

PENENTUAN WAKTU DAN METODE IMPLEMENTASI VOLTE PADA JARINGAN LTE (STUDI KASUS DI TELKOMSEL)

Enov Tikupasang¹, Nurul Hiron², Imam Taufiqurrahman³
Teknik Elektro, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia^{1,2,3}
email: enov.tikupasang@ui.ac.id¹

Abstract

4G LTE technology is implemented to improve the quality and speed data services, corporate image, and interoperability with other operators. This study analyzes the VoLTE as an alternative voice services over LTE networks with limited frequency bandwidth, but the contribution of voice services is still high in the case study in Telkomsel. Use of VoLTE is the next stage after the voice CS fallback. The purpose of this research is to develop a model to assess the feasibility of implementation of VoLTE by the various scenarios timing and technology method in order to lower the risk value of the implementation of LTE, so it can determine the timing and the proper method for implementation of VoLTE service features on LTE network in two ways that are SRVCC system (Single Radio Voice Call Continuity) or directly on the PS handover system. The method used in this research are complementary or triangulation with scientific and natural, using statistikk regression, discrete random variables, bandwidth calculation, and business value. In addition, to calculate the risk value of probabilistic uncertainty, the use of sensitivity analysis and risk analysis with Monte Carlo simulation. The expected result is the optimization and efficient use of bandwidth as well as proving a hypothesis about the project feasibility study of the VoLTE services implementation.

Keywords: bandwidth, model, PS handover, SRVCC, VoLTE.

Abstrak

Teknologi 4G LTE diimplementasikan untuk meningkatkan kualitas dan speed layanan data, image perusahaan, dan interoperability dengan operator lain. Penelitian ini menganalisis VoLTE sebagai alternatif layanan voice di atas jaringan LTE dengan keterbatasan bandwidth frekuensi, tetapi kontribusi layanan voice yang masih tinggi pada studi kasus di Telkomsel. Penggunaan VoLTE merupakan tahapan selanjutnya setelah voice CS fallback. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sebuah model untuk menilai kelayakan implementasi VoLTE dengan berbagai skenario waktu dan metode teknologi dalam rangka menurunkan nilai risiko dari implementasi LTE, sehingga dapat menentukan waktu dan metode yang tepat bagi implementasi fitur layanan VoLTE pada jaringan LTE dengan dua cara yaitu sistem SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity) atau langsung pada sistem PS handover. Metoda penelitian yang digunakan adalah komplementer atau triangulasi dengan ilmiah dan alamiah, dengan menggunakan statistik regresi, variabel acak berlainan, perhitungan bandwidth, dan nilai bisnis. Disamping itu untuk menghitung nilai risiko dari probabilitas ketidakpastian, maka digunakan analisis sensitivitas dan analisis risiko melalui simulasi Monte Carlo. Hasil yang diharapkan adalah optimalisasi dan efisiensi penggunaan bandwidth serta pembuktian hipotesis tentang studi kelayakan proyek implementasi layanan VoLTE.

Kata Kunci: bandwidth, model, PS handover, SRVCC, VoLTE.

I. PENDAHULUAN

Menurut Mishra, Frost, Sullivan [1], implementasi 4G LTE (Long Term Evolution) secara global cukup signifikan di Asia, yaitu 318 operator di 111 negara. Sebanyak 10 operator telah meluncurkan VoLTE (Voice over LTE) dan sebanyak 66 operator di 35 negara berinvestasi dalam penggunaan VoLTE. Tiga operator telekomunikasi utama di Korea (SK Telecom, KT, dan LG U+) meluncurkan VoLTE pada semester kedua 2012. Sejak peluncuran LTE dan VoLTE, ARPU dari ketiga operator telah tumbuh secara signifikan. Menurut Telecoms [2], SK Telecom Korea menggunakan LTE di 3 spektrum yang berbeda dengan masing-masing bandwidth 800 MHz (10 MHz), 1800 MHz (20 MHz), dan 2100 MHz (10 MHz). Sehingga total bandwidth yang digunakan secara agregasi oleh SK Telecom Korea sebesar 40 MHz yang dapat menghasilkan throughput sebesar 300 Mbps. Sedangkan menurut Churchill [3] dan Parker [4], VoLTE dapat diimplementasikan di bandwidth 5 MHz pada operator MetroPCS di Amerika, ketika migrasi dari CDMA ke LTE.

Sementara itu di tahun 2014 Telkomsel (yang selanjutnya disebut perusahaan) dihadapkan pada tekanan untuk melakukan implementasi teknologi 4G LTE (Generasi keempat Long Term Evolution) dalam rangka meningkatkan

image, corporate value dan meningkatkan kualitas layanan data serta untuk mengakomodir interoperability dengan operator luar negeri sebagai roaming partner dalam rangka mendukung inbound dan outbound roaming internasional.

Rencana implementasi LTE terbentur pada keterbatasan alokasi spektrum dan bandwidth frekuensi. Hal berbeda ketika teknologi 3G UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) pertama kali diimplementasikan di tahun 2006. Saat itu terdapat alokasi spektrum di 2100 MHz dan bandwidth 15 MHz, dan juga dimanfaatkan untuk mendukung penambahan kapasitas layanan voice dan SMS di jaringan CS (circuit switch), dengan produktivitas seperti terlihat pada Tabel 1.

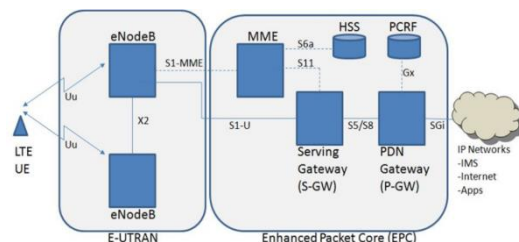
Tbl 1

Teknologi	Spektrum	Bandwidth	Layanan	Layanan	Expected QoS
			Legacy	Data	
2G GSM	900 MHz	7,5 MHz	Voice, SMS	GPRS/EDGE	237 Kbps - 474 Kbps
2G DCS	1800 MHz	22.5 MHz	Voice, SMS	GPRS/EDGE	237 Kbps - 1.3 Mbps
3G UMTS	2100 MHz	15 MHz	Voice, SMS	HSPA+/ DC-HSPA	21 – 42 Mbps
Revenue (tahun 2013)			Rp 48,7 T	Rp 11,3 T	
Kontribusi terhadap Revenue (2013)			80%	20%	

Teknologi 4G LTE tidak digunakan untuk layanan voice dan SMS, padahal layanan voice tetap diperlukan, sementara pada teknologi LTE digunakan hanya dapat memberi layanan data. Hal ini sangat berisiko bagi pendapatan dan pertumbuhan usaha perusahaan, apalagi jika LTE mengambil spektrum dan bandwidth yang ada saat ini, mengakibatkan adanya risiko menurunnya performansi layanan voice dan SMS.

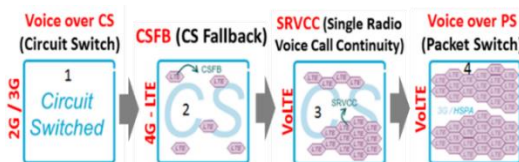
Kontribusi layanan voice masih mendominasi pendapatan perusahaan lebih dari 58% hingga tahun 2013. Sementara layanan data memberi kontribusi sebesar 20% dari total pendapatan dengan pertumbuhan 33% YoY.

Teknologi LTE 4G dapat diimplementasikan pada jaringan Telkomsel dengan melakukan upgrade dari perangkat RAN (Radio Access Network) yang saat ini digunakan dengan sistem single RAN dan perangkat core dengan sistem triple access reconfigurations. Topologi dasar teknologi LTE seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gbr 1 Topologi Dasar Teknologi LTE [3]

Saat 4G LTE diimplementasikan, layanan voice dapat diberikan dengan 2 pilihan. Pertama, tetap pada jaringan 3G/2G concurrent sebagai prime, yang dilengkapi dengan fitur CS fallback. Kedua, menggunakan voice over LTE secara penuh. Jika VoLTE diterapkan secara penuh hal ini harus melalui beberapa tahapan seperti terlihat pada Gambar 2.



Gbr 2 Evolusi Voice Menuju VoLTE [5]

Dari sisi efisiensi bandwidth, layanan VoLTE akan menghemat resource bandwidth. Perhitungan VoLTE menurut Elnashar [6], misalnya dengan menggunakan asumsi full rate 12,2 kbps speech code AMR (Adaptive Multi-Rate) yang digunakan setiap 20 ms dalam 1 cell, maka pada cell tersebut paket VoLTE dapat digunakan untuk 260 user. Dengan asumsi aktual setengah dari kapasitas maksimum yaitu 130 user dan dengan asumsi pada bandwidth 5 MHz (maksimum seperti pada Tabel 2) menghasilkan throughput per cell 43 Mbps, maka throughput

per user adalah 330 kbps (43 Mbps/130 user), tetapi untuk perencanaan, biasanya menggunakan throughput 8 Mbps, sehingga throughput rata-rata tiap user adalah 61 kbps (8 Mbps/130 user).

Tbl 2 Spesifikasi Maksimum Throughput 4G LTE [7]

4G LTE	
Bandwidth	Throughput
3 MHz	25 Mbps
5 MHz	43 Mbps
10 MHz	86 Mbps
15 MHz	129 Mbps
20 MHz	173 Mbps
100 MHz	~ 1 Gbps

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Evolusi Telekomunikasi Wireless

1) Dari Generasi 1G ke 3G

Cox menyatakan bahwa sistem telekomunikasi seluler pertama kali diperkenalkan pada awal 1980-an. Generasi pertama (1G) sistem yang menggunakan teknik komunikasi analog, yang mirip dengan yang digunakan oleh radio analog tradisional. Sel-sel individual yang besar dan sistem tidak menggunakan spektrum radio yang tersedia secara efisien, sehingga kemampuan mereka dengan standar saat ini sangat kecil. Perangkat mobile yang besar dan mahal dan dipasarkan hampir secara eksklusif pada pengguna bisnis.

Telekomunikasi seluler mengeluarkan produk konsumen dengan pengenalan sistem generasi kedua (2G) pada awal 1990-an. Sistem ini yang pertama kali menggunakan teknologi digital, yang memungkinkan penggunaan spektrum radio yang lebih efisien dan pengenalan perangkat yang lebih kecil dan murah. Awalnya sistem ini dirancang hanya untuk suara (voice), namun kemudian ditingkatkan untuk mendukung pesan instan melalui layanan Short Message Service (SMS). Sistem 2G yang paling populer adalah Global System for Mobile Communications (GSM), yang awalnya dirancang sebagai teknologi pan-Eropa, tetapi yang kemudian menjadi populer di seluruh dunia. Selain itu sistem 2G yang terkenal adalah IS-95, atau dikenal sebagai cdmaOne, yang dirancang oleh Qualcomm, dan yang menjadi sistem 2G yang dominan di Amerika Serikat.

Keberhasilan sistem komunikasi 2G datang pada saat yang sama dengan awal perkembangan internet. Sehingga hal tersebut wajar bagi operator jaringan untuk membawa dua konsep bersama-sama, dengan

memungkinkan pengguna untuk melakukan download data ke perangkat mobile. Untuk melakukan hal ini, yang disebut sistem 2.5G dibangun di atas ide-ide asli dari 2G, dengan memperkenalkan paket jaringan inti yang beralih domain dan dengan memodifikasi air interface, sehingga bisa menangani data serta suara (voice). The General Packet Radio Service (GPRS) dimasukkan ke dalam teknik sistem GSM, sedangkan IS-95 dikembangkan menjadi sistem yang dikenal sebagai IS-95B.

Pada saat yang sama, tingkat data yang tersedia melalui internet yang semakin meningkat. Hal ini membuat desainer meningkatkan kinerja sistem 2G dengan menggunakan teknik Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE) dan kemudian diperkenalkan sistem generasi ketiga (3G) yang lebih handal (powerful) pada tahun-tahun setelah tahun 2000. Sistem 3G menggunakan Teknik yang berbeda untuk transmisi dan penerimaan radio dari pendahulu 2G, dimana sistem 3G ini dapat meningkatkan kecepatan data puncak (peak data rates) yang ditanganinya, dan yang menggunakan spektrum radio yang tersedia masih lebih efisien dari penggunaannya.

2) Sistem Generasi Ketiga

Selanjutnya Cox menyatakan bahwa sistem 3G yang dominan di dunia adalah UMTS. UMTS dikembangkan dari GSM dengan sepenuhnya mengubah teknologi yang digunakan pada interface udara, sekaligus menjaga jaringan inti hampir tidak berubah. Sistem ini kemudian ditingkatkan untuk aplikasi data, dengan memperkenalkan teknologi 3.5G HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) dan HSUPA (High Speed Uplink Packet Access), yang secara kolektif disebut HSPA (High Speed Packet Access).

B. Kebutuhan Generasi Keempat LTE

Teknologi LTE dibutuhkan dengan beberapa alasan diantaranya adalah downlink peak data rate dapat mencapai 100 Mbps dan uplink peak data rate sampai 50 Mbps pada bandwidth 20 MHz, beroperasi pada dua mode TDD dan FDD, skalabilitas bandwidth sampai 20 MHz, dapat meningkatkan spectral efficiency lebih baik dari release 6 HSPA dengan faktor 2 sampai 4, mengurangi latency sampai menjadi 10 msec (waktu pulang pergi antara handphone pengguna dan base station), dan kurang dari 100 msec transisi dari tidak aktif menjadi aktif, dan serta kelebihan lainnya.

C. Evolusi Layanan Voice

Awalnya teknologi telekomunikasi wireless digital 2G GSM hanya

digunakan untuk layanan panggilan suara (voice call) dan kemudian dikembangkan untuk layanan SMS (pesat singkat), Pada teknologi 2G ini kemudian dikembangkan untuk layanan data (broadband) dengan teknologi GPRS (General Packet Radio Service) dan EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution). Pada generasi 3G UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), layanan voice tetap digunakan pada jaringan CS (Circuit Switch). Barulah pada generasi 4G LTE (Long Term Evolution) yang berbasis IP (Internet Protocol), layanan voice tidak ada lagi, sehingga penggunaan layanan voice akan handover ke 3G/2G circuit switch melalui sistem CSFB (CS fallback).

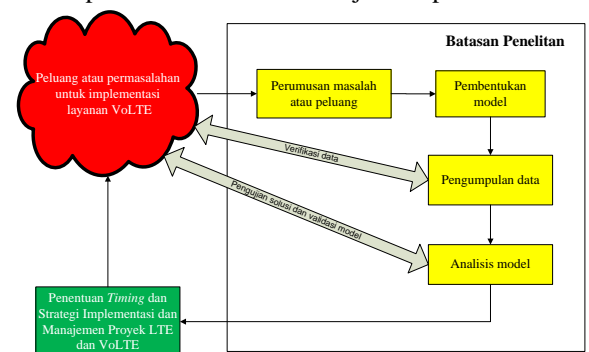
III. METODE

A. Metodologi dan pemodelan

Untuk membangun model yang akan digunakan pada penelitian ini, maka hal yang pertama dilakukan adalah mengumpulkan data-data trend trafik dan revenue perusahaan baik untuk layanan voice, SMS dan data, sedangkan biaya operasional 2G dan 3G diasumsikan tetap dan biaya yang terkait investasi (CAPEX) serta biaya operasional (OPEX) untuk melakukan implementasi layanan LTE pada tahun 2015 dan VoLTE pada waktu dan metode yang tepat di wilayah Jabotabek, sehingga kelayakan bisnis perusahaan dapat diperhitungkan. Pada pemodelan ini diasumsikan ekosistem handset mendukung untuk dilakukan implementasi layanan LTE maupun VoLTE. Untuk menggambarkan parameter dan variabel yang digunakan, maka dapat menggunakan proses pemodelan bisnis dari Meredith, Shafer, dan Turban [8] sebagai berikut:

- 1) Identifikasi masalah atau peluang.
- 2) Pembentukan model.
- 3) Pengumpulan data trafik, revenue, dan biaya ataupun estimasinya.
- 4) Analisis model berikut validasinya.
- 5) Penentuan waktu (timing) dan metode teknologi yang tepat untuk implementasi dan manajemen proyek LTE dan VoLTE.

Proses pemodelan tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



Gbr 3 Proses Pemodelan Bisnis [8]

Meredith, Shafer, dan Turban [8] menjelaskan bahwa pada keadaan bisnis yang nyata, peluang dan permasalahan yang dihadapi kadang tidak terlihat dengan jelas. Dengan mengamati fakta dan trend yang terjadi di industri telekomunikasi saat ini, maka identifikasi permasalahan atau peluang menjadi hal yang sangat penting dan merupakan hal yang krusial pada awal proses penelitian, terutama dalam hal memprediksi peluang dan risiko implementasi fitur layanan VoLTE.

B. Skenario dan Data Amatan

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan sekunder dari estimasi metode perencanaan dan quality network dan data annual report Telkomsel yang telah di-published. Data yang dibutuhkan adalah estimasi trafik dan revenue per site di masing-masing layanan (voice, SMS dan data) serta di masing-masing spektrum (2G 900 MHz, 2G 1800 MHz, dan 3G 2100). Data ini akan digunakan untuk pembuatan model implementasi teknologi 4G LTE untuk kemungkinan di spektrum 900 MHz, 1800 MHz dan 2100 MHz. Pada tabel 3 adalah data estimasi dari trafik layanan voice, SMS dan layanan data pada tahun 2014 dan 2015.

Tbl 3 Data Estimasi Trafik Layanan Telkomsel Jakarta 2014-2015 [9]

Tahun	Periode	Bulan	Estimasi Trafik Voice (Erlang)	Estimasi Trafik SMS (Unit)	Estimasi Trafik Data (Tera Bytes)
2014	1	Januari	72,000,000	1,900,000,000	3,700
	2	Februari	67,000,000	1,800,000,000	3,500
	3	Maret	74,000,000	1,800,000,000	4,100
	4	April	73,000,000	1,300,000,000	4,000
	5	Mei	77,000,000	1,700,000,000	4,300
	6	Juni	76,000,000	1,900,000,000	4,300
	7	Juli	70,000,000	1,800,000,000	4,700
	8	Agustus	73,000,000	1,700,000,000	4,800
	9	September	79,000,000	1,800,000,000	5,000
	10	Oktober	81,000,000	1,800,000,000	5,600
	11	November	80,000,000	1,700,000,000	5,800
	12	Desember	82,000,000	1,800,000,000	6,300
2014			904,000,000	21,000,000,000	56,100
2015	1	Januari	79,000,000	1,700,000,000	6,400
	2	Februari	74,000,000	1,600,000,000	6,000
	3	Maret	84,000,000	1,700,000,000	7,100
Total			2,045,000,000	47,000,000,000	131,700

Selanjutnya dengan menghitung persentasi jumlah BTS dan NodeB di Jakarta terhadap jumlah secara nasional, maka

dapat ditentukan estimasi jumlah BTS dan NodeB di Jakarta, seperti pada tabel 4.

Tbl 4 Estimasi Jumlah BTS/NodeB Telkomsel Jabotabek Per Spektrum

Tahun	Estimasi Jumlah BTS Jabotabek Per Teknologi								
	2G GSM				3G		Total BTS Jabo	(% BTS Jabo	Total BTS Nasional
	900 MHz	Porsi	1800 MHz	Porsi	2100 MHz	Porsi			
2006	977	36%	1.108	41%	604	22%	2.689	17%	16.057
2007	1.190	34%	1.435	41%	686	25%	3.493	17%	20.858
2008	1.500	33%	1.765	39%	1.235	27%	4.500	17%	26.872
2009	1.677	32%	2.003	39%	1.510	29%	5.190	17%	30.992
2010	2.113	31%	2.532	38%	2.079	31%	6.724	18%	36.557
2011	2.343	31%	2.847	37%	2.414	32%	7.604	18%	42.623
2012	2.562	27%	3.262	34%	3.650	39%	9.474	17%	54.297
2013	2.745	24%	3.547	31%	5.011	44%	11.303	16%	69.864
2014	2.738	22%	3.596	29%	6.100	49%	12.434	15%	85.420

Selain data estimasi trafik, maka data estimasi revenue adalah data yang diperlukan untuk membuat model untuk implementasi LTE maupun VoLTE. Data estimasi revenue ini terdiri dari estimasi revenue layanan voice, SMS maupun layanan data (broadband service) seperti yang dinyatakan pada tabel 5.

Tbl 5 *Estimasi Revenue Antar Layanan Voice, SMS, Data Pada Telkomsel Jakarta*

Tahun	Periode	Bulan	Estimasi Revenue Voice (Rp)	Estimasi Revenue SMS (Rp)	Estimasi Revenue Data (Rp)	Total Estimasi Revenue (Rp)	
2012	6	Juni	500,000,000,000	190,000,000,000	170,000,000,000	860,000,000,000	
	7	Juli	500,000,000,000	190,000,000,000	180,000,000,000	870,000,000,000	
	8	Agustus	510,000,000,000	200,000,000,000	200,000,000,000	910,000,000,000	
	9	September	510,000,000,000	180,000,000,000	190,000,000,000	880,000,000,000	
	10	Oktober	530,000,000,000	190,000,000,000	200,000,000,000	920,000,000,000	
	11	November	510,000,000,000	190,000,000,000	200,000,000,000	900,000,000,000	
	12	Desember	530,000,000,000	210,000,000,000	220,000,000,000	960,000,000,000	
	2013			6,260,000,000,000	2,250,000,000,000	2,930,000,000,000	11,440,000,000,000
	2014			6,770,000,000,000	2,300,000,000,000	3,620,000,000,000	12,690,000,000,000
	2015	1	Januari	610,000,000,000	200,000,000,000	350,000,000,000	1,160,000,000,000
		2	Februari	570,000,000,000	180,000,000,000	320,000,000,000	1,070,000,000,000
		3	Maret	650,000,000,000	200,000,000,000	360,000,000,000	1,210,000,000,000
Total			15,370,000,000,000	5,180,000,000,000	8,270,000,000,000	28,820,000,000,000	

Dengan menggunakan data pada tabel 5 mengenai estimasi revenue pada masing-masing layanan di Telkomsel Jakarta, maka dapat dilakukan kalkulasi perbandingan rata-rata revenue dari layanan voice, SMS dan layanan data yang mengindikasikan kontribusi dari tiap layanan tersebut terhadap total revenue, seperti terlihat pada tabel 6. Hal ini penting untuk melihat potensi layanan dan terlihat walaupun layanan voice sudah menjadi legacy service, tetapi masih memberikan kontribusi yang terbesar dari total revenue.

Tbl 6 *Kontribusi Revenue Layanan Voice, SMS, dan Data Telkomsel Jabotabek Pada Periode Juni 2012 - Maret 2015*

Rata-rata Kontribusi Revenue Layanan dari Total Revenue		
Voice	SMS	Data
53.33%	17.97%	28.70%

Berdasarkan estimasi data revenue pada tiap layanan voice, SMS dan layanan data, maka dapat dibuatkan total revenue per tahun per layanan. Estimasi data revenue yang sudah lengkap selama 12 bulan adalah tahun 2013 dan 2014. Selanjutnya untuk tahun yang belum lengkap estimasi

datanya dapat diasumsikan berdasarkan pertumbuhan (growth) pada laporan tahunan (annual report). Sehingga didapatkan hasil seperti pada tabel 7.

Tbl 7 *Estimasi Revenue per Tahun per Layanan di Jakarta 2006-2014 [10] [9]*

Tahun	Estimasi Revenue Per Layanan Per Tahun Telkomsel Jabotabek (Growth Annual Report)							
	Revenue Voice	Growth	Revenue SMS	Growth	Revenue Data	Growth	Revenue Total	Growth
2006	4,240,911,470,631		1,427,443,891,049		334,792,801,785		6,003,148,163,465	
2007	5,004,275,535,345	18%	1,647,519,302,721	15%	912,171,847,900	172%	7,563,966,685,966	26%
2008	5,504,703,088,879	10%	1,658,184,495,748	1%	476,718,768,198	-48%	7,639,606,352,826	1%
2009	6,000,126,366,879	9%	1,791,603,485,438	8%	784,629,262,847	61%	8,556,359,115,165	12%
2010	6,240,131,421,554	4%	1,755,771,415,729	-2%	1,385,175,357,413	55%	9,381,078,194,697	7%
2011	6,489,736,678,416	4%	2,142,041,127,190	22%	1,445,913,938,044	22%	10,077,691,741,650	10%
2012	6,879,120,879,121	6%	2,163,461,538,462	1%	2,154,411,764,706	49%	11,196,994,182,289	11%
2013	6,250,000,000,000	-9%	2,250,000,000,000	4%	2,930,000,000,000	36%	11,440,000,000,000	2%
2014	6,770,000,000,000	8%	2,300,000,000,000	2%	3,620,000,000,000	24%	12,690,000,000,000	11%
Total	53,389,005,440,825	2%	17,136,025,256,337	4%	13,823,813,738,893	30%	84,348,844,436,058	7%

Estimasi trafik layanan voice 2014 nantinya akan dikonversi ke trafik payload layanan VoLTE dan dibandingkan dengan trafik voice CS untuk konsumsi bandwidth dan biaya frekuensi yang digunakan. Sedangkan estimasi nilai revenue dari tahun 2006 sampai 2014 akan digunakan untuk menentukan spot area layanan data LTE yang hasilnya dari tesis Wildan (2015) [11]. Sedangkan estimasi nilai revenue, jumlah eNodeB, dan estimasi trafik layanan data LTE dari bulan Desember 2014 sampai April 2005 dilakukan regresi dengan menggunakan aplikasi SPSS, sehingga diperoleh hasil regresi selama satu tahun untuk tahun 2015 seperti ditunjukkan pada tabel 8. Estimasi nilai revenue, jumlah eNodeB dan estimasi trafik payload di Telkomsel Jakarta ini selanjutnya akan di analisis dengan menggunakan evaluasi proyek variabel acak berlainan (discrete random variable analysis), untuk mengetahui probabilitas nilai bisnis dan investasi menghadapi ketidakpastian sampai tahun 2019 yang merupakan estimasi masa lifetime dari investasi yang diimplementasikan.

Tbl 8 *Tabel Hasil Regresi Linier Estimasi Revenue, eNodeB, dan Estimasi Trafik Payload Telkomsel Jakarta Tahun 2015*

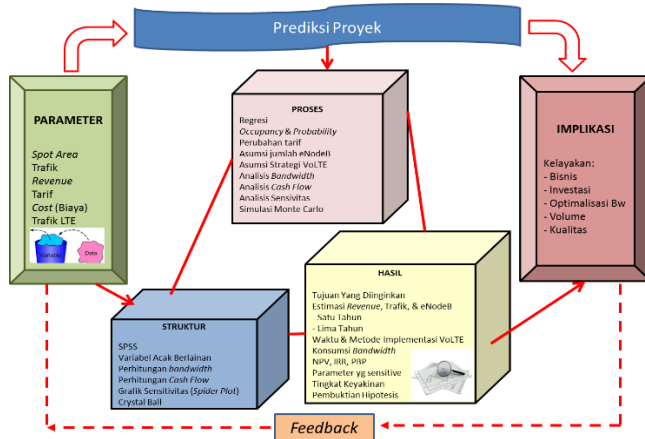
Periode	Bulan	Estimasi Revenue (Rp)	Jumlah eNodeB	Estimasi Trafik (Payload, Tbyte)
0	Dec 2014	100,000,000	110	3
1	Jan	300,000,000	143	6
2	Feb	600,000,000	143	15
3	Mar	1,400,000,000	180	30
4	Apr 2015	2,300,000,000	180	60
5	May	2,590,000,000	204	64
6	Jun	3,140,000,000	222	78
7	Jul	3,690,000,000	240	92
8	Aug	4,240,000,000	257	106
9	Sep	4,790,000,000	275	119
10	Oct	5,340,000,000	293	133
11	Nov	5,890,000,000	311	147
12	Dec 2015	6,440,000,000	328	161
Tahun 2015		40,720,000,000		1014

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengolahan dan Analisis

Untuk merencanakan dan melakukan analisis terhadap pembangunan model yang akan dibuat tersebut, maka sebelumnya dibuat suatu framework model implementasi VoLTE seperti pada gambar 4, yang terdiri dari parameter dan variabel yang digunakan, struktur teori dan aplikasi yang digunakan, proses yang terjadi, hasil diperoleh, dan implikasinya yang terjadi.

Gbr 4. Framework Model Implementasi VoLTE



Tbl 9 Konsumsi Bandwidth Layanan Voice per Spektrum

Kalkulasi Per Tahun	Spektrum	Occ. Traffic Voice Tahun 2014	BW	% BW	Traffic per Technology 2014	Rata" Trafik per Hari	Number of BTS	Traffic per Site per Day	Traffic per Sector per day	Tch per Sector (See Erlang Table B)	Carrier/T Rx per Sector	Carrier/TRx per Site	BW of Radio Channel (kHz)	BW Allocation (MHz)
2014	2G 900 MHz	904,000,000	7.5	17%	150,666,667	412,785	2,738	151	50.3	58	7	22	200	4.35
	2G 1800 MHz		22.5	50%	452,000,000	1,238,356	3,596	344	114.8	125	16	47	200	9.375
	3G 2100 MHz		15	33%	301,333,333	825,571	6,100	135	45.1	52	7	20	200	3.9

Sedangkan dari tabel 3 diketahui estimasi trafik payload layanan data Telkomsel Jakarta tahun 2014 adalah 56.100 Terabyte, sedangkan tabel 8, diketahui estimasi trafik payload layanan data LTE sebesar 1.014 Terabyte. Selanjutnya dengan menggunakan data jumlah BTS pada tabel 4, maka dapat diperoleh rata-rata occupancy per BTS per hari seperti pada tabel 10.

Tbl 10 Trafik Payload per Spektrum Frekuensi

Kalkulasi Per Tahun	Spektrum	Payload (TB)	BW	% BW	Payload per Technology (TB) per Tahun	Rata" Payload per Hari (TB)	Number of BTS	Rata" Occ Payload per BTS per Hari (GB)
2014	2G 900 MHz	56,100	7.5	17%	9,537	26	2,738	9.77
	2G 1800 MHz		22.5	50%	28,050	77	3,596	21.88
	3G 2100 MHz		15	33%	18,700	51	6,100	8.60
2015	LTE 900 MHz	1,014	5		1,014	2.78	328	8.68

Untuk menghitung konsumsi bandwidth pada layanan data 2G/3G, maka sesuai dengan metode perhitungan oleh Elnashar [6], maka diperoleh konstanta seperti pada tabel 11, sesuai dengan bandwidth dan estimasi throughput yang diharapkan untuk perencanaan.

Tbl 11 Estimasi Perhitungan Throughput Untuk Perencanaan LTE [6]

Bandwidth (MHz)	Cell Average Throughput (Mbps)	Konstanta (MHz/Mbps)
5	8	0.6
10	17	0.6
15	25	0.6
20	33	0.6

Untuk menghitung konsumsi bandwidth voice erlang, maka terlebih dahulu dilakukan konversi ke trafik per sektor, selanjutnya dengan menggunakan tabel B erlang, dapat diketahui jumlah carrier per TRX per sektor. Karena 1 channel carrier/TRX per site memerlukan 200 KHz, maka dapat diketahui bahwa trafik voice CS Telkomsel Jakarta tahun 2014 sebesar 904 juta erlang memerlukan bandwidth sebesar 4,35 MHz seperti pada tabel 9.

Sehingga untuk perhitungan konsumsi bandwidth layanan data 2G/3G menggunakan formula sebagai berikut :
 Konsumsi bandwidth = DL throughput/sector x konstanta x 3 sector.....(1)

Sedangkan untuk menghitung konsumsi bandwidth pada layanan data LTE menggunakan perhitungan RB (Resource Block) seperti pada tabel 12.

Tbl 12 Perhitungan Resource Block Untuk Teknologi 4G LTE [6]

Resource Block (RB)	Satuan
1 RB = 12	Subcarrier
1 RB = 1 Subframe = 2	Slot per milisecond
1 RB = 7	Symbol OFDM
1 RB = 180	kHz
Sehingga,	
1 RB = 84	Resource Element
1 RB = 168	Symbol per milisecond

Sehingga untuk perhitungan konsumsi bandwidth layanan data 4G LTE menggunakan konversi ke symbol per millisecond dan perhitungan RB (resource block). Jumlah bit yang digunakan tergantung kode modulasi yang digunakan misalnya untuk kode modulasi QPSK dengan 2 bit, 16 QAM dengan 4 bit, dan 64QAM dengan 8 bit. Untuk 1 RB (Resource Block) didefinisikan sama dengan 168 spms

(symbol per millisecond) dan 1 RB = 64 RM (Resource Element), sehingga konsumsi bandwidth menggunakan formula sebagai berikut :
 Konsumsi bandwidth LTE = Jumlah RB x 180 KHz.....(2)

Sehingga dari hasil perhitungan konsumsi bandwidth layanan data 2G/3G dan 4G LTE seperti ditunjukkan pada tabel 13.

Tbl 13

Tahun	Spektrum	Payload per BTS (Gbyte)	Payload per Sector (Gbyte)	Actual DL Speed/Sector (Mbps)	Daya Tampung/Cell	DL Average Throughput/Sector (Mbps)	BW Consumption (MHz)
2014	900 MHz	9.77	0.651	1.482	70%	2.118	3.812
	1800 MHz	21.88	1.459	3.320	70%	4.743	8.537
	2100 MHz	8.60	0.573	1.305	70%	1.864	3.355

Tahun	Spektrum	Payload per BTS (Gbyte)	Payload per Sector (Gbyte)	Actual DL Speed/Sector (Mbps)	Daya Tampung/Cell	DL Average Throughput/Se ctor (Mbps)	Symbol/ms (spms)	Resource Blocks (RB)	BW Consumption (MHz)
2015	LTE 900 MHz	8.68	0.578	1.316	70%	1.880	235	1	0.252

Sedangkan untuk perhitungan konsumsi bandwidth trafik layanan VoLTE yaitu dengan mengkonversi estimasi trafik voice CS tahun 2014 menjadi trafik payload VoLTE. Berdasarkan contoh kalkulasi dari Cisco dengan menggunakan codec & bit rate (Kbps) G.729 call (8 Kbps codec bit rate), maka berdasarkan perhitungan seperti pada

Jumlah call = trafik erlang x 1 menit / durasi MOC dan MTC.....(3)

Kalkulasi VoLTE Per Tahun	Spektrum	Throughput (Mbps)	BW	% BW	Throughput per Technology (Mbps) 2014	Rata" Throughput per Hari (Mbps)	Number of BTS	Rata" Occ Throughput per BTS per Hari (Mbps)	Payload (GByte) per BTS
2014	2G 900 MHz	151,872,000	7.5	17%	25,312,000	69,348	2,738	25.33	11.13
	2G 1800 MHz		22.5	50%	75,936,000	208,044	3,596	57.85	25.42
	3G 2100 MHz		15	33%	50,624,000	138,696	6,100	22.74	9.99

Sehingga dengan rata-rata durasi per call adalah 4 menit (MOC + MTC), maka jumlah call akan menjadi 904.000.000 erlang x 15 (60 menit / 4 menit) = 13.560.000.000 call. Jika diasumsikan sesuai dengan formula Cisco [12] dimana 1 call = 11,2 Kbps [12], maka total throughput VoLTE call akan menjadi 13,560,000,000 x 11,2 Kbps/call = 151.872.000.000 Kbps atau 151.872.000 Mbps. Throughput ini dikalkulasikan untuk mendapatkan payload per eNodeB seperti pada tabel 14.

Tbl 14 Trafik Payload VoLTE per Spektrum Frekuensi

lampiran 3 menurut Cisco [12], throughput per call = 11,2 Kbps.

Selanjutnya dengan cara perhitungan yang sama dengan konsumsi bandwidth pada layanan data LTE, dengan menggunakan perhitungan RB (Resource Block), maka diperoleh konsumsi bandwidth untuk layanan VoLTE seperti pada tabel 15.

Berdasarkan tabel 3.2 bahwa estimasi trafik erlang voice Jakarta pada tahun 2014 adalah 904.000.000 erlang. Dengan menggunakan formula trafik erlang sebagai berikut:

Tbl 15 Konsumsi Bandwidth Layanan VoLTE

Tahun	Spektrum	Payload per BTS (Gbyte)	Throughput per BTS (Mbps)	Actual DL Speed/ Sector (Mbps)	Daya Tampung/Cell	DL Average Throughput/Se ctor (Mbps)	DL Average Throughput/ eNodeB (Mbps)	Symbol/ms (spms)	Resource Blocks (RB)	BW Consumption (MHz)
VoLTE 2014	900 MHz	11.13	25.33	1.689	70%	2.412	7.24	905	5	0.969
	1800 MHz	25.42	57.85	3.857	70%	5.510	16.53	2066	12	2.214
	2100 MHz	9.99	22.74	1.516	70%	2.165	6.50	812	5	0.870

Sehingga hasil perhitungan konsumsi bandwidth dan biaya Frekuensi pada tiap spektrum seperti yang ditunjukkan pada tabel 16.

Tbl 16 Konsumsi Bandwidth, Trafik dan Biaya Frekuensi

Frekuensi Telkomsel																
Spektrum	900 MHz					1800 MHz					2100 MHz					
Lebar Pita (Bandwidth, MHz)	7.5					22.5					15					
Biaya dasar per 1 MHz (pp 76 tahun 2010)	6,202					5,465					5,308					
Biaya dasar per Spektrum	46,515					122,963					79,620					
Total Baiaya Dasar Spektrum	249,098															
Tahun 2014 (Rp Milyar, annual report)	3,086															
Biaya per Spektrum (Rp Milyar)	576.26					1,523.35					986.39					
Biaya per 1 MHz (Rp Milyar)	76.83					67.70					65.76					
Layanan	Voice 2G	Data 2G	SMS	Data LTE	VoLTE	TOT 2G+3G	Voice 2G	Data 2G	SMS	VoLTE	Total 2G+3G	Voice 3G	Data 3G	SMS	VoLTE	Total
Occupancy Trafik (Juta Erlang/Tbyte/Juta SMS)	150.67	9,537	3,500	1,014	10863	NA	452.38	28,050	10,500	32,588	NA	301.59	18,700	7,000	21,725	NA
Konsumsi Bandwidth (MHz)	4.35	3.81	0.003	0.25	0.97	8.16	9.38	8.54	0.006	2.21	17.92	3.90	3.35	0.002	0.87	7.26
Konsumsi Bandwidth (%)	58%	51%	0.03%	3%	13%	109%	42%	38%	0.03%	10%	80%	26%	22%	0.02%	6%	48%
Biaya Konsumsi Bandwidth (Rp Milyar)	334.21	292.88	0.200	19.35	74.46	627.29	634.73	577.97	0.403	149.88	1,213.10	256.46	220.62	0.154	57.21	477.24

Setelah melakukan regresi untuk tahun 2015, dengan hasil estimasi revenue, jumlah eNodeB, dan trafik payload pada tabel 8, maka selanjutnya untuk menghitung probability digunakan analisis evaluasi proyek dengan variabel acak berlainan seperti pada tabel 17.

Tbl 17 Timeframe Capacity, Probability, dan Skenario Perubahan Tarif

Tingkat Keyakinan	Tahun	<i>i</i>	Capacity (%)	Probability	Perubahan Tarif
Optimistic	2015	1	30	0.10	0%
Optimistic	2016	2	50	0.10	0%
Most Likely	2017	3	65	0.30	0%
Most Likely	2018	4	75	0.40	10%
Pessimistic	2019	5	90	0.10	-25%
				Σ	1.00

Pada tabel 17, dilakukan penentuan timeframe untuk implementasi awal sesuai dengan kapasitas yang masih rendah terlebih dahulu yaitu sebesar 30% sehingga menimbulkan keyakinan optimistic, dibanding dengan jika kapasitas sudah mendekati 100% misalnya 90% dengan tingkat keyakinan pessimistic karena membutuhkan nilai investasi yang besar. Pemenuhan kapasitas jaringan misalnya dengan penambahan jumlah eNodeB, kapasitas perangkat core, dan perangkat lainnya, tentunya dimulai dengan tingkat keyakinan optimistic karena implementasi jumlah jaringan yang masih rendah.

Tbl 18 Probabilistik Revenue, Trafik, dan Jumlah eNodeB

Tingkat Keyakinan	Tahun	<i>i</i>	Capacity (%)	(A) Probability $p(X_i)$	(B) Revenue X_i	(A) x (B) Expected LTE Revenue (Rp)	Revenue (Tarif) (Rp/MB)	Traffic (Payload, TB)	Payload per eNB (TB)	Jumlah eNB	Jumlah Spot Area	Strategi Voice LTE	Revenue Max
Optimistic	2015	1	30	0.10	406,951,858,623	40,695,185,862	38	1,014	3	328	41	CSFB	1,356,506,195,409
Optimistic	2016	2	50	0.10	678,253,097,705	67,825,309,770	38	1,690		547	68	SRVCC	
Most Likely	2017	3	65	0.30	881,729,027,016	264,518,708,105	38	6,590		2,132	267	PS-HO	
Most Likely	2018	4	75	0.40	1,017,379,646,557	406,951,858,623	42	9,216		2,982	373	PS-HO	
Pessimistic	2019	5	90	0.10	1,220,855,575,868	122,085,557,587	29	4,055		1,312	164	SRVCC	
				Σ	1.00	Expected Revenue	902,076,619,947	22,565					

Sedangkan tingkat probability untuk optimistic sebesar 0,1 karena di awal proyek biasanya belum berpengalaman dan pessimistic juga sebesar 0,1 karena membutuhkan investasi yang lebih besar. Sedangkan most likely diasumsikan dengan probability 0,3 dan 0,4.

Selanjutnya seperti pada tabel 18, dengan menggunakan variabel acak berlainan dengan estimasi revenue tahun 2015 sebesar Rp 40.695.185.862 dianggap sebagai expected revenue. Dengan menghitung nilai expected revenue pada tahun 2015 dengan tingkat probability 0,10 (optimistic) maka diperoleh nilai revenue sebesar Rp 40.695.185.862 / 0,10 = Rp 406.951.858.623. Selanjutnya dapat dihitung nilai

revenue maximum yaitu Rp 406.951.858.623 x 100% / 30% = Rp 1.356.506.195.409. Sehingga untuk selanjutnya dapat dihitung expected revenue pada tahun selanjutnya sampai tahun 2019, sebagai contoh perhitungan expected revenue pada tahun 2016 dengan cara menghitung terlebih dahulu revenue pada tahun 2016 menjadi 50% (occupancy capacity) x Rp 1.356.506.195.409 = Rp 678.253.097.705. Selanjutnya expected revenue dapat dihitung dengan mengalikan nilai revenue dengan probability 0,10 (optimistic) menjadi 0,10 x Rp 678.253.097.705 = Rp 67.825.309.770. Selanjutnya pola perhitungan yang sama dilakukan dari tahun 2017 sampai tahun 2019.

Tbl 19 Skenario Tarif, Trafik Payload, Jumlah eNodeB, Skenario Spot Area, dan Metode Prosedur Implementasi VoLTE

Tingkat Keyakinan	Tahun	<i>i</i>	Capacity (%)	(A) Probability $p(X_i)$	(A) x (B) Expected LTE Revenue (Rp)	Revenue (Tarif) (Rp/MB)	Traffic (Payload, TB)	Payload per eNB (TB)	Jumlah eNB	Jumlah Spot Area	Metode Voice LTE
Optimistic	2015	1	30	0.10	40,695,185,862	38	1,014	3	328	41	CSFB
Optimistic	2016	2	50	0.10	67,825,309,770	38	1,690		547	68	SRVCC
Most Likely	2017	3	65	0.30	264,518,708,105	38	6,590		2,132	267	PS-HO
Most Likely	2018	4	75	0.40	406,951,858,623	42	9,216		2,982	373	PS-HO
Pessimistic	2019	5	90	0.10	122,085,557,587	29	4,055		1,312	164	SRVCC
				Σ	1.00	902,076,619,947	22,565				

Metode Voice LTE (Jumlah Spot Area)

CSFB Max	SRVCC Max	SRVCC Min	PS-HO Min
63	187	64	188

Hasil perhitungan capex dan opex dari layanan LTE dan VoLTE 2015 seperti pada tabel 20. Tbl 20 Capex dan Opex LTE dan VoLTE 2015

Periode	Tahun	Expected Revenue LTE	Jumlah eNodeB	Penambahan eNodeB	Estimasi CAPEX LTE (Milyar Rp)	Estimasi CAPEX IMS & Lainnya (Milyar Rp)	Estimasi OPEX LTE (Milyar Rp)	Opex Spektrum Asumsi 2014 (Milyar Rp)
0	2014	Optimistic	110	110	47.29	0	31.55	32.01
1	2015	Optimistic	328	218	73.90	0	31.40	384.15
2	2016	Optimistic	547	219	74.13	81.00	31.40	384.15
3	2017	Most Likely	2,132	1,585	537.43	162.00	94.20	384.15
4	2018	Most Likely	2,982	850	288.09	0.00	94.20	384.15
5	2019	Pessimistic	1,312	-1,670	0.00	0.00	62.80	384.15

Selanjutnya dilakukan perhitungan revenue VoLTE, contoh di spektrum 900 MHz tahun 2016 berdasarkan volume based yang ditentukan dari trafik payload per eNodeB sebesar 4,160, 117 MB dan jumlah eNodeB 544 (68x8) serta Tarif Rp 38 (rata-rata revenue/MB). Sedangkan revenue berdasarkan time based diperoleh dari throughput

yang menghasilkan 235.834 call per eNodeB (dengan asumsi 1 call = 11,2 kbps) yang dikalikan dengan jumlah eNodeB dan tarif call 1.080 per menit (rata-rata MOC 2 menit), sehingga diperoleh nilai revenue untuk fitur layanan VoLTE berdasarkan volume based dan time based seperti pada tabel 21.

Tbl 21 Revenue Layanan VoLTE Berdasarkan Volume & Time Based

Tahun	Jumlah Spot Area	Expected Revenue LTE (Milyar Rp)	Strategi Voice LTE	Tarif Payload (Rp/MB)	Tarif Call (Rp/Menit)	Revenue VoLTE (Volume Based, Milyar Rp)	Revenue VoLTE (Time Based, Milyar Rp)
2014	14	0.10	CSFB	38	1,080	0	0
2015	41	40.70	CSFB	38	1,080	0	0
2016	68	67.83	SRVCC	38	1,080	87.06	278.47
2017	267	264.52	PS-HO	38	1,080	339.53	1,086.05
2018	373	406.95	PS-HO	42	1,080	522.35	1,518.94
2019	164	122.09	SRVCC	29	1,080	156.71	668.34

Hasil perhitungan revenue layanan LTE yang dimulai dari bulan Desember 2014 dan layanan VoLTE dimulai dari tahun 2016 (cash in flow) serta biaya capex LTE dan IMS serta opex TSA, SPMS, dan transmisi backhaul (cash out flow) menjadi cash flow seperti pada tabel 22.

Tbl 22 Cash in dan Cash out Proyek Layanan VoLTE

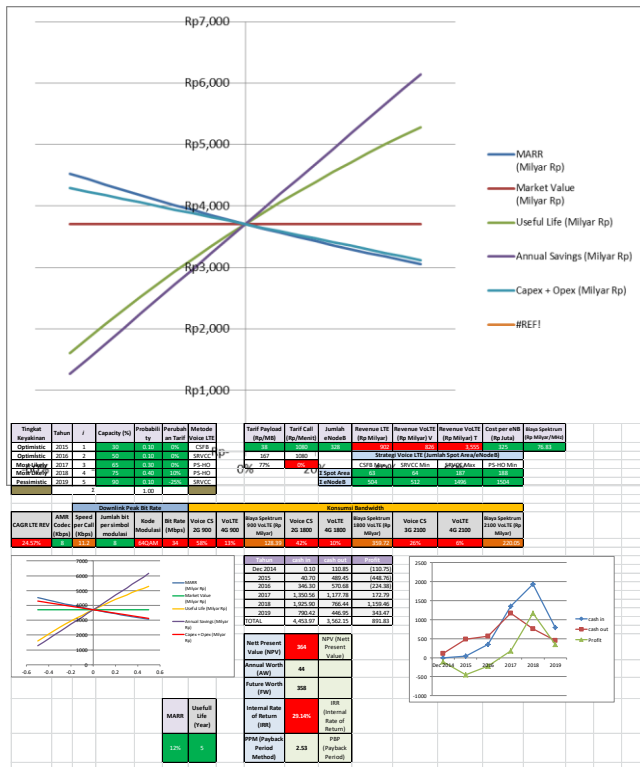
Tahun	cash in	cash out	Profit
Dec 2014	0.10	110.85	(110.75)
2015	40.70	489.45	(448.76)
2016	346.30	570.68	(224.38)
2017	1,350.56	1,177.78	172.79
2018	1,925.90	766.44	1,159.46
2019	790.42	446.95	343.47
Average Annual	890.77	690.26	200.52

Dari hasil perhitungan cash flow pada tabel 22, kemudian dapat dilakukan perhitungan NPV, IRR, dan PBP pada tabel 23, dengan menggunakan nilai MARR sebesar 12% di atas bunga bank sebesar sekitar 10,41% dengan asumsi useful life selama 5 tahun.

Tbl 23 Cash Flow, NPV, IRR, dan PBP

Description (A1)	Value (B1)	Remark (C1)
MARR	12%	Minimum attractive rate of return
Capital Investment - CAPEX (Rp Milyar) Tahun 2014	47.29	Investasi Capex LTE : 110 eNB, Core
Market Value (Rp)	0	
Useful life (Tahun)	5	
Duration of the project (Tahun)	1	
Study period, N (Tahun)	6	
Total Revenue 2015 (Rp Milyar)	40.70	Hasil Regresi Linier Sederhana
Operational Expense (OPEX)(Rp Milyar) Tahun 2014	63.56	Including TSA, SPMS, backhaul lease line and frequencies cost
I (Interest Rate)	12%	Tingkat suku bunga
EOY		
0	-110.75	Investasi LTE Des 2014 (Rp Milyar)
1	-448.76	Cash flow 2015 (Rp Milyar)
2	-224.38	Cash flow 2016 (Rp Milyar)
3	172.79	Cash flow 2017 (Rp Milyar)
4	1,159.46	Cash flow 2018 (Rp Milyar)
5	343.47	Cash flow 2019 (Rp Milyar)
Nett Present Value (NPV)	364	=NPV(B2,B16:B20)+B15
Annual Worth (AW)	101	=PMT(B2,B5,-B22)
Future Worth (FW)	642	=FV(B2,B5,-B23)
Internal Rate of Return (IRR)	29.14%	=IRR(B15:B20,B2)
Payback Period (PBP)	2.53	

Untuk mengukur faktor yang paling mempengaruhi nilai NPV atau IRR untuk kelayakan bisnis LTE dan VoLTE yaitu dari lima faktor yang kemudian dibuat persen perubahan untuk faktor MARR (Minimum Attractive Rate of Return), market value, useful life, annual savings, dan cost. Dengan menggunakan grafik sensitivitas [13]



Gbr 5 Grafik Sensitivitas Dari 5 Faktor Yang Mempengaruhi NPV

Dengan menggunakan proses grafik dari excel scatter, maka diperoleh grafik seperti pada gambar 5. Dari lima faktor yang telah dianalisa, maka grafik sensitivitas (spider plot) tersebut mengindikasikan bahwa NPV (Nett Present Value) sangat sensitive terhadap perubahan nilai annual savings atau cash in, dimana annual savings terdiri dari revenue LTE dan revenue VoLTE yang juga sangat sensitif terhadap perubahan tarif. Sedangkan faktor yang paling tidak sensitive adalah market value, seperti yang diharapkan karena nilai uang yang kecil dan hanya muncul di akhir periode studi.

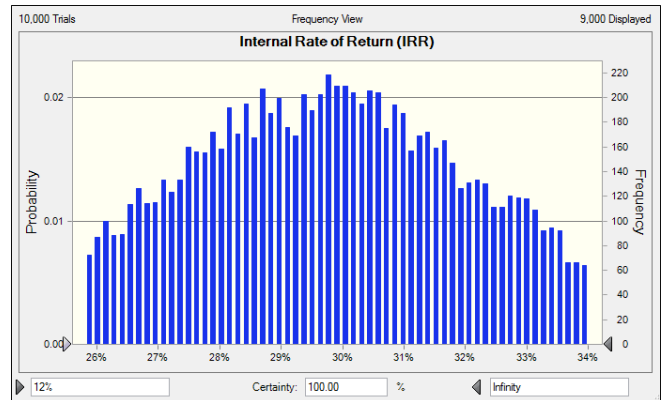
Sedangkan untuk mengukur nilai risiko maka digunakan simulasi Monte Carlo untuk nilai NPV tersebut diperlihatkan pada Gambar 6 dan untuk nilai IRR pada gambar 7.

Gbr 6 Simulasi Monte Carlo untuk Nett Present Value > 0

Persyaratan kelayakan suatu investasi dapat ditinjau dari NPV. Dari Gambar 4.6, simulasi Monte Carlo dengan 10.000 iterasi didapatkan NPV > 0 memiliki probabilitas sebesar 100%. Hasil ini memberikan tingkat keyakinan terhadap studi kelayakan proyek implementasi layanan VoLTE dan dengan hasil NPV = Rp 364 milyar, maka hipotesis studi kelayakan proyek implementasi layanan VoLTE terbukti. Sementara itu tingkat kelayakan investasi ditinjau dari sisi IRR, dimana batasan kelayakannya adalah IRR > MARR dimana MARR dipersyaratkan adalah lebih besar dari suku bunga pinjaman (10.41%). Pada implementasi teknologi LTE dan layanan VoLTE ini MARR

diasumsikan sebesar 12% dan kalkulasi dari tabel 22 dan tabel 23 menghasilkan IRR sebesar 29,14% yang artinya IRR > MARR.

Gbr 7 Simulasi Monte Carlo untuk IRR > 12%



Dari simulasi Monte Carlo untuk nilai IRR pada gambar 4.7, terlihat dengan IRR > 12% dengan tingkat keyakinan 100%, hal ini membuktikan studi implementasi layanan voice over LTE sangat layak.

B. Validasi Model

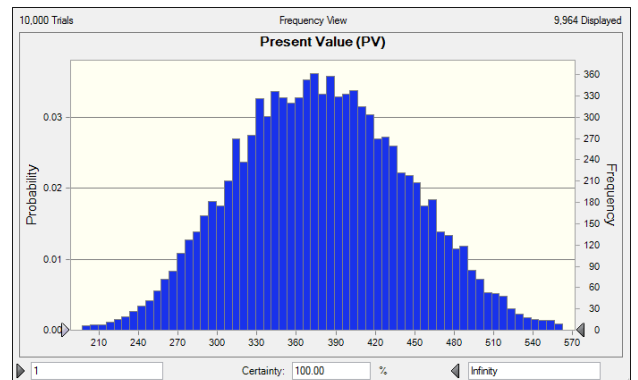
Dengan semua analisis yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat dilakukan validasi model terhadap kelayakan investasi fitur layanan VoLTE melalui dashboard model seperti pada gambar 8.

Gbr 8 Dashboard Model Untuk Impelementasi Fitur Layanan VoLTE

Melalui dashboard model pada gambar 8, dapat dilakukan simulasi perubahan variabel tarif, biaya, occupancy kapasitas, probability, jumlah spot area untuk metode implementasi VoLTE, perubahan tarif, dan lainnya. Pada dashboard model tersebut juga dapat dilakukan simulasi hasil yang diharapkan melalui analisis goal seek pada aplikasi excel untuk perubahan suatu parameter. Misalnya jika ingin melakukan setting terhadap NPV = 0, kemudian ingin diketahui perubahan parameter tarif call yang kemudian berubah menjadi Rp 905/menit dari sebelumnya Rp 1080/menit, yang berarti untuk fitur VoLTE dapat dilakukan diskon tarif sampai 16% dari tarif normal. Demikian pula simulasi dapat dilakukan terhadap faktor-faktor dan variabel-variabel yang lain.

V. KESIMPULAN

Dengan model yang dibuat, perusahaan dapat



memaksimalkan kelayakan fitur layanan VoLTE dengan

memilih waktu dan metode teknologi implementasi yang tepat, dengan kondisi sebagai berikut :

- A. Fitur layanan VoLTE dapat layak untuk diimplementasikan dengan mempertimbangkan :
- 1) Penggunaan AMR codec (4.75 – 12.2 kbps), teknik modulasi (64QAM, 16QAM, QPSK), pilihan metode teknologi (SRVCC atau PS handover).
 - 2) Pertumbuhan eNodeB terkait dengan proyeksi trafik secara deterministik maupun forecast dari unit usaha.
- B. Dengan skenario tarif berdasarkan waktu bicara (time based) saat ini, VoLTE layak diimplementasikan dengan nilai risiko sangat rendah (probability mendekati 99%). Disamping itu dengan tingkat minimal kelayakan bisnis, dimana NPV = 0, maka dapat dilakukan diskon tarif voice call sampai 16%.
- C. Risiko implementasi LTE dapat diturunkan melalui penghematan penggunaan spektrum dari VoLTE. Penghematan bandwidth spektrum oleh VoLTE sekitar 4x dari voice CS (tahun 2014 biaya spektrum 20% dari opex O&M, padahal opex O&M merupakan kontribusi terbesar sekitar 37% dari total opex di Telkomsel).

UCAPAN TERIMA KASIH

Jika ada, ucapan terima kasih ini ditujukan kepada institusi resmi atau perorangan yang telah memberikan kontribusi penting dalam penelitian (misal penyandang dana, ahli, dll). Dalam bagian ini dilengkapi dengan nomor surat kontrak penelitian atau kerjasama.

REFERENSI

- [1] Sullivan, N. Mishra, and Frost, "VoLTE finds significant traction in Asia," 2014.
- [2] "www.telecoms.com (Feb 2014), SK Telecom to expand LTE-A network with 1.8 GHz spectrum."
- [3] M. Ulfah, "Peningkatan Area Jangkauan Jaringan 4G Lte (Studi Kasus Kecamatan Samarinda Ulu)," *J. ECOTIPE*, vol. 5, no. 1, pp. 33–38, 2018, doi: 10.33019/ecotipe.v5i1.32.
- [4] T. Parker, "MetroPCS will launch VoLTE in 2H 2012.," 2012, [Online]. Available: www.fiercewireless.com.
- [5] Ericsson, "Telkomsel LTE RFI, LTE Core Network Overview," 2014.
- [6] I. Gemiharto, "Teknologi 4G-Lte Dan Tantangan Konvergensi Media Di Indonesia," *J. Kaji. Komun.*, vol. 3, no. 2, pp. 212–220, 2015, doi: 10.24198/jkk.vol3n2.10.
- [7] I. D. G. Paramartha Warsika, N. M. A. E. Dewi Wirastuti, and P. K. Sudiarta, "Analisa Throughput Jaringan 4G Lte Dan Hasil Drive Test Pada Cluster Renon," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 1, p. 74, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i01.p11.
- [8] R. Ishak, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Penyuluh Lapangan Keluarga," *J. Ilm. Ilk.*, vol. 8, no. 3, pp. 160–166, 2016.
- [9] Telkomsel, "Traffic Engineering Telkomsel, Data Trafik dan Revenue Telkomsel," 2015.
- [10] A. Report, "Telkomsel (2003 – 2014)," 2019. [Online]. Available: https://www.rtda.gov.rw/fileadmin/templates/publications/RWANDA_Annual_Report_2018-2019_SHARING.pdf.
- [11] M. Wildan, "Tesis Implementasi LTE, Program Studi Pasca Sarjana Manajemen," 2015.
- [12] Cisco, "http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/7934-bwidth-consume.html, VoIP – Per Call Bandwidth."
- [13] A. Fauzani, "Analisis Sensitivitas Biaya Investasi Ditinjau Terhadap Faktor Ketidakpastian Dalam Pembangunan Prasarana Terminal Bandar Udara (Proyek Pembangunan Prasarana Terminal Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin)," *J. Teknol. Berkelanjutan*, vol. 6, no. 1, pp. 57–66, 2017.

BIOGRAFI PENULIS



Enov Tikupasang, Lahir di Makassar, 6 November 1969. Bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Teknik Elektro Universitas Siliwangi dengan bidang konsentrasi ilmu manajemen telekomunikasi.



Nurul Hiron, Lahir di Balikpapan, 19-Agustus 1975. Bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Teknik Elektro Universitas Siliwangi dengan bidang konsentrasi ilmu manajemen energi.



Imam Taufiqurrahman, lahir di Bandung pada tanggal 12 juni 1990, saai ini bertugas sebagai staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro, Universitas Siliwangi, bidang penelitian yang ditekuni saat ini adalah Otomasi, Robotika dan Sistem Cerdas.