



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS TEKNO EKONOMI PADA IMPLEMENTASI
MOBILE BACKHAUL BERBASIS IP PADA LAYANAN *VOICE***

TESIS

**BENGAWAN ALFARESI
0906577721**

**FAKULTAS TEKNIK
MAGISTER MANAJEMEN TELEKOMUNIKASI
JAKARTA
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS TEKNO EKONOMI PADA IMPLEMENTASI
MOBILE BACKHAUL BERBASIS IP PADA LAYANAN *VOICE***

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik**

**BENGAWAN ALFARESI
0906577721**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
MANAJEMEN TELEKOMUNIKASI
JAKARTA
JANUARI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Bengawan Alfaresi

NPM : 0906577721

Tanda tangan : 

Tanggal : 16 Januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Bengawan Alfaresi
NPM : 0906577721
Program Studi : Manajemen Telekomunikasi
Judul Tesis : ANALISIS TEKNO EKONOMI PADA
IMPLEMENTASI *MOBILE BACKHAUL* BERBASIS IP PADA LAYANAN
VOICE

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Manajemen Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Muhammad Asvial, M.Eng (.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng (.....)

Penguji : Ir. Djamhari Sirat, M.Sc., Ph.D (.....)

Penguji : Dr. Ir. Iwan Krisnadi, MBA (.....)

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal : 16 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas berkat dan rahmatnya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis yang berjudul “ANALISIS TEKNO EKONOMI PADA IMPLEMENTASI *MOBILE BACKHAUL* BERBASIS IP PADA LAYANAN *VOICE*” disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Muhammad Asvial, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Semua pihak yang telah membantu saya dalam usaha memperoleh data dan memperdalam ilmu yang saya perlukan;
- (3) Bapak dan Ibu saya yang telah memberikan dukungan doa, moral dan material sehingga saya bisa menyelesaikan S2 ini;
- (4) Istri dan anak saya atas segala kesabaran, *support*, doa yang telah diberikan sehingga saya bisa menyelesaikan S2 ini; bapak dan ibu mertua saya, adik dan kakak yang selalu senantiasa berdoa akan kesuksesan saya sehingga saya bisa mencapai di saat ini;
- (5) Seluruh rekan Manajemen Telekomunikas yang telah membantu dalam penyediaan data maupun segala bahan yang dibutuhkan dalam penyelesaian tesis ini;

Penulis menyadari bahwa penulisan Tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan partisipasi dari pembaca untuk dapat memberikan kritik dan saran kepada penulis.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis berharap semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Jakarta, 16 Januari 2012

Bengawan Alfaresi



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bengawan Alfaresi
NPM : 0906577721
Program Studi : Manajemen Telekomunikasi
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

ANALISIS TEKNO EKONOMI PADA IMPLEMENTASI *MOBILE BACKHAUL* BERBASIS IP PADA LAYANAN *VOICE*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 16 Januari 2012
Yang menyatakan



(Bengawan Alfaresi)

ABSTRAK

Nama : Bengawan Alfaresi
Program Studi : Magister Manajemen Telekomunikasi
Judul :

ANALISIS TEKNO EKONOMI PADA IMPLEMENTASI *MOBILE BACKHAUL* BERBASIS IP PADA LAYANAN *VOICE*

Bisnis telekomunikasi berkembang sangat pesat. Hal ini menuntut pada operator untuk lebih kompetitif dalam pencarian pangsa pasar. Hal ini juga semakin meningkatkan persaingan para operator dalam memperebutkan pangsa pasar. Untuk memperoleh pangsa pasar baru dan juga untuk mempertahankan pangsa pasar yang telah diraih, maka para operator harus selalu menjaga kualitas serta performansi dari jaringan. Untuk meningkatkan fleksibilitas jaringan, kapasitas jaringan khususnya pada jaringan backhaul transmisi dan juga untuk menjaga kualitas layanan para operator, HCPT harus melakukan *upgrade* teknologi. Dalam hal ini dilakukan *upgrade* teknologi yang digunakan pada jaringan *backhaul* transmisi dari jaringan TDM (PDH/SDH) ke jaringan *mobile backhaul* berbasis IP.

Pada thesis ini akan dilakukan analisis pengimplementasian teknologi *mobile backhaul* IP pada jaringan transmisi. Jaringan eksisting yang akan digunakan pada penelitian yaitu pada jaringan eksisting HCPT untuk area Palembang. Pengimplementasian *mobile backhaul* berbasis IP diharapkan dapat memberikan kapasitas jaringan transmisi yang lebih besar sehingga dapat mendukung implementasi teknologi *broadband* pada jaringan HCPT. Analisis tekno ekonomi bertujuan untuk mengetahui nilai investasi dan mengkaji kelayakan ekonomi pada implementasi *mobile backhaul* berbasis IP khususnya pada layanan *voice*. Analisis tekno ekonomi pada thesis ini menggunakan EU Project yaitu menggunakan beberapa parameter investasi NPV, IRR, PBP, FIC, LCC sebagai analisis nilai ekonomi dan analisis sensitivitas sebagai analisis resikonya. Dari thesis ini diharapkan adanya suatu analisis menyeluruh mulai dari penentuan peralatan yang digunakan, perhitungan nilai investasi serta analisis resiko dalam pengimplementasian *mobile backhaul* berbasis IP.

Kata kunci: Analisis, *Mobile Backhaul* IP

ABSTRACT

Name : Bengawan Alfaresi
Study Program : Magister Telecommunication Management
Title :

TECHNO ECONOMIC ANALYSIS ON IMPLEMENTATION OF MOBILE BACKHAUL BASED ON IP FOR VOICE SERVICE

The development of telecommunication business is growing very fast. This requires the operator to be more competitive in searching market share in providing the best service to the customers. This requirement is also more increase the competition of operator to fight market share. To gain new market share and also to maintain market share that has been achieved, so the operator must always maintain the quality and performance of the network. To increase the network fleksibility and capacity especially on the backhaul transmission network and also to maintain the quality of operator service, HCPT also upgrade the technology. In this case is conducted an upgrade of technology that is used in backhaul transmission network from PDH / SDH network to mobile backhaul network based on IP.

For this thesis will be analyzed for implementation mobile backhaul based on IP technology on transmission network. Existing network that will be used in this research is on existing network of HCPT for Palembang area. The implementation of mobile backhaul based on IP is being hold can give big capacity otherwise can support the implementation of broadband technology on HCPT network. The aims of techno economic analysis to know the number of investment and review the appropriateness of economic on mobile backhaul based on IP implementation especially for voice service. The analysis of this thesis uses EU Project which use some of investment parameter NPV, IRR, PBP, FIC, LCC as the analysis of economic and sensitivitas analysis as risk analysis. From this thesis is hope there will be whole analysis start from the determination of tools that will be used, the calculation of investment number and risk analysis on the implementation of mobile backhaul based on IP.

Keywords: Analysis, *Mobile Backhaul IP*

DAFTAR ISI

Halaman Pernyataan Orisinalitas.....	ii
Halaman Pengesahan.....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi.....	vi
Abstrak.....	vii
Abstract.....	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Singkatan.....	xiv
Daftar Lampiran.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penulisan.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II MOBILE BACKHAUL IP.....	7
2.1 Pengenalan Singkat Perusahaan.....	8
2.1.1 Visi dan Misi Perusahaan.....	9
2.1.2 Struktur Organisasi HCPT.....	9
2.1.1 Area Layanan Jaringan HCPT di Indonesia.....	10
2.2. Transmisi TDM (<i>Time Division Multiplexing</i>).....	11
2.2.1 <i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i> (PDH).....	13
2.2.2 <i>Synchronous Digital Hierarchy</i> (SDH).....	13
2.2.3 <i>Asynchronous Transfer Mode</i> (ATM).....	15
2.3 <i>Mobile Backhaul</i> IP.....	15
2.3.1 <i>Backhaul</i>	15
2.3.2 Model Referensi Jaringan <i>Mobile Backhaul</i> IP.....	16
2.3.3 Model Pengembangan Jaringan <i>Mobile Backhaul</i> berbasis IP.....	18
2.2.4 Pembagian <i>Class of Service</i> (CoS).....	21
2.3 Solusi NSN pada Implementasi <i>Mobile Backhaul</i> IP.....	22
2.4.1 Block Diagram Flexy Paket Radio.....	23
2.4.2 <i>Eksternal Interface</i>	24
2.4 <i>Quality of Service</i>	25

BAB III ANALISA TEKNO.....	28
3.1 Kerangka Pemecahan Masalah.....	28
3.1.1 Metodologi Tekno Ekonomi pada Implementasi <i>Mobile Backhaul</i> IP.....	29
3.2 Perencanaan Implementasi jaringan <i>mobile backhaul</i> IP.....	37
3.2.1 Parameter QoS (Quality of Service) pada Voice Ethernet.....	37
3.2.2 Perencanaan perangkat transmisi berbasis IP.....	39
3.2.3 Implementasi <i>Mobile Backhaul</i> berbasis IP.....	42
3.2.4 Arsitektur Eksisting Jaringan <i>Backhaul</i> PT.Indosat Palembang.....	45
3.3 CAPEX.....	46
3.4 OPEX.....	48
BAB IV ANALISA EKONOMI.....	49
4.1 Nilai Ekonomis pada Implementasi <i>Mobile Backhaul</i> IP.....	49
4.1.1 Pendapatan.....	49
4.1.2 <i>First Installed Cost</i>	51
4.1.3 <i>Life Cycle Cost</i>	52
4.1.4 <i>Net Present Value</i>	53
4.1.5 <i>Internal Rate of Return</i>	55
4.1.6 <i>Payback Period (PBP)</i>	56
4.2 Analisis Resiko.....	57
4.2.1 Analisis Sensitivitas.....	58
4.2.1.1 Analisis Tingkat Perubahan pada OPEX.....	58
4.2.1.2 Analisis Tingkat Perubahan pada Nilai Tukar Dollar.....	59
4.2.1.3 Analisis Tingkat Perubahan pada Nilai <i>discount rate</i>	60
4.2.1.4 Analisis Tingkat Perubahan pada data <i>voice traffic</i>	61
4.2.1.5 Analisis Tingkat Perubahan pada Tarif.....	62
4.2.2 Perbandingan beberapa Faktor terhadap NPV.....	63
BAB V KESIMPULAN.....	65
DAFTAR REFERENSI.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Skema CoS pada Mobile Backhaul berdasarkan tingkat layanan.....	21
Tabel 2.2	Traffic Class Backhaul pada beberapa kelas layanan.....	22
Tabel 2.3	Konfigurasi antena pada pemasangan eksisting.....	23
Tabel 2.4	Bandwidth Kanal dan Modulasi.....	23
Tabel 2.5	Tabel Serive Layanan pada Tingkat QoS.....	27
Tabel 3.1	Channel Time Slot pada perangkat Siemens GSM.....	31
Tabel 3.2	Sample data transmisi IP.....	33
Tabel 3.3	Asumsi pada perhitungan pendapatan.....	36
Tabel 3.4	Variasi tingkat kualitas dari FER pada tingkat Virtual Container.....	39
Tabel 3.5	Tabel CAPEX untuk Implementasi Backhaul IP.....	47
Tabel 3.6	OPEX yang diperlukan untuk implementasi backhaul IP.....	48
Tabel 4.1	Asumsi yang ditentukan pada perhitungan pendapatan.....	50
Tabel 4.2	Prediksi perhitungan pendapatan pada tahun penelitian.....	51
Tabel 4.3	Tabel Perhitungan nilai LCC.....	53
Tabel 4.4	Table Perhitungan NPV pada Investasi <i>Backhaul</i> IP.....	54
Tabel 4.5	Table Perhitungan IRR pada Investasi <i>Backhaul</i> IP.....	55
Tabel 4.6	Aliran Kas Kumulatif.....	57


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Biaya Pengeluaran Operator untuk <i>Backhaul</i> tiap tahun.....	7
Gambar 2.2	Coverage Layanan Operator HCPT.....	10
Gambar 2.3	Model Referensi pada jaringan Mobile Backhaul berbasis CEN.....	16
Gambar 2.4	Model 1 [Model Jaringan Backhaul denga penggunaan Generic Inter-Working Function].....	18
Gambar 2.5	Model 2 [Model Jaringan Backhaul dengan penggunaan Generic Inter-Working Function].....	19
Gambar 2.6	Model 3 [Model Jaringan Backhaul tanpa penggunaan Generic Inter-Working Function].....	19
Gambar 2.7	Model 4 [Model Jaringan Backhaul tanpa penggunaan Generic Inter-Working Function].....	20
Gambar 2.8	Lokasi UNI-C dan UNI-N yang terpasang RAN BS dan RAN NC..	20
Gambar 2.9	Block Diagram Flexy paket radio.....	23
Gambar 3.1	Bagan Tahap Penelitian.....	28
Gambar 3.2	<i>The flow chart of cash flow calculation</i>	29
Gambar 3.3	Metodologi Tekno Ekonomi pada Implementasi <i>Mobile Backhaul</i> IP.....	30
Gambar 3.4	Konfigurasi DDF pada Implementasi teknologi TDM.....	32
Gambar 3.5	Data Traffic pada Analisis Tekno Ekonomi.....	36
Gambar 3.6	Data Jaringan Eksisting pada Analisis Tekno Ekonomi.....	37
Gambar 3.7	Konsep Model perangkat Transmisi pada MEF-3.....	39
Gambar 3.8	Susunan Layering dan Mapping pada Pengiriman Data.....	40
Gambar 3.9	Fungsi Layering pada Perangkat Transmisi.....	40
Gambar 3.10	Susunan perangkat pada Flexi Packet.....	42
Gambar 3.11	Powering and Installation Skenario.....	43
Gambar 3.12	Topologi Jaringan dengan Flexy Packet.....	44
Gambar 3.13	Jaringan Eksisting HCPT BSC Palembang.....	45
Gambar 4.1	Prediksi Pendapatan Operator pada tahun pertama dan tahun berikutnya pada masa Investasi.....	51

Gambar 4.2	Hasil perhitungan kas bersih pada periode penelitian diitung pada masa sekarang.....	54
Gambar 4.3	Perbandingan antara IRR Investasi dengan Suku Bunga Bank.....	56
Gambar 4.4	Perubahan nilai NPV terhadap OPEX.....	59
Gambar 4.5	Perubahan nilai NPV terhadap Nilai Tukar Dollar.....	60
Gambar 4.6	Perubahan nilai NPV terhadap Perubahan <i>Discount Rate</i>	61
Gambar 4.7	Perubahan nilai NPV terhadap Perubahan data <i>Voice Traffic</i>	62
Gambar 4.8	Perubahan nilai NPV terhadap Perubahan Tarif.....	63
Gambar 4.9	Perubahan nilai NPV terhadap Perubahan beberapa Faktor.....	64



DAFTAR SINGKATAN



ARPU	: <i>Average Revenue per User</i>
GSM	: <i>Global System for Mobile Communications</i>
HSPA	: <i>High Speed Packet Access</i>
CAPEX	: <i>Capital Expenditure</i>
OPEX	: <i>Operational Expenditure</i>
IRR	: <i>Investment Rate of Return</i>
NPV	: <i>Net Present Value</i>
LCC	: <i>Life Cycle Cost</i>
FIC	: <i>First Installed Cost</i>
PBP	: <i>Payback Period</i>
PDN	: <i>Packet Data Network</i>
QoS	: <i>Quality of Service</i>
PDH	: <i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i>
SDH	: <i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
ATM	: <i>Asynchronous Transfer Mode</i>
IP	: <i>Internet Protocol</i>
QoS	: <i>Quality of Service</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Perhitungan CAPEX.....	68
Lampiran 2	: Perhitungan OPEX.....	69
Lampiran 3	: Perhitungan Pendapatan.....	70
Lampiran 4	: Perhitungan IRR.....	71
Lampiran 5	: Perhitungan NPV.....	72
Lampiran 6	: Perhitungan LCC.....	73
Lampiran 7	: Perhitungan PBP.....	74
Lampiran 8	: Analisa Sensitivitas Perubahan Traffic.....	75
Lampiran 9	: Analisa Sensitivitas Perubahan OPEX.....	77
Lampiran 10	: Analisa Sensitivitas Perubahan Nilai Tukar Dollar.....	79
Lampiran 11	: Analisa Sensitivitas Perubahan Tarif.....	81
Lampiran 12	: Analisa Sensitivitas Perubahan Discount Rate.....	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi telekomunikasi dari sisi RF (*Radio Frequency*) berkembang sangat pesat. Perkembangan pada sisi RF tidak dibarengi dengan perkembangan yang cepat pada sisi RAN (*Radio Access Network*) atau lebih dikenal dari sisi *backbone / backhaul*. Pada saat ini teknologi *backhaul* atau link transmisi yang dipakai oleh sebagian besar operator di Indonesia masih menggunakan teknologi TDM (*Time Division Multiplexing*). Akan tetapi, untuk mendukung perkembangan teknologi pada sisi RF yang sangat cepat, penggunaan jaringan transmisi TDM dirasa sudah tidak efektif dan efisien. Perkembangan ke depan yang semakin mengarah pada pangsa pasar broadband akan memberatkan para operator untuk pengelolaan jaringan *backbone*.

Sumatera Selatan merupakan provinsi yang terbesar di pulau sumatera. Secara geografis, provinsi Sumatera Selatan terletak pada koordinat 5° 10' - 1° 20' LS dan 101° 40' - 106° 30' BT. Daerah sumatera selatan memiliki luas wilayah 113.339 km² dengan jumlah penduduk sebesar 7.446.401 juta jiwa (Oktober 2011) dengan tingkat kepadatan penduduk 65.7/kilometer persegi (2011) [http://id.wikipedia.org/wiki/Sumatera_Selatan]. Sumatera Selatan merupakan pangsa pasar yang sangat besar, dan wilayah sumatera selatan ini merupakan salah satu wilayah yang memiliki kontribusi terbesar di sumatera. Disamping itu, kota Palembang merupakan kota propinsi di Indonesia yang memiliki perkembangan yang sangat pesat dalam segala aspek pembangunan, sehingga mempunyai prospek yang sangat pesat dalam perkembangan telekomunikasi.

Palembang merupakan ibukota dari provinsi sumatera selatan. Jaringan backhaul yang digunakan HCPT Palembang untuk saat ini khususnya pada layanan *voice* [GSM] masih menggunakan teknologi TDM [PDH/SDH]. Pada awalnya HCPT membangun jaringan untuk teknologi GSM pada wilayah sumatera selatan. Dengan perkembangan data yang cukup pesat pada HCPT Palembang, dan terdapat perkembangan teknologi 3G yang telah masuk di Indonesia, Pada tahun 2010, akhirnya PT. HCPT meluncurkan teknologi 3G pada

wilayah ini. Pembangunan teknologi 3G ini, otomatis membangun jaringan backhaul baru yang menggunakan teknologi ATM pada sisi backhaul. Perkembangan data yang cukup significant untuk HCPT Palembang, membuat operator HCPT untuk terus mengembangkan teknologinya yang akan mengarah pada perkembangan broadband.

Dalam perkembangannya, PT. HCPT Palembang, memiliki beberapa kendala. Perkembangan teknologi pada HCPT Palembang, hanya pada sisi RF. Akan tetapi untuk perkembangan teknologi pada sisi RF harus diikuti dengan penambahan kapasitas pada sisi backhaul. Jika hal ini tidak dilakukan, maka akan membuat suatu layanan yang didapatkan oleh pelanggan tidak maksimal. Penambahan kapasitas backhaul yang masih menggunakan teknologi TDM dirasa tidak efektif dan mahal. Hal ini akan mempengaruhi dari semua sisi, baik itu CAPEX maupun OPEX HCPT.

Selain itu, PT. HCPT Palembang untuk ke depannya juga akan terus melakukan upgrade teknologi yang akan mengarah pada perkembangan broadband. Teknologi broadband masa depan tentu saja akan membutuhkan *backhaul* dengan kapasitas yang besar agar dapat mendukung berbagai teknologi RF [*Radio Frequency*] yang sangat cepat dalam perkembangannya.

Untuk saat ini, dalam perkembangan jaringannya, HCPT Palembang terfokus ke dalam 3 hal. Efisiensi *cost*, perluasan *coverage*, dan juga peningkatan / *upgrade* teknologi yang terus berkembang sangat pesat. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi yang dapat menekan sisi pengeluaran oleh operator agar lebih *efisien* baik, baik dalam hal perluasan jaringan maupun *upgrade* teknologi.

Pada saat ini, telah muncul suatu teknologi yang dapat mengatasi kendala yang ada di HCPT wilayah Palembang. Teknologi tersebut yaitu teknologi *backhaul* berbasis IP. Teknologi tersebut masih menggunakan jaringan eksisting yang telah digunakan oleh PT. HCPT Palembang untuk saat ini. Dengan penggunaan teknologi tersebut, PT. HCPT Palembang tidak perlu khawatir lagi dalam menghadapi perkembangan teknologi telekomunikasi khususnya pada sisi RF yang dalam perkembangannya sangat pesat. Penggunaan teknologi *Mobile*

Backhaul berbasis IP, akan merubah biaya OPEX dan CAPEX yang dikeluarkan oleh operator, baik dari segi investasi maupun pengeluaran rutin setiap tahunnya.

Dengan adanya perkembangan teknologi *backhaul* berbasis IP, PT. HCPT Palembang tidak perlu khawatir dalam menghadapi perkembangan *traffic* baik itu *voice traffic* saat ini maupun untuk menghadapi perkembangan teknologi data ke depan. Pada penambahan kapasitas *backhaul* jika menggunakan teknologi eksisting jaringan HCPT Palembang yaitu TDM, maka harus membutuhkan penambahan perangkat/module dan kabel pada sisi BTS maupun BSC-nya. Hal ini tidak efektif dan tidak efisien karena penambahan kapasitas harus menggunakan effort manusia untuk melakukannya. Penambahan module dan penambahan kabel pada kedua sisi (BTS dan BSC) jika dilihat dari sisi ekonomis akan sangat membutuhkan biaya/cost yang sangat tinggi.

Dengan penggunaan *backhaul* IP, hal ini tidaklah menjadi masalah. Penambahan kapasitas backbone transmisi dengan menggunakan *Mobile Backhaul* berbasis IP, sangat simple, efektif dan efisien. Pada *Mobile Backhaul* berbasis IP, penambahan kapasitas *backbone* tidak perlu menambah suatu perangkat/module maupun kabel sehingga akan lebih efektif dan efisien.

Implementasi teknologi *backhaul* IP, dirasa sangat penting untuk mempersiapkan teknologi ke depan yang akan diterapkan di HCPT Palembang. Akan tetapi dengan berbagai keterbatasan baik kondisi geografis, jumlah pelanggan saat ini, dan terpecahnya lokasi *traffic* yang ada, besar biaya yang akan dikeluarkan dalam mengupgrade teknologi *mobile backhaul* IP perlu diperhitungkan.

Salah satu metode analisa untuk menghitung nilai ekonomis pada implementasi *mobile backhaul* IP adalah dengan menggunakan metode analisa tekno-ekonomi yaitu teori analisa yang menggabungkan analisa aspek teknik implementasi suatu teknologi dengan nilai ekonomisnya. Analisa tekno-ekonomi pada thesis ini menggunakan EU Project yaitu menggunakan beberapa parameter investasi [NPV, IRR, PBP, FIC, LCC] sebagai analisis nilai ekonomi dan menggunakan perhitungan analisis sensitivitas sebagai analisis risikonya. Dari thesis ini diharapkan adanya analisis menyeluruh mulai dari perencanaan

jaringan, penentuan perangkat, perhitungan nilai investasi serta analisis resiko dalam implementasi *mobile backhaul* berbasis IP..

Dengan melihat prediksi perkembangan traffic khususnya layanan *voice* ke depan, perlu diperhitungkan antara besarnya CAPEX yang akan dikeluarkan dalam implementasi *mobile backhaul* IP dengan OPEX yang akan dikeluarkan, Analisis tekno-ekonomi dirasa diperlukan untuk mengetahui nilai investasi dan nilai ekonomis dari implementasi *mobile backhaul* IP

1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat diidentifikasi permasalahan yang mendasari untuk dibahas dalam kajian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Perkembangan teknologi *broadband* yang sangat pesat akan membutuhkan transmisi dengan kapasitas dan *bandwidth* yang besar untuk mendapatkan kecepatan yang diinginkan.
2. Perkembangan pasar operator yang terus meningkat, membutuhkan penambahan kapasitas transmisi yang semakin besar
3. Penambahan kapasitas pada sisi transmisi harus diikuti dengan penambahan hardware yang menyebabkan teknologi TDM tidak efisien dan sangat mahal.
4. Ketersediaan *bandwidth* jaringan *backhaul* yang terbatas.
5. Trend *traffic* yang terus meningkat tidak diikuti dengan peningkatan pendapatan pada sisi operator (pendapatan yang *flat* / datar pada operator).

Dari Identifikasi Masalah yang telah diuraikan di atas, maka perumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat investasi yang dibutuhkan untuk mengimplementasi *mobile backhaul* berbasis IP pada HCPT Palembang
2. Apakah implementasi *mobile backhaul* berbasis IP pada HCPT Palembang layak secara ekonomis di daerah Palembang
3. Bagaimana pengaruh faktor sensitivitas terhadap kelayakan ekonomis pada implementasi *mobile backhaul* berbasis IP di HCPT Palembang

1.3 Tujuan Penulisan

Mengkaji kelayakan ekonomi pada implementasi *mobile backhaul* berbasis IP berdasarkan tingkat QoS pada layanan *voice*

1.4 Batasan Masalah

Batasan Masalah untuk penelitian ini adalah :

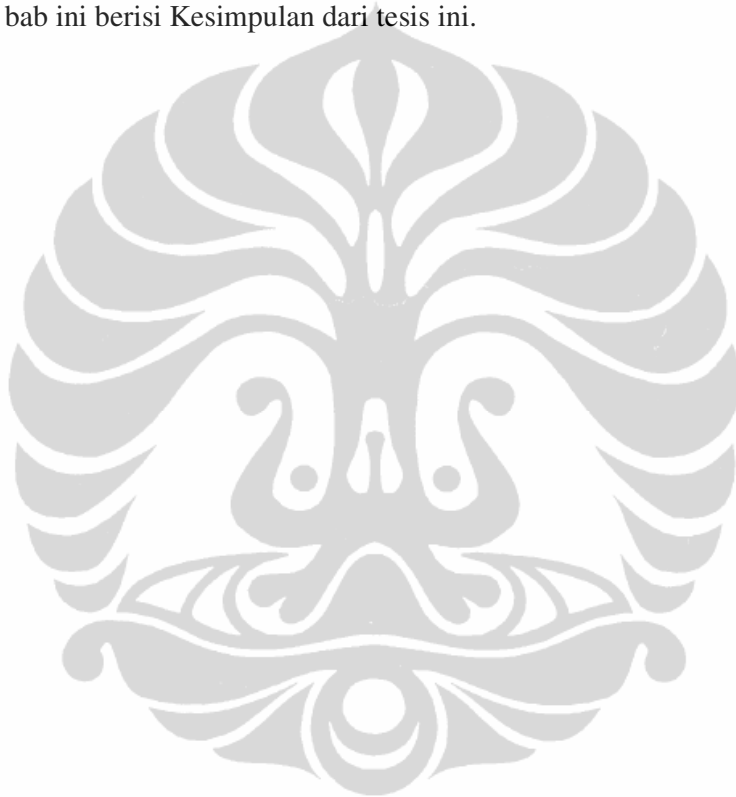
- a. Analisis Tekno Ekonomi menggunakan EU Project yang menggunakan NPV, IRR, PBP, FIC, LCC sebagai analisis Nilai Ekonomi dan Analisis Sensitivitas sebagai analisis Resiko
- b. Teknologi *Mobile Backhaul* berbasis IP yang digunakan adalah dengan teknologi *Ethernet Carrier*
- c. Penelitian tekno ekonomi pada implementasi *mobile backhaul* berbasis IP hanya pada layanan *voice* (GSM)
- d. Pembahasan hanya menyangkut bagian RAN (*Radio Access Network*) yaitu dari jaringan transmisi *backhaul* dari BTS sampai dengan BSC
- e. Penelitian implementasi hanya dilakukan pada 1 BSC [BSC Palembang1] yang berada pada wilayah Palembang, Sumatera Selatan
- f. Periode Penelitian adalah tahun 2011-2015
- g. Sumber penelitian / data yang digunakan adalah data sekunder: data traffic PT. HCPT Palembang, data jaringan *backhaul* eksisting dan data list harga perangkat *backhaul* IP

1.5 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini terdiri dari 4 BAB dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

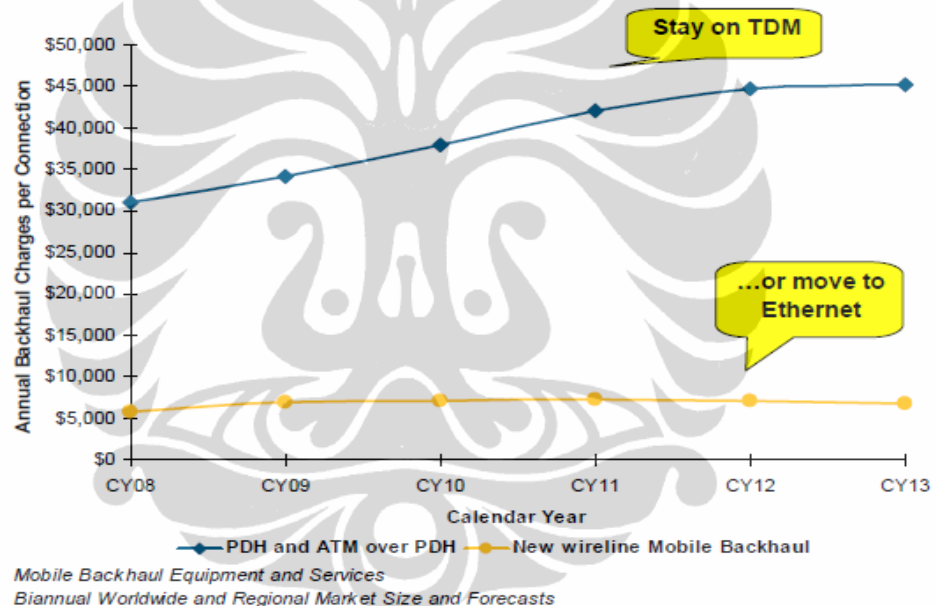
- Pada BAB 1 Pendahuluan.
Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang disusunnya tulisan ini, perumusan masalah tujuan penulisan tugas ini, batasan masalah serta sistematika penulisan yang dilakukan.
- Pada BAB 2 Dasar teori
Pada bab ini akan dibahas mengenai dasar teori mengenai perkembangan teknologi transmisi dan *mobile backhaul* berbasis IP.

- Pada BAB 3. Analisis *modelling* dan perencanaan tekno pada pengimplementasian jaringan *mobile backhaul* berbasis IP berdasarkan tingkat QoS pada layanan *voice*
- Pada BAB 4: Analisis ekonomi yaitu mengenai analisis ekonomis dan analisis resiko pada investasi pengimplementasian *mobile backhaul* berbasis IP
- Pada BAB 5. Kesimpulan.
Pada bab ini berisi Kesimpulan dari tesis ini.



BAB II DASAR TEORI

Di dalam perkembangan telekomunikasi pada bagian RF (Radio Frekuensi) yang sangat cepat, perlu diperhatikan juga sisi transmisi yang akan menjadi tulang punggung jaringan telekomunikasi secara keseluruhan. Bagian backhaul transmisi merupakan bagian yang sangat penting yang menghubungkan antara satu node / point ke node / point yang lain. Perkembangan telekomunikasi pada sisi RF yang semakin membutuhkan kapasitas yang sangat tinggi, dibutuhkan juga kapasitas dari sisi transmisi.



Gambar 2.1 Biaya Pengeluaran Operator untuk *Backhaul* tiap tahun

(Sumber: *Mobile Backhaul Equipment, Installed base, and Services, May 2009*)

Dengan menggunakan teknologi *backhaul* IP, dari trend grafik di atas kita dapat melihat bahwa biaya yang dikeluarkan oleh operator tiap tahun tiap koneksi jika masih menggunakan teknologi TDM, maka biaya yang akan dikeluarkan dari tahun ke tahunnya akan semakin meningkat. Sedangkan untuk operator yang menggunakan teknologi *Ethernet* untuk backhaul nya untuk tiap koneksi, terlihat bahwa biaya yang dikeluarkan dari tahun ke tahun akan *flat* / tanpa kenaikan harga yang terus meningkat. Hal ini yang mendasari akan pentingnya *mobile backhaul* berbasis IP.

2.1 Pengenalan singkat perusahaan

HCPT merupakan perusahaan kemitraan antara HTIL dengan 60% kepemilikan saham dengan Charoen Phokphand Group dengan kepemilikan saham 40%. HTIL merupakan penyedia layanan 3G di Hongkong dan Israel yang menjalankan tiga merk telekomunikasi yang berbeda yaitu Hutch, Kasapa dan 3 (Tri) di kesembilan pasar di Afrika dan Asia termasuk Indonesia serta memiliki lebih dari 36.5 juta pelanggan 2G dan 3G di seluruh dunia. Sementara Charoen Pokphand merupakan perusahaan multinasional Thailand yang telah ada di Indonesia sejak 1971 dengan mempekerjakan 30.000 pegawai serta menyumbang lebih dari 1 miliar dollar Amerika ke Indonesia.

HCPT merupakan salah satu perusahaan telekomunikasi besar di dunia, yang memiliki visi untuk memberikan layanan komunikasi hari esok kepada masyarakat. Dari visi tersebut, HCPT Indonesia dibentuk dan untuk merealisasikan visinya, HCPT mengoperasikan layanan 2G dan 3G di Indonesia di bawah bendera 3 (Tri). HCPT mengumumkan bahwa Tri akan menjadi identitas merek untuk layanan 2G dan 3G nya di Indonesia. Tri merupakan salah satu merek telekomunikasi seluler yang digunakan oleh Hutchinson Group di Eropa, Asia dan Australia. Produk bermerek Tri telah beroperasi di Hongkong, Australia, Inggris, Italia, Irlandia, Austria, Swedia dan Denmark.

Sebelum memasarkan produknya ke tengah masyarakat, Tri telah melakukan uji coba layanan telekomunikasi seluler dengan cara mendistribusikan paket perdana yang terdiri dari SIM card dan voucher pulsa isi ulang kepada pegawai HCPT. Uji coba ini memberikan kepada para pengguna untuk mencoba layanan suara dan data baik 2G maupun 3G dari HCPT, dan hasilnya memenuhi seluruh parameter layanan dan ketentuan yang diperuntukkan bagi penyedia jaringan. Maka pada tanggal 20 Maret 2007, HCPT Indonesia meluncurkan layanan 2G dan 3G di Indonesia.

HCPT Indonesia menginvestasikan US \$ 450 juta atau sekitar Rp. 4 triliun untuk tahap awal pengembangan jaringan seluler di Indonesia, selanjutnya Hutchinson menganggarkan US \$ miliar atau sekitar 9 triliun hingga akhir 2008 untuk pengembangan jaringan. Anak usaha Hutchinson Telecommunication International Ltd yang berpusat di Hongkong ini menggandeng Siemens, Nokia

[Sekarang merger menjadi Nokia-Siemens Network] dan *Coverage Mbt*. Siemens memasok teknologi BTS dan transmisi backhaul, Nokia memasok *Integrated Network* dan *Converage Mbt* memfasilitasi penggunaan *dealing system*.

Hutchinson, sementara ini akan focus untuk memberikan layanan suara dan pesan pendek (SMS) sebelum memasarkan layanan 3G. Alasan survey Hutchinson menunjukkan bahwa kebutuhan utama masyarakat Indonesia saat ini adalah layanan suara.

HCPT beroperasi pada jaringan nasional GSM frekuensi 1800 dan menitik beratkan pada layanan di kota besar seperti Jakarta, selain itu teknologi 3G yang berbasis teknologi UMTS juga diterapkan. HCPT memberikan layanan suara, layanan data, tarif yang sangat atraktif, inovasi produk serta memberikan produk yang berorientasi pada kepuasan pelanggan.

2.1.1 Visi dan Misi Perusahaan

Visi, misi dan target pemasaran dari PT. HCPT Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Visi

Memberikan tariff murah yang mampu dijangkau seluruh masyarakat dengan layanan komunikasi yang baik

2. Misi

Untuk membuat bisnis lebih muda dan hidup lebih menyenangkan

3. Target

Menjadi Operator GSM nasional ke empat di Indonesia

2.1.2 Struktur Organisasi PT. HCPT

Dalam struktur organisasi HCPT, dikenal dua tingkat kepemimpinan yaitu dewan direksi dan manajemen senior, seperti yang terlihat di bawah ini:

1. Dewan Direksi

Ketua	: Canning Fok
Direktur eksekutif dan CEO	: Dennis Gardenia
Direktur eksekutif dan kepala kantor keuangan	: Christopher J Foll
Direktur eksekutif	: Chan Ting
Direktur eksekutif	: Peter Wong

Non-eksekutif direktur	: Susan Chow
Non eksekutif direktur	: Frank Sixt
Independen non-eksekutif direktur	: KC Kwan
Independen non-eksekutif direktur	: John Stanton
Independen non-eksekutif direktur	: Kevin Westley
Alternatif untuk Mr Christopher J Foll	: Cliff Woo
Alternatif untuk Encik Peter Wong	: Gerald Ma

2. Manajemen Senior

Direktur eksekutif dan CEO	: Dennis Gardenia
Direktur alternative untuk Mr. Dennis Gardenia	: Chan Ting
Direktur eksekutif dan kepala kantor keuangan	: Chistopher J Foll
Kepala kantor teknologi	: Cliff Woo
Presiden Direktur HCPT Indonesia	: Manjot S Mann
Chief Marketing Officer HCPT Indonesia	: Suresh Reddy
GM Marketing Communication and PR Indonesia	: Ariani Widowati

2.1.3 Area Layanan jaringan HCPT di Indonesia



Gambar 2.2 Coverage Layanan Operator HCPT

(Sumber: *Mobile Backhaul Equipment, Installed base, and Services, May 2009*)

Pada tahap awal, layanan komersial diluncurkan di 67 kota di Jawa dan menyusul di Bali pada Juni 2007. Pada Agustus 2007, layanan Hutchinson diluncurkan di daerah Sumatera, dan kemudian menyusul Kalimantan dan Sulawesi pada akhir tahun 2008. Khusus pulau Jawa, jangkauannya mencakup 75%, yaitu 76 kota di Jawa yaitu 7 ibukota provinsi (100%), 32 kota kabupaten (67%), dan 24 kota kecamatan (52%), sebelum akhir 2007, cakupan ini diperluas hingga mencapai 100% kota kabupaten dan kecamatan.

Untuk saat ini, layanan coverage HCPT sudah mencapai seluruh pelosok pulau Jawa, dan sudah menyebar di hampir semua kota di pulau Sumatera, Kalimantan, Bali, Sulawesi dan Nusa Tenggara. Untuk saat ini, jaringan HCPT belum bisa dirasakan untuk daerah wilayah Indonesia Timur seperti Maluku dan Irian Jaya. Hal ini dikarenakan beberapa faktor ekonomis dalam penyebaran jaringan untuk saat ini.

2.2 Transmisi TDM (*Time Division Multiplexing*)

Sebagian besar operator telekomunikasi saat ini, masih menggunakan teknologi TDM yang dalam pengiriman datanya menggunakan frekuensi dan waktu yang berbeda. Dalam sebuah jaringan transmisi, pemultiplekan memiliki masalah dalam hal pencabangan dan penyisipan (*drop and insert*) karena sulit untuk memonitor dan mengendalikan proses ini. Jika sebuah multiplexer berusaha untuk menggabungkan beberapa sinyal ke dalam sebuah arus data (*stream*), terjadi kesulitan karena pulsa detak setiap sinyal tidak persis sama.

. *Time-Division Multiplexing* (TDM) adalah suatu jenis digital yang terdiri dari banyak bagian di mana terdapat dua atau lebih saluran yang sama diperoleh dari spektrum frekuensi yang diberikan yaitu, bit arus, atau dengan menyisipkan detakan-detakan yang mewakili bit dari saluran berbeda. Dalam beberapa TDM sistem, detakan yang berurutan menghadirkan bit dari saluran yang berurutan seperti saluran suara pada sistem T1. Pada sistem yang lainnya saluran-saluran yang berbeda secara bergiliran menggunakan saluran itu dengan membuat sebuah kelompok yang berdasarkan pada pulse-times (hal seperti ini disebut dengan time slot). Ciri utama dari teknologi transmisi TDM adalah belum ditematkannya time

slot pada saluran-saluran (channels) yang telah ditentukan. Masing-masing suara dalam TDM disebut suatu saluran (channel) atau anak sungai. Di dalam sistem benua Eropa, TDM berisi 30 suara digital dan di dalam sistem Amerika, TDM berisi 24 suara digital. Kedua standar juga berisi ruang ekstra untuk memberi sinyal dan sinkronisasi data.

Dengan penggunaan teknologi tersebut, besarnya bandwidth frekuensi akan sangat berpengaruh pada penentuan besarnya kapasitas yang diperlukan. Pada perkembangan teknologi ke depan, kebutuhan akan data hanya diprediksi akan meningkat tajam. Dengan kebutuhan akan data yang semakin meningkat, maka kecepatan / *throughput* yang diperlukan juga akan semakin meningkat. Pada perkembangannya dari sisi RF (*Radio Frequency*), teknologi telah berkembang dengan sangat cepat. Mulai dari GSM, GPRS hingga sekarang teknologi HSPA telah menembus pasaran dari dunia telekomunikasi di Indonesia khususnya operator HCPT. Dengan kebutuhan kecepatan yang semakin meningkat, dibutuhkan suatu transmisi dengan kapasitas yang semakin besar. Dengan penggunaan teknologi TDM, hal ini dirasa tidak efektif dan tidak efisien.

Hal-hal yang menyebabkan teknologi TDM sudah tidak efisien adalah sebagai berikut:

1. Dengan kebutuhan kapasitas dari sisi *backhaul* yang semakin meningkat, dibutuhkan suatu frekuensi yang lebih. Dengan keterbatasan *frequency licence* yang dimiliki oleh operator, maka akan terdapat keterbatasan kapasitas dari sisi *backhaul*.
2. Dengan peningkatan kapasitas dan dibutuhkannya semakin banyak *frequency* akan menyebabkan tingkat *interference* yang meningkat, yang akan mempengaruhi *quality* dari suatu link
3. Sistem perangkat dari teknologi TDM yang masih menggunakan system cross connect pada sisi DDF portnya, yang akan membatasi kapasitas dari link transmisinya.
4. Penambahan kapasitas dari suatu link akan membutuhkan pergantian beberapa perangkat baru yang membutuhkan *cost* yang lebih dan tidak efisien. Biaya OPEX akan semakin mahal seiring penambahan kapasitas yang diperlukan untuk mendukung teknologi dari sisi RF.

Tipe transmisi yang menggunakan teknik multiplexing TDM adalah:

- *Plesiochronous Digital Hierarchy* (PDH)
- *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH)
- *Asynchronous Transfer Mode* (ATM)

2.2.1 *Plesiochronous Digital Hierarchy* (PDH)

Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) merupakan sistem pemultipleksan yang selama ini dipakai dan ditetapkan oleh CCITT sebagai standar sebelum kemudian digantikan oleh SDH. Kata *plesiochronous* berasal dari bahasa Yunani *plesio* yang berarti hampir. Nama ini baru dimunculkan setelah SDH diresmikan oleh CCITT, karena orang merasa perlu memberikan nama baru untuk sistem lama, yang sebelumnya dianggap sinkron, tetapi masih "kalah" sinkron dengan SDH. Jaringan *plesiochronous* tidak menyinkronkan jaringan tetapi hanya menggunakan pulsa-pulsa detak (*clock*) yang sangat akurat di seluruh simpul penyakelarnya (*switching node*) sehingga laju slip di antara berbagai simpul tersebut cukup kecil dan masih bisa diterima (misalnya plus/minus 50 bit atau 5×10^{-5} untuk jaringan/kanal 2,048 atau 1,544 Mbps). Mode operasi seperti ini barangkali memang merupakan suatu implementasi yang paling sederhana karena bersifat menghindari pendistribusian pewaktuan di seluruh jaringan. Kenyataan menunjukkan bahwa PDH tidak cocok lagi untuk pengendalian dan pemrosesan sinyal.

2.2.2 *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH)

Synchronous Digital Hierarchy (SDH) adalah hirarki pemultipleksan yang berbasis pada transmisi sinkron dan telah menjadi standar pemultipleksan jaringan telekomunikasi optikal saat ini. Di Jepang dan Amerika Utara, standar pemultipleksan ini lebih dikenal dengan SONET (*Synchronous Optical Network*). Konsep transmisi sinkron ialah penggunaan kendali pulsa-pulsa detak (*clock*) yang identik di seluruh jaringan. Tentu saja ini tidak dapat sepenuhnya terealisasikan jika jaringan tersebut mencakup wilayah geografis yang luas.

CCITT, yang sekarang berubah namanya menjadi *International Telecommunication Union* (ITU) mulai menunjukkan ketertarikan kepada SDH/SONET pada tahun 1986 dengan membentuk komite T1 yang

bertugas menangani standardisasi jaringan transmisi. Komite ini menghasilkan beberapa paket standar atau norma-norma. Masalah yang paling utama adalah adanya perbedaan dalam hirarki jaringan transmisi (dalam hal ini asinkron) antara Amerika Utara dan Eropa. Jaringan transmisi di Amerika Utara dan Jepang (T1) memiliki kecepatan 1.544 Mbps sementara standar Eropa (E1) menggunakan kecepatan 2.048 Mbps.

Barulah pada tahun 1988 dalam sidang CCITT diresmikan standar baru yaitu SDH/SONET yang berlaku di seluruh dunia. Bahkan pada tahun 1989 standar ini juga diterima oleh *American National Standard for Information (ANSI)*.

SDH memiliki tiga keuntungan pokok :

- 1) fleksibilitas yang demikian tinggi dalam hal konfigurasi-konfigurasi kanal pada simpul-simpul jaringan dan
- 2) Mudah untuk mempertinggi bitrate sejalan dengan evaluasi teknologi transmisi.
- 3) meningkatkan kemampuan-kemampuan manajemen jaringan baik untuk *payload trafic*-nya maupun elemen-elemen jaringan. Secara bersama-sama, kondisi ini akan memungkinkan jaringannya untuk dikembangkan dari struktur transport yang bersifat pasif pada PDH ke dalam jaringan lain yang secara aktif mentransportasikan dan mengatur informasi.

Keunggulan SDH yang paling utama adalah prinsip pemultiplekan yang murni sinkron. Kebalikan dari teknik pemultiplekan PDH seperti yang disebutkan di atas, beberapa sinyal data dapat dimultiplek menjadi sinyal SDH yang memiliki kecepatan lebih tinggi secara langsung (*direct synchronous multiplexing*).

Sifat-sifat SDH lainnya adalah sebagai berikut :

- Manajemen dan *maintanance* jaringan yang sangat baik dan fleksibel. Hampir 5% dari seluruh lebar pita digunakan untuk fungsifungsi ini (lihat bagian selanjutnya mengenai struktur *frame*).
- *Self healing*, yaitu pencarian rute kembali (rerouting) tanpa pemutusan layanan.

2.2.3 Asynchronous Transfer Mode (ATM)

Asynchronous Transfer Mode adalah suatu teknik transfer yang memuat informasi yang seringkali membagi-bagi informasi tersebut ke dalam jaringan fisik. ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) adalah cara yang dipilih B-ISDN (*Broadband Integrated Service Digital Network*) untuk mengirimkan informasi yang masuk. Melalui ATM, informasi dari pengguna dipancarkan diantara informasi yang lain menggunakan paket informasi yang ditujukan ke ATM *cell*. Kapasitas sebuah ATM *cell* sebesar 53 *bite* yang terdiri dari 48 *bite* yang berisi informasi dan 5 *bite header*. Sebelum ATM memproses secara detail dan menghubungkannya dengan B-ISDN dan ATM protocol model, pertama sekali akan diperkenalkan berbagai macam cara yang digunakan dalam jaringan.

Secara konsepsi jaringan ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) adalah jaringan *packet-switching* (penyambung paket) dimana tiap-tiap *cell* (paket ATM yang berukuran kecil dan tetap yang panjangnya 53 oktet) ditransmisikan dengan bebas dan bersifat *connection-oriented* (berorientasi kepada koneksi). Setiap simpul *switching* ATM mengangkut *cell* dari saluran masukan ke saluran keluaran menggunakan informasi perute-an yang terdapat pada *header cell* dan informasi tersebut *di-store* pada setiap simpul *switching* melalui prosedur pembangunan hubungan.

Untuk dapat mendukung pelayanan B-ISDN (*Broadband Integrated Service Digital Network*), pentransferan informasi pada *switch* ATM tidak hanya *point to point*, tetapi ditentukan oleh aplikasi yang membutuhkannya.

2.3 MOBILE BACKHAUL IP

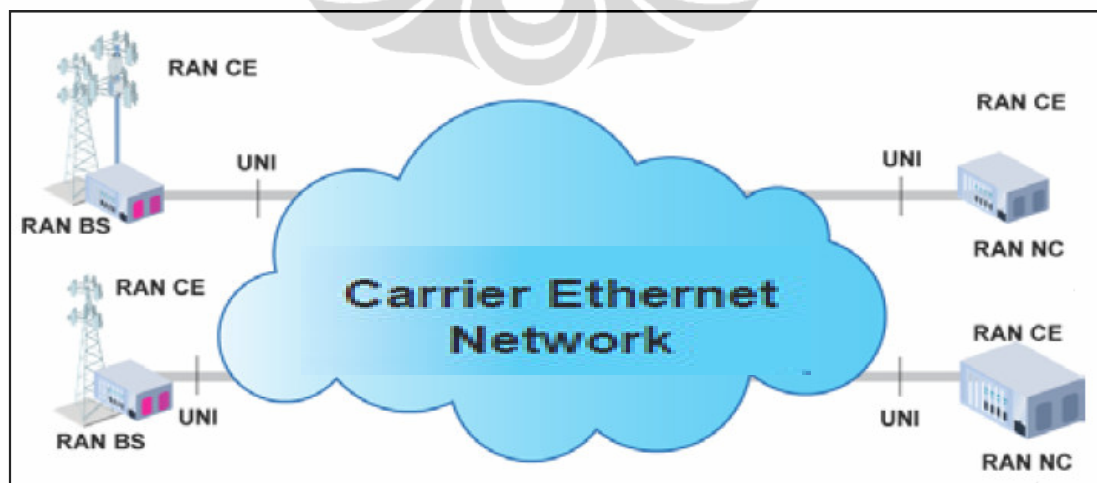
2.3.1 BACKHAUL

Backhaul memiliki pengertian yang berbeda antara satu dengan yang lain. Pengertian *backhaul* secara umum adalah suatu jalur / jaringan yang digunakan untuk menyalurkan data maupun informasi dari *source point* ke *destination point*. Dalam penyaluran informasi data, *source point* akan melakukan *handover* data dengan jaringan *backhaul*, kemudian jaringan *backhaul* tersebut akan membawa informasi data tersebut menuju *destination source* yang melakukan serah terima data pada *handover point* antara jaringan *backhaul* dengan *destination point*.

Dalam hal ini implementasi backhaul yang dimaksud adalah mengacu pada jaringan yang menghubungkan antara BTS (*base transceiver station*) dengan jaringan BSC (*base station Controller*). Sebagian besar jaringan telekomunikasi yang dimiliki oleh para operator di Indonesia masih menggunakan jaringan backhaul TDM (*Time Division Multiplexing*). Untuk generasi berikutnya jaringan maupun perangkatnya akan berbasis Ethernet. Di dalam jaringan *mobile backhaul* di dalam konektivitasnya akan menggunakan layanan *Carrier Ethernet*. Dalam hal ini untuk penerapannya, dapat memungkinkan penggabungan jaringan tradisional dengan jaringan *mobile backhaul* ini. Dengan penggabungan antara peralatan tersebut maka akan dapat menurunkan biaya yang dikeluarkan oleh operator.

2.3.2 Model Referensi Jaringan pada Implementasi *Mobile Backhaul* berbasis IP

Untuk sebuah jaringan *mobile backhaul* dapat mengambil dalam sebuah konstelasi bentuk jaringan yang tergantung pada beberapa faktor tertentu seperti teknologi *transport*, *mobile standart*, yang merupakan pilihan oleh operator terhadap jaringan yang dikehendaki. Pada pembahasan kali ini, akan di fokuskan pada jaringan backhaul yang menghubungkan antara BTS dan BSC. Pada gambar 2.2, menggambarkan sebuah model referensi yang sederhana dimana *Mobile Backhaul* adalah jaringan *Carrier Ethernet* yang menghubungkan titik satu pada jaringan mobile ke titik yang lain yaitu *RAN Customer Edge* (RAN CE).



Gambar.2.3 Model Referensi Jaringan *Mobile Backhaul* berbasis CEN

(Sumber: MEF: *Mobile Backhaul Implementation Agreement Phase-1*)

Elemen-elemen yang membentuk jaringan *Mobile Backhaul Implementation Agreement (MBIA)* antara lain [5]:

- **GIWF** (*Generic Inter-Working Function Provides*) yang mengadopsi dan menginterkoneksi antara interface TDM dan perangkat jaringan eksisting (*legacy*) di dalam RAN BS dan RAN NC, dan Ethernet UNI eksisting dalam domain jaringan *Carrier Ethernet*.
- **RAN CE** (*RAN Customer Edge*), sebuah istilah generik yang mengidentifikasikan sebuah node jaringan mobile, seperti *RAN Network Controller (RAN NC)* atau *RAN Base Station (RAN BS)*.
- **RAN BS** (*RAN Base Station*), sebuah node atau beberapa base station yang melakukan fungsi *transmit* dan *receive* dalam arsitektur jaringan seluler.
- **RAN NC** (*RAN Network Controller*). Sebuah *mobile network controller* yang terdiri dari beberapa kontroler jaringan seluler, termasuk diantaranya OSS, *UMTS Radio Network Controllers*, *WiMAX Access Services Gateways (ASN)* atau *network synchronization servers*

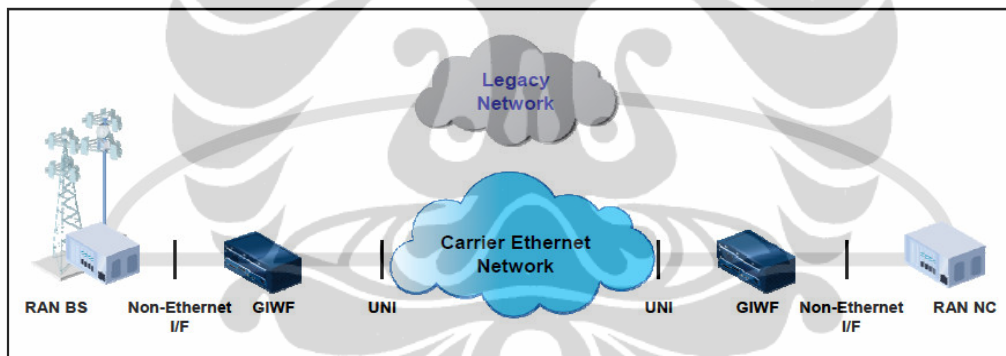
Didalam jaringan WCDMA, RAN BS disebut sebagai Node B dan RAN NC disebut sebagai RNC (*Radio Network Controller*). Sedangkan di dalam teknologi GSM, RAN BS disebut sebagai BTS (*Base Transceiver Station*), dan RAN NC disebut sebagai BSC (*Base Station Controller*).

Pada model referensi Implementasi Mobile Backhaul berbasis IP yang ditunjukkan pada gambar 2.2, menggambarkan bahwa dalam pengiriman data atau informasi antara RAN BS dengan RAN CS, melewati suatu media transmisi yang berupa CEN (*Carrier Ethernet Network*). GIWF (*Generic Inter-Working Function*) berfungsi sebagai interface yang menghubungkan antara RAN BS maupun RAN NC dengan jaringan *Carrier Ethernet Network* dan juga GIWF berfungsi sebagai interkoneksi antara perangkat berbasis IP dengan perangkat lain yang menggunakan teknologi TDM (*Time Division Multiplexing*)

2.3.3 Model Pengembangan Jaringan *Mobile Backhaul* berbasis IP

Berdasarkan model referensi dasar pada gambar.2.2, memungkinkan untuk didapatkan pengembangan jaringan *mobile backhaul* dengan beberapa cara. Dalam penggunaan beberapa kasus, dimana masing-masing akan menggunakan cara, yang memungkinkan dalam berbagai scenario pengembangan jaringan *mobile backhaul* menggunakan layanan *Ethernet*.

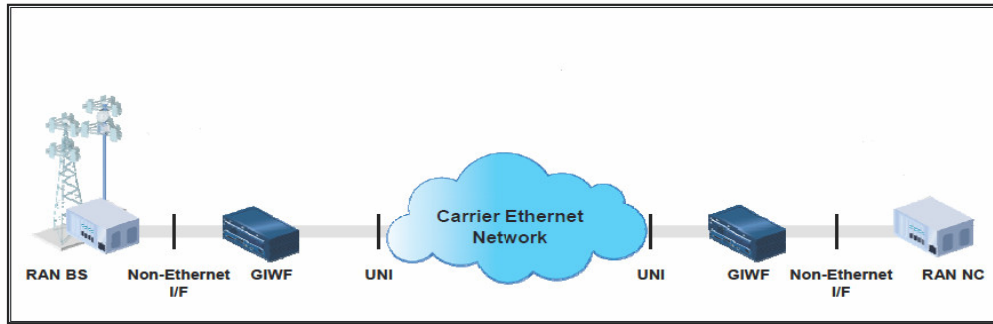
Penggunaan model 1 dengan model 2 dalam pengembangan jaringan *mobile backhaul* berbasis IP di mana RAN BS dengan RAN NC tidak dapat berhubungan secara langsung dengan UNI (*User Network Interface*) karena tidak memiliki *interface* berbasis internet, seperti pada TDM maupun ATM. *Interface* ini diilustrasikan pada gambar 2.3 dan gambar 2.4. sebagai Non-Ethernet I/F. Dalam penggunaan model 1 maupun model 2, menunjukkan bahwa RAN Customer Edge (RAN CE) terkoneksi pertama pada GIWF (*Generic Inter-working Function*) yang kemudian terhubung dengan UNI.



Gambar 2.4 Model 1 [Model Jaringan *Backhaul* dengan penggunaan *Generic Inter-Working Function*]

(Sumber: *MEF: Mobile Backhaul Implementation Agreement Phase-1*)

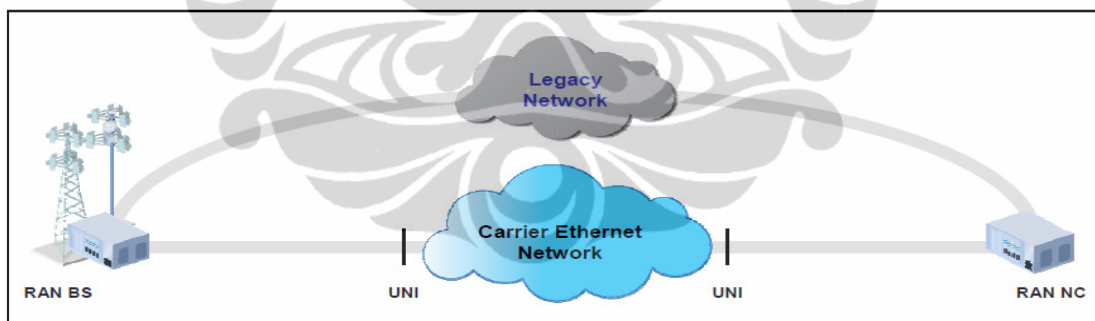
Pada model di atas, dapat diilustrasikan pemisahan scenario akses dimana ada dua jaringan paralel yaitu jaringan lama (*legacy network*) dengan jaringan *backhaul* baru yaitu dengan menggunakan *Carrier Ethernet*, yang dalam pengirimannya menggunakan tipe pengiriman yang berbeda. Hal ini mungkin digunakan oleh para operator untuk mengurangi beban traffic pada jaringan lama.



Gambar 2.5 Model 2 [Model Jaringan *Backhaul* dengan penggunaan *Generic Inter-Working Function*]

(Sumber: *MEF: Mobile Backhaul Implementation Agreement Phase-1*)

Gambar 2.4 merupakan scenario pengembangan dimana jaringan lama telah diganti oleh jaringan *Carrier Ethernet* dan dimana RAN CE terhubung oleh *Carrier Ethernet* lewat GIWF. Pada kedua model Jaringan *mobile backhaul* tersebut di atas untuk menghubungkan antara RAN CE dengan UNI harus menggunakan GIWF. Model yang lain yaitu dengan menggunakan *Hybrid Offload*. Cara pengimplementasian layanan Ethernet tersebut tergantung pada teknologi mobile yang dikembangkan, peralatan vendor, permintaan operator dan tipe layanan yang ditawarkan oleh *Ethernet carrier*.

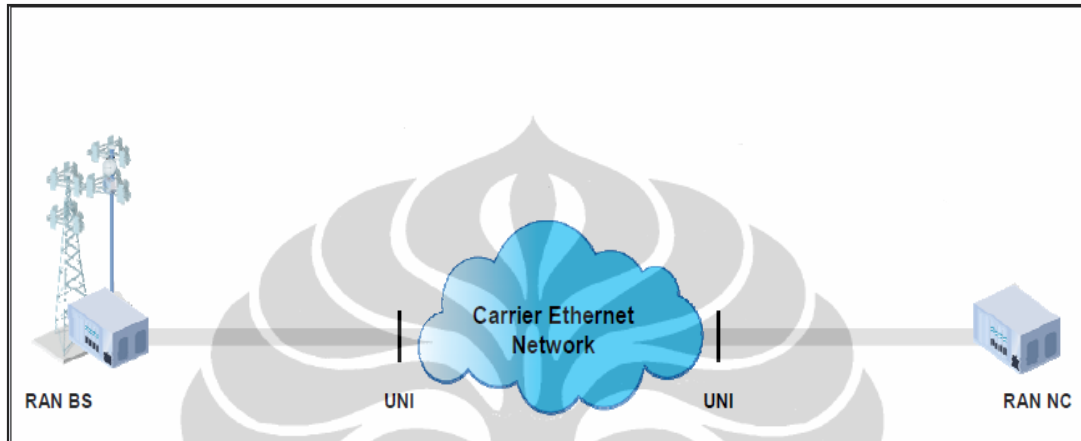


Gambar 2.6 Model 3 [Model Jaringan *Backhaul* tanpa penggunaan *Generic Inter-Working Function*]

(Sumber: *MEF: Mobile Backhaul Implementation Agreement Phase-1*)

Pada model 3 di atas, dapat diilustrasikan pemisahan scenario akses dimana ada dua jaringan paralel yaitu jaringan lama (*legacy network*) dengan jaringan *backhaul* baru yaitu dengan menggunakan *Carrier Ethernet*, yang dalam pengirimannya menggunakan tipe pengiriman yang berbeda. Hal ini mungkin digunakan oleh para operator untuk mengurangi beban traffic pada jaringan lama.

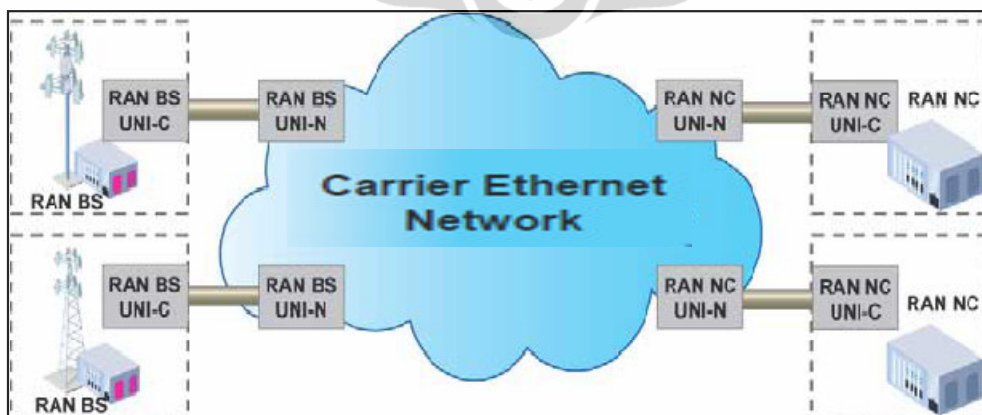
Dengan menggunakan model 3, antara RAN CE dengan UNI dihubungkan secara langsung tanpa penambahan *interface*. Pada penerapan jaringan *Mobile backhaul* dengan menggunakan model 3, semua traffic yaitu *voice* dan data disalurkan melalui layanan *Ethernet* melalui jaringan *Carrier Ethernet* tanpa menggunakan jaringan eksisting (lama).



Gambar 2.7 Model 4 [Model Jaringan Backhaul tanpa penggunaan *Generic Inter-Working Function*]

(Sumber: *MEF: Mobile Backhaul Implementation Agreement Phase-1*)

Pada model 3 dan 4, antara jaringan RAN CE dengan jaringan *Carrier Ethernet* membutuhkan UNI khusus yang diaplikasikan ke kedua belah jairngan. Masing-masing RAN NC dan RAN BS terhubung ke dalam satu perangkat. Untuk bagian RAN NC terpasang suatu perangkat UNI-C sedangkan pada bagian RAN BS terpasang suatu perangkat UNI-N. Hal ini dapat dilihat seperti gambar 2.7.



Gambar 2.8 Lokasi UNI-C dan UNI-N yang terpasang RAN BS dan RAN NC

(Sumber: *MEF: Mobile Backhaul Implementation Agreement Phase-1*)

2.3.4 Pembagian *Class of Service* (CoS)

Standarisasi mobile didefinisikan oleh 3GPP, 3GPP2, dan IEEE 802.16 tidak mendefinisikan kebutuhan akan jumlah dari class layanan yang harus disediakan pada Ethernet dan IP berbasis jaringan mobile backhaul, akan tetapi mendefinisikan *user traffic class* pada radio interface. *User traffic class* terdapat juga sinkronisasi, control dan *signaling traffic* antara RAN BS dan RAN NC.

Jumlah dari CoS (*Class of Service*) ditentukan oleh rekomendasi dan implementasi dari pabrik peralatan, atau pilihan dari Operator. Dalam kasus tertentu, jumlah CoS lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah *traffic class*, pendekatan lain terdiri dari pendefinisian jumlah yang terbatas dari kelas layanan dan penggabungan kelas *traffic* yang membutuhkan performansi layanan yang sama.

Hal lain yang dapat mempengaruhi jumlah CoS mobile backhaul yang cocok adalah beberapa *traffic class*, seperti paket-based timing, bisa dapat memerlukan tingkat performansi yang lebih ketat / tinggi dari pada layanan *real-time*. Hal ini dapat di dapat setidaknya dengan dua cara, yaitu mendefinisikan CoS tunggal untuk sinkronisasi dan *class real-time traffic* ataupun dengan memesan sebuah CoS yang menghasilkan FD dan FDV minimal untuk hanya sinkronisasi *traffic class*.

Skema CoS untuk mendukung seluruh himpunan kelas trafik (*user traffic, packet-based timing, contro dan signaling*) yang digunakan untuk *mobile backhaul* dapat didasarkan pada kelas layanan yang didefinisikan pada table berikut.

Tabel 2.1 Skema CoS pada *Mobile Backhaul* berdasarkan tingkat layanan

Service Class Name	Bandwidth Profile	CoS Performance Objectives		
		FD	FDV	FLR
<i>Very High (H+)</i>	$CIR > 0$ $EIR = 0$	A_{FD}	A_{FDV}	A_{FLR}
<i>High (H)</i>	$CIR > 0$ $EIR = 0$	B_{FD}	B_{FDV}	B_{FLR}
<i>Medium (M)</i>	$CIR > 0$ $EIR \geq 0$	C_{FD}	C_{FDV}	C_{FLR}
<i>Low (L)</i>	$CIR \geq 0$ $EIR \geq 0^*$	D_{FD}	D_{FDV}	D_{FLR}
<i>Notes:</i> $A \leq B \leq C \leq D$ and A_{FDV} is as small as possible (*) both $CIR = 0$ and $EIR = 0$ is not allowed as this results in no conformant Service Frames				

Ini adalah model CoS umum berdasarkan asumsi bahwa layanan mobile backhaul disediakan oleh Service Provider tunggal. Tabel berikut ini memberikan

contoh bagaimana ponsel traffic class backhaul dapat dipetakan masing-masing ke dalam Kelas 4, 3 dan 2 layanan.

Tabel 2.2 Traffic Class Backhaul pada beberapa kelas layanan

Service Class Name	Example of Generic Traffic Classes mapping into CoS		
	4 CoS Model	3 CoS Model	2 CoS Model
Very High (H)	Synchronization	-	-
High (H)	Conversational, Signaling and Control	Conversational and Synchronization, Signaling and Control	Conversational and Synchronization, Signaling and Control, Streaming
Medium (M)	Streaming media	Streaming media	-
Low (L)	Interactive and Background	Interactive and Background	Interactive and Background

2.4 Solusi NSN (*Nokia Siemens Network*) untuk Implementasi *Mobile Backhaul* berbasis IP

Peran vendor tidak bisa dipisahkan dalam pengembangan teknologi Telekomunikasi. Kondisi saat ini, operator telekomunikasi seluler berlomba-lomba untuk membangun infrastruktur yang mendukung permintaan pelanggan tentang *bandwidth* yang besar. Kebutuhan telekomunikasi berpita lebar mendorong perkembangan teknologi. Salah satu vendor yang telah menciptakan suatu perangkat backhaul IP adalah Nokia-Siemens Network. Perangkat yang diciptakan oleh Nokia-Siemens Network adalah *Flexy Paket*. *Flexy paket* radio merupakan suatu solusi perangkat untuk membuat jaringan *mobile backhaul* yang berbasis *Ethernet transport*. Pada perangkat ini, ada dua macam teknologi yang bisa diterapkan, yaitu jaringan paket asli dan juga jaringan *hybrid* (TDM + Paket). Arsitektur pada *Flexy paket microwave* dibagi menjadi dua, yaitu:

- *Flexy paket radio* (untuk *microwave radio*)
- *Flexy paket Hub* atau *Flexy paket firstmile* (perangkat ini digunakan untuk site yang berfungsi sebagai *hub site*)

Flexy radio hub ini adalah sebuah *carrier Ethernet switch* yang dapat dikoneksikan dengan beberapa *flexi paket radio* (max 15).

Fitur pada perangkat *Flexy paket*:

- *Interface electric Ethernet standard*
- Paket throughput mencapai 450 Mbit/s
- Modulasi dari 4 QAM sampai 256 QAM, *adaptive* dan statis

- Konfigurasi 1+0 / 1+1

Tabel 2.3 Konfigurasi antenna pada pemasangan eksisting

Configuration	Name
1+0	Integrated antenna system
	Independent antenna system
1+1 Hot Stand-by	Integrated antenna system
	Independent antenna system

- Frekuensi band dari 7 GHz mencapai 38 GHz

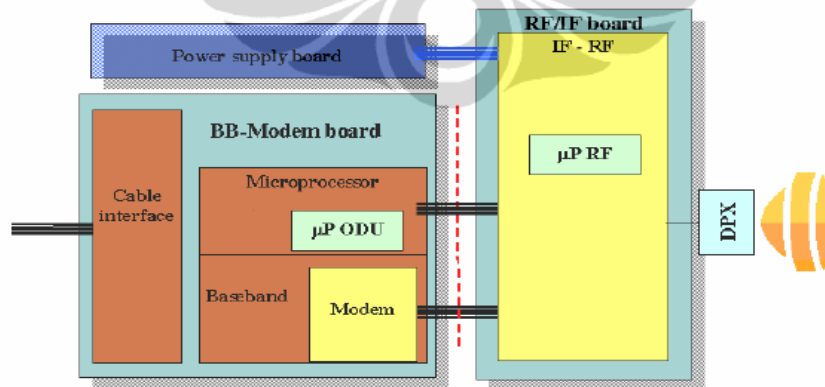
Kapasitas Transmisi

Kapasitas transmisi tergantung dari kanal *bandwidth* dan skema modulasi.

Tabel 2.4 Bandwidth Kanal dan Modulasi

Modulation	Channel bandwidths				
	3.5 MHz	7 MHz	14 MHz	28 MHz	56 MHz
4 QAM	x	x	x	x	x
16 QAM	x	x	x	x	x
64 QAM	-	x	x	x	x
128 QAM	-	x	x	x	x
256 QAM	-	x	x	x	x

2.4.1 Block Diagram Flexy Paket Radio



Gambar 2.9 Block Diagram Flexy paket radio

(Sumber: *FLEXY PAKET: Product Description*)

Pada gambar di atas menunjukkan beberapa block diagram yang tersusun dalam perangkat Flexy Packet yang digunakan pada implementasi mobile

backhaul IP. Flexy packet radio ini akan dipasang pada sisi BTS nya maupun pada sisi BSC nya. Flexi paket radio mempunyai 4 unit fungsional, yaitu:

- *BB Modem Board*
- *Power Supply Unit*
- *RF/IF unit*
- *Duplexer filter (DPX)*

- **BB Modem board :**

Pada bagian ini berfungsi sebagai perangkat modulasi yang untuk menumpangkan sinyal info pada sinyal carrier.

Bagian-bagian yang membentuk Block BB modem adalah sebagai berikut:

- *Gigabit Ethernet Physical Layer*
 - *L2 Switch*: mengimplementasikan sebagai dasar dari switching.
 - *Microprocessor*: merupakan otak dari segala aktifitas yang terjadi pada flexy paket radio
 - *Baseband Unit*: mengimplementasikan fungsi dari Data Plane, seperti Ethernet QoS dan payload framing
 - *Modem Unit*: terdiri dari bagian TX dan RX. Modem bekerja dengan bagian baseband untuk mengatur fungsi Adaptive Code dan Modulasi (ACM) dan fungsi ATPC
- ***Power Supply Board***
Power Supply Board menerima tegangan dari interface GbE(P+E) atau PS interface. Pada *power supply* menghasilkan sumber tegangan yang distabilkan dan dimonitor dan didistribusikan ke bagian lain pada baseband modem board dan RF-IF unit.
 - ***RF-IF board***: Fungsi utama dari board ini adalah untuk merubah dari sinyal RF [*Radio Frekuensi*] ke sinyal IF [*Intermediate Frekuensi*]
Pada bagian board RF-IF unit ini mempunyai beberapa bagian sebagai berikut:
 - Pada sisi TX, akan mengkonvert signal modulasi (pada fasa dan quadrature) melalui sebuah IF (intermediate frequency) atau langsung ke langsung ke

frekuensi radio. RF-IF juga meng-adjust level power RF yang ditransmisikan tanpa distorsi power excecive.

- Pada sisi RX, RF-IF unit akan menguatkan sinyal frekuensi radio (yang datang dari diplexer) yang akan menurunkan noise; alat ini akan menyaring dan mengkonversi signal RF ke dalam sinyal baseband fasa dan quadrature (sudut).
- Fungsi monitoring dan control akan dilakukan oleh RF microprocessor.
- Duplexer Filter
Duplexer filter ini akan memisahkan signal RF TX dan signal RF RX.

2.4.2 Eksternal Interface

Flexy Paket radio ini akan dibagi dengan 5 interface:

- a. Cable Interface
Cable interface adalah sebuah interface Elektric Gigabit Ethernet dengan Power + Ethernet (P+E). Alat ini akan menghubungkan antara Flexy paket radio dengan Indoor Unit. Fungsi dari Cable interface adalah untuk mengirimkan data stream dari Indoor Unit Flexy Paket Radio dan sebaliknya, dan juga untuk membawa Poer Supply DC.
- b. Power Supply Interface: hanya membawa -48VDC power, dan sebagai alternative pada P+E.
- c. AGC: conector yang digunakan untuk mengukur RSSI (Receive Signal Strength Indicator). Alat ini berguna selama instalasi untuk membernarkan antenna.
- d. Antenna: Interface ini menghubungkan antara Flexy Paket Radio pada antenna. Flexy Paket Radio tersedia dengan 2 kemampuan mechanical yang berbeda: yaitu kemampuan XD dan kemampuan FD.
- e. Grounding Point: Alat ini harus terhubung dengan tanah (ground)

2.5 *Quality of Service*

QoS (*Quality of Service*) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik. QoS mempunyai parameter-parameter untuk menunjukkan tingkat kualitas maupun performansinya. Performansi mengacu ke

tingkat kecepatan dan keandalan penyampaian berbagai jenis beban data di dalam suatu komunikasi. Beberapa parameter QoS yang akan digunakan dalam penentuan kualitas jaringan pada implementasi mobile backhaul berbasis IP dalam thesis ini yaitu:

- *Throughput*, yaitu jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada *destination* selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut.
- *Packet Loss*, merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan.
- *Delay (latency)*, adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama.
- *Jitter*, atau variasi kedatangan paket, hal ini diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan *jitter*. *Jitter* lazimnya disebut variasi *delay*, berhubungan erat dengan *latency*, yang menunjukkan banyaknya variasi *delay* pada transmisi data di jaringan. *Delay* antrian pada *router* dan *switch* dapat menyebabkan *jitter*.

Pandangan umum operator telekomunikasi saat ini adalah untuk membangun jaringan multi-layanan khususnya pada jaringan backhaul. Untuk perkembangannya terdapat mekanisme jaringan *backhaul* IP yang dapat membawa multi layanan, dan kualitas layanan (QoS) merupakan kebutuhan yang sangat penting. Pada jaringan backhaul sebelumnya, antara layanan *voice* dengan layanan data menggunakan jaringan backhaul yang terpisah. Untuk layanan data masih menggunakan jaringan ATM sedangkan untuk jaringan layanan *voice* masih menggunakan layanan TDM.

Pada jaringan *backhaul* IP, layanan yang dapat di bawa dibagi menjadi tiga jenis layanan utama, yaitu suara, video dan data. Layanan suara merupakan layanan lama untuk operator telekomunikasi itu. Layanan suara merupakan sumber pendapatan utama para operator dan harus menjadi perhatian maksimal oleh para operator. Oleh karena itu, layanan tersebut harus dijamin di tempat

pertama. layanan Layanan data merupakan layanan tradisional pada jaringan IP. Seiring dengan gencarnya peningkatan dalam bandwidth jaringan datang aplikasi video perubahan pada jaringan dan sebagai hasilnya pandangan pasar yang menggiurkan. Ketiga jenis pelayanan meningkatkan kebutuhan yang berbeda untuk jaminan QoS pada jaringan pembawa.

Tabel 2.5 Tabel Serive Layanan pada Tingkat QoS

Service	Reliability	Bandwidth requirements	Delay and jitter	Packet loss ratio
Voice	High	High	Highly sensitive	High
Video	High	High	Highly sensitive	High
Data	Medium	Medium	Insensitive	Low

Seperti terlihat pada tabel di atas, layanan voice dan layanan video memberlakukan persyaratan ketat untuk latency, jitter dan packet loss ratio, sedangkan layanan video juga meningkatkan persyaratan yang sangat ketat untuk bandwidth. Hal ini berarti bahwa layanan multi-jaringan pembawa IP tidak hanya harus mampu membedakan kelas pelayanan (CoS), tetapi juga harus mampu memberikan jaminan QoS yang berbeda sesuai dengan kelas yang berbeda pelayanan dan sumber daya bandwidth yang disediakan untuk memastikan sebagai layanan kunci.

BAB III ANALISA TEKNO

3.1 Kerangka Pemecahan Masalah

Pada kerangka pemecahan masalah ini, akan dibagi beberapa tahap yang digunakan sebagai alur dalam pemecahan permasalahan. Pada thesis ini akan menggunakan empat tahap alur yang digunakan. Tahapan-tahapan yang digunakan harus dilakukan secara berurutan dan terstruktur. Tahapan-tahapan yang akan digunakan di dalam penelitian thesis ini adalah:

1. Tahap identifikasi

Pada tahap ini akan dirumuskan suatu permasalahan yang akan dibahas dalam thesis ini, penentuan tujuan dari thesis serta akan diidentifikasi batasan-batasan masalah dalam pengerjaan thesis ini.

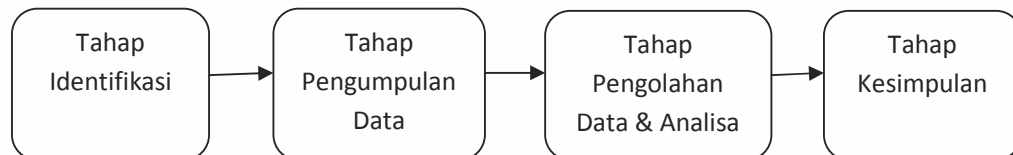
2. Tahap pengumpulan data : data yang digunakan dalam thesis ini yaitu data sekunder yang diperoleh dari perusahaan secara langsung
Data yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu:

- Data jaringan *backhaul eksisting* dan kapasitas transmisi
- Data list harga perangkat *backhaul IP*
- Data traffic pelanggan

3. Tahap pengolahan & analisis data : pada tahap pengolahan data ini akan diolah berdasarkan model tekno ekonomi dengan metodologi di bawah.

4. Tahap kesimpulan : pada tahap ini akan didapatkan suatu output yang dihasilkan dan kesimpulan dari penelitian thesis ini

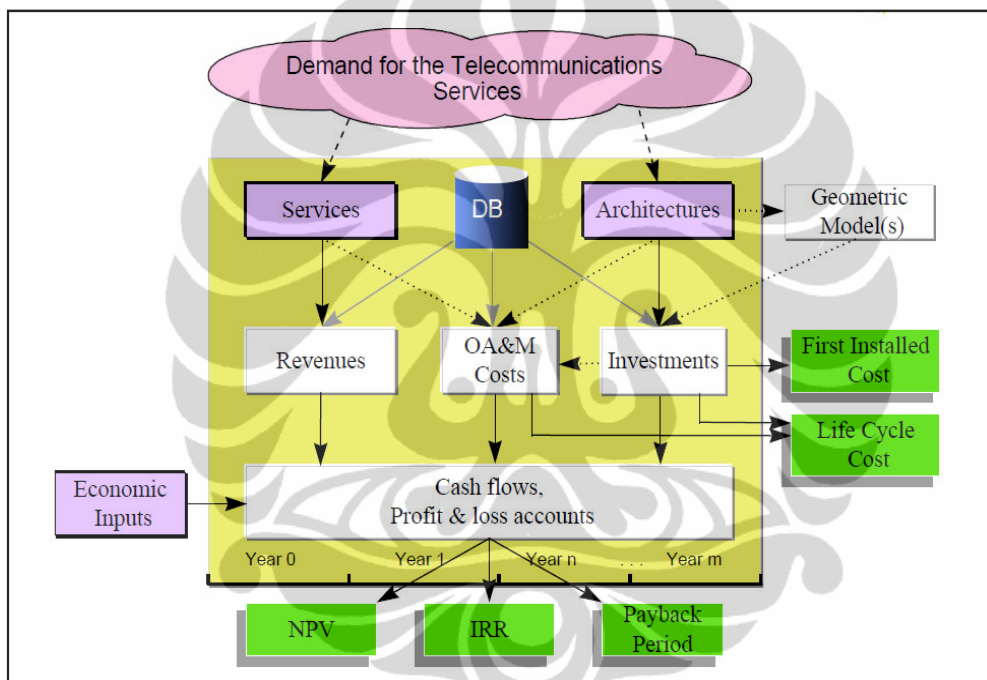
Tahapan-tahapan dalam kerangka pemecahan masalah:



Gambar 3.1 Bagan Tahap Penelitian

3.1.1 Metodologi Tekno Ekonomi pada Implementasi *Mobile Backhaul* IP

Metode analisis yang dipakai pada penelitian ini adalah analisa tekno ekonomi, yaitu suatu analisa yang mengkombinasikan implementasi sebuah teknologi dengan nilai ekonomis dari implementasi teknologi tersebut. Analisis tekno ekonomi yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan metodologi dan *framework* yang dikembangkan oleh beberapa proyek-proyek UNI – EROPA yang berkonsentrasi dalam pengembangan metodologi tekno-ekonomi dalam dunia telekomunikasi. Metodologi tekno ekonomi dapat kita lihat pada gambar dibawah ini:



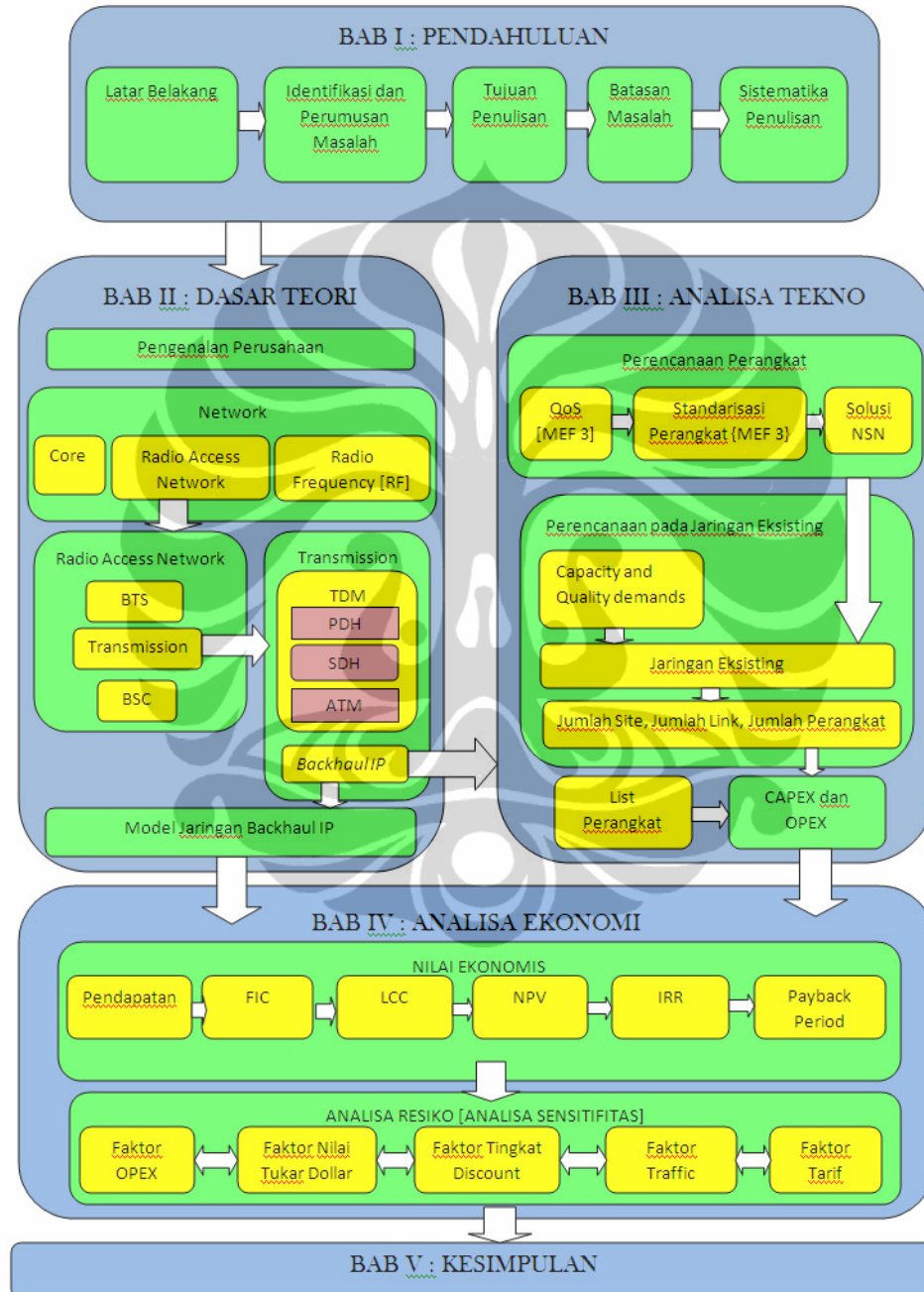
Gambar 3.2 *The flow chart of cash flow calculation*

(Sumber: *The CELTIC Initiative TERA tools*)

Metodologi tekno ekonomi EU project bertujuan untuk melihat nilai efisiensi dari jaringan IP dengan memperhitungkan portfolio dari *service* yang akan digunakan. Hasil yang dihasilkan dari metode ini adalah untuk mengetahui nilai investasi yang diperlukan untuk mengimplementasikan suatu teknologi baru yaitu pada thesis ini pada implementasi *mobile backhaul* berbasis IP, dengan tujuan efisiensi jaringan transmisi.

Metodologi di atas akan diaplikasikan pada pembahasan thesis ini. Analisa teori mengenai teknologi yang akan diaplikasikan merupakan salah satu bagian

yang sangat penting dan mendasari perencanaan pengembangan jaringan baik eksisting maupun jaringan baru. Pada thesis ini, teknologi yang ingin digunakan adalah teknologi mobile backhaul berbasis IP. Untuk pemodelan analisa tekno ekonomi pada thesis ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Metodologi Tekno Ekonomi pada Implementasi *Mobile Backhaul IP*

Object penelitian yang akan digunakan pada thesis ini yaitu pada operator HCPT dengan studi kasus di area Palembang (BSC Palembang1). Bagian dari *network* / jaringan yang akan diteliti yaitu pada bagian RAN (*Radio Access Network*). Pada thesis ini akan membahas mengenai swap atau upgrade pada sisi transmisi yaitu dari dari teknologi TDM yang sampai saat ini masih digunakan menjadi teknologi *backhaul IP*. Alasan dasar diperlukannya adanya suatu upgrade teknologi / jaringan yaitu :

Pertama, adanya suatu kondisi dimana terdapat kenaikan traffic atau kenaikan pelanggan yang terdapat pada suatu jaringan yang membutuhkan penambahan *upgrade* kapasitas dari jaringan. Disamping itu, kebutuhan akan data ke depan yang semakin tinggi akan membutuhkan kapasitas yang semakin tinggi pula. Traffic voice untuk area HCPT yang ada di Palembang, terus mengalami kenaikan. Fokus utama ketika HCPT didirikan adalah mengejar untuk pelanggan voice yang masih menggunakan teknologi GSM. Untuk mendukung kecepatan data, teknologi GPRD maupun EDGE yang mendukung untuk keperluan data dirasa kurang cepat dan lemot. Hal ini dikarenakan kanal yang dipakai oleh teknologi data yaitu GPRS maupun EDGE masih menggunakan teknologi kanal voice. Jadi antara voice dan data akan saling berebut mendapatkan kanal tersebut. Dengan teknologi GSM, yang masih menggunakan teknolog TDMA and FDMA, membuat kanal yang tersedia sangat terbatas. Berikut contoh pengkanalan yang ada pada perangkat Siemens.

Table 3.1 Channel TS pada perangkat Siemens 2G

SiteName	LAC	CI	BSC	BTSM	BTS	TRX	CHAN	CHTYPE	FHSMID	MAIO	TSC	EXTMODE	GDCH	CHPOOLTYPE
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	0	0	MAINBCCH	FHSY_0	0	<NULL>	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	0	1	SDCCH	FHSY_1	0	<NULL>	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	0	2	TCHF_HLF	FHSY_1	0	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	0	3	TCHF_HLF	FHSY_1	0	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	0	4	TCHF_HLF	FHSY_1	0	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	0	5	TCHF_HLF	FHSY_1	0	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	0	6	TCHF_HLF	FHSY_1	0	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	0	7	TCHF_HLF	FHSY_1	0	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	1	0	SDCCH	FHSY_2	0	<NULL>	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	1	1	TCHF_HLF	FHSY_1	1	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	1	2	TCHF_HLF	FHSY_1	1	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	1	3	TCHF_HLF	FHSY_1	1	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	1	4	TCHF_HLF	FHSY_1	1	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	1	5	TCHF_HLF	FHSY_1	1	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	1	6	TCHF_HLF	FHSY_1	1	6	FALSE	<NULL>	<NULL>
Indosat - Kenten Borang-1	6103	10427	20	349	0	1	7	TCHF_HLF	FHSY_1	1	6	FALSE	<NULL>	<NULL>

Dengan keterbatasan kanal tersebut, maka dapat dipastikan kecepatan data yang di lewatkan akan pelan. Disamping itu, untuk teknologi GPRS dan EDGE hanya mempunyai kecepatan maksimal 256 kbps. Oleh karena itu, untuk mendukung transfer data dengan kecepatan tinggi, maka diperlukan suatu teknologi baru yang itu 3G.

Operator HCPT khususnya di area Palembang, telah meluncurkan teknologi 3G pada akhir tahun 2011. Untuk selanjutnya akan diikuti oleh beberapa kota yang ada di Sumatera Selatan, seperti Jambi, dan Bengkulu. Teknologi 3G ini, menggunakan teknik Multiple Access WCDMA. Kecepatan maksimal yang bisa dicapai bisa mencapai lebih dari 384 kbps. Untuk ke depannya, dalam usaha untuk mendukung transfer data dengan kecepatan tinggi, operator HCPT telah menyiapkan beberapa teknologi seiring dengan perkembangan jaman dan perkembangan traffic akan data. Teknologi HSDPA, maupun LTE merupakan teknologi ke depan yang dalam rencana jangka panjangnya akan diimplementasikan pada jaringan HCPT khususnya Palembang.

Dengan berkembangnya teknologi tersebut, maka diperlukannya suatu jaringan backhaul yang dapat mendukung baik dari sisi kapasitas maupun kualitas suatu jaringan. Dalam penggunaan teknologi TDM, dirasa tidak efektif dan tidak efisien. Pada perangkat Siemens, masih menggunakan DDF sebagai perangkat untuk cross-connection yang menghubungkan beberapa site dalam hub-site.

067001A		Multidrop With site 060400							
Part	Remark/Through	060216A	Remark/Through	060400Z	Remark/Through	060404Z	Remark/Through	060228Z	
1	060216A-060237Z-1	1	060400Z-060404Z-1	1	060404Z-BTS1HD	1	060228Z-BTS	1	
2	060216A-060266Z-1	2	060216A-060404Z-2	2	060019C-060228Z-1	2	Idle	2	
3	060216A-060400Z-1	3	Idle	3	Idle	3	Idle	3	
4	060216A-060400Z-2	4	Idle	4	Idle	4	Idle	4	
5	060216A-061002Z-1	5							
6	060216A-061002Z-2	6							
7	Idle	7							
8	Idle	8							
			Remark/Through	060237Z					
			1	060237Z-BTS1HD	1				
			2	Idle	2				
			3	Idle	3				
			4	Idle	4				
			Remark/Through	060266Z					
			1	060266Z-BTS061002	1				
			2	Idle	2				
			3	Idle	3				
			4	Idle	4				
			Remark/Through	061002Z	Remark/Through	061577Z			
			1	061002Z-BTS	1	061577Z-BTS	1		
			2	061577Z	2	Idle	2		
			3	Idle	3	Idle	3		
			4	Idle	4	Idle	4		

Gambar 3.4 konfigurasi DDF pada Implementasi teknologi TDM

(Sumber: DDF port allocation for BSC Palembang-HCPT)

Pada gambar tersebut, merupakan salah satu contoh DDF port allocation under BSC Palembang. Site 67001 terhubung pada site 60216 dan pada site 60216 terhubung pada site 60400, 60237, 60266, 61002. Upgrade pada satu link yang ada di bawahnya, (contoh : 60216 - 60400) harus diikuti oleh upgrade yang ada pada link 67001 dengan 60216. Hal ini membuat pada teknologi TDM ini tidak efektif dan tidak efisien. Ketika terjadi upgrade link yang ada di bawahnya, harus melakukan upgrade link yang ada di atasnya. Penambahan anak site yang ada di bawahnya sangat tergantung pada link DDF port available. Jika DDF portnya sudah penuh, maka perlu dilakukan upgrade perangkat transmisi yaitu pada sisi DDF portnya.

Pada perangkat transmisi IP, hal ini tentu saja tidak akan terjadi. Dalam penambahan / upgrade kapasitas link transmisi, tidak diperlukan *effort* yang lebih dari manusia. Semua penambahan dan pengaturan kapasitas link transmisi dapat di control dengan menggunakan software. Hal ini menyebabkan perangkat transmisi IP lebih mudah dalam pemakaiannya.

Table 3.2 Sample data untuk transmisi IP

Site ID	Site Name	BSC	Capacity	P DESTINATION	IFC	IFM	Port	VPI	ATMid	SET No	PCR VP
60010	KHA. Dahlan/Talang Semut (B)	Palembang1	3 E1	192.168.1.15	8	0	3	3	203	3	13471
60011	Rajawali/ Kel. 9 Ilir	Palembang1	2 E1	192.168.1.15	8	0	3	4	203	3	8980
60012	Syakiarkiri/20 Ilir	Palembang1	2 E1	192.168.1.15	8	0	3	5	203	3	8980
60013	Dr.M Isa/Kuto Batu	Palembang1	4 E1	192.168.1.15	7	0	0	82	206	6	17960
60016	Jend. Sudirman/Kemuning	Palembang1	4 E1	192.168.1.15	7	0	0	12	206	6	17960
60018	Sei Talu/Siring Agung	Palembang1	4 E1	192.168.1.15	7	0	0	75	206	6	17960
60019	R. Kemuning / Ariyo Kemuning	Palembang1	3 E1	192.168.1.15	7	0	3	6	207	7	13471
60021	Dr. M. Isa/8 Ilir (B)	Palembang1	3 E1	192.168.1.15	7	0	3	7	207	7	13471
60023	Yos Sudarso/3 Ilir (B)	Palembang1	6 E1	192.168.1.15	7	0	3	9	207	7	26944
60026	Putri Rambut Selako/Kel Bukit L	Palembang1	2 E1	192.168.1.15	7	0	3	10	207	7	8980
60027	Perum Bukit Sejahtera / Bukit L	Palembang1	6 E1	192.168.1.15	7	0	3	12	207	7	26944
60028	KH Wachid Hasyim2 ulu	Palembang1	6 E1	192.168.1.15	7	0	3	13	207	7	26944
60031	Ki Marogan - Kemas Rindo	Palembang1	3 E1	192.168.1.15	7	0	3	16	207	7	13471
60032	Insp. Marzuki/Siring Agung	Palembang1	3 E1	192.168.1.15	7	0	3	17	207	7	13471
60033	Tanjung Panda / Sialang	Palembang1	2 E1	192.168.1.15	8	0	3	7	203	3	8980
60034	Puncak Sekuning/Lorong Pakjo	Palembang1	4 E1	192.168.1.15	9	0	0	2	210	10	17960
60035	Lrg Rukun/Kel.14 Ulu	Palembang1	6 E1	192.168.1.15	9	0	0	3	210	10	26944
60036	RW. Monginsidi/Kel.Kalidoni	Palembang1	6 E1	192.168.1.15	9	0	0	4	210	10	26944
60037	Makrayu/32 Ilir	Palembang1	3 E1	192.168.1.15	9	0	0	8	207	7	13471
60038	Mayor Zen - Sungai Selincah	Palembang1	6 E1	192.168.1.15	9	0	0	7	210	10	26944

Table di atas merupakan salah satu contoh dari data transmisi IP. Untuk target link, ditentukan dengan *IP Destination* dengan mengatur berapa jumlah kapasitas yang akan dilewatkan pada link tersebut. Hal ini sangat efektif dan efisien dalam pemeliharaan maupun dalam pengoperasiannya terutama pada upgrade/downgrade kapasitas dari suatu link jaringan *backhaul*.

Kedua, factor cost / harga dari perangkat telekomunikasi di mana dengan adanya teknologi baru akan menurunkan tingkat cost / biaya perawatan perangkat.

Teknologi mobile *backhaul IP*, akan memberikan suatu solusi pada peningkatan kapasitas jaringan transmisi dengan cost / biaya perawatan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan biaya perawatan dengan *old technology* yaitu pada teknologi TDM.

Kegiatan upgrade kapasitas yang ada dalam suatu jaringan backhaul yang masih menggunakan teknologi lama yaitu teknologi TDM, akan membutuhkan biaya yang tinggi. Untuk menambahkan kapasitas link, harus melihat kapasitas DDF yang ada. Dalam thesis ini, pengeluaran OPEX dilihat dari 2 macam, yaitu biaya service dan juga biaya perangkat. Pengeluaran OPEX dari teknologi TDM dibandingkan dengan teknologi IP adalah sebagai berikut:

- **Service:** Dalam upgrade capacity dari TDM harus melakukan cross-connect pada DDF yang ada. Hal ini akan menyebabkan effort yang lebih besar dalam penambahan capacity. Berbeda dengan transmisi IP, dalam penambahan / upgrade capacity tidak memerlukan effort lebih dari manusia. Kita bisa system remote untuk melakukan upgrade. Sehingga pada transmisi IP, akan membutuhkan biaya service yang jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan dengan perangkat TDM.
- **Perangkat:** Di dalam penambahan kapasitas dari suatu link, pada teknologi TDM terbatas pada kapasitas DDF nya dan juga kapasitas link induknya. Kapasitas dari DDF sekitar 8-16 E1. Jika DDF tersebut penuh, maka harus ada penambahan perangkat baru baik dari sisi DDF nya maupun dari sisi IDU nya. Hal ini berbeda dengan transmisi IP. Suatu link transmisi memiliki kapasitas link yang sangat besar tergantung dari jenis module Flexy Packetnya. Hal ini menyebabkan kemudahan dalam melakukan upgrade kapasitas.

Di samping itu, penambahan kapasitas link akan tergantung dari link yang tersedia yang ada di link induknya. Sehingga, dibutuhkan upgrade lagi juga pada link induknya. Hal ini berbeda dengan transmisi IP. Dengan pengiriman data menggunakan IP, maka penambahan kapasitas dari suatu link tidak harus melakukan penambahan dari sisi link induknya. Hal ini dikarenakan pada TDM, maka suatu channel di assign pada suatu timeslot tertentu. Akan tetapi pada teknologi transmisi IP, data yang dikirimkan

melalui bandwidth freq tertentu dan pada datanya di berikan suatu addressing untuk menuju tujuannya.

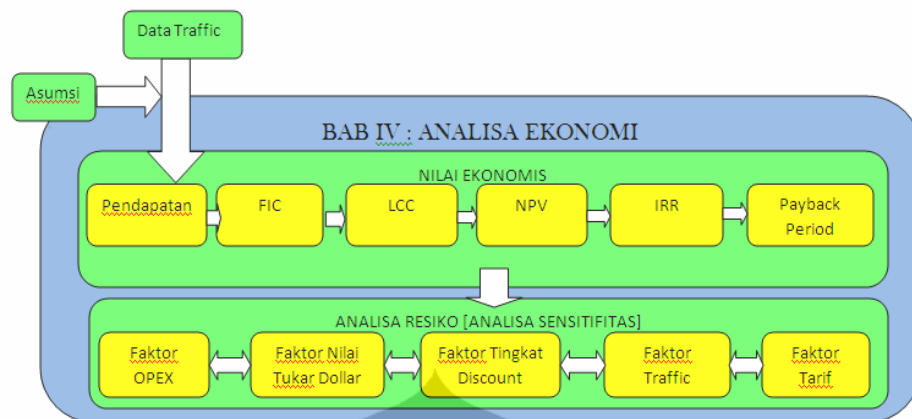
Kondisi jaringan transmisi khususnya di backhaul yang menghubungkan antara BTS ke BSC pada jaringan HCPT di Palembang, masih menggunakan perangkat TDM. Perangkat yang digunakan oleh operator HCPT adalah perangkat Siemens. Pada perangkat TDM, di dalam koneksi baik di sisi BTS maupun dari sisi BSC masih menggunakan system *crossconnect*. Dalam simpul node-nya atau biasa disebut dengan istilah hub-sitw

Dalam peningkatan kapasitas jaringan transmisi diharapkan tetap menjaga kualitas dari jaringan tersebut. Kualitas tidak bisa dikorbankan untuk mendapatkan kuantitas semata. *Metro Ethernet Forum* [MEF] sebagai lembaga standarisasi Internasional telah mengeluarkan standart QoS yang harus dicapai pada teknologi IP. Pada thesis ini akan dibahas mengenai standart QoS dari suatu jaringan transmisi IP. Dengan standart kualitas yang telah disetujui, maka harus di buat standart perangkat transmisi IP agar bisa menjaga QoS pada penerapan teknologi baru. Beberapa vendor dunia telah merilis perangkat tersebut, salah satunya Flexy Packet yang telah dirilis oleh vendor *Nokia-Siemens Network*.

Beberapa data yang diperlukan pada untuk analisa tekno ekonomi pada Implementasi mobile *backhaul IP* yaitu:

- Data traffic pelanggan

Data traffic ini merupakan data sekunder, yaitu data diperoleh dari operator secara langsung. Data traffic pelanggan pada penelitian ini sebagai pengganti dari data revenue yang diperoleh operator dikarenakan data revenue merupakan data rahasia oleh setiap perusahaan. Hal ini seperti terlihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.5 Data Traffic pada Analisis Tekno Ekonomi

Data yang diperoleh berupa data traffic dalam satuan erlang. Erlang merupakan waktu pendudukan secara konstan atau terus menerus selama 1 jam. Dari data traffic erlang yang merupakan satuan [jam/jam] tersebut, dikonversi dengan beberapa asumsi tarif pada operator tersebut. Pada penelitian ini hanya dikhususkan untuk layanan voice, dan tidak memperhitungkan layanan yang lain. Asumsi yang digunakan dalam konversi traffic ke revenue yaitu:

Tabel 3.1 Asumsi pada perhitungan pendapatan

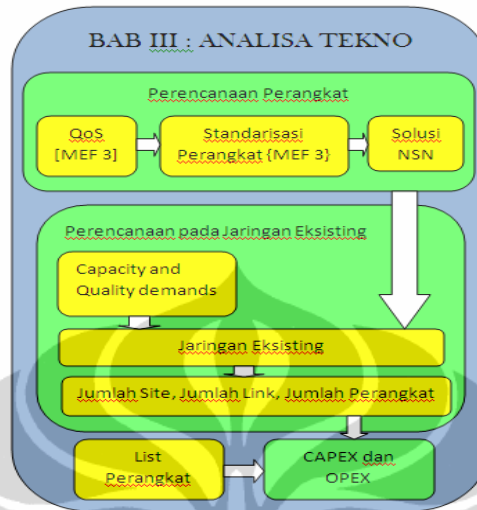
No	Asumsi	Keterangan	
1	antar pelanggan 3	1 menit	150
2	antar operator	1 menit	1000
3	Hanya menghitung layanan voice atau tanpa menghitung pendapatan data		
4	Tidak menghitung pendapatan dari sisi SMS		
5	Distribusi Pelanggan	antar pelanggan 3	70%
		antar operator	30%
6	Asumsi tanpa tarif promo, pendapatan dihitung berdasarkan dari harga normal		
7	Asumsi pendapatan pada sisi RAN	30% dari Total pendapatan	

Dari perhitungan lama pendudukan traffic dan dengan perkalian tariff didapatkan revenue yang diperoleh oleh suatu operator.

- Data jaringan *backhaul eksisting* dan kapasitas transmisi

Data jaringan backhaul eksisting merupakan data sekunder yang diperoleh dari operator. Data tersebut diperlukan untuk memproyeksikan penerapan jaringan mobile backhaul IP, untuk mengganti perangkat lama yaitu perangkat berbasis TDM (PDH/SDH) pada layanan voice. Penggunaan

data tersebut pada implementasi tekno ekonomi seperti terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.6 Data Jaringan Eksisting pada Analisis Tekno Ekonomi

Dari jumlah site, jumlah link dan topology jaringan, bisa didapatkan proyeksi kebutuhan perangkat dari Implementasi *mobile backhaul IP* area tersebut.

- Data list harga perangkat *backhaul IP*

Data list harga perangkat pada penelitian ini bukan merupakan data yang sebenarnya, akan tetapi tingkat perbandingan dan besarnya mendekati data yang sebenarnya. Data perangkat ini digunakan untuk menghitung nilai CAPEX yang diperlukan pada implementasi *mobile backhaul IP*. Nilai CAPEX merupakan perkalian dari jumlah perangkat yang diperlukan dikalikan dengan nilai harga perangkat pada *backhaul IP*. Hal ini seperti ditunjukkan pada pada gambar 3.5. Perangkat yang digunakan pada implementasi *backhaul IP* merupakan perangkat utama dan perangkat tambahan atau disebut juga *local material*.

3.2 Perencanaan Implementasi jaringan *mobile backhaul IP*

3.2.1 Parameter QoS (Quality of Service) pada Voice Ethernet

Pada teknologi *mobile backhaul IP*, traffic yang akan dikirim dari BTS menuju BSC melalui Abis Interface [Interface yang menghubungkan antara BTS menuju BSC] akan melalui jaringan dengan metodologi pengirimannya akan di

ubah dalam bentuk IP. Maka dari itu, untuk menjaga tingkat kesuksesan dari pengiriman tersebut, maka harus dijaga tingkat QoS (Quality of Service) dari jaringan tersebut. MEF (Metro Ethernet Forum) melalui rekomendas pada MEF 3 telah mengidentifikasi tingkat QoS (Quality of Service) dari layanan voice Ethernet.

Spesifikasi parameter kualitas Ethernet Network [MEF 3]:

- Frame Delay : < 25ms
Frame Delay (latency), merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, *congestion* atau juga waktu proses yang lama.
- Jitter (Delay Variation) : < 10ms
Atau disebut sebagai variasi kedatangan paket. Jitter diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan *jitter*. *Jitter* lazimnya disebut variasi *delay*, berhubungan erat dengan latency, yang menunjukkan banyaknya variasi *delay* pada transmisi data di jaringan. *Delay* antrian pada *router* dan *switch* dapat menyebabkan *jitter*.
- Frame Loss/Errors Ratio (FER)
FER merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan.
 - For SONET/SDH:
 - Errored Seconds (ES)
 - Severely Errored Sec (SES)
 - Background block SES (BFER)

Variasi tingkat Kualitas dari FER pada tiap tingkat Virtual Container (VC) adalah sebagai berikut:

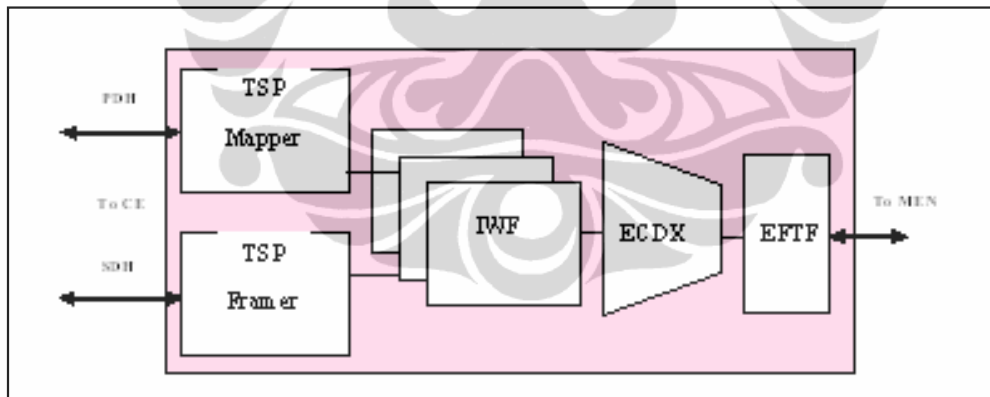
Tabel 3.2 Variasi tingkat kualitas dari FER pada tingkat Virtual Container

Path	Rate pps	CES FER	CES BFER	CES SESFER
VC-11	2000	4.00E-07	2.00E-06	4.00E-05
	8000	1.00E-07	2.00E-06	4.00E-05
VC-12	2000	4.00E-07	2.00E-06	4.00E-05
	8000	1.00E-07	2.00E-06	4.00E-05
VC-3	8000	1.25E-07	2.00E-06	4.00E-05
	24000	4.17E-08	2.00E-06	4.00E-05
VC-4	24000	1.33E-07	2.00E-06	4.00E-05
	14400	2.22E-07	2.00E-06	4.00E-05
VC-4-4c	72000	4.44E-08	1.00E-06	4.00E-05

3.2.2 Perencanaan perangkat transmisi berbasis IP

MEF 3 telah menjeleaskan dengan detail tentang tingkat QoS (Quality of Service) pada layanan voice ethernet. Maka dari itu, diperlukan suatu susunan perangkat transmisi yang berbasis IP yang bisa menjaga tingkat kualitas sesuai yang ditetapkan pada MEF 3. Untuk memenuhi kebutuhan kualitas tersebut, MEF telah membuat rekomendasi susunan perangkat transmisi berbasis IP yang dapat menjaga kualitas pada pengiriman voice pada layanan IP.

Konsep Model yang di definisikan pada MEF 3 adalah sebagai berikut:



Gambar 3.7 Konsep Model perangkat Transmisi pada MEF-3

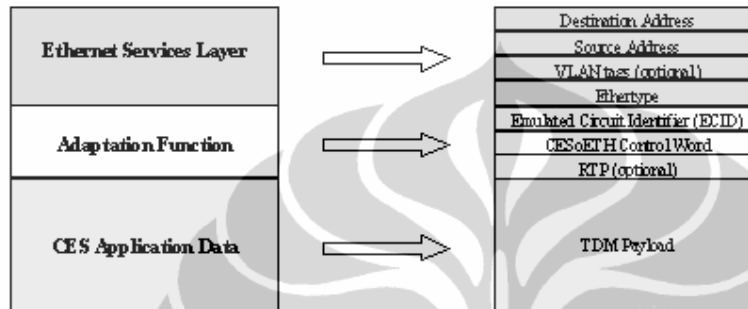
(Sumber: *Introducing the Specification of the metro Ethernet Forum*)

Susunan Perangkat Transmisi berbasis IP:

- TSP Mapper /Frammer : Fungsi optional yang berfungsi sebagai multiplexer / demultiplexer pada jaringan TDM
- IWF : *Inter-Working Function* pada traffic TDM ke dalam frame Ethernet

- o ECDX : Identifier Function untuk forwarding dan demultiplexing
- o EFTF : Addressing

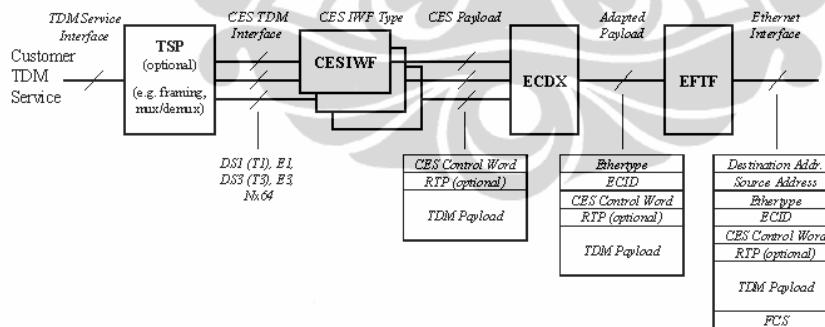
Di dalam pengiriman data traffic yang berasal dari TDM menuju Ethernet service, dapat di mapping antara layer fungsi dengan penambahan header pada setiap data yang akan dikirimkan melewati jaringan transmisi Ethernet (berbasis IP).



Gambar 3.8 Susunan Layering dan Mapping pada Pengiriman Data

(Sumber: *Introducing the Specification of the metro Ethernet Forum*)

Untuk pengaplikasian fungsi layer pada susunan perangkat transmisi Ethernet dapat dilihat sebagai berikut:



MEN

Gambar 3.9 Fungsi Layering pada Perangkat Transmisi

(Sumber: *Introducing the Specification of the metro Ethernet Forum*)

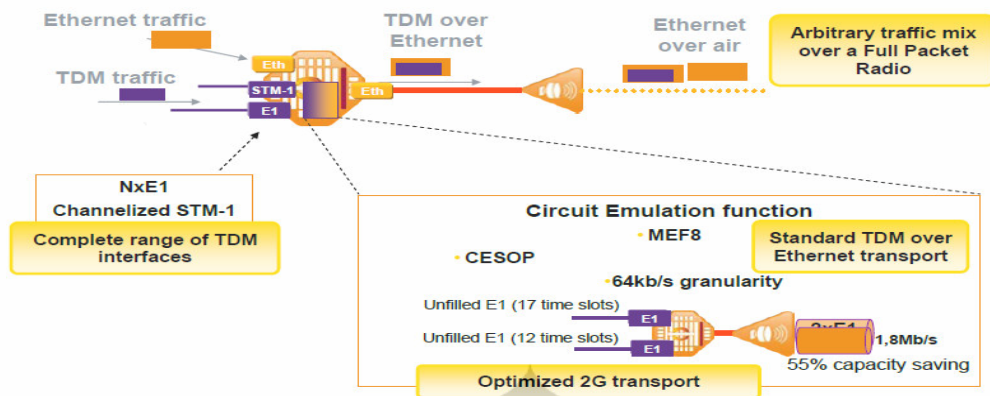
Traffic (Voice) yang berasal dari perangkat TDM akan masuk kedalam TSP. TSP berfungsi sebagai framing [pembentukan frame] da juga untuk multiplexing / demultiplexing. Multiplexing merupakan suatu teknik yang

mengirimkan lebih dari satu informasi kedalam satu saluran. Keluaran dari perangkat TSP yang masih berupa data TDM [DS1, T1, E1, dll] akan masuk ke dalam perangkat CESIWF (*Circuit Emulation Service Inter-Working Function*). Pada CESIWF akan merubah data yang berbasiskan TDM payload di rubah dalam format data Ethernet. Format data yang dihasilkan oleh WESIWF akan berupa *TDM Payload, RTP* dan juga *CES Control Word*. Didalam mapping fungsi dapat disamakan dengan CES Application data.

Data CES Payload yang telah dirubah dalam format data Ethernet, akan masuk kedalam perangkat ECDX. ECDX (*Emulated Circuit De/Multiplexing Fuction*) berfungsi untuk menggabungkan beberapa frame dalam satu paket yang akan dikirim ke dalam tujuan yang sama. Pada perangkat ini juga akan ditambah identifikasi yang unik (ECID).

Susunan perangkat yang terkhir adalah perangkat EFTF (*Ethernet Flow Termination Function*). EFTF ini berfungsi sebagai perangkat yang menambahkan alamat sumber (*source address*) dan alamat yang akan dituju (*destination address*).Keluaran dari EFTF akan siap untuk dikirimkan melewati Ethernet IP yang akan menuju pada alamat tertentu.

MEF (*Metro Ethernet Forum*) telah mendefinisikan tingkat QoS (*Quality of Service*) yang harus dicapai dalam implementasi voice Ethernet. Pada MEF 3 juga telah ditentukan spesifikasi perangkat yang akan digunakan dalam pengimplementasian jaringan backhal berbasis IP. NSN sebagai salah satu vendor yang telah meluncurkan suatu perangkat yang akan digunakan dalam Implemntasi jaringan backhaul IP. Perangkat tersebut dikenal dengan nama Flexy Packet. Pada perangkat Flexy Packet, kita telah menggunakan teknik TDM Over Ethernet. Susunan perangkat tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.10 Susunan perangkat pada Flexi Packet

(Sumber: Presentation of Going IP with NSN)

Pada perangkat Flexy packet, dapat menyalurkan traffic Ethernet maupun packet TDM (PDH maupun SDH). Traffic TDM yang melalui flexy packet tersebut, akan di rubah dari TDM traffic menjadi Ethernet traffic dan juga akan diberikan suatu identifier khusus pada tiap paketnya. Pada perangkat flexy paket terdapat CESIWF yang berfungsi untuk merubah data yang berbasiskan TDM payload di rubah dalam format data Ethernet. Format data yang dihasilkan oleh WESIWF akan berupa *TDM Payload*, *RTP* dan juga *CES Control Word*.

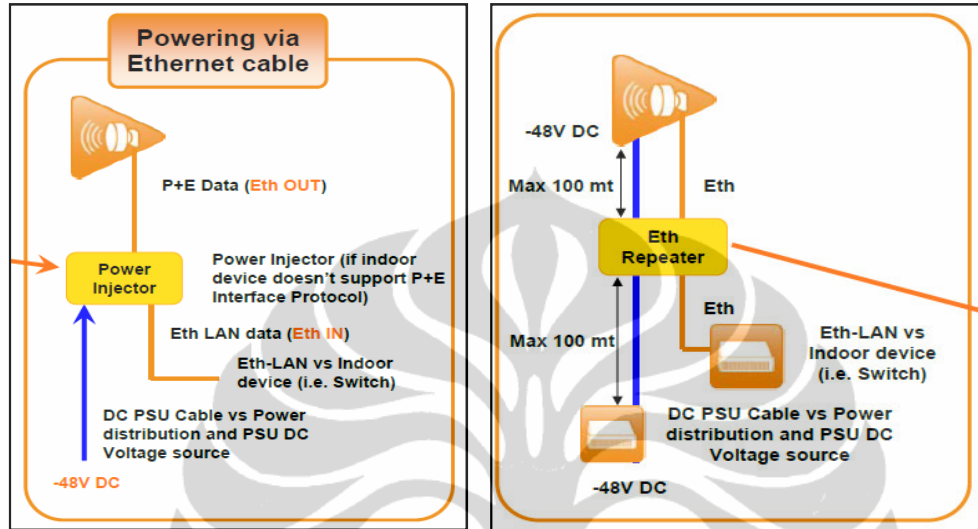
Pada perangkat Flexy packet telah sesuai dengan susunan perangkat yang telah di dispesifikasikan oleh MEF (Metro Ethernet Forum) pada spesifikasi MEF 8. Data yang akan dikirim melalui TDM over Ethernet.

3.2.3 Implementasi *Mobile Backhaul* berbasis IP

Untuk dapat melakukan Analisa Tekno-Ekonomi jaringan secara actual, prinsip umum perencanaan implementasi jaringan harus dipahami. Estimasi jumlah perangkat yang dibutuhkan pada suatu area tertentu sangat penting untuk mendapatkan hasil yang reliable dari Analisa Tekno-Ekonomi yang dilakukan. Pada penelitian ini, perencanaan jaringan mencakup perencanaan jaringan RAN.

Pada Implementasi jaringan *mobile backhaul* berbasis IP, penambahan *module* dilakukan pada dua bagian penting yaitu BTS dan juga BSC. Pada sisi BTS, bagian yang akan diganti adalah pada dua bagian utama yaitu pada bagian ODU (*Outdoor Unit*) dan juga IDU (*Indoor Unit*). Pada penambahan ke dua

bagian tersebut, diperlukan juga suatu kabel ethernet yang menghubungkan antara keduanya. Pada perangkat FlexyPacket, membutuhkan powering secara langsung pada perangkat tersebut. Pada Implementasi FlexyPacket, terdapat 2 macam skenario dalam instalasi dan powering.

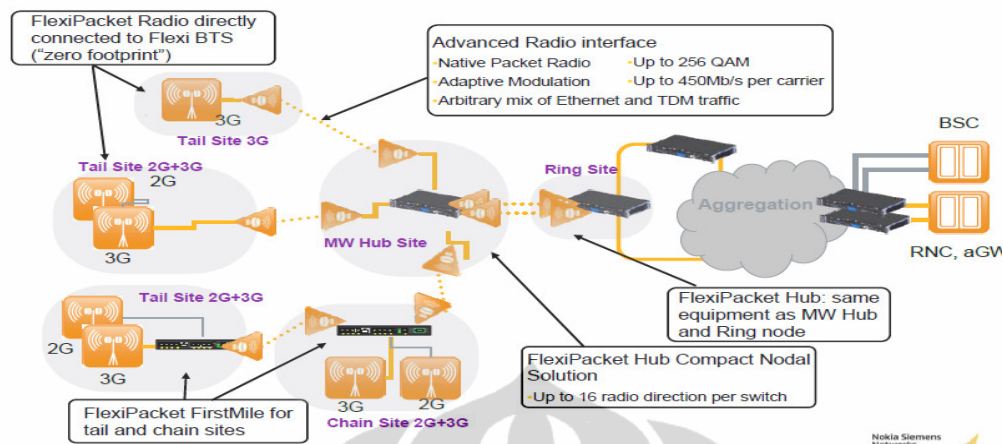


Gambar 3.11 Powering and Installation Skenario

(Sumber: Presentation of Going IP with NSN)

Skenario pertama yaitu powering pada FlexyPacket radio dilakukan via kable ethernet. Pada skenario ini tidak usah membutuhkan kable yang begitu panjang untuk menghubungkan flexypacket yang terpasang sebagai ODU dengan powering yang ada pada shelter. Pada implementasi skenario ini, dibutuhkan suatu tambahan perangkat yaitu power injector. Pada skenario lain, dari FlexyPacket Radio untuk poweringnya dihubungkan secara langsung. Implementasi skenario ini biasanya dilukan pada site rooftop dengan tinggi site tidak terlalu tinggi.

Pada pengimplementasian tiap-tiap tipe perangkat ditentukan oleh kondisi jaringan eksisting dan juga kapasitas yang akan digunakan. Topologi site yang sesuai dengan tipe-tipe perangkat FlexyPacket adalah sebagai berikut:



Gambar 3.12 Topologi Jaringan dengan Flexy Packet

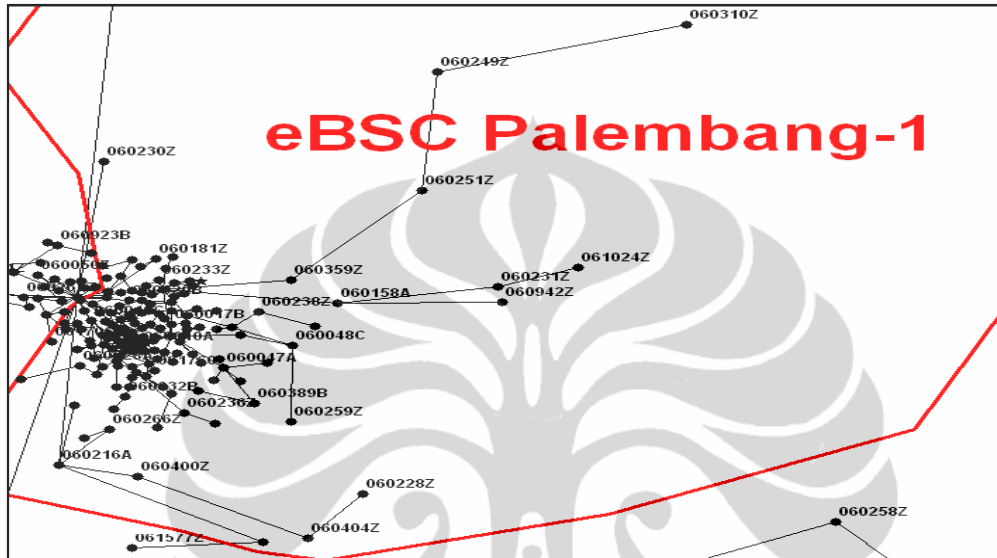
(Sumber: Presentation of Going IP with NSN)

Tipe-tipe site yang akan digunakan berada dalam jaringan eksisting ada bermacam-macam. Untuk site yang hanya dalam satu tempat hanya terdapat satu teknologi baik itu 2G maupun 3G, maka tipe FlexyPacket yang akan digunakan adalah FlexyPacket Radio (ODU). FlexyPacket Radio (ODU) ini dipasang diluar dan tergabung dalam perangkat ODU (Outdoor Unit). Untuk FlexiPacket FirstMile 200 (IDU), digunakan untuk collocated site yaitu antara teknologi 2G and 3G terdapat pada satu tempat sehingga untuk jaringan transmisi bisa di salurkan dalam satu alur jaringan transmisi. Untuk tipe FlexiPacket FirstMile 200 (IDU), juga digunakan untuk site yang berfungsi sebagai mother site pada jaringan multi drop.

Untuk hub site, yaitu site yang membawahi site yang ada di bawahnya dapat menggunakan tipe FlexiPacket Hub. FlexyPacket Hub ini, terdapat berbagai macam tipe yaitu FlexyPacket Hub 800 (IDU) maupun FlexyPacket Hub 1200/2000 (IDU). Jenis dari FlexyPacket Hub ini, tergantung dari kapasitas transmisi yang digunakan. Jenis FlexyPacket Hub ini juga digunakan untuk site yang berfungsi sebagai ring protection untuk suatu kota. Bahkan untuk FlexyPacket Hub juga bisa digunakan untuk site yang menghubungkan BSC yang mempunyai kapasitas yang sangat tinggi.

3.2.4 Arsitektur *Eksisting Jaringan Backhaul Hutchinson PT [HCPT]*

Arsitektur jaringan menggambarkan metodologi jaringan yang akan dibangun selama periode penelitian. Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan jumlah perangkat yang dibutuhkan pada implementasi mobile backhaul IP yang dilakukan pada jaringan backhaul HCPT wilayah Palembang.



Gambar 3.13 Jaringan Eksisting HCPT BSC Palembang

(Sumber: Data jaringan Transmisi CW-45 HCPT)

Perangkat yang digunakan pada jaringan eksisting untuk HCPT wilayah Palembang saat ini adalah dari vendor Nokia Siemens Network. Implementasi mobile backhaul IP, secara otomatis akan mempengaruhi perangkat yang digunakan. Perangkat lama / eksisting yang digunakan adalah perangkat berbasis TDM, sedangkan perangkat yang baru akan menggunakan teknologi baru yang berbasis IP.

Pada Implementasi *Mobile Backhaul* berbasis IP, bagian yang mengalami perubahan adalah pada sisi RAN (*Radio Access Network*). Pada Implementasi *mobile backhaul* berbasis IP hanya diperlukan tambahan modul/card pada sisi antar BTS yang saling menghubungkan satu jaringan transmisi sampai dengan BSC. Modul yang diganti pada implementasi backhaul IP adalah pada bagian ODU (*Outdoor Unit*) dan juga Indoor Unit. Pada penelitian ini, implementasi *mobile backhaul* berbasis IP hanya dipasang pada jaringan eksisting dan tidak digunakan pada implementasi jaringan baru / penambahan site baru dengan

pertimbangan jumlah site eksisting sudah dapat mencakup semua layanan di semua wilayah yang ada di Palembang.

Penambahan modul/card tidak hanya diperlukan pada BTS eksisting, namun hal tersebut juga diperlukan pada perangkat BSC. Perangkat baru yang digunakan untuk Implementasi *mobile backhaul* berbasis IP yaitu *FlexyPaket* yang merupakan perangkat dari vendor *Nokia-Siemens Network*.

Pada penelitian ini, object yang akan diteliti yaitu pada area Palembang yaitu pada BSC Palembang1 [BSC 20]. Jumlah site yang dicover pada BSC Palembang tersebut berjumlah 121 site. Untuk total hop yang ada di BSC tersebut terdapat 117 hop. Jenis dari beberapa site tersebut berbeda-beda, yaitu hop yang menghubungkan antara end-site dengan hub-site, hop yang menghubungkan antara hub-site dengan hub-site, dan hop yang menghubungkan hub-site dengan ring site.

Pada jaringan HCPT yaitu pada area Palembang, terdapat 4 site utama yang terhubung, yang membentuk suatu Ring, yang berfungsi sebagai *protection*, ketika jaringan tersebut terputus. Ring protection tersebut, menghubungkan antara site 067001 yang berfungsi sebagai BSC pada BSC Palembang1 [BSC 20], site 060034, 060035 dan 060026. Hal ini sangat diperlukan untuk dibuat suatu ring protection, mengingat hop ring antar site tersebut memiliki kapasitas yang sangat besar. Selama ini ring protection yang ada pada daerah Palembang masih menggunakan teknologi TDM yaitu menggunakan SDH. Selain ring protection, site-site tersebut juga dijadikan hub-site yang berfungsi untuk menghubungkan beberapa site untuk menuju ke BSC.

3.3 CAPEX

CAPEX atau *Capital Expenditure* adalah biaya modal investasi yang harus dikeluarkan perusahaan. Perhitungan total CAPEX yang dibutuhkan untuk implementasi jaringan *mobile backhaul* IP dilakukan dengan cara mengkalikan total kebutuhan perangkat dalam implementasi *mobile backhaul* IP pada area tertentu dengan harga dari perangkat baru tersebut. Perhitungan nilai CAPEX akan tetap mengacu pada harga yang sebenarnya. Dikarenakan kerahasiaan data, maka dalam penelitian ini tidak dapat ditampilkan harga yang sebenarnya pada

masing-masing perangkat yang dibutuhkan. Namun perhitungan nilai CAPEX pada penelitian ini tetap mengacu pada harga yang sebenarnya.

Tabel 3.3 Tabel CAPEX untuk Implementasi Backhaul IP

KEBUTUHAN TRANSMISI TARGET ROLL OUT 2012								
No	SITE ID	Link SITE NAME	TOTAL HOP			PRICE		
			Hub Site to End Site	Hub Site to Hub Site	Ring Site to Hub Site	EQUIPMENT (USD)	LOKAL MATERIAL (IDR)	SERVICES (IDR)
1	060034	Tanjung Panda / Sialang	13	7	4	48,936.00	117,768,000.00	187,200,000.00
2	060035	Puncak Sekuning/Lorong Pakjo	15	5	6	52,005.00	127,582,000.00	202,800,000.00
3	060026	Yos Sudarso/3 Ilir (B)	19	2	7	59,219.00	147,210,000.00	234,000,000.00
4	067001	BSC Palembang				76,713.00	191,373,000.00	117,000,000.00
						USD 236,873.00	IDR 583,933,000.00	IDR 741,000,000.00
							IDR 1,324,933,000.00	

Pada table di atas terlihat bahwa besarnya CAPEX berdasarkan dari biaya Equipment / perangkat, Biaya Lokal Material, dan juga biaya service. Biaya yang dikeluarkan dihitung tiap 1 link jaringan yang menghubungkan antara BTS yang satu dengan BTS yang lain. Dan total hop / link jaringan yang terdapat pada BSC Palembang1 [BSC 20] pada operator X adalah berjumlah 117 hop / link yang terhubung. Hop / link ini mencakup hop yang terdapat pada ring protection yang ada di kota Palembang. Dalam perhitungan CAPEX pada implementasi mobile backhaul IP ini, biaya CAPEX yang dikeluarkan terdiri dari 3 macam biaya, yaitu biaya Equipment (perangkat yang digunakan), biaya local material (biaya-biaya tambahan yang diperlukan pada pemasangan perangkat Flexy Packet), dan juga biaya service (biaya yang diperlukan untuk instalasi, pengiriman barang dan commissioning perangkat). Total biaya perangkat (Equipment) yang diperlukan pada implementasi backhaul IP adalah sebesar USD 266.564,00 atau senilai IDR 2.114.937.500,33 [Tabel 3.3]. Sedangkan biaya Local Material yang diperlukan pada implementasi mobile backhaul berbasis IP adalah senilai IDR 583.933.000,00. Biaya local material ini termasuk tinggi dikarenakan pada implementasi backhaul IP ini memerlukan beberapa perangkat tambahan. Untuk biaya service yang harus dikeluarkan adalah senilai IDR 741.000.000,00. Sehingga total CAPEX yang harus dikeluarkan pada implementasi backhaul IP pada BSC Palembang adalah senilai 3.439.870.500,00 [Tabel 3.3].

3.4 OPEX

Selain memperhitungkan berapa besar CAPEX yang dibutuhkan, hal selanjutnya yang tidak kalah penting untuk dilakukan adalah menghitung besarnya nilai OPEX. OPEX atau *Operating Expenditure* merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan kegiatan operasional dan pemeliharaan (*Operation & Maintenance*) terkait layanan yang ditawarkan.

Untuk menentukan besarnya biaya repair and maintenance dan network monitoring, digunakan asumsi yang sering digunakan pada operator yaitu sebagai berikut:

- Besarnya biaya Operation and maintenance (O & M) pada sisi transmisi setelah menggukan perangkat IP transmisi atau Flexy Packet adalah sebesar 5% dari biaya equipment (harga CAPEX perangkat).

Penggunaan asumsi 5%, berdasarkan dari deep discussion dengan pihak terkait pada operator HCPT. Operator HCPT untuk maintenance dan pemeliharaan dilimpahkan pada pihak vendor, sebagai *provider* perangkat yang digunakan. Sehingga membutuhkan biaya pemeliharaan untuk setiap tahunnya. Komposisi dari pengeluaran 5% adalah sebagai berikut:

- 3%: Dialokasikan untuk biaya jasa pemeliharaan dan maintenance dari peerangkat yang akan diimplementasikan.
- 2%: Dialokasikan untuk pergatian perangkat. Dalam hal ini, pengalokasian diperlukan untuk pergantiaan dari perangkat utama dan local material. Pada bagian ini, factor yang diperhatikan adalah factor perangkat dan factor life time.

Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan asumsi diatas maka biaya OPEX yang dibutuhkan untuk implementasi mobile backhaul IP untuk jaringan Oprator-A pada BSC Palembang [20] adalah sebagai berikut:

Tabel 3.4 OPEX yang diperlukan untuk implementasi backhaul IP

No	Kegiatan	OPEX				
		2011	2012	2013	2014	2015
1	Operation and Maintenance	171993525	171993525	171993525	171993525	171993525

BAB IV

ANALISIS EKONOMI

4.1 Nilai Ekonomis pada Implementasi *Mobile Backhaul IP*

Dari hasil-hasil yang telah dikemukakan pada pembahasan sebelumnya, akan dilakukan Analisis kelayakan investasi berdasarkan biaya yang telah dan akan dikeluarkan serta pendapatan yang akan diterima selama periode investasi tersebut. Keluaran dari Analisis bisnis ini akan berupa nilai dari parameter-parameter seperti NPV dan IRR yang akan digunakan sebagai indikator dalam penentuan kelayakan bisnis.

Setelah pada sebelumnya telah dilakukan tahap input dari analisis tekno ekonomi, maka pada bagian ini akan dibahas mengenai output dari analisis yang dilakukan pada implementasi jaringan *mobile backhaul IP*. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, output dari analisis tekno ekonomi adalah nilai ekonomis investasi jaringan sehingga dapat diketahui tingkat profitabilitas investasi yang akan dilakukan yang dapat dijadikan acuan untuk mengukur profitabilitas investasi, yaitu:

- Pendapatan
- FIC (*First Installed Cost*)
- LCC (*Life Cycle Cost*)
- NPV (*Net Present Value*)
- IRR (*Internal Rate of Return*)
- *Payback Period*

4.1.1 Pendapatan

Pada bagian ini akan dibahas mengenai pendapatan yang dihasilkan oleh setiap layanan yang ditawarkan pada periode 2011-2015. Setiap operator akan selalu mengharapkan pendapatan yang semaksimal mungkin untuk mengganti biaya investasi yang telah dikeluarkan yang dalam hal ini adalah pengimplementasian jaringan *mobile backhaul IP* pada jaringan *backhaul* eksisting Operator HCPT.

Di dalam tesis ini, untuk perhitungan pendapatan operator didapatkan dari konversi dari traffic untuk mendapatkan data pendapatan. Hal ini dikarenakan operator HCPT tidak bisa mengeluarkan data yang sebenarnya karena data tersebut merupakan data yang bersifat rahasia. Dengan menggunakan data traffic voice pada tiap-tiap site, maka akan didapatkan data pendapatan pada tiap site tersebut. Perhitungan data tersebut dihitung berdasarkan asumsi-asumsi yang telah ditentukan pada table di bawah ini. Total pendapatan tersebut merupakan hasil penjumlahan dari keseluruhan pendapatan pada semua site under BSC Palembang (BSC 20). Nilai pendapatan yang dihasilkan bukan merupakan data yang sebenarnya, akan tetapi tingkat perbandingan besar pendapatan mendekati data yang sebenarnya karena mendekati rasio traffic yang ada dalam tiap site. Pada perhitungan pendapatan, dalam tesis ini menggunakan beberapa asumsi-asumsi yang digunakan diantaranya:

Tabel 4.1 Asumsi yang ditentukan pada perhitungan pendapatan

No	Asumsi	Keterangan	
1	antar pelanggan 3	1 menit	150
2	antar operator	1 menit	1000
3	Hanya menghitung layanan voice atau tanpa menghitung pendapatan data		
4	Tidak menghitung pendapatan dari sisi SMS		
5	Distribusi Pelanggan	antar pelanggan 3	70%
		antar operator	30%
6	Asumsi tanpa tarif promo, pendapatan dihitung berdasarkan dari harga normal		
7	Asumsi pendapatan pada sisi RAN	30% dari Total pendapatan	

Dari data traffic yang didapatkan maka pada tesis ini dokonversi dengan beberapa asumsi yaitu untuk tarif operator antar 3 sebesar 150 dan tarif dan tariff antar operator adalah 1000. Asumsi distribusi pelanggan traffic yaitu 70% dari total traffic tiap site merupakan panggilan antar pelanggan 3, sedangkan distribusi pelanggan untuk antar operator sebesar 30%. Asumsi tersebut merupakan tarif dasar dari operator HCPT tiap panggilan per-menit. Akan tetapi, dalam tesis ini tidak memperhitungkan akan adanya tariff promo dari operator 3. Dengan menggunakan asumsi di atas dan prediksi pada scenario layanan, maka didapatkan total pendapatan pada tahun pertama. Asumsi pendapatan dari sisi RAN dihitung 30% dari pendapatan total keseluruhan dari seluruh jaringan. Perhitungan untuk pendapatan pertama dan tahun berikutnya pada masa investasi ditunjukkan pada table 4.2.

Tabel 4.2 Prediksi perhitungan pendapatan pada tahun penelitian

Prediction Revenue		2011	2012	2013	2014	2015
Pendapatan Voice		100%	105%	110%	115%	120%
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)	19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)	7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05	5982992.4
	antar operator	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45	2564139.6
Pendapatan Voice	@ merit (antar pelanggan 3)	150	44872443000	47116065150	49359687300	51603309450
	@ merit (antar operator)	1000	1.28207E+11	1.34617E+11	1.41028E+11	1.47438E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	17948977200	18846426060	19743874920	20641323780
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	38462094000	40385198700	42308303400	44231408100
Total Pendapatan		56411071200	59231624760	62052178320	64872731880	67693285440
Asumsi			Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan	16923321360	17769487428	18615653496	19461819564	20307985632
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan	IDR 3.384.664.272	IDR 3.553.897.485	IDR 3.723.130.699	IDR 3.892.363.912	IDR 4.061.597.126

Dengan menggunakan asumsi kenaikan traffic pada layanan voice sebesar 5% untuk tiap tahun, maka di dapatkan data tiap tahun pada periode penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Prediksi Pendapatan Operator pada tahun pertama dan tahun berikutnya pada masa Investasi

Dari grafik tersebut menjelaskan bahwa pada tahun pertama dan tahun selanjutnya pada masa investasi diprediksi mengalami kenaikan traffic dengan asumsi sebesar 5%. Pada tahun pertama, pendapatan yang diperoleh oleh operator dengan asumsi hanya pendapatan pada sisi RAN adalah sebesar Rp. 3.384.664.272,00.

4.1.2 First Installed Cost

Untuk mendapatkan nilai dari total investasi, investasi masa depan dihitung secara discount ke awal periode dengan menggunakan formula discount

konvensional. Total biaya investasi discount (total discounted investment cost) biasanya dinamakan Biaya Investasi Awal (*First Installed Cost*).

Total biaya yang tertera adalah total biaya investasi atau CAPEX (*Capital Expenditure*) dari implementasi jaringan backhaul IP pada wilayah Palembang. Pada implementasi jaringan backhaul IP ini, periode investasi hanya dilakukan pada tahun pertama. Sedangkan pada tahun-tahun berikutnya pada periode penelitian. Hal ini dikarenakan pada implementasi ini hanya dilakukan swap perangkat atau upgrade perangkat pada sisi transmisi / RAN dari teknologi lama yaitu teknologi TDM ke dalam teknologi yang lebih canggih yaitu teknologi backhaul berbasis IP.

Dengan demikian nilai *First Installed Cost*, mempunyai nilai yang sama dengan CAPEX pada pengimplementasian backhaul IP yaitu sebesar Rp. 3.439.870.500,00. Nilai CAPEX tersebut merupakan penjumlahan dari Total biaya [*equipment*], biaya *local material*, dan biaya *service*.

4.1.3 *Life Cycle Cost*

Nilai *Life Cycle Cost* memberikan total biaya pembangunan dan pengoperasian jaringan selama periode investasi. Sama halnya dengan perhitungan *First Installed Cost*. Perhitungan *Life Cycle Cost* juga menggunakan tingkat diskon tertentu dan menggunakan rumus yang sama digunakan pada FIC. Dalam thesis ini periode investasi akan dilakukan hanya pada tahun pertama.

Perhitungan *Life Cycle Cost* menggunakan tingkat diskon tertentu berdasarkan suku bunga bank periode awal investasi. Besarnya diskon yang diperlukan pada periode investasi ini adalah 12,5%.

Rumus LCC yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$FIC = \sum (Biayan / (1 + Tingkat Diskon)^n) \dots \dots \dots (4.1)$$

Dimana:

n = periode investasi → tahun pertama investasi dimulai dari 0

Tabel di bawah ini memperlihatkan besarnya *Life Cycle Cost* yang didapatkan tiap tahun pada periode penelitian.

Tabel 4.3 Tabel Perhitungan nilai LCC

Life Cycle Cost						
Jenis Biaya	0	1	2	3	4	TOTAL
CAPEX	3,439,870,500					
OPEX	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	
Total Biaya	3,611,864,025	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	
Diskonto	3,611,864,025	152,883,133	135,896,119	120,796,550	107,374,711	4,128,814,538

Jika dengan mengetahui FIC kita dapat mengetahui berapa nilai investasi seluruh periode diukur dengan nilai uang saat ini. Maka dengan menggunakan *Life Cycle Cost* kita dapat mengetahui seluruh biaya tidak hanya biaya investasi tetapi juga biaya operasional dan perawatan yang diperlukan selama periode investasi dengan nilai uang saat ini. Total biaya LCC yang diperlukan pada periode penelitian adalah sebesar IDR 3.969.201.222.

4.1.4 *Net Present Value*

Metode ini menghitung selisih antara nilai investasi saat ini dengan nilai penerimaan kas bersih dimasa yang akan datang. Untuk menghitung nilai sekarang perlu ditentukan terlebih dahulu tingkat suku bunga yang dianggap relevan. Apabila nilai sekarang penerimaan –penerimaan kas bersih dimasa yang akan datang lebih besar daripada nilai investasi sekarang, maka proyek ini dikatakan menguntungkan sehingga diterima. Sedangkan apabila nilai NPV bernilai negative atau lebih kecil daripada nilai investasi sekarang proyek ini akan ditolak, karena dinilai tidak menguntungkan.

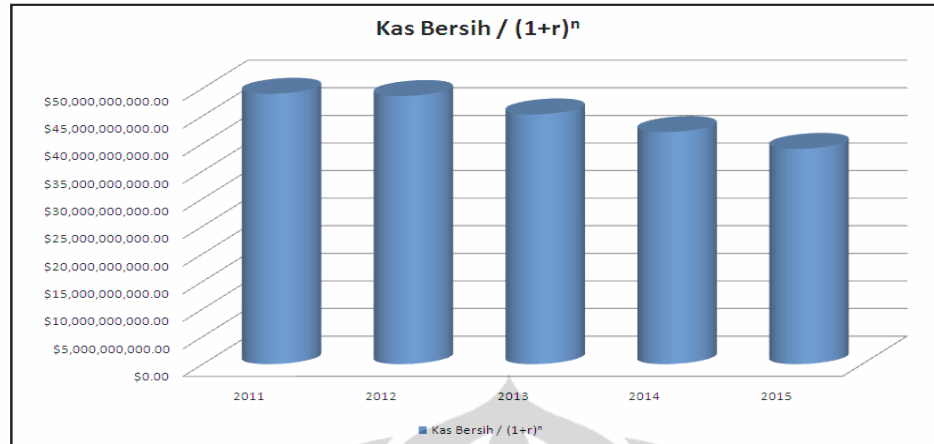
Pada penelitian ini, perhitungan NPV dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$NPV = \frac{\text{Kas Bersih 1}}{(1+r)^1} + \frac{\text{Kas Bersih 2}}{(1+r)^2} + \dots + \frac{\text{Kas Bersih N}}{(1+r)^n} \dots\dots\dots(4.2)$$

dimana:

r = tingkat diskon / discount rate. Dalam satuan ”%”.

n = periode investasi. Dalam satuan ”tahun”



Gambar 4.2 Hasil perhitungan kas bersih pada periode penelitian diitung pada masa sekarang

Pada grafik di atas ini menunjukkan besarnya kas bersih tiap-tiap tahun dibandingkan dengan nilai $(1+r)^n$. Dalam perhitungan ini, besarnya kas bersih merupakan besarnya pendapatan dikurangi biaya operasional {Operation and Maintenance}. Dari perhitungan pada tabel 4.4 terlihat bahwa nilai kas bersih peendapatan dari tahun ke tahun adalah semakin naik, akan tetapi jika nilai kas pendapatan tersebut jika dilihat pada saat ini dari tahun ke tahun akan mengalami penurunan. Hal ini seperti terlihat pada gambar 4.2. Nilai NPV yang diperoleh pada terhitungn tabel 4.4 merupakan nilai total kas bersih dibagi $(1+r)^n$ dikurangi investasi awal (CAPEX).

Tabel 4.4 Table Perhitungan NPV pada Investasi Backhaul IP

No.	Tahun	2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor	3,384,664,272	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126
2	Biaya					
	Biaya Operasional (OPEX)	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
	TOTAL	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500				
4	Kas Bersih	3,212,670,747	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601
5	$(1+r)^n$	1.125	1.265625	1.423828125	1.601806641	1.802032471
6	Kas Bersih / $(1+r)^n$	2855707331	2672121648	2494077137	2322608918	2158453671
7	Total			12502968704.39		
8	NPV			9,063,098,204		

Pada table perhitungan di atas dapat dilihat bahwa nilai perhitungan NPV dari implementasi backhaul IP adalah sebesar IDR 9.063.098.204,00. Nilai NPV tersebut di atas mempunyai nilai positif. Dengan nilai NPV ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pada implementasi backhaul IP ini sangat menguntungkan dan memiliki tingkat profitabilitas yang cukup tinggi.

4.1.5 Internal Rate of Return

Metode ini menghitung nilai suku bunga yang menyamakan nilai investasi saat ini dengan nilai penerimaan kas bersih dimasa mendatang. IRR ini merupakan tingkat bunga tertentu yang membuat NPV dari semua aliran kas (baik positif/negative) adalah nol (NPV = 0). Apabila tingkat bunga saat ini lebih besar daripada tingkat bunga relevan (tingkat keuntungan yang diisyaratkan), maka investasi dikatakan menguntungkan, kalau lebih kecil berarti proyek ini dikatakan merugi.

Asumsi tingkat bunga yang digunakan untuk saat ini adalah sebesar 12.5%. Pada penelitian ini, perhitungan IRR dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$NPV = 0 = \frac{CF_1}{(1+i)^1} + \frac{CF_2}{(1+i)^2} + \frac{CF_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{CF_n}{(1+i)^n} - OI \dots\dots\dots(4.3)$$

dimana:

CF = arus kas

I = biaya modal / tingkat suku bunga yang dicari pada NPV = 0

n = periode investasi. Dalam satuan "tahun"

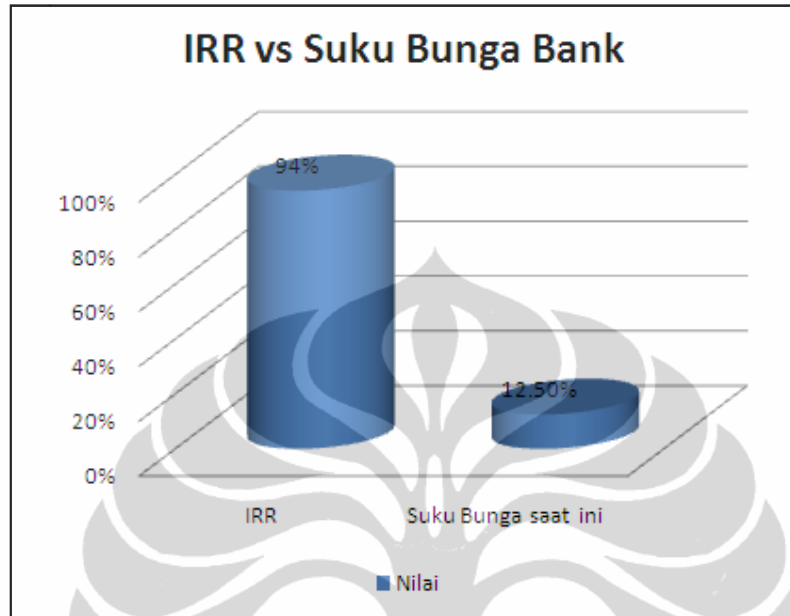
OI = investasi awal

Tabel 4.5 Table Perhitungan IRR pada Investasi Backhaul IP

No.	Tahun	2011	2012	2013	2014	2015	
1	Pendapatan Kotor	3,384,664,272	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126	
2	Biaya						
	Biaya Operasional	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	
	TOTAL	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500					
4	Laba Bersih	3,212,670,747	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601	
5	Net Cash Flow	-3,439,870,500	3,212,670,747	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601
	IRR =	94%					

Pada penelitian ini, nilai IRR di atas di dapatkan dengan menggunakan formula IRR yang tersedia dalam Microsoft Excell. Untuk nilai IRR, investasi dikatakan menguntungkan jika nilai IRR yang didapatkan lebih besar dari pada tingkat diskon yang digunakan / tingkat suku bunga bank saat ini. Gambar 4.2

menunjukkan grafik perbandingan antara nilai IRR dengan tingkat suku bunga bank saat ini.



Gambar 4.3 Perbandingan antara IRR Investasi dengan Suku Bunga Bank

Nilai IRR yang didapatkan dari perhitungan adalah 96%. Asumsi tingkat suku bunga saat ini adalah sekitar 12.5%, sehingga nilai IRR yang dihasilkan melebihi tingkat diskon yang digunakan / tingkat suku bunga saat ini. Hal ini menunjukkan bahwa pada implementasi backhaul IP ini merupakan investasi yang menguntungkan.

4.1.6 Payback Period (PBP)

Payback Period adalah periode waktu yang diperlukan untuk mengambalikan investasi yang telah dikeluarkan. *Payback Period* dihitung dengan menggunakan aliran kas normal. *Payback Period* yaitu total nilai initial investment dibagi dengan flow cash (pendapatan). Pada penelitian ini, flow cash pada setiap periode tidak sama, sehinggalan perhitungan *Payback Period* dilakukan dengan 2 tahap, yaitu menghitung PBP awal yang dapat dilakukan dengan mengurangi investasi dengan cash flow pertama, kedua, dst.

Pada penelitian ini, perhitungan Payback Period (PBP) dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$= n + \frac{a - b}{c - b} \times 1 \text{ tahun} \dots\dots\dots(4.4)$$

dimana:

n = tahun terakhir dimana jumlah arus kas masih belum bisa menutup investasi mula-mula

a = jumlah investasi mula-mula

b = jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke – n

c = jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke – n + 1

Aliran kas yang ada pada periode penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Aliran Kas Kumulatif

Tahun	Arus kas	Arus kas kumulatif
1	3,212,670,747	3,212,670,747
2	3,381,903,961	6,594,574,708
3	3,551,137,174	10,145,711,882
4	3,720,370,388	13,866,082,270
5	3,889,603,601	17,755,685,871

Dari perhitungan dengan rumus di atas maka diperoleh bahwa PBP (Payback Period) diperoleh nilai 1.046. Hal ini berarti bahwa nilai investasi yaitu pada CAPEX akan kembali setelah 1.067 tahun atau 1 tahun 0.8 bulan pada periode investasi / penelitian.

4.2 Analisis Resiko

Selain parameter input hasil keluaran/output, komponen penting dari metodologi tekno ekonomi yang dikembangkan EU proyek adalah Analisis Resiko. Analisis ini diperlukan karena adanya resiko dan ketidakpastian untuk setiap investasi yang ditanamkan. Baik tidaknya suatu keputusan berinvestasi tergantung pada informasi yang dimiliki. Informasi yang relevan dan berguna adalah kunci untuk memprediksi tingkat resiko kondisi ekonomi dimasa yang akan datang dan memilih pilihan investasi terbaik. Pada penelitian ini akan digunakan analisis sensitivitas untuk menganalisis resiko yang kemungkinan

dihadapi selama periode investasi. Pada Analisis resiko tesis ini akan menggunakan analisis sensitivitas.

4.2.1 Analisis Sensitifitas

Pada prinsipnya analisis sensitifitas merupakan teknik yang sederhana untuk menemukan dan menilai dampak resiko yang potensial pada suatu investasi. Teknik ini tidak dimaksudkan untuk mengukur resiko, tetapi untuk mengidentifikasi dampak berubahnya asumsi penting yang digunakan pada NPV. Dengan teknik ini factor kritis yang berpengaruh besar pada tingkat profitabilitas suatu investasi dapat diidentifikasi. Tetapi teknik ini tidak mengevaluasi resiko. Pengambilan keputusan masih harus mengkaji kemungkinan kejadian ini dari nilai-nilai yang diharapkan.

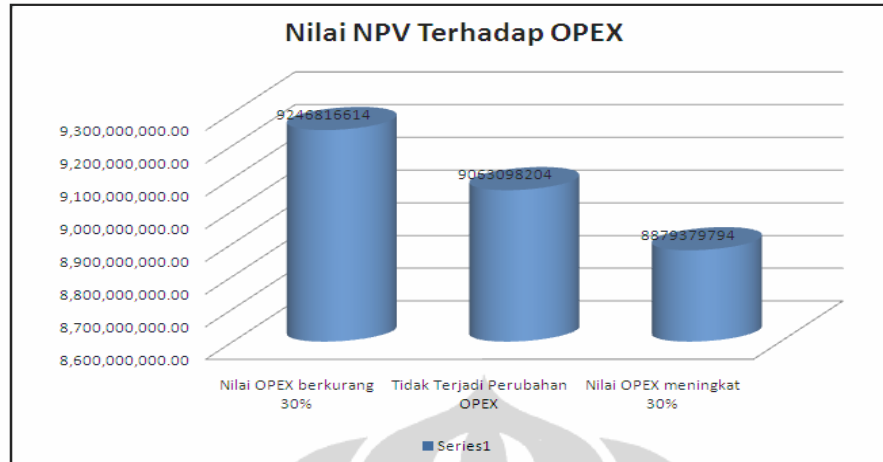
Dalam penelitian ini, beberapa factor yang akan dilihat dampak perubahannya terhadap NPV adalah:

- OPEX
- Nilai tukar dolar
- Tingkat diskon / *discount rate*
- Jumlah pelanggan [total traffic]
- Tarif

Untuk melihat seberapa besar pengaruh perubahan nilai beberapa factor diatas terhadap nilai NPV, maka beberapa factor diatas diasumsikan berkurang dan meningkat sebesar 30%. Dengan asumsi perubahan tersebut maka didapatkan nilai NPV yang baru.

4.2.1.1 Analisis Tingkat Perubahan pada OPEX

Tingkat ketidakpastian OPEX cukup tinggi karena dipengaruhi oleh kegiatan operasional dan maintenance yang diperlukan pada jaringan. Tingkat perubahan nilai NPV terhadap nilai besarnya OPEX dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

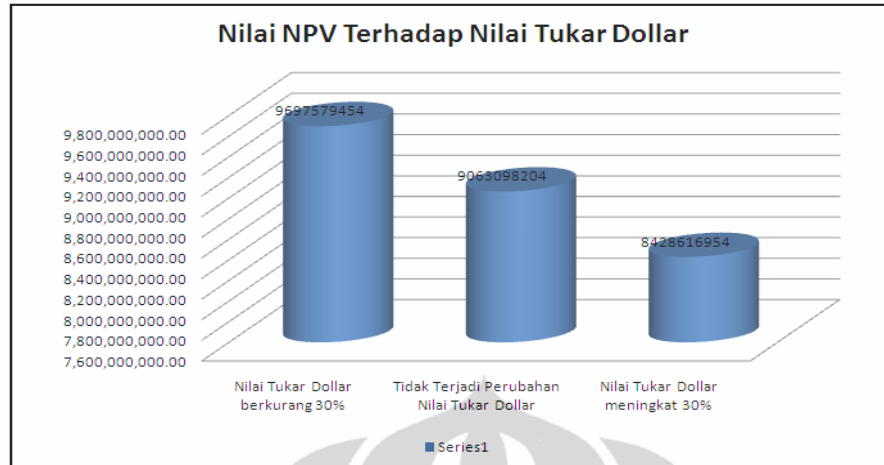


Gambar 4.4 Perubahan nilai NPV terhadap OPEX

Tingkat perubahan nilai NPV dilihat berdasarkan perubahan nilai OPEX yang berkurang 30%, tidak terjadi perubahan OPEX dan berdasarkan nilai OPEX yang meningkat 30%. Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa dengan penurunan nilai OPEX 30%, maka didapatkan nilai NPV yang lebih besar dari nilai NPV normal yaitu IDR 9.246.816.614,00. Sedangkan dengan kenaikan nilai OPEX yaitu sebesar 30% maka akan didapatkan nilai NPV yang lebih kecil dari pada nilai NPV dengan nilai OPEX normal yaitu IDR 8.879.379.794,00. Sehingga dapat dikatakan nilai NPV terhadap nilai OPEX adalah berbanding terbalik, yaitu semakin besar nilai OPEX, maka nilai NPV akan semakin turun [keuntungan akan semakin kecil].

4.2.1.2 Analisis Tingkat Perubahan pada Nilai Tukar Dollar

Tingkat ketidakpastian nilai tukar dollar sangat tinggi karena nilai tukar ini dipengaruhi banyak faktor ekonomi lainnya baik dari dalam dan luar negeri maupun dari dunia internasional. Di dalam thesis ini akan diperhitungkan nilai NPV pada saat nilai tukar dollar meningkat sebesar 30% dan pada saat nilai tukar dollar turun hingga 30%. Tingkat perubahan nilai NPV terhadap nilai besarnya Nilai Tukar Dollar dapat dilihat pada grafik 4.5.

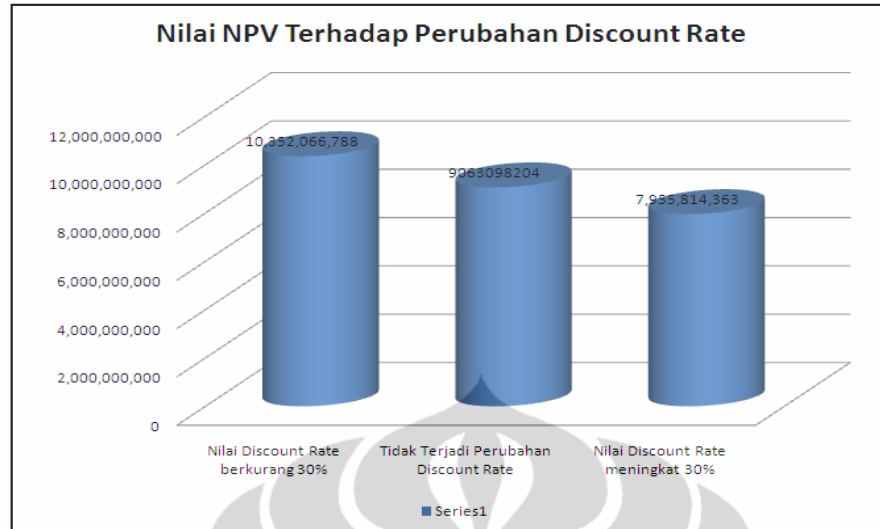


Gambar 4.5 Perubahan nilai NPV terhadap Nilai Tukar Dollar

Tingkat perubahan nilai NPV dilihat berdasarkan perubahan nilai tukar dollar yang menurun 30%, tidak terjadi perubahan nilai tukar dollar dan berdasarkan nilai kenaikan nilai tukar dollar sebesar 30%. Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa dengan penurunan nilai tukar dollar 30%, maka didapatkan nilai NPV yang lebih besar dari nilai NPV normal yaitu IDR 9.697.579.454,00. Sedangkan dengan kenaikan nilai tukar dollar yaitu sebesar 30% maka akan didapatkan nilai NPV yang lebih kecil dari pada nilai NPV dengan tidak terjadi perubahan nilai tukar dollar yaitu IDR 8.879.379.794,00. Sehingga dapat dikatakan nilai NPV terhadap nilai nilai tukar dollar adalah berbanding terbalik, yaitu semakin besar nilai kenaikan nilai tukar dollar, maka nilai NPV akan semakin turun [keuntungan akan semakin kecil].

4.2.1.3 Analisis Tingkat Perubahan pada Nilai *discount rate*

Tingkat diskon juga merupakan suatu hal yang tidak pasti dan mempengaruhi profitabilitas investasi. Pada thesis ini akan dihitung pada saat nilai *discount rate* mengingkat 30% dan juga nilai pada saat turun hingga 30%. Tingkat perubahan nilai NPV terhadap nilai besarnya *discount rate* dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

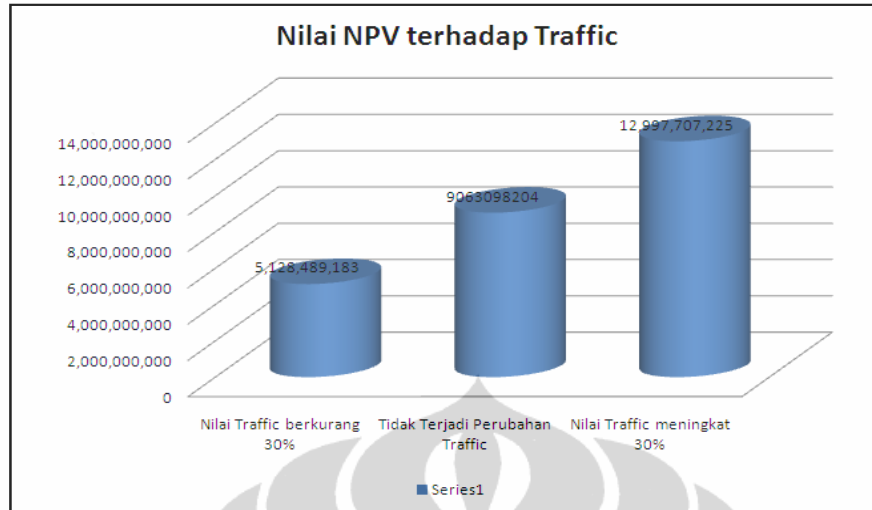


Gambar 4.6 Perubahan nilai NPV terhadap Perubahan Discount Rate

Tingkat perubahan nilai NPV dilihat berdasarkan perubahan nilai *discount rate* yang berkurang 30%, tidak terjadi perubahan nilai *discount rate* dan berdasarkan nilai *discount rate* yang meningkat sebesar 30%. Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa dengan berkurangnya nilai *discount rate* sebesar 30%, maka didapatkan nilai NPV yang lebih besar dari nilai NPV normal yaitu IDR 10.352.066.787,00. Sedangkan dengan kenaikan bertambahnya nilai *discount rate* yaitu sebesar 30% maka akan didapatkan nilai NPV yang lebih kecil dari pada nilai NPV dengan tidak terjadi perubahan nilai tukar dollar yaitu IDR 7.955.814.363,00. Sehingga dapat dikatakan nilai NPV terhadap nilai nilai tukar dollar adalah berbanding terbalik, yaitu semakin besar nilai kenaikan nilai tukar dollar, maka nilai NPV akan semakin turun [keuntungan akan semakin kecil].

4.2.1.4 Analisis Tingkat Perubahan pada data *voice traffic*

Ketika investasi dilakukan, tidak ada yang memastikan apakah data traffic pelanggan yang menggunakan layanan yang ditawarkan sesuai dengan tingkat prediksi yang ditentukan. Oleh karena itu variabel ini sangat penting untuk diikutsertakan dalam analisis ini. Tingkat perubahan nilai NPV terhadap nilai besarnya data traffic pelanggan dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

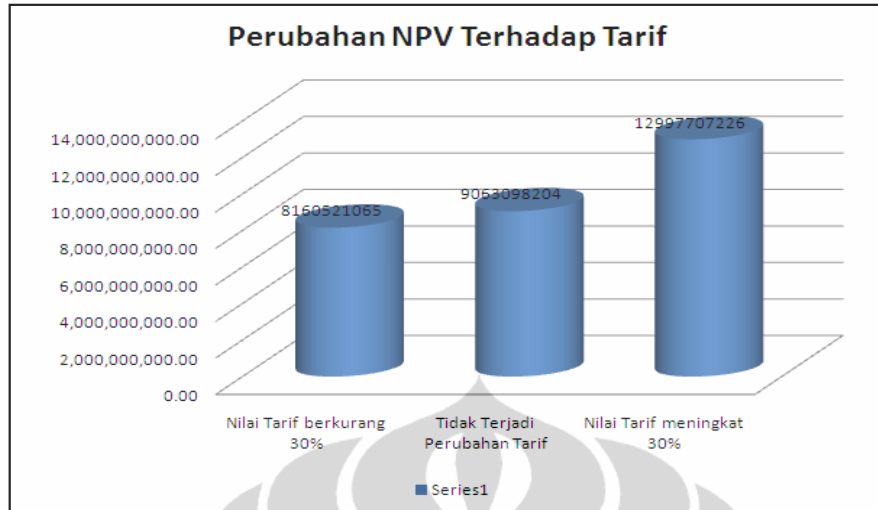


Gambar 4.7 Perubahan nilai NPV terhadap Perubahan data Voice Traffic

Tingkat perubahan nilai NPV ini akan dilihat berdasarkan 3 kriteria, yaitu dilihat berdasarkan perubahan data traffic pelanggan yang berkurang 30%, tidak terjadi perubahan data traffic pelanggan dan berdasarkan data traffic pelanggan yang meningkat sebesar 30%. Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa dengan berkurangnya nilai data traffic pelanggan sebesar 30%, maka didapatkan nilai NPV yang lebih kecil dari nilai NPV normal yaitu IDR 5.128.489.182,00. Sedangkan dengan kenaikan bertambahnya data traffic pelanggan yaitu sebesar 30% maka akan didapatkan nilai NPV yang lebih besar dari pada nilai NPV dengan tidak terjadi perubahann nilai tukar dollar yaitu IDR 12.997.707.225,00. Sehingga dapat dikatakan nilai NPV terhadap nilai nilai tukar dollar adalah berbanding lurus, yaitu semakin besar nilai kenaikan nilai tukar dollar, maka nilai NPV akan semakin besar juga [keuntungan akan semakin bertambah besar].

4.2.1.5 Analisis Tingkat Perubahan pada nilai tarif

Ketika investasi dilakukan, penentuan tarif merupakan faktor penting yang menentukan untung ruginya suatu investasi. Pada thesis ini akan di bandingkan juga perbandingan kenaikan dari harga tarif terhadap nilai NPV. Tingkat perubahan nilai NPV terhadap besarnya nilai tarif dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

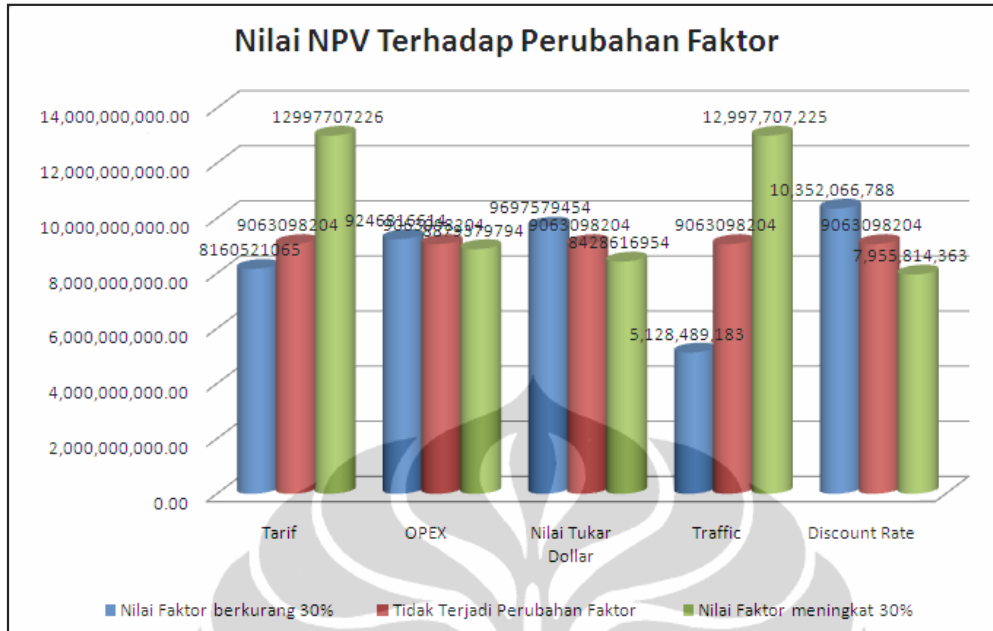


Gambar 4.8 Perubahan nilai NPV terhadap Perubahan Tarif

Tingkat perubahan nilai NPV ini akan dilihat berdasarkan 3 kriteria, yaitu dilihat berdasarkan perubahan nilai tarif yang berkurang 30%, tidak terjadi perubahan tarif dan berdasarkan data tarif yang meningkat sebesar 30%. Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa dengan berkurangnya nilai tarif sebesar 30%, maka didapatkan nilai NPV yang lebih kecil dari nilai NPV normal yaitu IDR 8.160.521.065,00. Sedangkan dengan kenaikan nilai tarif yaitu sebesar 30% maka akan didapatkan nilai NPV yang lebih besar dari pada nilai NPV normal yaitu IDR 12.997.707.225,00. Sehingga dapat dikatakan nilai NPV terhadap perubahan nilai tarif adalah berbanding lurus, yaitu semakin besar nilai tarif, maka nilai NPV akan semakin besar juga [keuntungan akan semakin bertambah besar].

4.2.2 Perbandingan beberapa perubahan factor terhadap nilai NPV

Seperti yang telah di jelaskan sebelumnya, nilai NPV normal pada proyek ini adalah sebesar IDR 9.063.098.204,00. Dengan asumsi perubahan beberapa faktor yang telah di jelaskan maka terjadi beberapa perubahan nilai NPV. Ada beberapa faktor yang memiliki grafik naik dan ada juga grafik yang turun. Pada perubahan tarif dan traffic, dengan kenaikan faktor 30% maka grafik tersebut akan naik. Sedangkan pada perubahan OPEX, nilai tukar dollar dan *discount rate*, dengan kenaikan faktor sebesar 30% maka nilai NPV akan mengalami penurunan.



Gambar 4.9 Perubahan nilai NPV terhadap Perubahan beberapa Faktor

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa tingkat kenaikan yang paling tajam adalah pada faktor tarif dan faktor traffic. Besar kenaikan pada perubahan faktor tarif dan traffic hampir sama, yaitu pada perubahan faktor yang meningkat 30%, nilai NPV yang didapatkan adalah senilai IDR 12.997.707.225,00. Pada tingkat penurunan yang paling curam atau yang paling sensitif adalah pada perubahan faktor traffic. Besar penurunan pada perubahan faktor yang berkurang 30%, nilai NPV yang didapatkan adalah senilai IDR 5.128.489.183,00.

BAB V

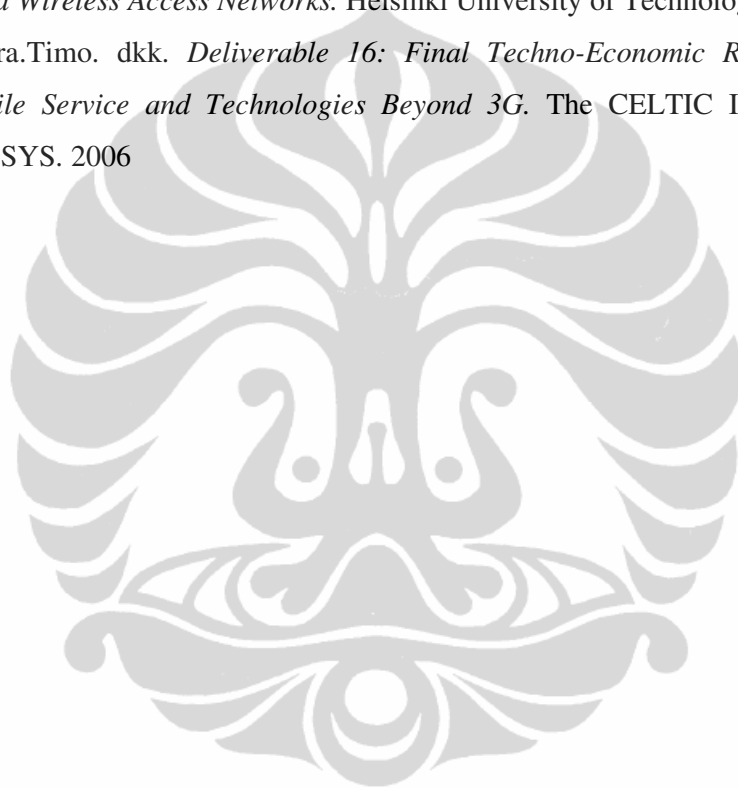
KESIMPULAN

1. Dalam perencanaan implementasi backhaul IP diperlukan tahapan-tahapan yaitu survey jaringan eksisting, pemilihan teknologi baru dan perangkat yang akan digunakan, perhitungan jumlah perangkat yang digunakan, perhitungan CAPEX, perhitungan pendapatan dan analisis perhitungan investasi.
2. Berdasarkan analisis nilai ekonomis investasi yang dilakukan pada BSC Palembang Operator X, didapatkan tingkat provitabilitas investasi teknologi mobile backhaul IP sebagai berikut:
 - Berdasarkan kalkulasi pada thesis ini, nilai NPV yang didapatkan sebesar IDR 9.063.098.204,00. Dengan nilai NPV>0, menunjukkan bahwa implementasi backhaul IP sangat menguntungkan dan memiliki tingkat profitabilitas cukup tinggi.
 - Nilai IRR yang didapatkan pada investasi backhaul IP yaitu 94%. Dengan nilai IRR ini, menunjukkan bahwa nilai IRR melebihi suku bunga yang ada pada saat ini 12,5%, sehingga investasi ini sangat menguntungkan.
 - Nilai PBP yang didapatkan pada investasi backhaul IP yaitu 1.067. Nilai tersebut menunjukkan bahwa investasi CAPEX pada implementasi backhaul berbasis IP ini akan kembali setelah 1.067 tahun atau 1 tahun 0.8 bulan.
3. Berdasarkan hasil analisis resiko sensitivitas terhadap investasi pada implementasi backhaul IP pada Operator HCPT, dapat disimpulkan bahwa :
 - .Nilai NPV sangat sensitive terhadap perubahan nilai tarif dengan asumsi nilai tariff ini tidak mempengaruhi jumlah pelanggan.
 - Nilai NPV juga sangat sensitive terhadap nilai data traffic dengan asumsi tidak ada perubahan lain pada factor sensitivitas.

DAFTAR REFERENSI

1. Mishra, Ajay R, 2007. "Advance Cellular Network Planning and Optimization". England: John Wiley & Sons, Ltd.
2. Manninen, M, 2001. "Radio Interface System Planning for GSM/GPRS/UMTS". Helsinki: Kluwer Academic Publisher
3. Kasera, Sumit & Narang, Nishit, 2005. "3G Mobile Network". United State of America: Mc Graw-Hill.
4. Laukkanen, Jussi, 2000. "UMTS Quality of Service Concept and Archetecture". Helsinki: University of Helsinki
5. Metro Ethernet Forum, MEF 22 Mobile Backhaul Implementation Agreement Phase 1, January 2009
6. Juniper Network, 2010. "Carrier Ethernet Solution For Service Provider Mobile Backhaul Application". USA: Juniper Network, Inc.
7. "Technical Specification Group Service and System Aspect". Hamenlina: Helsinki. 2003
8. Gonzales, M. "Concept of QoS aware Offer Planning for GPRS/EDGE Network"
9. White paper, 2011. "Quality of Service in the Wireless Backhaul", Naperfile: Tellabs
10. Metro Ethernet Forum, 2008. "Carrier Ethernet for Mobile Backhaul", April 2008
11. Cahlon, Avi, "Optimizing Ethernet Deployment". Metro Ethernet Forum - Siemens
12. Eitan, Schwartz, 2008 "Mobile Backhaul Challenge and Opportunity". RAD data communications Ltd
13. <http://www.scribd.com/doc/19076759/Metode-Payback-Period>
14. <http://weblogask.blogspot.com/2010/06/analisis-proyek-menggunakan-payback.html>
15. Metro Ethernet Forum, "Introducing the specification of the Metro Ethernet Forum" MEF 2 & MEF 8 Phase 1, January 2009

16. Wikipedia. <http://www.wikipedia.org> . diakses pada agustus 2011
17. Lahteenoja. Markku. dkk. Deliverable 16 : “*Report on techno-economic methodology*”. The CELTIC Initiative: ECOSYS.2006
18. CORDIS. “*Techno-Economic Result from ACTS*”. CORDIS PROJECT <<http://cordis.europa.eu/infowin/acts/rus/projects/ac364.htm>>. diakses November 2011
19. Smura Timo. *Thesis : Techno-Economic Analysis of IEEE 802.16a-Based Fixed Wireless Access Networks*. Helsinki University of Technology.2004
20. Smura.Timo. dkk. *Deliverable 16: Final Techno-Economic Result on Mobile Service and Technologies Beyond 3G*. The CELTIC Initiative: ECOSYS. 2006



Lampiran 1 : Perhitungan CAPEX (*Capital Expenditure*)

KEBUTUHAN TRANSMISI TARGET ROLL OUT 2012

No	Link		TOTAL HOP			PRICE		
	SITE ID	SITE NAME	Hub Site to End Site	Hub Site to Hub Site	Ring Site to Hub Site	EQUIPMENT (USD)	LOKAL MATERIAL (IDR)	SERVICES (IDR)
1	060034	Tanjung Panda / Sialang	13	7	4	48,936.00	117,768,000.00	187,200,000.00
2	060035	Puncak Sekuning/Lorong Pakjo	15	5	6	52,005.00	127,582,000.00	202,800,000.00
3	060026	Yos Sudarso/3 Ilir (B)	19	2	7	59,219.00	147,210,000.00	234,000,000.00
4	067001	BSC Palembang	20	11	8	76,713.00	191,373,000.00	117,000,000.00
						USD 236,873.00	IDR 583,933,000.00	IDR 741,000,000.00
							IDR 1,324,933,000.00	

Lampiran 2 : Perhitungan OPEX (*Operational Expenditure*)

KEBUTUHAN OPEX IMPLEMENTASI BACKHAUL IP

No	Kegiatan	OPEX				
		2011	2012	2013	2014	2015
1	Operation and Maintenance	171993525	171993525	171993525	171993525	171993525

Lampiran 3 : Perhitungan Pendapatan

Prediction Revenue			2011	2012	2013	2014	2015
Pendapatan Voice			100%	105%	110%	115%	120%
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)		19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)		7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05	5982992.4
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45	2564139.6
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	150	44872443000	47116065150	49359687300	51603309450	53846931600
	@ menit (antar operator)	1000	1.28207E+11	1.34617E+11	1.41028E+11	1.47438E+11	1.53848E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	17948977200	18846426060	19743874920	20641323780	21538772640
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	38462094000	40385198700	42308303400	44231408100	46154512800
Total Pendapatan			56411071200	59231624760	62052178320	64872731880	67693285440
Asumsi				Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		16923321360	17769487428	18615653496	19461819564	20307985632
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		IDR 3.384.664.272	IDR 3.553.897.485	IDR 3.723.130.699	IDR 3.892.363.912	IDR 4.061.597.126

Lampiran 4 : Perhitungan IRR (*Internal Rate of Return*)

Prediction Revenue 2011				2012	2013	2014	2015
Pendapatan Voice				105%	110%	115%	120%
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)		19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)		7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05	5982992.4
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45	2564139.6
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	150	44872443000	47116065150	49359687300	51603309450	53846931600
	@ menit (antar operator)	1000	1.28207E+11	1.34617E+11	1.41028E+11	1.47438E+11	1.53848E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	17948977200	18846426060	19743874920	20641323780	21538772640
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	38462094000	40385198700	42308303400	44231408100	46154512800
Total Pendapatan			56411071200	59231624760	62052178320	64872731880	67693285440
Asumsi				Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		16923321360	17769487428	18615653496	19461819564	20307985632
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		3384664272	3553897486	3723130699	3892363913	4061597126

Net Cash Flow

No.	Tahun		2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor		3,384,664,272	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126
2	Biaya						
	Biaya Operasional		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
	TOTAL		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500					
4	Laba Bersih (6 - 7)		3,212,670,747	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601
5	Net Cash Flow (8-3+5)	-3,439,870,500	3,212,670,747	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601
	IRR =	94%					

Lampiran 5 : Perhitungan NPV (*Net Present Value*)

No.	Tahun		2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor		3,384,664,272	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126
2	Biaya						
	Biaya Operasional (OPEX)		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
	TOTAL		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500					
4	Kas Bersih		3,212,670,747	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601
5	(1+r) ⁿ		1.125	1.265625	1.423828125	1.601806641	1.802032471
6	Kas Bersih / (1+r) ⁿ		2855707331	2672121648	2494077137	2322608918	2158453671
7	Total				12502968704.39		
8	NPV				9,063,098,204		

Lampiran 6 : Perhitungan LCC (Life Cycle Cost)

Life Cycle Cost						
Jenis Biaya	0	1	2	3	4	TOTAL
CAPEX	IDR 3.439.870.500	-	-	-	-	
OPEX	IDR 105.746.875	IDR 105.746.875	IDR 105.746.875	IDR 105.746.875	IDR 105.746.875	
Total Biaya	IDR 3.545.617.375	IDR 105.746.875	IDR 105.746.875	IDR 105.746.875	IDR 105.746.875	
Diskonto	IDR 3.651.364.250	IDR 93.997.222	IDR 83.553.086	IDR 74.269.410	IDR 66.017.253	IDR 3.969.201.222

Lampiran 7 : Perhitungan PBP (Payback Period)

Tahun	Arus kas	Arus kas kumulatif
1	3,212,670,747	3,212,670,747
2	3,381,903,961	6,594,574,708
3	3,551,137,174	10,145,711,882
4	3,720,370,388	13,866,082,270
5	3,889,603,601	17,755,685,871

$$\text{Payback Period} = 1 + (227199753/3381903961)$$

$$= 1,06718 \text{ tahun} = 1 \text{ tahun } 0,806 \text{ bulan}$$

Lampiran 8 : Analisis sensitifitas terhadap perubahan Traffic

(- 30%)

Prediction Revenue 2011			2012	2013	2014	2015	
Pendapatan Voice			105%	110%	115%	120%	
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)		19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)		7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05	5982992.4
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45	2564139.6
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	105	31410710100	47116065150	49359687300	51603309450	53846931600
	@ menit (antar operator)	700	89744886000	1.34617E+11	1.41028E+11	1.47438E+11	1.53848E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	12564284040	18846426060	19743874920	20641323780	21538772640
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	26923465800	40385198700	42308303400	44231408100	46154512800
Total Pendapatan			39487749840	59231624760	62052178320	64872731880	67693285440
Asumsi			Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		11846324952	17769487428	18615653496	19461819564	20307985632
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		2369264990	3553897486	3723130699	3892363913	4061597126

No.	Tahun		2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor		2,369,264,990	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126
2	Biaya						
	Biaya Operasional (OPEX)		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
	TOTAL		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500					
4	Kas Bersih		2,197,271,465	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601
5	(1+r) ⁿ		1.125	1.265625	1.423828125	1.601806641	1.802032471
6	Kas Bersih / (1+r) ⁿ		1953130191	2672121648	2494077137	2322608918	2158453671
7	Total				11600391565.19		
8	NPV				8,160,521.065		

(Lanjutan)

(+ 30%)

Prediction Revenue 2011			2012	2013	2014	2015
Pendapatan Voice			105%	110%	115%	120%
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)	19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)	7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	195	58334175900	61250884695	64167593490	67084302285
	@ menit (antar operator)	1300	1.66669E+11	1.75003E+11	1.83336E+11	1.91669E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	23333670360	24500353878	25667037396	26833720914
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	50000722200	52500758310	55000794420	57500830530
Total Pendapatan			73334392560	77001112188	80667831816	84334551444
Asumsi			Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		22000317768	23100333656	24200349545	25300365433
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		4400063554	4620066731	4840069909	5060073087

No.	Tahun		2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor		4,400,063,554	4,620,066,731	4,840,069,909	5,060,073,087	5,280,076,264
2	Biaya						
	Biaya Operasional (OPEX)		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
	TOTAL		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500					
4	Kas Bersih		4,228,070,029	4,448,073,206	4,668,076,384	4,888,079,562	5,108,082,739
5	(1+r) ⁿ		1.125	1.265625	1.423828125	1.601806641	1.802032471
6	Kas Bersih / (1+r) ⁿ		3758284470	3514526978	3278539244	3051604006	2834623028
7	Total				16437577725.75		
8	NPV				12,997,707,226		

Lampiran 9 : Analisis sensitifitas terhadap perubahan OPEX

(- 30%)

Prediction Revenue 2011			2012	2013	2014	2015
Pendapatan Voice			105%	110%	115%	120%
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)	19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)	7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	150	44872443000	47116065150	49359687300	51603309450
	@ menit (antar operator)	1000	1.28207E+11	1.34617E+11	1.41028E+11	1.47438E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	17948977200	18846426060	19743874920	20641323780
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	38462094000	40385198700	42308303400	44231408100
Total Pendapatan			56411071200	59231624760	62052178320	64872731880
Asumsi			Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		16923321360	17769487428	18615653496	19461819564
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		3384664272	3553897486	3723130699	3892363913

No.	Tahun	2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor	3,384,664,272	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126
2	Biaya					
	Biaya Operasional (OPEX)	120,395,468	120,395,468	120,395,468	120,395,468	120,395,468
	TOTAL	120,395,468	120,395,468	120,395,468	120,395,468	120,395,468
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500				
4	Kas Bersih	3,264,268,804	3,433,502,018	3,602,735,232	3,771,968,445	3,941,201,659
5	(1+r) ⁿ	1.125	1.265625	1.423828125	1.601806641	1.802032471
6	Kas Bersih / (1+r) ⁿ	2901572271	2712890483	2530316102	2354821331	2187086927
7	Total			12686687114.43		
8	NPV			9,246,816,614		

(Lanjutan)

(+ 30%)

Prediction Revenue 2011				2012	2013	2014	2015
Pendapatan Voice				105%	110%	115%	120%
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)		19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)		7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05	5982992.4
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45	2564139.6
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	150	44872443000	47116065150	49359687300	51603309450	53846931600
	@ menit (antar operator)	1000	1.28207E+11	1.34617E+11	1.41028E+11	1.47438E+11	1.53848E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	17948977200	18846426060	19743874920	20641323780	21538772640
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	38462094000	40385198700	42308303400	44231408100	46154512800
Total Pendapatan			56411071200	59231624760	62052178320	64872731880	67693285440
Asumsi				Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		16923321360	17769487428	18615653496	19461819564	20307985632
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		3384664272	3553897486	3723130699	3892363913	4061597126

No.	Tahun		2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor		3,384,664,272	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126
2	Biaya						
	Biaya Operasional (OPEX)		223,591,583	223,591,583	223,591,583	223,591,583	223,591,583
	TOTAL		223,591,583	223,591,583	223,591,583	223,591,583	223,591,583
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500					
4	Kas Bersih		3,161,072,689	3,330,305,903	3,499,539,117	3,668,772,330	3,838,005,544
5	(1+r) ⁿ		1.125	1.265625	1.423828125	1.601806641	1.802032471
6	Kas Bersih / (1+r) ⁿ		2809842391	2631352812	2457838172	2290396504	2129820415
7	Total				12319250294.35		
8	NPV				8,879,379,794		

Lampiran 10 : Analisa sensitifitas terhadap Nilai Tukar Dollar

(- 30%)

Prediction Revenue 2011			2012	2013	2014	2015
Pendapatan Voice			105%	110%	115%	120%
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)	19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)	7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	150	44872443000	47116065150	49359687300	51603309450
	@ menit (antar operator)	1000	1.28207E+11	1.34617E+11	1.41028E+11	1.47438E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	17948977200	18846426060	19743874920	20641323780
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	38462094000	40385198700	42308303400	44231408100
Total Pendapatan			56411071200	59231624760	62052178320	64872731880
	Asumsi		Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		16923321360	17769487428	18615653496	19461819564
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		3384664272	3553897486	3723130699	3892363913

No.	Tahun	2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor	3,384,664,272	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126
2	Biaya					
	Biaya Operasional (OPEX)	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
	TOTAL	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
3	Investasi (CAPEX)	2,805,389,250				
4	Kas Bersih	3,212,670,747	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601
5	(1+r) ⁿ	1.125	1.265625	1.423828125	1.601806641	1.802032471
6	Kas Bersih / (1+r) ⁿ	2855707331	2672121648	2494077137	2322608918	2158453671
7	Total			12502968704.39		
8	NPV			9,697,579,454		

(Lanjutan)

(+ 30%)

Prediction Revenue 2011			2012	2013	2014	2015
Pendapatan Voice			105%	110%	115%	120%
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)	19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)	7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	150	44872443000	47116065150	49359687300	51603309450
	@ menit (antar operator)	1000	1.28207E+11	1.34617E+11	1.41028E+11	1.47438E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	17948977200	18846426060	19743874920	20641323780
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	38462094000	40385198700	42308303400	44231408100
Total Pendapatan			56411071200	59231624760	62052178320	64872731880
	Asumsi		Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		16923321360	17769487428	18615653496	19461819564
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		3384664272	3553897486	3723130699	3892363913

No.	Tahun		2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor		3,384,664,272	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126
2	Biaya						
	Biaya Operasional (OPEX)		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
	TOTAL		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
3	Investasi (CAPEX)	4,074,351,750					
4	Kas Bersih		3,212,670,747	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601
5	(1+r) ⁿ		1.125	1.265625	1.423828125	1.601806641	1.802032471
6	Kas Bersih / (1+r) ⁿ		2855707331	2672121648	2494077137	2322608918	2158453671
7	Total				12502968704.39		
8	NPV				8,428,616,954		

Lampiran 11 : Analisa sensitifitas terhadap perubahan Tarif

(- 30%)

Prediction Revenue 2011			2012	2013	2014	2015
Pendapatan Voice			105%	110%	115%	120%
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)	19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)	7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	105	31410710100	47116065150	49359687300	51603309450
	@ menit (antar operator)	700	89744886000	1.34617E+11	1.41028E+11	1.47438E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	12564284040	18846426060	19743874920	20641323780
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	26923465800	40385198700	42308303400	44231408100
Total Pendapatan			39487749840	59231624760	62052178320	64872731880
Asumsi			Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		11846324952	17769487428	18615653496	19461819564
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		2369264990	3553897486	3723130699	3892363913

No.	Tahun		2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor		2,369,264,990	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126
2	Biaya						
	Biaya Operasional (OPEX)		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
	TOTAL		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500					
4	Kas Bersih		2,197,271,465	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601
5	(1+r) ⁿ		1.125	1.265625	1.423828125	1.601806641	1.802032471
6	Kas Bersih / (1+r) ⁿ		1953130191	2672121648	2494077137	2322608918	2158453671
7	Total				11600391565.19		
8	NPV				8,160,521,065		

(Lanjutan)

(+ 30%)

Prediction Revenue 2011			2012	2013	2014	2015
Pendapatan Voice			105%	110%	115%	120%
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)	19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)	7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	195	58334175900	61250884695	64167593490	67084302285
	@ menit (antar operator)	1300	1.66669E+11	1.75003E+11	1.83336E+11	1.91669E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	23333670360	24500353878	25667037396	26833720914
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	50000722200	52500758310	55000794420	57500830530
Total Pendapatan			73334392560	77001112188	80667831816	84334551444
Asumsi			Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		22000317768	23100333656	24200349545	25300365433
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		4400063554	4620066731	4840069909	5060073087

No.	Tahun		2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor		4,400,063,554	4,620,066,731	4,840,069,909	5,060,073,087	5,280,076,264
2	Biaya						
	Biaya Operasional (OPEX)		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
	TOTAL		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500					
4	Kas Bersih		4,228,070,029	4,448,073,206	4,668,076,384	4,888,079,562	5,108,082,739
5	(1+r) ⁿ		1.125	1.265625	1.423828125	1.601806641	1.802032471
6	Kas Bersih / (1+r) ⁿ		3758284470	3514526978	3278539244	3051604006	2834623028
7	Total				16437577725.75		
8	NPV				12,997,707,226		

Lampiran 12 : Analisa sensitifitas terhadap perubahan *Discount Rate*

(- 30%)

Prediction Revenue 2011			2012	2013	2014	2015	
Pendapatan Voice			105%	110%	115%	120%	
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)		19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)		7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05	5982992.4
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45	2564139.6
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	150	44872443000	47116065150	49359687300	51603309450	53846931600
	@ menit (antar operator)	1000	1.28207E+11	1.34617E+11	1.41028E+11	1.47438E+11	1.53848E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	17948977200	18846426060	19743874920	20641323780	21538772640
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	38462094000	40385198700	42308303400	44231408100	46154512800
Total Pendapatan			56411071200	59231624760	62052178320	64872731880	67693285440
Asumsi			Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		16923321360	17769487428	18615653496	19461819564	20307985632
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		3384664272	3553897486	3723130699	3892363913	4061597126

No.	Tahun		2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor		3,384,664,272	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126
2	Biaya						
	Biaya Operasional (OPEX)		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
	TOTAL		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500					
4	Kas Bersih		3,212,670,747	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601
5	$(1+r)^n$		1.0875	1.18265625	1.286138672	1.398675806	1.521059939
6	Kas Bersih / $(1+r)^n$		2954179997	2859583214	2761084206	2659923317	2557166554
7	Total				13791937288.07		
8	NPV				10,352,066,788		

(Lanjutan)

(+ 30%)

Prediction Revenue 2011			2012	2013	2014	2015
Pendapatan Voice			105%	110%	115%	120%
Voice Traffic	@ Whole Day (erlang)	19514	20489.7	21465.4	22441.1	23416.8
	1 Tahun (erlang)	7122610	7478740.5	7834871	8191001.5	8547132
Voice Traffic	antar pelanggan 3	70%	4985827	5235118.35	5484409.7	5733701.05
	antar operator	30%	2136783	2243622.15	2350461.3	2457300.45
Pendapatan Voice	@ menit (antar pelanggan 3)	150	44872443000	47116065150	49359687300	51603309450
	@ menit (antar operator)	1000	1.28207E+11	1.34617E+11	1.41028E+11	1.47438E+11
Pendapatan Voice (antar pelanggan 3)	Asumsi 40% dari pendapatan	Adanya promo dari operator	17948977200	18846426060	19743874920	20641323780
Pendapatan Voice (antar operator)	Asumsi 30% dari pendapatan	Untuk biaya interkoneksi	38462094000	40385198700	42308303400	44231408100
Total Pendapatan			56411071200	59231624760	62052178320	64872731880
Asumsi			Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan	Total Pendapatan
Pendapatan pada sisi Jaringan	30% dari total pendapatan		16923321360	17769487428	18615653496	19461819564
Pendapatan pada sisi RAN	20% dari pendapatan sisi Jaringan		3384664272	3553897486	3723130699	3892363913

No.	Tahun		2011	2012	2013	2014	2015
1	Pendapatan Kotor		3,384,664,272	3,553,897,486	3,723,130,699	3,892,363,913	4,061,597,126
2	Biaya						
	Biaya Operasional (OPEX)		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
	TOTAL		171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525	171,993,525
3	Investasi (CAPEX)	3,439,870,500					
4	Kas Bersih		3,212,670,747	3,381,903,961	3,551,137,174	3,720,370,388	3,889,603,601
5	(1+r) ⁿ		1.1625	1.35140625	1.571009766	1.826298853	2.123072416
6	Kas Bersih / (1+r) ⁿ		2763587739	2502507266	2260416995	2037109306	1832063557
7	Total				11395684863.62		
8	NPV				7,955,814,363		

