
Analisa Tekno Ekonomi *Refarming* Frekuensi 2100 MHz dengan Analisis Penggantian *Techno Economic Analysis Refarming Frequency 2100 MHz with Replacement 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: 9 Juni 2014; Direvisi: 16 Juni 2014; Disetujui: 20 Juni 2014

Abstract— Provision of high investment costs to meet a reliable wireless communication networks with large capacity is one of the challenges for telecom operators today. Utilization of bandwidth allocation in an efficient and optimal frequency is one of the solutions to overcome the high investment costs. The purpose of this research is conducted the feasibility analysis of CAPEX and OPEX costs with frequency Refarming schemes using Replacement Analysis (RA) schemes according to the percentage growth rate of wireless customers voice and data (2012-2017) on one of the telecom operators in Indonesia . The method is a research study assessing the feasibility analysis using Replacement Analysis (RA) scheme for network capacity optimization by implementing frequency Refarming with four scenarios of implementation, i.e. 2G/3G Collocation, 2G/3G/LTE Collocation, 3G/LTE Collocation, and LTE. Finally, the research is conducted using the method of Replacement Analysis (RA), the frequency Refarming scheme is one solution for telecom operators in Indonesia in the optimization of the existing capacity of wireless networks (2G and 3G) and the new network (LTE) which reliable, and can be recommended LTE deployment scenario CAPEX and OPEX due to cost incurred is smaller than the other three scenarios of its implementation (2G/3G Collocation, 2G/3G/LTE Collocation, 3G/LTE Collocation).

Keywords— Frequency Refarming, Replacement Analysis, Bandwith, 2G/3G Collocation, 2G/3G/LTE Collocation, 3G/LTE Collocation, LTE

Abstrak— Penyediaan biaya investasi yang tinggi untuk memenuhi jaringan komunikasi nirkabel yang handal dengan kapasitas yang besar merupakan salah satu tantangan bagi operator telekomunikasi saat ini. Pemanfaatan alokasi *bandwith* frekuensi secara efisien dan optimal merupakan salah satu solusi untuk mengatasi biaya investasi yang tinggi. Tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu melakukan kajian analisa kelayakan biaya CAPEX dan OPEX skema Refarming Frekuensi dengan metode *Replacement Analysis* (RA) 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 *Replacement Analysis* (RA) untuk optimasi kapasitas jaringan skema *refarming* frekuensi dengan menggunakan empat skenario implementasi, yaitu 2G/3G Collocation, 2G/3G/LTE Collocation, 3G/LTE Collocation, dan LTE (JBS). Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan yaitu setelah dilakukan kajian analisa kelayakan menggunakan metode *Replacement Analysis* (RA), skema *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, dan dapat direkomendasikan skenario implementasi LTE karena biaya CAPEX dan OPEX yang dikeluarkan lebih kecil dibandingkan dengan tiga skenario implementasi yang lain nya (2G/3G Collocation, 2G/3G/LTE Collocation, 3G/LTE Collocation).

Kata Kunci— *Refarming* Frekuensi, *Replacement Analysis*, *Bandwith*, 2G/3G Collocation, 2G/3G/LTE Collocation, 3G/LTE Collocation, LTE

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan regulasi dari Kementerian Komunikasi dan Informatika Indonesia, pengertian spektrum frekuensi radio merupakan sumber daya alam yang terbatas yang mempunyai nilai strategis dalam penyelenggaraan telekomunikasi dan dikuasai oleh negara. Pemanfaatan spektrum frekuensi radio sebagai sumber daya alam tersebut perlu dilakukan secara tertib, efisien, sesuai dengan peruntukannya sehingga tidak menimbulkan gangguan yang merugikan.

Untuk meningkatkan kapasitas jaringan dan memenuhi kebutuhan pelanggan kedepan, maka diperlukan penyediaan spektrum frekuensi yang efisien dan optimal oleh operator telekomunikasi di Indonesia. Dalam dunia telekomunikasi

nirkabel, spektrum frekuensi adalah hal yang mendapatkan perhatian penting, karena melalui spektrum inilah data bisa dikirimkan, semakin besar interval frekuensi didapatkan, semakin tinggi pula kecepatan data (*data rate* dalam bps) yang bisa diperoleh. 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 sebagai dasar penggelaran jaringan komunikasi nirkabel, baik untuk jaringan existing (2G dan 3G) maupun jaringan baru (LTE). Konsep skema *Refarming* Frekuensi diharapkan menjadi solusi dalam masalah di atas.

Skema *Refarming* Frekuensi didesain sebagai teknik penggabungan beberapa jaringan nirkabel existing 2G, 3G, dan jaringan baru LTE sehingga operator 2G/3G dapat mengurangi biaya operasional dan belanja modal (CAPEX/OPEX). 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. Dengan skema *Refarming* Frekuensi, dapat memudahkan operator telekomunikasi dalam melakukan ekspansi jaringan nirkabel eksisting (jaringan 2G dan 3G).

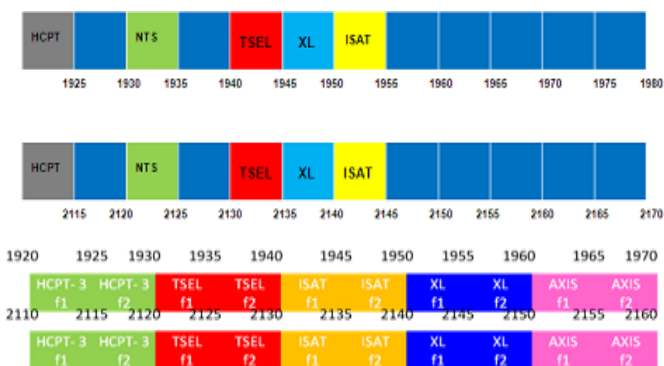
Skema *Refarming* Frekuensi diprediksi akan menjadi teknologi pilihan bagi salah satu operator telekomunikasi nirkabel di Indonesia untuk melakukan ekspansi jaringan existing (2G/3G) dan mengembangkan jaringan baru (LTE). Beberapa keuntungan yang diperoleh dengan Skema *Refarming* Frekuensi bagi operator 2G/3G existing, antara lain : *Cost* (CAPEX/OPEX) *saving*, *Foot Print/Space Cabinet Saving*, *Power Saving*, *Operation Maintenance*, *Convergence Network*, dan *Capacity Expansion*.

seperti 3G dan 4G atau Long Term Evolution (LTE). 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. Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Masyarakat Telematika Indonesia (Mastel), optimalisasi spektrum tersebut dinilai dapat meningkatkan penetrasi internet nirkabel di Indonesia. Implementasi *Refarming* Frekuensi dilakukan dengan empat scenario, yaitu *2G/3G Collocation*, *2G/3G/LTE Collocation*, *3G/LTE Collocation*, dan LTE.

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, 2007b; 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 (Perdana, et.al, 2012), 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 spectrum* 2G sebesar 5 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.

Pada skenario *2G/3G/LTE Collocation*, dilakukan dengan menggunakan alokasi *resource spectrum* 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 Spectrum 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 spectrum* 2G masing-masing sebesar 5 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, et.al, 2012).

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



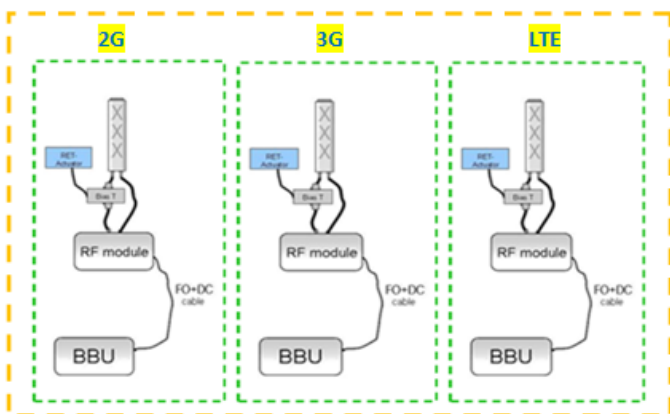
Gambar 1 Milestone Skema *Refarming* Frekuensi band 2100 MHz (Workgroup Spektrum 4G, 2011)

II. TINJAUAN PUSTAKA

Refarming Frekuensi merupakan tata ulang frekuensi yang ada, untuk digunakan menyelenggarakan layanan broadband

eksisting dengan masing-masing layanan di dalam nya (Work Group Spectrum 4G, 2011) (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, et.al., 2012).

Pada skenario LTE dilakukan dengan menggunakan alokasi *resource spectrum* LTE pada salah satu operator telekomunikasi nirkabel di Indonesia sebagai strategi untuk optimasi kapasitas jaringan eksisting dengan masing-masing layanan di dalam nya (Sustika, 2010). (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. 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, et.al., 2012).



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

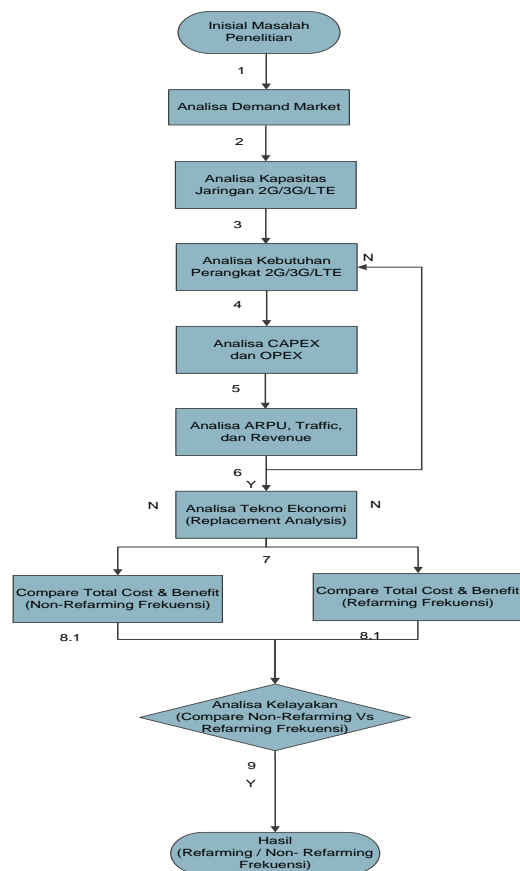
III. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam melakukan implementasi skema *Refarming* Frekuensi, adalah sebagai berikut :

1. Analisis tekno ekonomi dilakukan dari sisi salah satu

Operator layanan telekomunikasi yang memiliki jaringan teknologi 2G/3G dan jaringan teknologi LTE.

2. Teknologi yang dimaksud adalah berdasarkan standar 3GPP, yaitu GSM, UMTS/WCDMA, dan LTE
3. Analisis yang dilakukan teknik *Refarming* Frekuensi di jaringan 2G GSM, 3G WCDMA, dan LTE pada Network Element : MS, BTS, Node B, dan E-Node B.
4. Strategi implementasi teknik *Refarming* Frekuensi yang digunakan yaitu secara *integrated multi services (2G, 3G, & LTE)*.
5. Parameter kualitas yang dianalisis meliputi antara lain : (RSL)min, Eb/No, dan Throughput data.
6. Kemampuan *interoperability* yang dimaksud adalah antara jaringan existing (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 ekonomi yang dilakukan dengan menggunakan *Replacement Analysis (RA)*.
10. Berdasarkan analisis tekno ekonomi skenario implementasi skema *Refarming* Frekuensi pada jaringan salah satu operator 2G/3G *existing* dengan menggunakan *Replacement Analysis (RA)*, dapat disimpulkan bahwa skema *Refarming* Frekuensi layak atau tidak untuk diimplementasikan dilihat dari total *cost [EUAC]* yang dikeluarkan dibandingkan dengan total benefit [EUAB] yang dihasilkan.

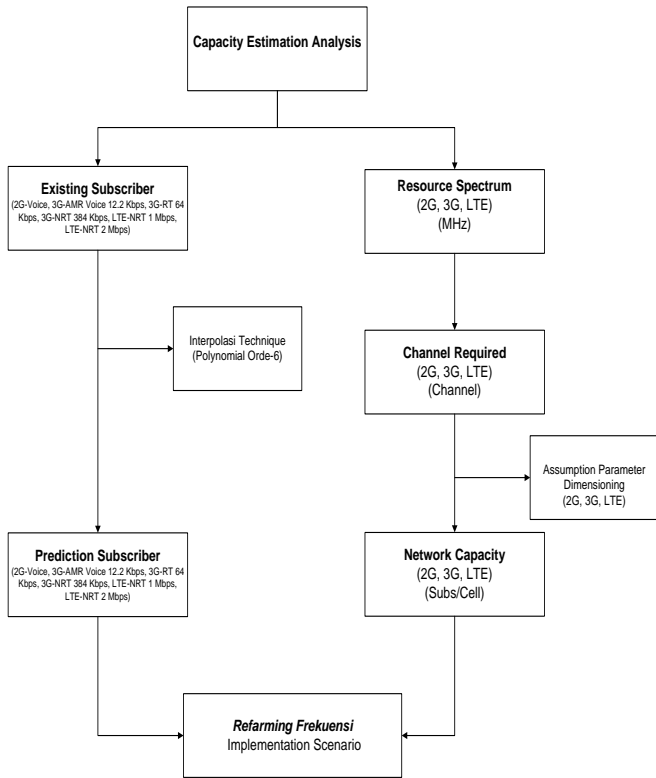


Gambar 3. Metodologi Penelitian implementasi skema *Refarming* Frekuensi

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan tahapan penelitian yang dibahas sebelumnya, maka untuk mendapatkan hasil dari penelitian ini, dilakukan dengan melalui, antara lain :

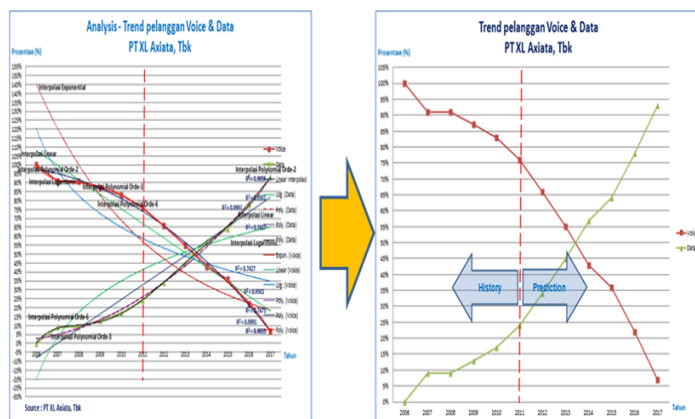
A. Analisis Kapasitas Jaringan Skema Refarming Frekuensi



Gambar 4. Analisis Kapasitas Jaringan skema Refarming Frekuensi (Hamalainen, 2007b; Karim&Sarraf, 2002; Sustika, 2010; IT Telkom, 2011b)

1) 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) (Network Planning XL Axiata, 2010). Dalam melakukan analisis demand market dengan menggunakan teknik interpolasi polynomial orde-6 berdasarkan data historis pertumbuhan market pelanggan voice dan data PT XL Axiata, Tbk (seperti dijelaskan pada gambar di bawah).



Gambar 5 Tingkat Persentase Pertumbuhan Pelanggan Nirkabel Layanan Voice dan Data (Perdana, et.al., 2012, Network Planning PT XL Axiata, 2010).

2) Analisis Teknologi Jaringan

Analisis teknologi jaringan pada jaringan 2G, 3G, dan LTE dilakukan untuk menghitung kapasitas jaringan 2G, 3G, dan LTE dengan menggunakan asumsi parameter dimensioning jaringan 2G, 3G, dan LTE (Perdana, et.al, 2012; Prasetyo, 2011). Dengan menggunakan asumsi parameter dimensioning ini, maka didapatkan hasil perhitungan kapasitas jaringan teknik JBS (Hamalainen, 2007a; Hamalainen, 2007b; Karim& Sarraf, 2002; Willey, 2007).

TABEL 1 ASUMSI PARAMETER DIMENSIONING JARINGAN 2G (PERDANA, ET.AL., 2012, NETWORK PLANNING PT XL AXIATA, 2010).

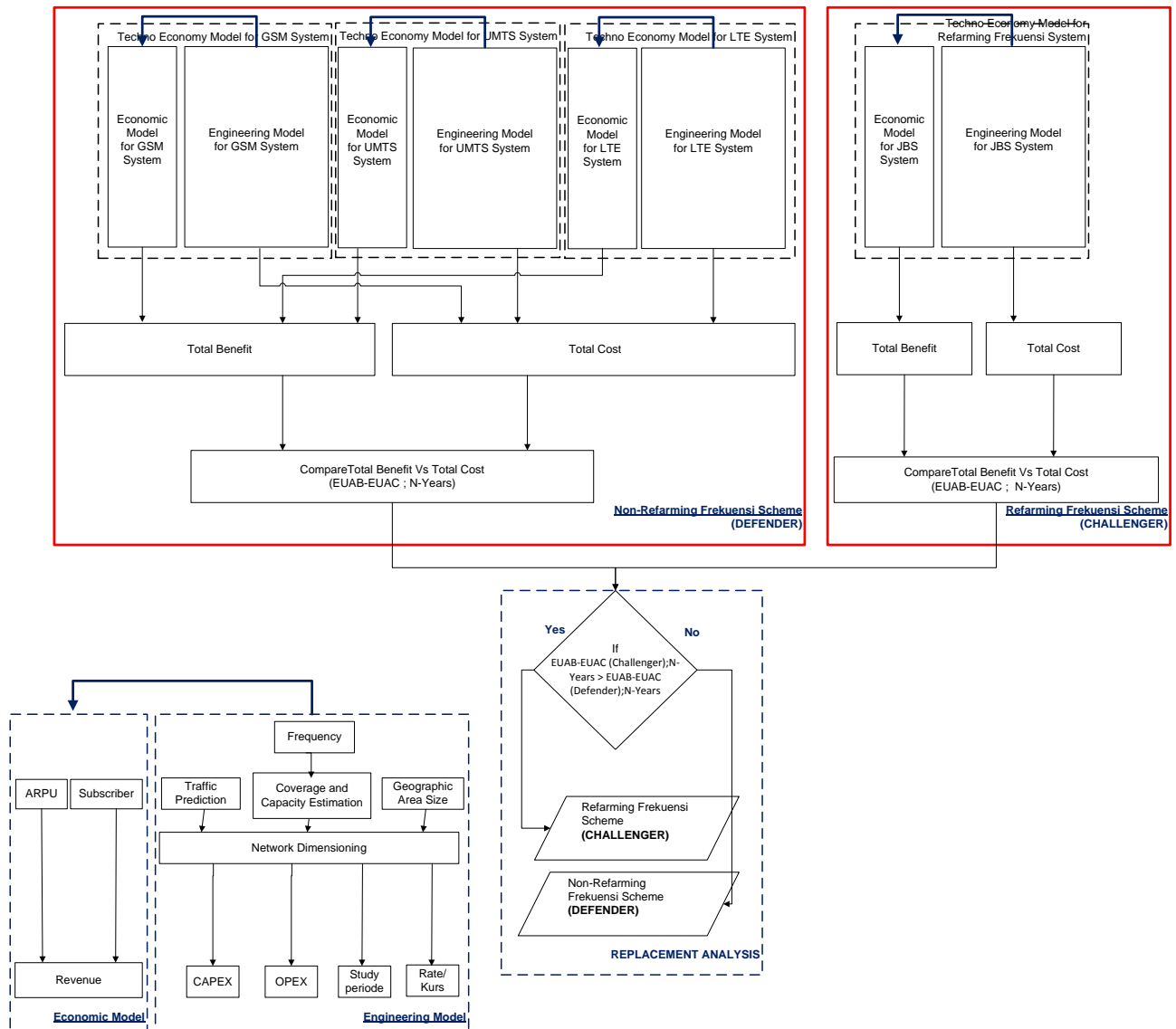
No	Parameter	Nilai (Unit)
1	Resource Spectrum 2G (PT XL Axiata, Tbk)	15 MHz
2	Target Network Utilization	80%
3	Target Network Blocking (Grade Of Service)	2%
4	Traffic Profile	20 mErlang/Subs
5	1 TCH	7 Time Slot

TABEL 2 ASUMSI PARAMETER DIMENSIONING JARINGAN 3G (PERDANA, ET.AL., 2012, NETWORK PLANNING PT XL AXIATA, 2010).

No	Parameter	Nilai (Unit)
1	Resource Spectrum 3G (PT XL Axiata, Tbk) 2007 – 2010	5 MHz
2	Resource Spectrum 3G (PT XL Axiata, Tbk) 2011 – 2017	5 MHz
3	Target Network Utilization (Load Factor)	80%
4	Target Network Blocking (Grade Of Service)	2%
5	Chip Rate	3.84 Mcps
6	Voice Activity Factor (Vf)	0.4
7	Othercell Interference (i)	0.65
8	Eb/No (Voice AMR 12.2 Kbps)	7 Db
9	Eb/No (RT 64 Kbps)	5 Db
10	Eb/No (NRT 384 Kbps)	4.9 Db

TABEL 3 ASUMSI PARAMETER DIMENSIONING JARINGAN LTE (PERDANA, ET.AL., 2012, NETWORK PLANNING PT XL AXIATA, 2010).

No	Parameter	Nilai (Unit)
1	Resource Spectrum LTE 2012-2017	5 MHz
2	Busy Hour Average Loading	80%
3	Target Network Blocking (Grade Of Service)	2%
4	Faktor Penjaga user mobile	4/5
5	Required user data rate	1024 & 2048 (Kbps)
6	OBF (user data rate : 1024 Kbps)	20
7	OBF (user data rate : 2048 Kbps)	10
8	Average data rate/subs (user data rate : 1024 Kbps)	49.12 (Kbps)
9	Average data rate/subs (user data rate : 2048 Kbps)	128.3 (Kbps)
10	FFT Size	2048
11	Frek Sampling	30,72 MHz
12	Resource Block	100 RB
13	Time Slot	0.5 ms



Gambar 6 Model Tekno Ekonomi dengan *Replacement Analysis* (RA)

B. Analisis Tekno Ekonomi

Pada penelitian ini analisis ekonomi yang dilakukan dengan menggunakan metode *Replacement Analysis* (RA), yaitu dengan melakukan analisis kelayakan pada teknik *Refarming* Frekuensi dengan beberapa asumsi biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan untuk membangun BTS dengan skenario implementasi di atas dan benefit (*revenue*) yang dihasilkan (EUAB-EUAC[Challenger]) dibandingkan dengan biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dan benefit (*revenue*) yang dihasilkan pada skema *Refarming* Frekuensi (EUAB-EUAC[Defender]).

Pada gambar 6 dapat dijelaskan bahwa analisis kelayakan ekonomi dengan metode *Replacement Analysis* (RA), yaitu dengan melakukan analisis kelayakan pada teknik *Refarming* Frekuensi dengan beberapa asumsi biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan untuk membangun BTS dengan skenario implementasi di atas dan benefit (*revenue*) yang

dihasilkan (EUAB-EUAC[Challenger]) pada tahun ke-N dibandingkan dengan biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dan benefit (*revenue*) yang dihasilkan pada teknik *Non-Refarming* Frekuensi (N-JBS) (EUAB-EUAC[Defender]) pada tahun ke-N.

1) Komponen Biaya

Komponen biaya terdiri atas CAPEX yang diperoleh dari referensi biaya yang dikeluarkan oleh PT XL Axiata, Tbk. Sedangkan untuk asumsi biaya perangkat BTS *Refarming* Frekuensi diperoleh dari referensi harga dari vendor PT XL Axiata, Tbk. Sedangkan biaya OPEX yang dikeluarkan berdasarkan referensi biaya OPEX PT XL Axiata, Tbk.

Dalam menghitung biaya investasi CAPEX, dilakukan dengan teknik depresiasi garis lurus, dimana asumsi tingkat depresiasi perangkat sama, yaitu 10% per tahun nya, untuk teknik *Non-Refarming* Frekuensi dihitung dari tahun 2006-

2017, sedangkan tingkat depresiasi perangkat teknik Refarming Frekuensi dihitung dari tahun 2012-2017.

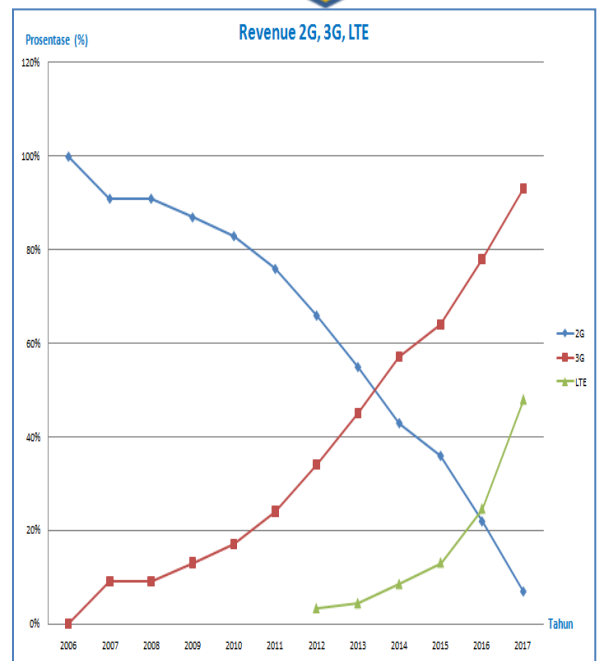
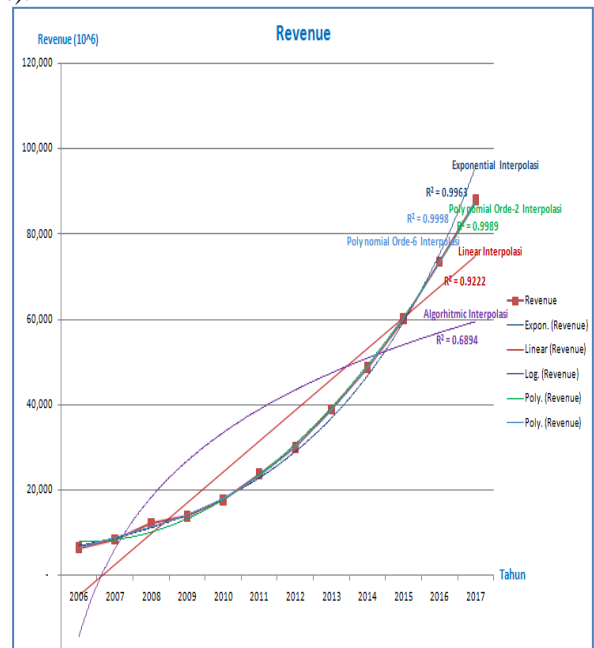
layanan (2G Voice, 3G Voice AMR 12.2 Kbps, 3G RT 64 Kbps, 3G NRT 128 Kbps, LTE NRT 1 Mbps, dan LTE NRT 2 Mbps).

TABEL 4 ASUMSI HARGA PERANGKAT (DALAM USD)

NE	Harga
BTS JBS	40000
BTS 2G	50000
BTS 3G	40000
BTS LTE	45000
Module 2G	20000
Module 3G	25000
Module LTE	30000
Module JBS	25000
Power System 2G	25000
Power System 3G	20000
Power System LTE	22500
Power System JBS	20000

TABEL 5 ASUMSI BIAYA OPERASIONAL (DALAM USD)

NE	Harga
Personel (O&M)	12000
Rental Cost	2400
Software License (JBS)	10000
Software License (2G)	12000
Software License (3G)	14000
Software License (LTE)	16000



2) Revenue

Revenue diperoleh berdasarkan Average Revenue Per User (ARPU). Pada penelitian ini digunakan data historis tarif dari referensi tarif PT XL Axiata, Tbk untuk penentuan tarif voice dan data.

Revenue yang dihasilkan berdasarkan dari grafik trend jumlah pelanggan di atas (pelanggan 2G voice, 3G Voice AMR 12.2 Kbps, 3G RT 64 Kbps, 3G NRT 128 Kbps, LTE NRT 1 Mbps, dan LTE NRT 2 Mbps). Dengan menggunakan pendekatan persentase trend jumlah pelanggan diatas, maka akan diperoleh revenue yang dihasilkan untuk masing-masing

Gambar 7 Analisis - Trend Pertumbuhan Revenue PT XL Axiata, Tbk (Network Planning PT XL Axiata, 2010).

Dari grafik 7 di atas dapat dijelaskan bahwa Analisis Trend Pertumbuhan Revenue PT XL Axiata, Tbk diperoleh dari hasil interpolasi (polynomial orde-6) dari data history pertumbuhan layanan 3G data dari tahun 2006-2011, dikarenakan teknik interpolasi polynomial orde-6 memiliki R² paling tinggi dan mendekati 1 (0.9991), artinya

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

3) *Replacement Analysis [EUAB-EUAC]*

Analisis ekonomi dengan menggunakan metode *Replacement Analysis (RA)*, yaitu dengan melakukan analisis kelayakan pada teknik *Refarming* Frekuensi dengan beberapa asumsi biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dengan skenario implementasi di atas dan benefit (*revenue*) yang dihasilkan (EUAB-EUAC[Challenger]) dibandingkan

dengan biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dan benefit (*revenue*) yang dihasilkan pada teknik *Non-Refarming* Frekuensi (N-JBS) (EUAB-EUAC[Defender]).

Dengan menggunakan asumsi biaya dan *revenue* di atas, dapat dilakukan perhitungan besar EUAC dan EUAB yang dihasilkan untuk masing-masing skenario implementasi di atas. EUAC dapat diperoleh dengan menggunakan rumus : $P = F(P/F, i, n) \rightarrow A = P(A/P, i, n)$, sedangkan EUAC dapat diperoleh dengan menggunakan rumus : $P = F(P/F, i, n) \rightarrow A = P(A/P, i, n)$.

TABEL 6 TOTAL CAPEX+OPEX 2G/3G COLLOCATION, DALAM USD (URBAN DAN SUB-URBAN)

CAPEX + OPEX	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2G	1479800	3386300	7584100	11626700	16006500	19468100	21499800	21644200	19632000	17718200	12061200	7376200
3G	12000	643200	2057400	4744000	9626300	13951900	21732300	32316300	46512000	52299200	61898400	74577600
2G/3G Collocation (JBS)	12000	12000	12000	12000	12000	12000	4824600	25488700	46022000	48272800	46220400	41728000
2G+3G (Non-JBS)	1491800	4029500	9641500	16370700	25632800	33420000	43232100	53960500	66144000	70017400	73959600	81953800

TABEL 7 TOTAL CAPEX+OPEX 2G/3G/LTE COLLOCATION DALAM USD (URBAN DAN SUB-URBAN)

CAPEX+OPEX	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2G	1,479,800	3,254,300	7,276,100	11,032,700	15,082,500	18,148,100	19,761,800	19,488,200	17,102,000	19,393,000	12,342,600	5,411,600
3G	12,000	643,200	1,985,400	4,528,000	9,146,300	12,967,900	20,196,300	29,820,300	42,408,000	45,675,200	52,634,400	61,545,600
LTE	-	-	-	-	-	-	12,000	367,300	1,022,650	1,739,750	2,928,050	4,287,450
2G/3G/LTE Collocation (JBS)	-	-	-	-	-	-	12,000	306,200	854,700	1,465,300	2,467,500	3,604,300
2G+3G+LTE (Non-JBS)	1,491,800	3,897,500	9,261,500	15,560,700	24,228,800	31,116,000	39,970,100	49,675,800	60,532,650	66,807,950	67,905,050	71,244,650

TABEL 8 TOTAL CAPEX+OPEX 3G/LTE COLLOCATION DALAM USD (URBAN DAN SUB-URBAN)

CAPEX + OPEX	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
3G	12000	643200	2057400	4744000	9626300	13951900	21732300	32316300	46512000	52299200	61898400	74577600
LTE	0	0	0	0	0	0	12000	367300	1048650	1585950	2297650	3040750
3G/LTE Collocation (JBS)	0	0	0	0	0	0	12000	306200	869100	1313700	1906700	2506900
3G+LTE (Non-JBS)	12000	643200	2057400	4744000	9626300	13951900	21744300	32683600	47560650	53885150	64196050	77618350

TABEL 9 TOTAL CAPEX+OPEX LTE COLLOCATION DALAM USD (URBAN DAN SUB-URBAN)

CAPEX + OPEX	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LTE (JBS)	0	0	0	0	0	0	12000	306200	869100	1116900	1663500	2032900
LTE (Non-JBS)	0	0	0	0	0	0	12000	367300	1048650	1585950	2297650	3040750

TABEL 10 TOTAL REVENUE DALAM USD (URBAN DAN SUB-URBAN)

Revenue	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2G	14210989	16730000	24312000	26539780	32172989	39687637	43521046	46980532	46038266	47572463	35524756	13528675
3G	0	1654615	2404484	3965714	6589648	12532938	21311255	36537807	56467945	75912150	106064344	133441934

Revenue	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LTE	0	0	0	0	0	0	2217356	3801622	9119047	17322235	39774129	92592363
Revenue 2G/3G Collocation	14210989	18384615	26716484	30505495	38762637	52220576	64832301	83518339	102506211	123484612	141589101	146970610
Revenue 2G/3G/LTE Collocation	14210989	18384615	26716484	30505495	38762637	52220576	67049657	87319961	111625258	140806848	181363230	239562973
Revenue 3G/LTE Collocation	0	1654615	2404484	3965714	6589648	12532938	23528611	40339428	65586992	93234385	145838473	226034297
Revenue LTE	0	0	0	0	0	0	67049657	87319961	111625258	140806848	181363230	239562973
Revenue 2G+3G	14210989	18384615	26716484	30505495	38762637	52220576	64832301	83518339	102506211	123484612	141589101	146970610
Revenue 2G+3G+LTE	14210989	18384615	26716484	30505495	38762637	52220576	67049657	87319961	111625258	140806848	181363230	239562973
Revenue 3G+LTE	0	1654615	2404484	3965714	6589648	12532938	23528611	40339428	65586992	93234385	145838473	226034297
Revenue LTE	0	0	0	0	0	0	67049657	87319961	111625258	140806848	181363230	239562973

4) Replacement Analysis [EUAB-EUAC] 2G/3G Collocation

Pada analisis ini akan dibandingkan antara asumsi biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dan benefit (revenue) yang dihasilkan dengan skenario implementasi 2G/3G Collocation (EUAB-EUAC[Challenger]) dengan asumsi biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dan benefit (revenue) yang dihasilkan pada 2G dan 3G (EUAB-EUAC[Defender]).

TABEL 11 [EUAB-EUAC] 2G/3G COLLOCATION

2G/3G Collocation (JBS)	USD
[EUAB]	129,776,667
[EUAC]	42,076,673
[[EUAB]-[EUAC]]2G/3G Collocation	87,699,994
2G+3G (N-JBS)	USD
[EUAB]	129,776,667
[EUAC]	79,747,985
[[EUAB]-[EUAC]]2G+3G	50,028,681
Summary	LAYAK
	[[EUAB]-[EUAC]] 2G/3G Collocation > [[EUAB]-[EUAC]] 2G+3G

5) Replacement Analysis [EUAB-EUAC] 2G/3G/LTE Collocation

Pada analisis ini akan dibandingkan antara asumsi biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dan benefit (revenue) yang dihasilkan dengan skenario implementasi 2G/3G/LTE Collocation (EUAB-EUAC[Challenger]) dengan asumsi biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dan benefit (revenue) yang dihasilkan pada 2G, 3G, dan LTE (EUAB-EUAC[Defender]).

Pada tabel 12 dapat dijelaskan bahwa hasil Replacement Analysis (EUAB-EUAC[Challenger]) dengan teknik Refarming Frekuensi [2G/3G/LTE Collocation] lebih besar dibandingkan dengan hasil Replacement Analysis (EUAB-EUAC[Defender]) dengan teknik Non-Refarming Frekuensi [2G+3G+LTE], sehingga dapat disimpulkan teknik 2G/3G/LTE Collocation LAYAK untuk di implementasikan.

TABEL 12 [EUAB-EUAC] 2G/3G/LTE COLLOCATION

2G/3G/LTE Collocation	USD
[EUAB]	146,084,351
[EUAC]	1,559,806
[[EUAB]-[EUAC]]	144,524,545
2G+3G+LTE (N-JBS)	USD
[EUAB]	146,084,351
[EUAC]	71,299,283
[[EUAB]-[EUAC]]	74,785,069
Summary	LAYAK
	[[EUAB]-[EUAC]] 2G/3G/LTE Collocation > [[EUAB]-[EUAC]] 2G+3G+LTE

6) Replacement Analysis [EUAB-EUAC] 3G/LTE Collocation

Pada analisis ini akan dibandingkan antara asumsi biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dan benefit (revenue) yang dihasilkan dengan skenario implementasi 3G/LTE Collocation (EUAB-EUAC[Challenger]) dengan asumsi biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dan benefit (revenue) yang dihasilkan pada 3G dan LTE (EUAB-EUAC[Defender]).

TABEL 13 [EUAB-EUAC] 3G/LTE COLLOCATION

3G/LTE Collocation (JBS)	USD
[EUAB]	88,822,668
[EUAC]	1,062,459
[[EUAB]-[EUAC]]	87,760,209
3G+LTE (N-JBS)	USD
[EUAB]	88,822,668
[EUAC]	54,888,344
[[EUAB]-[EUAC]]	33,934,324
Summary	LAYAK
	[[EUAB]-[EUAC]] 3G/LTE Collocation > [[EUAB]-[EUAC]] 3G+LTE

Pada tabel 13 dapat dijelaskan bahwa hasil Replacement Analysis (EUAB-EUAC[Challenger]) dengan teknik Refarming Frekuensi [3G/LTE Collocation] lebih besar dibandingkan dengan hasil Replacement Analysis (EUAB-EUAC[Defender]) dengan teknik Non-Refarming Frekuensi

[3G+LTE], sehingga dapat disimpulkan teknik 3G/LTE Collocation LAYAK untuk di implementasikan.

7) Replacement Analysis [EUAB-EUAC] LTE

Pada analisis ini akan dibandingkan antara asumsi biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dan benefit (revenue) yang dihasilkan dengan skenario implementasi LTE Collocation (EUAB-EUAC[Challenger]) dengan asumsi biaya-biaya (CAPEX dan OPEX) yang dikeluarkan dan benefit (revenue) yang dihasilkan pada LTE (EUAB-EUAC[Defender]).

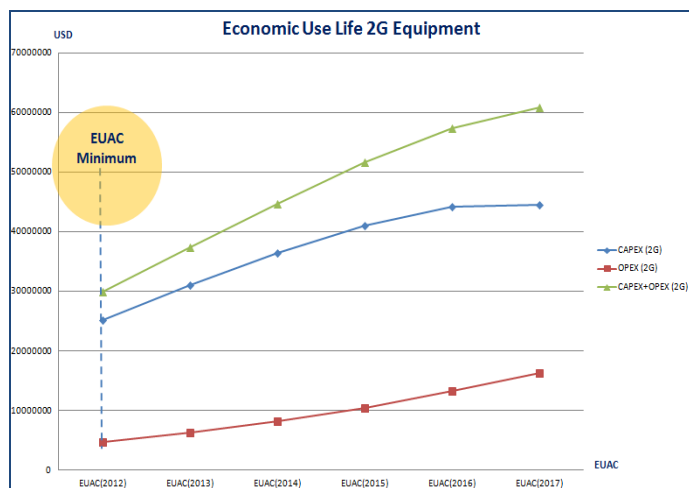
TABEL 14 [EUAB-EUAC] LTE

LTE (JBS)		USD
[EUAB]		146,084,351
[EUAC]		950,628
[EUAB]-[EUAC]		145,133,723
LTE (N-JBS)		USD
[EUAB]		146,084,351
[EUAC]		1,280,585
[EUAB]-[EUAC]		144,803,767
Summary	LAYAK	
	$\{[EUAB]-[EUAC]\} \text{ LTE (JBS)} >$ $\{[EUAB]-[EUAC]\} \text{ LTE (N-JBS)}$	

Pada tabel 14 di atas dapat dijelaskan bahwa hasil Replacement Analysis (EUAB-EUAC[Challenger]) dengan teknik Refarming Frekuensi [LTE (JBS)] lebih besar dibandingkan dengan hasil Replacement Analysis (EUAB-EUAC[Defender]) dengan teknik Non-Refarming Frekuensi [LTE], sehingga dapat disimpulkan teknik LTE LAYAK untuk di implementasikan.

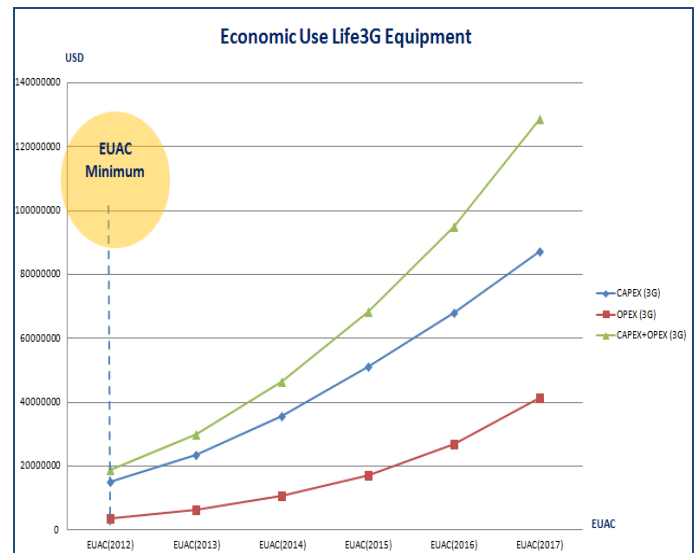
8) Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui umur dari perangkat 2G dan 3G existing (economic use life) sehingga dapat ditentukan tahun di implementasikan nya teknik Refarming Frekuensi (JBS). Hal tersebut dapat dilakukan dengan menentukan level EUAC minimum per tahun (EUAC 2012 – 2017).



Gambar 8. Economic Use Life 2G Equipment tahun 2012-2017

Pada grafik 8 di atas dapat dijelaskan bahwa dari hasil perhitungan EUAC 2G per tahun dari tahun 2012-2017 diperoleh EUAC minimum 2G terjadi pada tahun 2012, sehingga waktu penggantian perangkat 2G dilakukan pada tahun 2012 dan implementasi teknik Refarming Frekuensi direkomendasikan dilakukan pada tahun 2012.



Gambar 9 Economic Life Use 3G Equipment tahun 2012-2017

Pada grafik 9 di atas dapat dijelaskan bahwa dari hasil perhitungan EUAC 3G per tahun dari tahun 2012-2017 diperoleh EUAC minimum 3G terjadi pada tahun 2012, sehingga waktu penggantian perangkat 3G dilakukan pada tahun 2012 dan implementasi teknik Refarming Frekuensi direkomendasikan dilakukan pada tahun 2012.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian dan analisis kapasitas jaringan teknik Refarming Frekuensi dengan menggunakan resource spectrum 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 tekno ekonomi dengan menggunakan metode Replacement Analysis (RA), direkomendasikan untuk implementasi skema Refarming Frekuensi menggunakan skenario implementasi LTE, karena [EUAB-EUAC] LTE paling besar dibandingkan dengan hasil [EUAB-EUAC] 2G/3G Collocation, [EUAB-EUAC] 2G/3G/LTE Collocation, dan [EUAB-EUAC] 3G/LTE Collocation.

3. Dari hasil *Replacement Analysis*, [EUAB-EUAC] LTE paling besar dibandingkan dengan 3 skenario implementasi yang lainnya, artinya bahwa biaya CAPEX dan OPEX yang diperlukan paling kecil untuk implementasi skema *Refarming* Frekuensi dengan skenario LTE.

B. Saran

Berdasarkan hasil kajian dan analisis kapasitas jaringan teknik *Refarming* Frekuensi dengan menggunakan *resource spectrum* yang semaksimal mungkin dan sesuai dengan tingkat persentase pertumbuhan pelanggan *voice* dan data, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai :

1. Teknologi yang akan berkembang lebih lanjut setelah implementasi teknologi LTE dengan menggunakan teknik *Refarming* Frekuensi (JBS).
2. Teknik antenna system yang akan digunakan dengan teknik *Refarming* Frekuensi (JBS).

DAFTAR PUSTAKA

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

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

Network Planning 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*. LIPI Pusat Penelitian Informatika.

Hamalainen (2007a). *Cellular Network Planning and Optimization Part IX : WCDMA load equations*. Jyri Communication and Networking Department, TKK, 17.1. Helsinki : Helsinki University Of Technology.

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

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

Wiley John & Sons, Ltd. (2007). *Advanced Cellular Network Planning and Optimization*, England.

IT Telkom. (2011b). *Modul kuliah Mobile Communication Networks & Mobility : Modul 5 3G (Third Generation System)*. Bandung : IT Telkom.

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.