pada jaringan 3G *eksisting* adalah layanan *Voice* AMR 12,2 Kbps, RT 64 Kbps, dan NRT 384 Kbps

K. Analisis Perhitungan MAPL 3G (Max. Allowable Path Loss)

Dalam melakukan prediksi *coverage* 3G, diawali dengan perhitungan *link budget*. Perhitungan *link budget* bertujuan untuk menentukan MAPL. Besar MAPL untuk menghitung cakupan suatu sel, dihitung pada arah *uplink* dan *downlink* dengan mempertimbangkan beberapa faktor, salah satu diantaranya adalah lingkungan propagasi radio.



Gambar 19 MAPL 3G Area Urban dan Sub-Urban

Dari gambar 19 di atas dapat dijelaskan bahwa MAPL (*Max. Allowable Path Loss*) jaringan 3G untuk area Urban lebih besar dibandingkan dengan area Sub-Urban untuk masing-masing kelas layanan (*Voice AMR 12.2 Kbps*, *NRT 64 Kbps*, dan *NRT 384 Kbps*) karena *Log Normal Fading Margin* untuk area Urban lebih kecil dibandingkan dengan area Sub-Urban. MAPL akan berpengaruh pada cakupan area suatu wilayah.

L. Analisis Perhitungan Cakupan Area 3G

Dalam melakukan analisis perhitungan cakupan 3G area Urban dan Sub-Urban dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS. Dalam memperhitungkan cakupan 3G digunakan model propagasi Okumura-Hatta :

- Area Urban:

$$L_{Urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{bts}) - a(h_{ms}) + (44,9 - 6,55 \log(h_{bts})) \log(r)$$

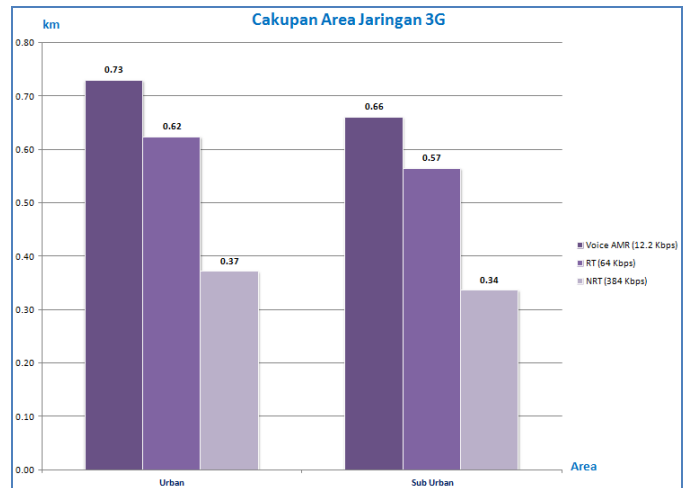
Dimana :

- f = frekuensi (MHz) ; h_{bts} = tinggi antenna BTS (m)
- h_{ms} = tinggi antenna MS (m) ; r = jarak BTS – MS (km)
- C_1 = 69,55 untuk $400 \leq f < 1500$ MHz ; 46,3 untuk $1500 \leq f \leq 2000$ MHz
- C_2 = 26,16 untuk $400 \leq f < 1500$ MHz ; 33,9 untuk $1500 \leq f \leq 2000$ MHz
- $a(h_{ms})$ = faktor koreksi ketinggian antenna MS

- Area Sub-Urban:

$$L_{SubUrban} = L_{Urban} - 2 \{ \log(f / 28)^2 - 5,4 \}$$

Dari gambar 20, dapat dijelaskan bahwa Cakupan area 3G dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS (seperti dijelaskan pada formula cakupan area Urban dan Sub-Urban di atas).



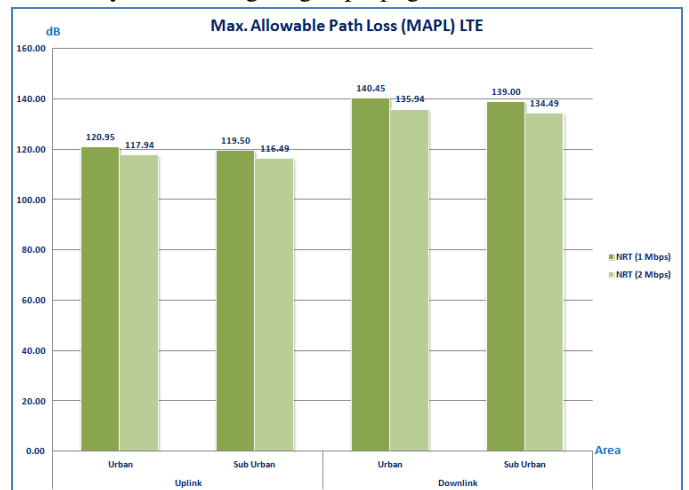
Gambar 20 Cakupan Area 3G Area Urban dan Sub-Urban

M. Analisis Prediksi Coverage LTE

Seperti halnya dalam melakukan prediksi *coverage* jaringan 2G dan 3G, prediksi *coverage* LTE juga memperhitungkan QoS layanan (*Services*) LTE adalah layanan *NRT 1 Mbps* dan *NRT 2 Mbps*.

N. Perhitungan MAPL LTE (*Max. Allowable Path Loss*)

Dalam melakukan prediksi *coverage* LTE, diawali dengan perhitungan link budget. Perhitungan link budget bertujuan untuk menentukan MAPL. Besar MAPL untuk menghitung cakupan suatu sel, dihitung pada arah *uplink* dan *downlink* dengan mempertimbangkan beberapa faktor, salah satu diantaranya adalah lingkungan propagasi radio.



Gambar 21 MAPL LTE Area Urban dan Sub-Urban

Dari gambar 21 di atas dapat dijelaskan bahwa MAPL (*Max. Allowable Path Loss*) jaringan LTE untuk area Urban lebih besar dibandingkan dengan area Sub-Urban untuk masing-masing kelas layanan (*NRT 1 Mbps* dan *NRT 2 Mbps*) karena *Log Normal Fading Margin* untuk area Urban lebih kecil dibandingkan dengan area Sub-Urban. MAPL akan berpengaruh pada cakupan area suatu wilayah.

O. Analisis Perhitungan Cakupan Area LTE

Dalam melakukan perhitungan cakupan LTE area Urban dan Sub-Urban dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS. Dalam memperhitungkan cakupan LTE digunakan model propagasi Okumura-Hatta :

- Area Urban:

$$L_{Urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{bts}) - a(h_{ms}) + (44,9 - 6,55 \log(h_{bts})) \log(r)$$

Dimana :

f = frekuensi (MHz) ; h_{bts} = tinggi antenna BTS (m)

h_{ms} = tinggi antenna MS (m) ; r = jarak BTS – MS (km)

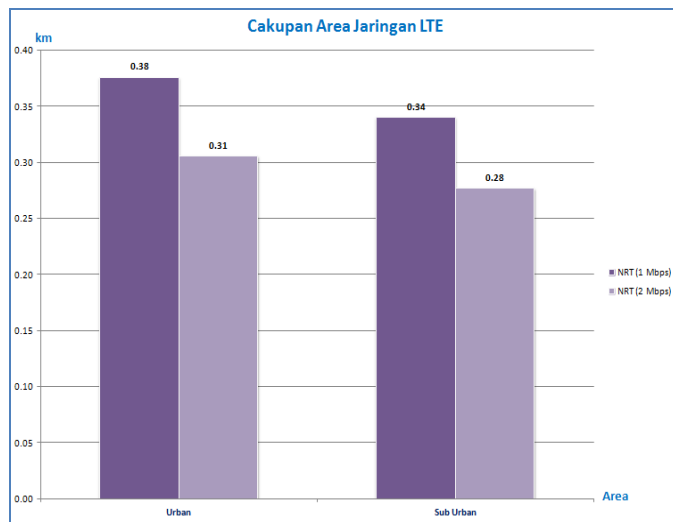
C_1 = 69,55 untuk $400 \leq f < 1500$ MHz ; 46,3 untuk $1500 \leq f \leq 2000$ MHz

C_2 = 26,16 untuk $400 \leq f < 1500$ MHz ; 33,9 untuk $1500 \leq f \leq 2000$ MHz

$a(h_{ms})$ = faktor koreksi ketinggian antenna MS

- Area Sub-Urban:

$$L_{SubUrban} = L_{Urban} - 2[\log(f/28)]^2 - 5,4$$



Gambar 22 Cakupan Area LTE Area Urban dan Sub-Urban

Dari gambar 22 di atas dapat dijelaskan bahwa Cakupan area LTE dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS (seperti dijelaskan pada formula cakupan area Urban dan Sub-Urban di atas).

P. Skenario Implementasi Refarming Frekuensi – Coverage Estimation

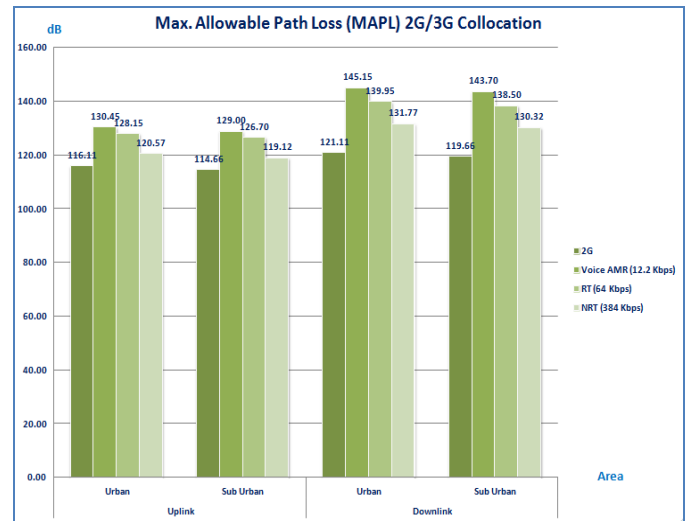
Skenario implementasi Refarming Frekuensi dilakukan dengan menggunakan pendekatan Coverage Estimation seperti yang dilakukan pada jaringan 2G, 3G, dan LTE di atas. Skenario implementasi juga akan disesuaikan dengan Roadmap Planning Teknologi dari PT XL Axiata, Tbk ke depan. Berikut beberapa skenario dalam implementasi Refarming Frekuensi pada jaringan PT XL Axiata, Tbk :

Q. 2G/3G Collocation

Dalam implementasi Refarming Frekuensi dengan skenario 2G/3G Collocation dilakukan dengan pendekatan Coverage Estimation pada jaringan 2G dan 3G eksisting dengan layanan masing-masing.

R. Perhitungan MAPL 2G/3G Collocation (Max. Allowable Path Loss)

Seperti halnya prediksi coverage 2G dan 3G eksisting di atas, dalam melakukan prediksi coverage 2G/3G Collocation, diawali dengan perhitungan link budget. Perhitungan link budget bertujuan untuk menentukan MAPL. Besar MAPL untuk menghitung cakupan suatu sel, dihitung pada arah uplink dan downlink dengan mempertimbangkan beberapa faktor, salah satu diantaranya adalah lingkungan propagasi radio.



Gambar 23 MAPL 2G/3G Colloc Area Urban dan Sub-Urban

Dari gambar 23 di atas dapat dijelaskan bahwa MAPL (Max. Allowable Path Loss) jaringan 2G/3G Collocation untuk area Urban lebih besar dibandingkan dengan area Sub-Urban untuk masing-masing kelas layanan (2G-Voice, 3G-Voice AMR 12.2 Kbps, RT 64 Kbps, dan NRT 384 Kbps) karena Log Normal Fading Margin untuk area Urban lebih kecil dibandingkan dengan area Sub-Urban (Perdana, 2012). MAPL akan berpengaruh pada cakupan area suatu wilayah.

S. Perhitungan Cakupan Area 2G/3G Collocation

Dalam melakukan perhitungan cakupan 2G/3G Collocation area Urban dan Sub-Urban dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS. Dalam memperhitungkan cakupan 2G/3G Collocation digunakan model propagasi Okumura-Hatta.

- Area Urban:

$$L_{Urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{bts}) - a(h_{ms}) + (44,9 - 6,55 \log(h_{bts})) \log(r)$$

Dimana :

f = frekuensi (MHz) ; h_{bts} = tinggi antenna BTS (m)

h_{ms} = tinggi antenna MS (m) ; r = jarak BTS – MS (km)

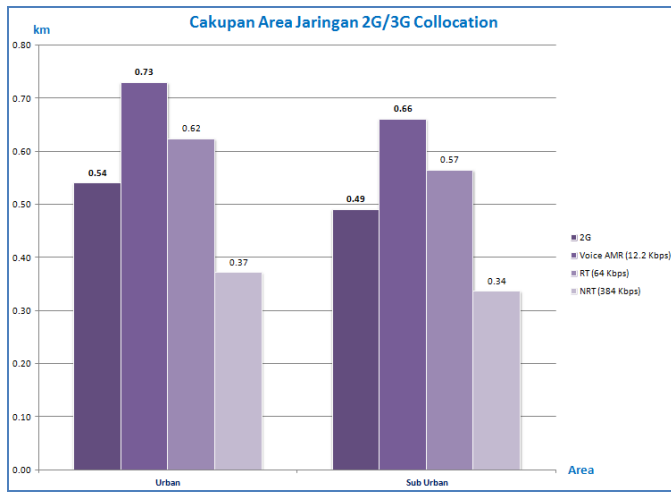
C_1 = 69,55 untuk $400 \leq f < 1500$ MHz ; 46,3 untuk $1500 \leq f \leq 2000$ MHz

C_2 = 26,16 untuk $400 \leq f < 1500$ MHz ; 33,9 untuk $1500 \leq f \leq 2000$ MHz

$a(h_{ms})$ = faktor koreksi ketinggian antenna MS

- Area Sub-Urban:

$$L_{SubUrban} = L_{Urban} - 2\{\log(f/28)^2 - 5,4\}$$



Gambar 23 Cakupan Area 2G/3G Colloc Area Urban dan Sub-Urban

Dari gambar 23 di atas dapat dijelaskan bahwa Cakupan area 2G/3G Collocation dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS (seperti dijelaskan pada formula cakupan area Urban dan Sub-Urban di atas).

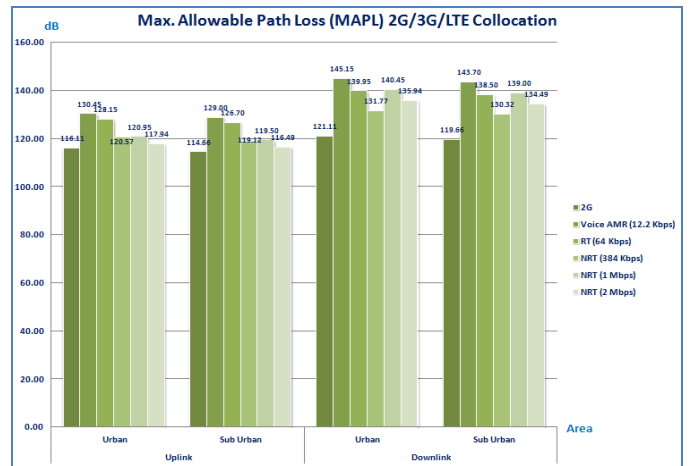
T. 2G/3G/LTE Collocation

Dalam implementasi Refarming Frekuensi dengan skenario 2G/3G/LTE Collocation dilakukan dengan pendekatan Coverage Estimation pada jaringan 2G, 3G eksisting dan LTE dengan layanan masing-masing.

U. Perhitungan MAPL 2G/3G/LTE Collocation (Max. Allowable Path Loss)

Seperti halnya prediksi coverage 2G, 3G eksisting dan LTE di atas, dalam melakukan prediksi coverage 2G/3G/LTE Collocation, diawali dengan perhitungan link budget. Perhitungan link budget bertujuan untuk menentukan MAPL. Besar MAPL untuk menghitung cakupan suatu sel, dihitung pada arah uplink dan downlink dengan mempertimbangkan beberapa faktor, salah satu diantaranya adalah lingkungan propagasi radio.

Dari gambar 24 dapat dijelaskan bahwa MAPL (Max. Allowable Path Loss) jaringan 2G/3G/LTE Collocation untuk area Urban lebih besar dibandingkan dengan area Sub-Urban untuk masing-masing kelas layanan (2G-Voice, 3G-Voice AMR 12.2 Kbps, RT 64 Kbps, dan NRT 384 Kbps, LTE-NRT 1 Mbps dan NRT 2 Mbps) karena Log Normal Fading Margin untuk area Urban lebih kecil dibandingkan dengan area Sub-Urban. MAPL akan berpengaruh pada cakupan area suatu wilayah.



Gambar 24 MAPL 2G/3G/LTE Colloc Area Urban dan Sub-Urban

V. Perhitungan Cakupan Area 2G/3G/LTE Collocation

Dalam melakukan perhitungan cakupan 2G/3G/LTE Collocation area Urban dan Sub-Urban dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS. Dalam memperhitungkan cakupan 2G/3G/LTE Collocation digunakan model propagasi Okumura-Hatta:

- Area Urban:

$$L_{Urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{bts}) - a(h_{ms}) + (44,9 - 6,55 \log(h_{bts})) \log(r)$$

Dimana :

f = frekuensi (MHz) ; h_{bts} = tinggi antenna BTS (m)

h_{ms} = tinggi antenna MS (m) ; r = jarak BTS – MS (km)

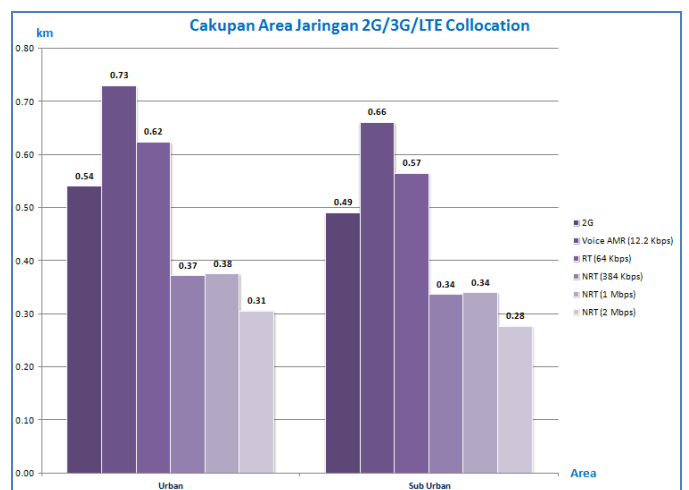
C₁ = 69,55 untuk 400 ≤ f < 1500 MHz ; 46,3 untuk 1500 ≤ f ≤ 2000 MHz

C₂ = 26,16 untuk 400 ≤ f < 1500 MHz ; 33,9 untuk 1500 ≤ f ≤ 2000 MHz

a(h_{ms}) = faktor koreksi ketinggian antenna MS

- Area Sub-Urban:

$$L_{SubUrban} = L_{Urban} - 2\{\log(f/28)^2 - 5,4\}$$



Gambar 25 Cakupan Area 2G/3G/LTE Colloc Area Urban dan Sub-Urban

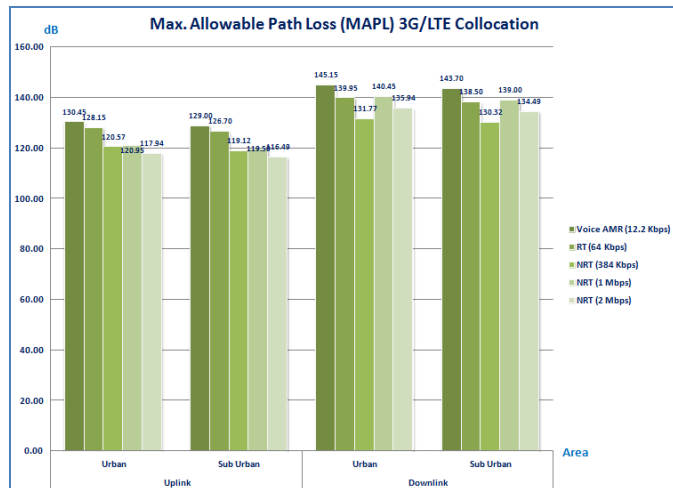
Dari gambar 25 di atas dapat dijelaskan bahwa Cakupan area 2G/3G/LTE Collocation dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS (seperti dijelaskan pada formula cakupan area Urban dan Sub-Urban di atas).

W. 3G/LTE Collocation

Dalam implementasi Refarming Frekuensi dengan skenario 3G/LTE Collocation dilakukan dengan pendekatan Coverage Estimation pada jaringan 3G eksisting dan LTE dengan layanan masing-masing.

X. Perhitungan MAPL 3G/LTE Collocation (Max. Allowable Path Loss)

Seperti halnya prediksi coverage 3G eksisting dan LTE di atas, dalam melakukan prediksi coverage 3G/LTE Collocation, di awali dengan perhitungan link budget. Perhitungan link budget bertujuan untuk menentukan MAPL. Besar MAPL untuk menghitung cakupan suatu sel, dihitung pada arah uplink dan downlink dengan mempertimbangkan beberapa faktor, salah satu diantaranya adalah lingkungan propogasi radio.



Gambar 26 MAPL 3G/LTE Colloc Area Urban dan Sub-Urban

Dari gambar 26 di atas dapat dijelaskan bahwa MAPL (Max. Allowable Path Loss) jaringan 3G/LTE Collocation untuk area Urban lebih besar dibandingkan dengan area Sub-Urban untuk masing-masing kelas layanan (3G-Voice AMR 12.2 Kbps, RT 64 Kbps, dan NRT 384 Kbps, LTE-NRT 1 Mbps dan NRT 2 Mbps) karena Log Normal Fading Margin untuk area Urban lebih kecil dibandingkan dengan area Sub urban. MAPL akan berpengaruh pada cakupan area suatu wilayah.

Y. Perhitungan Cakupan Area 3G/LTE Collocation

Dalam melakukan perhitungan cakupan 3G/LTE Collocation area Urban dan Sub-Urban dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS. Dalam memperhitungkan cakupan 3G/LTE Collocation digunakan model propogasi Okumura-Hatta:

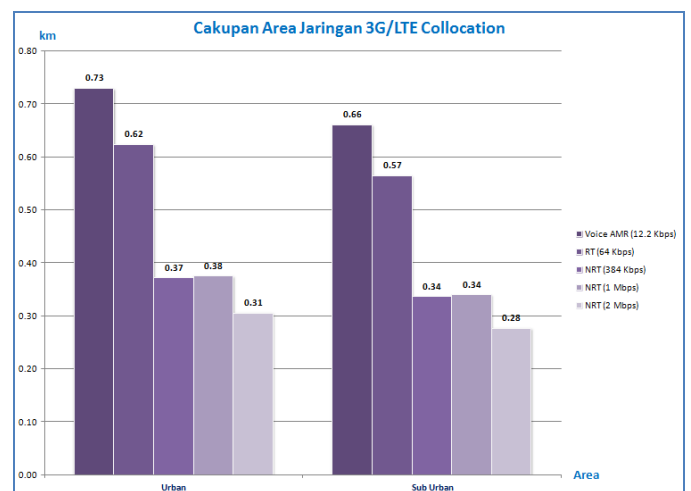
- Area Urban:

$$L_{Urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{bts}) - a(h_{ms}) + (44,9 - 6,55 \log(h_{bts})) \log(r)$$

Dimana :
 f = frekuensi (MHz) ; h_{bts} = tinggi antenna BTS (m)
 h_{ms} = tinggi antenna MS (m) ; r = jarak BTS - MS (km)
 C₁ = 69,55 untuk 400 ≤ f < 1500 MHz ; 46,3 untuk 1500 ≤ f ≤ 2000 MHz
 C₂ = 26,16 untuk 400 ≤ f < 1500 MHz ; 33,9 untuk 1500 ≤ f ≤ 2000 MHz
 a(h_{ms}) = faktor koreksi ketinggian antenna MS

- Area Sub-Urban:

$$L_{SubUrban} = L_{Urban} - 2 \{ \log(f / 28) \}^2 - 5,4$$



Gambar 27 Cakupan Area 3G/LTE Colloc Area Urban dan Sub-Urban

Dari gambar 27 di atas dapat dijelaskan bahwa Cakupan area 3G/LTE Collocation dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS (seperti dijelaskan pada formula cakupan area Urban dan Sub-Urban di atas).

Z. LTE

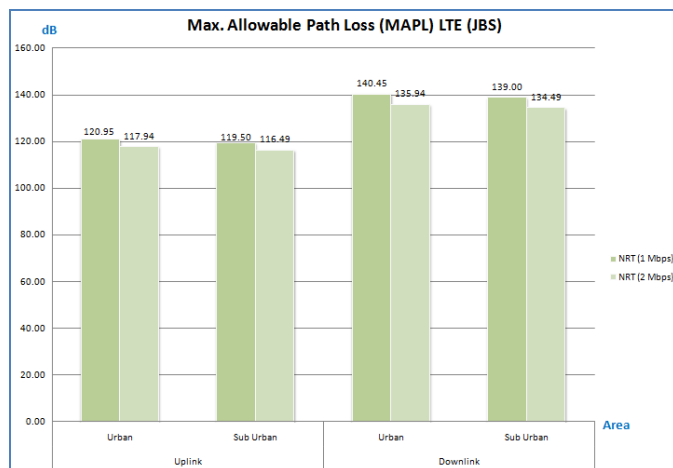
Dalam implementasi Refarming Frekuensi dengan skenario LTE dilakukan dengan pendekatan Coverage Estimation pada jaringan LTE dengan layanan masing-masing.

AA. Perhitungan MAPL LTE (Max. Allowable Path Loss)

Seperti halnya prediksi coverage LTE di atas, dalam melakukan prediksi coverage LTE, di awali dengan perhitungan link budget. Perhitungan link budget bertujuan untuk menentukan MAPL. Besar MAPL untuk menghitung cakupan suatu sel, dihitung pada arah uplink dan downlink dengan mempertimbangkan beberapa faktor, salah satu diantaranya adalah lingkungan propogasi radio.

Dari gambar 28 dapat dijelaskan bahwa MAPL (Max. Allowable Path Loss) jaringan LTE untuk area Urban lebih besar dibandingkan dengan area Sub-Urban untuk masing-masing kelas layanan (LTE-NRT 1 Mbps dan NRT 2 Mbps) karena Log Normal Fading Margin untuk area Urban lebih

kecil dibandingkan dengan area Sub-Urban. MAPL akan berpengaruh pada cakupan area suatu wilayah.



Gambar 28 MAPL LTE Area Urban dan Sub-Urban

BB. Perhitungan Cakupan Area LTE

Dalam melakukan perhitungan cakupan LTE area Urban dan Sub-Urban dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS. Dalam memperhitungkan cakupan LTE digunakan model propagasi Okumura-Hatta:

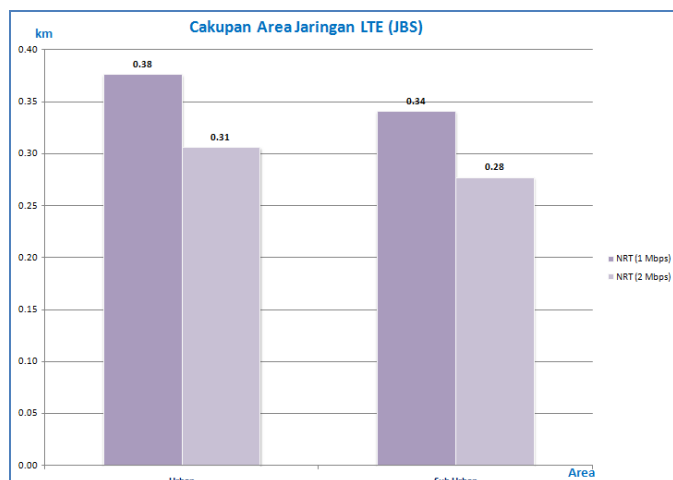
- Area Urban:

$$L_{Urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{bts}) - a(h_{ms}) + (44,9 - 6,55 \log(h_{bts})) \log(r)$$

Dimana :
 f = frekuensi (MHz) ; h_{bts} = tinggi antenna BTS (m)
 h_{ms} = tinggi antenna MS (m) ; r = jarak BTS – MS (km)
 C₁ = 69,55 untuk 400 ≤ f < 1500 MHz ; 46,3 untuk 1500 ≤ f ≤ 2000 MHz
 C₂ = 26,16 untuk 400 ≤ f < 1500 MHz ; 33,9 untuk 1500 ≤ f ≤ 2000 MHz
 a(h_{ms}) = faktor koreksi ketinggian antenna MS

- Area Sub-Urban:

$$L_{SubUrban} = L_{Urban} - 2[\log(f/28)^2 - 5,4]$$



Gambar 29 Cakupan Area LTE Area Urban dan Sub-Urban

Dari gambar 29 dapat dijelaskan bahwa Cakupan area LTE dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dan tinggi antenna BS/MS (seperti dijelaskan pada formula cakupan area Urban dan Sub-Urban di atas).

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian dan analisis kapasitas jaringan teknik *Refarming Frekuensi* dengan menggunakan *resource spektrum* yang semaksimal mungkin dan sesuai dengan tingkat persentase pertumbuhan pelanggan *voice* dan data, dapat disimpulkan bahwa :

1. Teknik *Refarming* Frekuensi merupakan salah satu solusi bagi operator telekomunikasi di Indonesia dalam melakukan optimasi kapasitas jaringan nirkabel eksisting (2G dan 3G) dan jaringan baru (LTE) yang handal.
2. Dari hasil analisis kelayakan dengan menggunakan metode *Coverage Estimation*, skenario implementasi *2G/3G Collocation*, *2G/3G/LTE Collocation*, *3G/LTE Collocation*, dan LTE layak untuk diimplementasikan.

B. Saran

Diperlukan kajian penelitian selanjutnya dengan alokasi frekuensi yang lainnya, seperti frekuensi 700 MHz dan 1800 MHz.

Diperlukan analisa kapasitas jaringan terkait dengan skema yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Perdana D. (2012). Feasibility Analysis of Joint Base Station (JBS) Implementation in 2G, 3G, and LTE Network using Replacement Analysis (RA) in Bandung Area. Tesis. Bandung : IT Telkom

Perdana D. (2014). Analisa Tekno Ekonomi Refarming Frekuensi 2100 MHz dengan Analisis Penggantian, *Buletin Pos Kementerian Komunikasi dan Informatika*.12(1). Jakarta : Puslitbang SDPPI

Perdana D., Muayyadi A. A, Mufti N., Chumaidiyah E. (2012). Optimasi Kapasitas Jaringan 2G, 3G, dan LTE dengan Teknik Refarming Frekuensi, *Jurnal Emitor*, Vol. 12 No.01, ISSN : 14118890.

www.bakrie-brothers.com (2012), terakhir diakses tanggal 02 Desember 2014

Work Group Spectrum 4G (2011) Ver 2.0 Juli – Kominfo.

Network Planning PT XL Axiata (2010). *Single RAN Strategy*, Jakarta : PT XL Axiata, Tbk.

Sustika, Rika. (2010). Analisis Aspek-Aspek Perencanaan BTS pada Sistem Telekomunikasi Selular Berbasis CDMA. *Jurnal Informatika LIPI*. Pusat Penelitian Informatika.

Prasetyo, Anang (2011). *Techno-Economic Analysis Of LTE Release8 Implementation with Using Capacity and Coverage Estimation Method and DCF Methode in Jabodetabek Area*. Bandung : IT Telkom.

Hamalainen (2007b), Jyri Communication and Networking Department, TKK, 17.1., *Cellular Network Planning and Optimization Part X : WCDMA planning challenges*, Helsinki : Helsinki University Of Technology.

Karim, M.R & Sarraf Mohsen, (2002). *WCDMA and CDMA 2000 for 3G Mobile Networks*, McGraw Hill. New York.