



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN DAN ANALISIS  
IMPLEMENTASI *DIRECT TUNNEL* PADA *CORE PACKET SWITCH*  
DI PT. HUTCHISON CP TELECOMMUNICATIONS**

**TESIS**

**ERDIS IRWANDI  
0906577835**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
JAKARTA  
JUNI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN DAN ANALISIS  
IMPLEMENTASI *DIRECT TUNNEL* PADA *CORE PACKET SWITCH*  
DI PT. HUTCHISON CP TELECOMMUNICATIONS**

**TESIS**

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

**ERDIS IRWANDI  
0906577835**

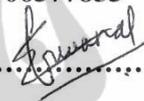
**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
KEKHUSUSAN MANAJEMEN TELEKOMUNIKASI  
JAKARTA  
JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Erdis Irwandi

NPM : 0906577835

Tanda Tangan :  .....

Tanggal : 28 Juni 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Erdis Irwandi

NPM : 0906577835

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Tesis :

PERANCANGAN DAN ANALISIS IMPLEMENTASI *DIRECT TUNNEL*  
PADA *CORE PACKET SWITCH* DI PT. HUTCHISON CP  
TELECOMMUNICATIONS

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc., Ph.D. (.....)

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

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

Penguji : Ir. Arifin Djauhari, M.T. (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 28 Juni 2011

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.,

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT , karena hanya dengan Rahmah, Hidayah dan Inayah-Nya, sehingga penulis diberikan kemudahan dan kekuatan untuk menyusun dan menyelesaikan penelitian ini tepat pada waktunya.

Penelitian ini dapat selesai dengan tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, masukan, dan pengarahan-pengarahan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan. Dan oleh karena itu, penulis mengucapkan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc., Ph.D. sebagai Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan penelitian ini.
2. Dr. Ir. Muhamad Asvial, M.Eng. sebagai Pembimbing Akademik yang telah banyak membantu memberikan saran untuk perkembangan akademik saya.
3. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan baik moral dan materiil.
4. Rekan-rekan PT. Nokia Siemens Networks atas seluruh dukungan dan bantuannya.
5. Seluruh rekan di Magister Teknik Manajemen Telekomunikasi Universitas Indonesia.
6. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Semoga apa yang sudah dituangkan dalam tulisan ini bisa bermanfaat bagi dunia pendidikan serta dunia industri telekomunikasi di Indonesia.

Jakarta, 28 Juni 2011

Penulis

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

---

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

Nama : Erdis Irwandi  
NPM : 0906577835  
Program Studi : Manajemen Telekomunikasi  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Fakultas Teknik  
Jenis Karya : Tesis

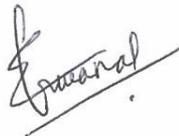
demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**PERANCANGAN DAN ANALISIS IMPLEMENTASI *DIRECT TUNNEL*  
PADA *CORE PACKET SWITCH* DI PT. HUTCHISON CP  
TELECOMMUNICATIONS**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, 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 : 28 Juni 2011  
Yang menyatakan



( Erdis Irwandi)

## ABSTRAK

Nama : Erdis Irwandi  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul :  
PERANCANGAN DAN ANALISIS IMPLEMENTASI *DIRECT TUNNEL*  
PADA *CORE PACKET SWITCH* DI PT. HUTHCISON CP  
TELECOMMUNICATIONS

Layanan akses data tidak terlepas dari kebutuhan kapasitas yang besar. Kebutuhan kapasitas yang besar menjadi kendala buat PT. HCPT dalam menggelar layanan data, hal ini dikarenakan kapasitas *packet core switch* 3G yang dimiliki sudah mencapai utilisasi sebesar 90%. Penambahan perangkat bisa menjadi solusi jangka pendek, namun seiring dengan keinginan PT. HCPT untuk menurunkan CAPEX maka hal tersebut bisa menjadi bukan solusi terbaik.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai perancangan dan analisis implementasi *direct tunnel* pada *network* sebagai solusi terbaik untuk mengatasi masalah yang dihadapi oleh PT. HCPT. *Direct tunnel* dipilih, karena teknologi ini merupakan teknologi yang sebetulnya sangat sederhana yaitu dengan cara *mem-by pass* SGSN, sehingga nantinya dari RNC, trafik data tidak akan melewati SGSN, melainkan langsung menuju GGSN sedangkan SGSN khusus menangani *signallink*. Selain itu diharapkan teknologi yang ditawarkan memiliki nilai investasi bisnis yang bagus serta dapat bersinergi dengan teknologi yang akan datang.

Hasil dari penelitian ini jika dilihat dari sisi teknis didapatkan hasil berupa peningkatan kapasitas *throughput* dari RNC menuju GGSN sebesar 177%, kemudian beban pada modul PAPU menjadi turun, dengan persentase penurunan sebesar 98%. Peningkatan kapasitas *throughput* juga terjadi pada sisi GGSN dengan persentase peningkatan sebesar 92%. Dari sisi bisnis penerapan *direct tunnel* mengalami penghematan biaya investasi sebesar 69% pada kondisi pesimis, 61% pada kondisi moderat dan 38% pada kondisi optimis jika dibandingkan dengan penerapan non *direct tunnel*. Dari perhitungan ekonomis, penerapan *direct tunnel* sangat layak untuk digelar, karena berdasarkan hasil perhitungan IRR dan NPV dalam berbagai situasi, nilai IRR lebih besar dari nilai *discount factor* dan nilai NPV bernilai positif. Pada kondisi pesimis nilai IRR yang dihasilkan sebesar 37,6% dan nilai NPV sebesar 821.533, kondisi moderat nilai IRR yang dihasilkan sebesar 32,3% dan nilai NPV sebesar 1.013.338, serta kondisi optimis nilai IRR yang dihasilkan sebesar 26% dan nilai NPV sebesar 1.113.484.

Kata Kunci : *direct tunnel, CAPEX, perencanaan, analisa, investasi.*

## ABSTRACT

Name : Erdis Irwandi  
Program Study : Electrical Engineering  
Title :  
DESIGN AND ANALYSIS OF DIRECT TUNNEL IMPLEMENTATION IN  
CORE PACKET SWITCH AT PT. HUTCHISON CP  
TELECOMMUNICATIONS

Access data service requires enormous capacity necessity. It would be constraint for HCPT in held data service, since packet core switch 3G capacity owned has reach 90% its utilization level. Device augmentation might become short term problem solving, but along with HCPT's willing to reduce CAPEX, hence the augmentation is not the best solution to take.

This study research take up design and analysis of direct tunnel on network as the best solution to conquer obstacles faced by HCPT. Direct tunnel were chosen due to its simplicity, which is by passing SGSN, so that from RNC the data traffic will not through SGSN, but will directly towards GGSN. SGSN will specifically handles signalink. Moreover to be expected that offered technology would have business investment value and synergized with future technology.

In technical point of view, this research generates throughput capacity enhancement from RNC to GGSN about 177%, and also lowers PAPU modul load with 98% decrease percetage. Throughput capacity were also climbs up 92% on GGSN side. On the other hand, viewed from bussiness side, direct tunnel implementation reduce investment cost 69% on pessimist, 61% on moderate and 38% on optimist condition compare to before it was implemented. From economics calculation direct tunnel is worthy and feasible enough to be held since based on IRR dan NPV figuring in all condition IRR is greater than discount factor and NPV shows positive value. On the pessimistic condition, result of IRR value is 37,6% and NPV value is 821.552, on the moderate condition, result of IRR value is 32,3% and NPV value is 1.013.338, as well as on the optimist condition, result of IRR value is 26% and NPV value is 1.113.484.

Keywords : *direct tunnel, CAPEX, planning, analysis, investment*

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR .....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR SINGKATAN .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	11
1.3 Tujuan .....	12
1.4 Batasan Masalah .....	12
<b>2. JARINGAN PT. HCPT .....</b>	<b>13</b>
2.1 Profil PT. HCPT .....	13
2.2 Coverage dan Jaringan PT. HCPT.....	13
2.3 Manage Services .....	15
2.4 Direct Tunnel .....	16
2.5 Perhitungan Efisiensi .....	18
<b>3. PERANCANGAN <i>DIRECT TUNNEL</i> PT. HCPT .....</b>	<b>20</b>
3.1 Metodologi Penelitian.....	20
3.1.1 Tahap Persiapan .....	21
3.1.2 Tahap Penentuan Parameter .....	23
3.1.3 Tahap Pengumpulan Data .....	29
3.1.4 Tahap Perancangan dan Implementasi.....	29
3.1.5 Tahap Evaluasi Perancangan.....	35
3.1.6 Tahap Analisis Data .....	35
3.1.7 Tahap Kesimpulan .....	35
3.2 Transformasi Implementasi Direct Tunnel .....	36
3.3 Roadmap Implementasi Direct tunnel.....	36
<b>4. ANALISA DAN EVALUASI .....</b>	<b>41</b>
4.1 Analisa Penerapan <i>Direct Tunnel</i> .....	41
4.1.1 Throughput.....	41
4.1.2 PDP <i>Contecxt Success Rate</i> .....	47
4.1.3 PAPU Load .....	48
4.2 Analisa Investasi <i>Direct Tunnel</i> .....	50
4.2.1 Penetapan Tarif .....	50
4.2.2 Penetapan Kenaikan Pelanggan .....	51
4.2.3 Struktur Biaya .....	51
4.2.4 Pendapatan .....	54
4.2.5 <i>Cash Flow</i> .....	54
4.3 Implikasi Penerapan <i>Direct Tunnel</i> .....	56
<b>5. KESIMPULAN .....</b>	<b>58</b>
DAFTAR REFERENSI .....	xiii

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kapasitas <i>Packet Core</i> Wilayah Jakarta .....	3
Tabel 1.2 ARPU PT. HCPT .....	4
Tabel 1.3 EBITDA PT. HCPT .....	4
Tabel 1.4 Roadmap <i>Packet Core</i> HCPT.....	8
Tabel 1.5 Hasil Perhitungan Ekonomis.....	11
Tabel 3.1 Network Topologi.....	29
Tabel 3.2 Kapasitas Terpakai Pada SGSN.....	30
Tabel 3.3 Kapasitas Sebelum Penerapan DT .....	32
Tabel 3.4 Perhitungan Link.....	33
Tabel 3.5 Kapasitas Setelah Penerapan DT .....	33
Tabel 3.6 Transformasi Implementasi <i>Direct Tunnel</i> .....	36
Tabel 4.1 Penurunan Throughput SGSN .....	43
Tabel 4.2 Peningkatan Throughput GGSN .....	45
Tabel 4.3 Kapasitas Terpakai Setelah Penerapan DT .....	46
Tabel 4.4 Penurunan Throughput PAPU .....	50
Tabel 4.5 Faktor Kenaikan Pelanggan .....	51
Tabel 4.6 Biaya Investasi Dengan Menerapkan DT .....	52
Tabel 4.7 Biaya Investasi Dengan Menerapkan Non DT .....	52
Tabel 4.8 Penghematan Biaya Investasi .....	52
Tabel 4.9 Operational Expense .....	53
Tabel 4.10 Hasil Analisa Kelayakan Investasi DT (Optimis).....	55
Tabel 4.11 Hasil Analisa Kelayakan Investasi DT (Moderat) .....	55
Tabel 4.12 Hasil Analisa Kelayakan Investasi DT (Pesimis) .....	56

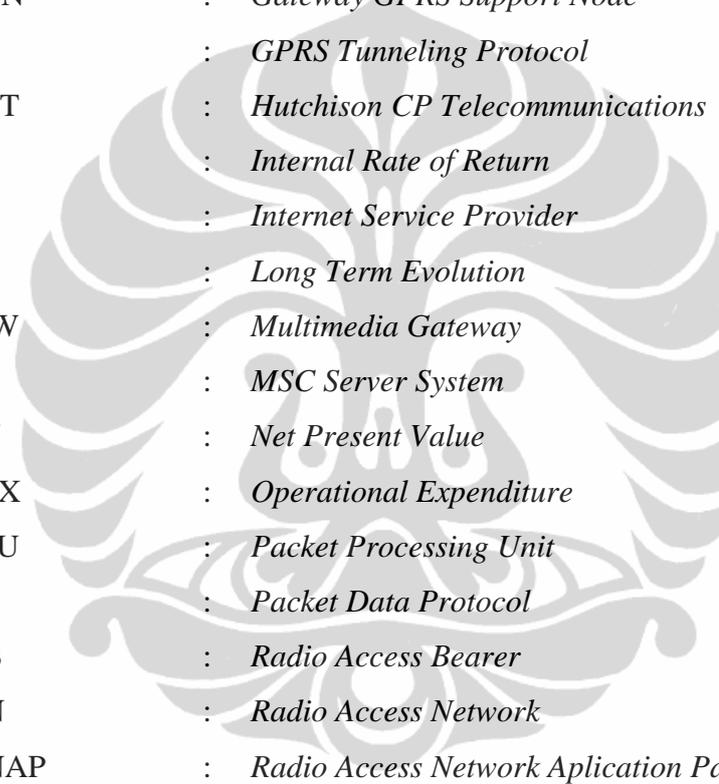
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lonjakan trafik data .....	2
Gambar 1.2 Perbandingan <i>throughput</i> wilayah Jakarta dan Surabaya .....	2
Gambar 1.3 Konfigurasi <i>core packet switch existing</i> .....	5
Gambar 1.4 Konfigurasi <i>core packet switch future</i> .....	6
Gambar 1.5 Perbandingan CAPEX two tunnel dan direct tunnel .....	7
Gambar 1.6 Skema perancangan <i>direct tunnel</i> .....	9
Gambar 1.7 Analisis implementasi <i>direct tunnel</i> .....	10
Gambar 2.1 Coverage layanan PT. HCPT .....	14
Gambar 2.2 Topologi jaringan .....	14
Gambar 2.3 Struktur organisasi <i>manage service</i> .....	15
Gambar 2.4 Opsi <i>direct tunnel</i> dan network element yang saling berhubungan .....	16
Gambar 2.5 Contorl plane dan user plane tanpa <i>direct tunnel</i> .....	17
Gambar 2.6 Contorl plane dan user plane dengan direct tunnel .....	18
Gambar 3.1 Diagram alir .....	21
Gambar 3.2 Redundancy.....	25
Gambar 3.3 Iu melalui IP.....	26
Gambar 3.4 Iu melalui ATM (SIGTRAN).....	27
Gambar 3.5 Iu melalui ATM (BBSS7, STM Transport) .....	27
Gambar 3.6 Koneksi fisik jaringan <i>existing</i> .....	31
Gambar 3.7 Koneksi fisik jaringan <i>future</i> .....	32
Gambar 3.8 Penetrasi layanan akses data wilayah Jakarta .....	38
Gambar 3.9 Penetrasi layanan akses data di Indonesia.....	38
Gambar 3.10 Pertumbuhan pengguna internet via mobile.....	39
Gambar 3.11 Roadmap <i>direct tunnel</i> vendor .....	39
Gambar 4.1 Throughput SGSN sebelum direct tunnel .....	41
Gambar 4.2 Throughput SGSN setelah direct tunnel bulan pertama.....	42
Gambar 4.3 Throughput SGSN setelah direct tunnel bulan kedua .....	42
Gambar 4.4 Throughput GGSN sebelum direct tunnel.....	44
Gambar 4.5 Throughput GGSN sesudah direct tunnel bulan pertama.....	44
Gambar 4.6 Throughput GGSN sesudah direct tunnel bulan kedua.....	45
Gambar 4.7 PDP context sebelum direct tunnel .....	47
Gambar 4.8 PDP context setelah direct tunnel .....	47
Gambar 4.9 PDP context one tunnel.....	48

Gambar 4.10 Beban PAPU sebelum direct tunnel.....	49
Gambar 4.11 Beban PAPU setelah direct tunnel .....	49
Gambar 4.12 Perbandingan biaya investasi DT dan non DT.....	53
Gambar 4.13 Grafik net cash flow DT dengan kenaikan pelanggan 10% p.a. ....	55
Gambar 4.14 Grafik net cash flow DT dengan kenaikan pelanggan 20% p.a. ....	55
Gambar 4.15 Grafik net cash flow DT dengan kenaikan pelanggan 30% p.a. ....	56



## DAFTAR SINGKATAN



APN	: <i>Access Point Name</i>
BTS	: <i>Base Transceiver Station</i>
CAPEX	: <i>Capital Expenditure</i>
CPU	: <i>Central Processing Unit</i>
GGSN	: <i>Gateway GPRS Support Node</i>
GTP	: <i>GPRS Tunneling Protocol</i>
HCPT	: <i>Hutchison CP Telecommunications</i>
IRR	: <i>Internal Rate of Return</i>
ISP	: <i>Internet Service Provider</i>
LTE	: <i>Long Term Evolution</i>
MGW	: <i>Multimedia Gateway</i>
MSS	: <i>MSC Server System</i>
NPV	: <i>Net Present Value</i>
OPEX	: <i>Operational Expenditure</i>
PAPU	: <i>Packet Processing Unit</i>
PDP	: <i>Packet Data Protocol</i>
RAB	: <i>Radio Access Bearer</i>
RAN	: <i>Radio Access Network</i>
RANAP	: <i>Radio Access Network Application Part</i>
RNC	: <i>Radio Network Controller</i>
SGSN	: <i>Serving GPRS Support Node</i>
VAS	: <i>Value Added Service</i>
VLAN	: <i>Virtual Local Area Network</i>

# BAB I

## PENDAHULUAN

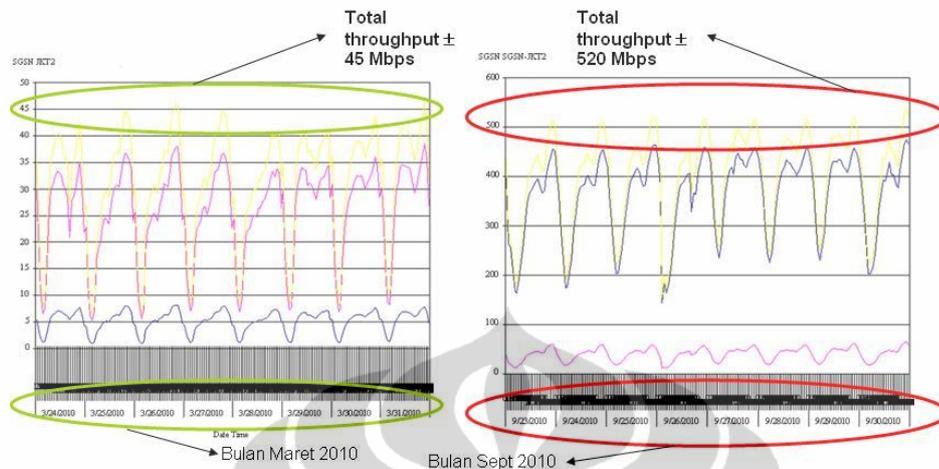
### I.1. Latar Belakang

PT. Hutchison CP Telecommunications (HCPT) merupakan pemain baru dalam dunia telekomunikasi di Indonesia. Mulai beroperasi awal tahun 2007 dengan meluncurkan produk Three (Tri), HCPT berkomitmen untuk menghadirkan layanan telekomunikasi yang inovatif, terjangkau, dan memiliki nilai penawaran terbaik. Hingga saat ini, luas cakupan layanan dari HCPT telah mencakup daerah Jawa, Sumatera, Bali, Lombok, Kalimantan dan Sulawesi. Infrastruktur yang dimiliki oleh HCPT di daerah tersebut sudah mampu melayani pelanggan dengan berbagai macam layanan. Dengan jumlah BTS lebih dari 12000 *sites*, Core Circuit Switch berjumlah 15 *sites*, Core Packet Switch berjumlah 3 *sites* dan didukung juga dengan VAS, HCPT dapat memberikan penawaran layanan yang beragam kepada pelanggan[1].

Infrastruktur yang dimiliki oleh HCPT terdiri dari dua buah *core network*, yang pertama *core circuit switch* dan yang kedua *core packet switch*. *Core circuit switch* hanya khusus melayani layanan *voice* dan *sms* yang infrastrukturnya terdiri dari MSS dan MGW sedangkan *Core Packet Switch* khusus melayani layanan data. Infrastruktur *Core Packet Switch* terdiri dari GGSN dan SGSN. Kedua *core network* tersebut terhubung langsung ke RNC dan BSC. Fungsi dari SGSN yaitu sebagai sebuah *router* yang bertugas memelihara informasi lokasi dari *mobile station*, sebagai *control plane* dan *user plane* yang bertugas untuk mengatur *signalling* dan trafik data untuk selanjutnya diteruskan ke GGSN, sedangkan GGSN berfungsi untuk mengirimkan paket data ke jaringan paket *switching* lainnya, salah satu contohnya yaitu ISP, dengan kata lain GGSN merupakan gateway untuk berhubungan dengan penyedia layanan internet lainnya.

Memasuki pertengahan 2010, lonjakan trafik data tidak dapat dihindarkan. Kapasitas trafik data 3G untuk *packet core* wilayah Jakarta yang terpakai sudah

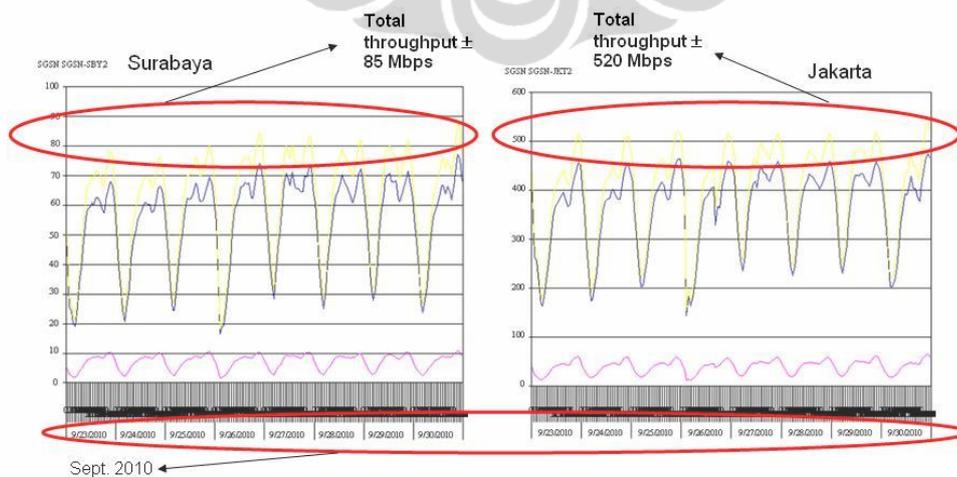
mencapai 90% dari kapasitas yang tersedia[2]. Perubahan lonjakan trafik data dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Lonjakan trafik data [2][3]

Dari Gambar 1.1 dapat dilihat lonjakan trafik data yang cukup signifikan antara bulan Maret dan September 2010. Pada bulan Maret 2010, trafik data yang dilalui baru mencapai 45 Mbps[3], tetapi memasuki bulan September 2010 trafik data mengalami lonjakan yang cukup besar hingga mencapai 520 Mbps. Hal ini tidak terlepas dari program promosi untuk akses data yang dilakukan oleh HCPT kepada pelanggannya.

Wilayah Jakarta dipilih karena trafik data / *throughput* yang dilalui lebih besar dan mendekati batas maksimal jika dibandingkan dengan daerah lain[2], hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Perbandingan *throughput* antara wilayah Jakarta dan Surabaya [2].

Pada Gambar 1.2. dapat dilihat bahwa *throughput* untuk wilayah Jakarta pada bulan September 2010 sebesar  $\pm 520$  Mbps sedangkan untuk wilayah Surabaya sebesar  $\pm 85$  Mbps. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara Jakarta dan Surabaya dikarenakan sebaran node B untuk wilayah Surabaya belum merata seperti di wilayah Jakarta. Jika tidak diatasi, melonjaknya trafik data akan menjadi masalah dikemudian hari. HCPT harus memikirkan solusi untuk meningkatkan kapasitas, performa, tanpa mengeluarkan biaya yang besar, sehingga kegiatan operasional perusahaan dapat berjalan stabil. Saat ini kapasitas yang dimiliki oleh HCPT untuk *packet core* 3G wilayah Jakarta dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Kapasitas *Packet Core* Wilayah Jakarta [1] [2]

Modul & Lisensi	Jumlah	Kapasitas	Kapasitas Terpakai
Modul PAPU 3G	4 Buah	3G = $\pm 240$ Mbps 1 Modul = $\pm 60$ Mbps	$\pm 220$ Mbps
Koneksi ke GGSN	2 Buah	1 GbEthernet + 1Gb Ethernet (Spare)	520 Mbps (2G + 3G)
Lisensi PDP	2 Lisensi	500.000 (2G + 3G)	140.000 (2G + 3G)
Lisensi <i>Throughput</i>	2 Lisensi	623 Mbps (2G + 3G)	520 Mbps (2G + 3G)
Latency			30-40ms

Dari Tabel 1.1 dapat dijelaskan, kapasitas modul PAPU 3G telah terpakai hingga 90% atau sekitar  $\pm 220$  Mbps dari kapasitas maksimum ( $\pm 240$  Mbps). Modul PAPU berfungsi untuk menangani *signallink* dan trafik data untuk akses data. *Signallink* merupakan pertukaran informasi khusus berkaitan dengan pembentukan, kontrol koneksi dan manajemen dalam jaringan telekomunikasi dan memiliki *load* lebih rendah jika dibandingkan dengan trafik data. Untuk lisensi, SGSN memiliki kapasitas yang cukup untuk menangani trafik. Untuk *Packet Data Protocol* (PDP), SGSN memiliki kapasitas sebesar 500.000 dan baru terpakai 140.000 sedangkan *throughput* SGSN memiliki kapasitas sebesar 623 Mbps dan baru terpakai 520 Mbps. Permasalahan yang dihadapi oleh HCPT sekarang yaitu

mengenai keterbatasan kapasitas dan kemampuan yang dimiliki oleh *Core Packet Switch* yang terpasang pada network yang telah dijelaskan pada Tabel 1.1.

Dengan teknologi yang ada sekarang, sebenarnya kapasitas dari *Core Packet Switch* yang dimiliki oleh HCPT dapat ditingkatkan, namun membutuhkan modal yang besar dengan cara menambah perangkat SGSN[4]. Hal tersebut menjadi problem buat HCPT karena HCPT merupakan tipe operator yang menginginkan CAPEX dan OPEX serendah mungkin namun memiliki kualitas jaringan yang bagus. Selain itu terjadi penurunan ARPU dan nilai EBITDA yang masih minus, sehingga mempengaruhi biaya investasi. Penurunan ARPU dan nilai EBITDA dengan status minus, dapat dilihat pada Tabel 1.2 dan 1.3.

Tabel 1.2. ARPU PT. HCPT [5]

Operator	2005	2006	2007	2008	2009	2010*
Telkom FWA	47.000	54.000	53.000	31.335	22.319	17.000
Telkomsel	87.000	84.000	80.000	59.000	48.000	43.000
Indosat	67.113	60.023	52.828	38.282	37.330	34.719
Indosat FWA	N.A	45.905	34.641	22.858	28.402	18.362
XL-Axiata	60.000	46.000	47.000	37.000	36.000	33.000
Bakrie	116.913	70.891	48.315	39.000	33.380	28.000
Mobile-8	62.332	48.013	39.791	17.821	12.986	N.A
Hutchinson	N.A	N.A	14.971	11.414	11.000	N.A
STI	N.A	N.A	37.147	23.857	22.252	N.A

\*) Sampai Kuartal I Tahun 2010

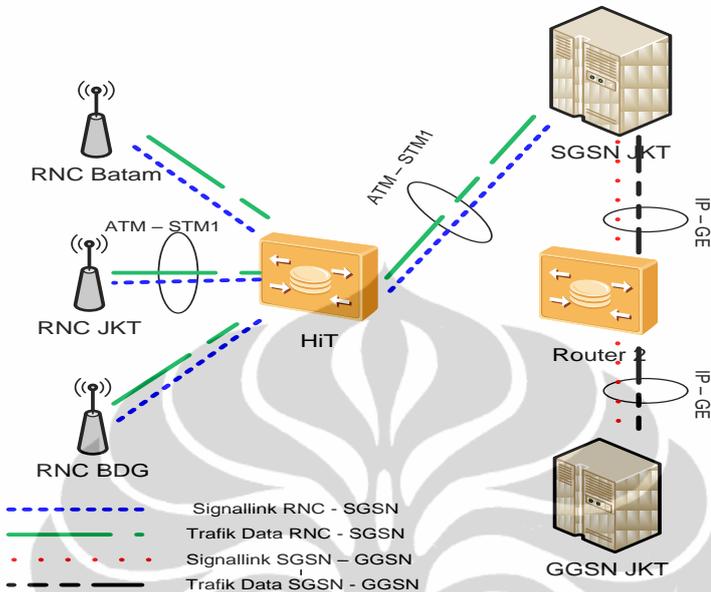
Tabel 1.3. EBITDA PT. HCPT [5]

No	Operator	2006	2007	2008	2009	2010*
1	Telkom Group	31.716	37.067	34.621	36.560	9.044
2	Indosat Group	7.051	8.714	9.321	8.774	2.228
3	XL-Axiata	2.554	3.509	5.132	6.205	2.142
4	Bakrie	292	545	822	1.269	371
5	Mobile-8	397	400	(84)	(357)	(133)
6	Smart Telecom		(135)	(289)		
7	HCPT		(1.339)	(561)		

\*) Data sampai kuartal I 2010

Dari Tabel 1.2 dan 1.3 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan ARPU pada rentang waktu antara tahun 2007 hingga 2009. Penurunan tersebut juga diikuti dengan masih minus nya EBITDA yang dicapai oleh HCPT. Hal tersebut sudah sangat pasti berpengaruh terhadap belanja modal dan belanja operasional perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi tanpa memberatkan anggaran perusahaan.

Konfigurasi *Core Packet Switch* wilayah Jakarta saat ini yang dimiliki oleh HCPT dapat dilihat pada Gambar 1.3.

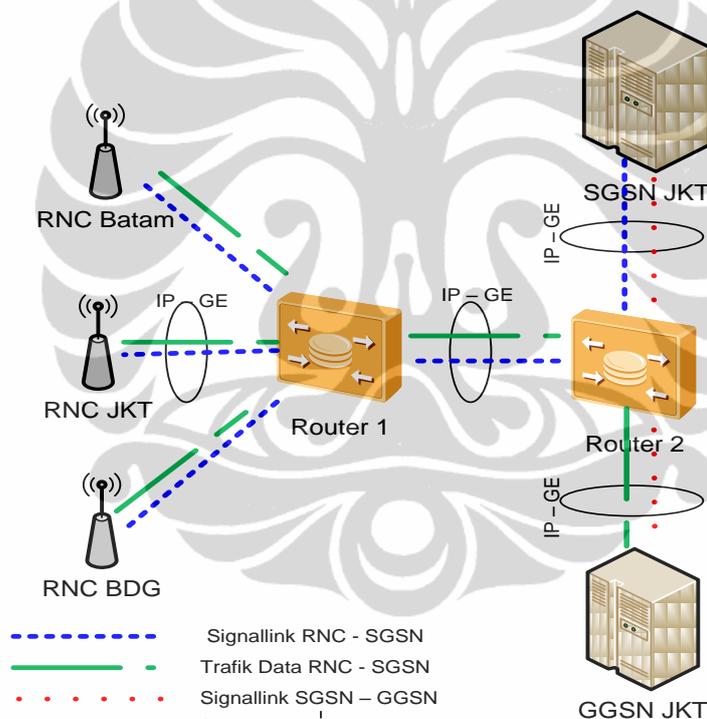


Gambar 1.3. Konfigurasi *core packet switch existing* [1]

Pada Gambar 1.3. dapat dilihat bahwa konfigurasi *Core Packet Switch* yang dimiliki oleh HCPT untuk wilayah Jakarta jika dilihat dari sisi transmisi dan perangkat tidak terlalu efektif, dikarenakan *signallink* dan trafik data dari RNC harus melewati SGSN sebelum menuju GGSN. Dari sisi teknologi, teknologi yang didukung pada jaringan *packet core* HCPT saat ini yaitu teknologi *two tunnel*. Disebut teknologi *two tunnel* karena *signallink* dan trafik data dari RNC masih melalui SGSN. Hal ini tentu saja membebani kapasitas SGSN, sehingga *throughput* yang dihasilkan bisa mengakibatkan kelebihan beban dan jalur transmisi menuju GGSN tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Hal terpenting dalam *packet core* yaitu bagaimana membawa trafik data secepat mungkin menuju GGSN yang selanjutnya diteruskan menuju penyedia layanan internet, dalam hal ini ISP, sehingga akses data kepada pelanggan dapat terjadi secara optimal.

Untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh HCPT, maka ditawarkan solusi dengan menggunakan teknologi *direct tunnel*. Teknologi *direct*

*tunnel* ini merupakan teknologi yang sebetulnya sangat sederhana yaitu dengan cara mem-*by pass* SGSN, sehingga nantinya dari RNC, trafik data tidak akan melewati SGSN, melainkan langsung menuju GGSN sedangkan SGSN khusus menangani *signallink*[6]. Alasan kenapa teknologi *direct tunnel* tidak diterapkan dari awal, karena pada saat awal berdiri, PT. HCPT hanya fokus pada layanan suara dan sms, sedangkan untuk layanan data tidak menjadi prioritas, selain itu, faktor harga lisensi *direct tunnel* masih menjadi kendala dikarenakan mahalnya lisensi tersebut dan juga teknologi tersebut belum terlalu *mature* dengan situasi pada saat itu. Konfigurasi *Core Packet Switch* dengan menggunakan teknologi *direct tunnel* dapat dilihat pada Gambar 1.4.

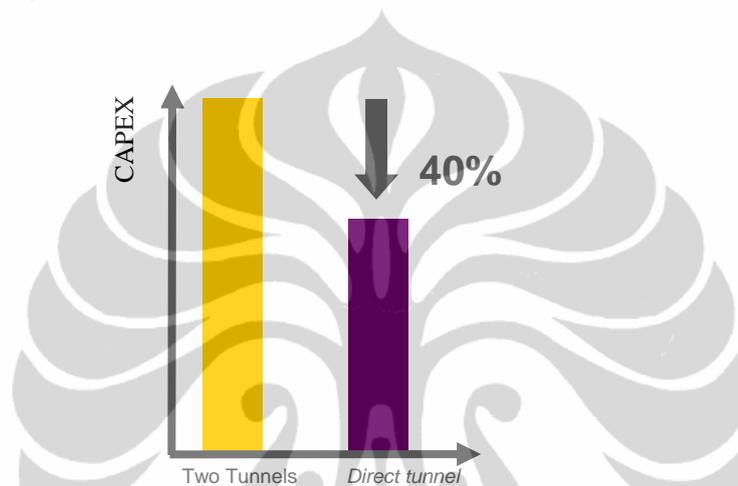


Gambar 1.4. Konfigurasi *core packet switch future*

Pada Gambar 1.4, dapat dilihat bahwa trafik data dari RNC tidak lagi melewati SGSN, tetapi langsung menuju GGSN. SGSN hanya berfungsi untuk menangani *signallink*, membangun koneksi dengan perangkat lain, dan menangani *charging* serta *location update*, sehingga kapasitas *throughput* SGSN dapat dikurangi dengan memindahkan jalur trafik data langsung menuju GGSN. Perbedaan

dengan sistem yang saat ini digunakan yaitu terletak pada trafik data. Kalau sebelumnya trafik data melalui SGSN kemudian menuju GGSN, dengan sistem baru, trafik data langsung menuju ke GGSN tanpa melewati SGSN, sehingga dapat meminimalisir *delay* serta dapat mengoptimalkan jalur transmisi yang digunakan.

Berdasarkan data perhitungan spesifikasi teknis, penggunaan *direct tunnel* pada jaringan dapat menghemat CAPEX hingga 40%. Data tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.5.



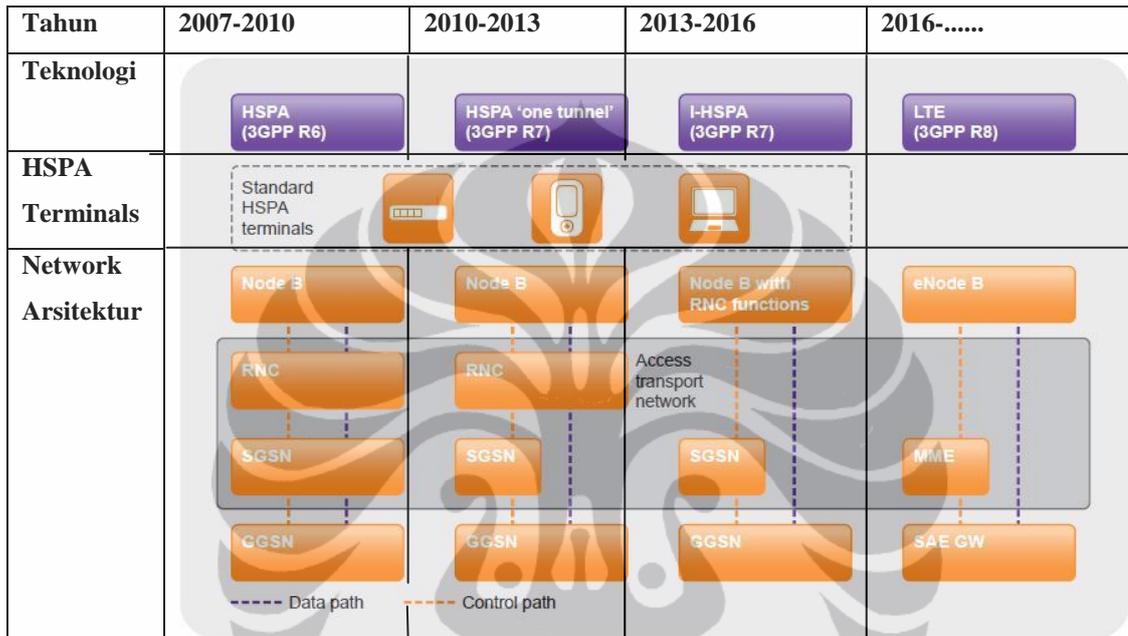
Gambar 1.5. Perbandingan CAPEX *two tunnels* dan *direct tunnel* [7].

Fakta yang terjadi, dengan menerapkan teknologi *direct tunnel*, operator Telia Sonera dari Finlandia dapat menghemat CAPEX hingga 40% [7]. Hal ini dikarenakan Telia Sonera tidak perlu membeli perangkat SGSN dan software untuk meningkatkan layanan broadband mereka, cukup memaksimalkan perangkat yang mereka miliki saat ini dengan menambahkan lisensi *direct tunnel*.

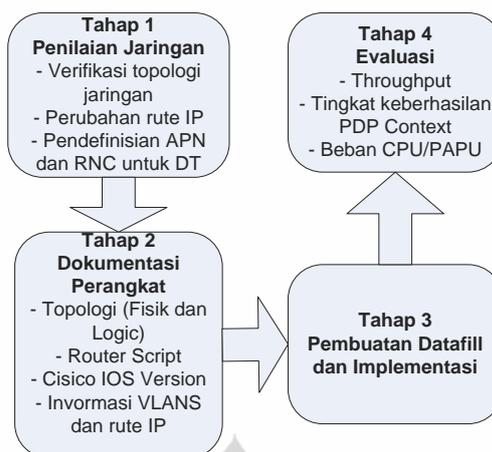
Implementasi *direct tunnel*, selain untuk meningkatkan kapasitas, mempercepat jalur akses, memperpendek delay dan efisiensi biaya juga diharapkan nantinya network HCPT siap untuk berevolusi ke teknologi yang lebih canggih, tentunya jika diperlukan. Evolusi tersebut dapat terjadi karena dengan penerapan *direct tunnel*, jaringan yang dimiliki HCPT secara tidak langsung akan berevolusi pada *flat network architecture*, arsitektur yang diterapkan pada LTE. *Roadmap* implementasi *direct tunnel*, dapat dilihat pada Tabel di 1.4. Penentuan *Roadmap* pada Tabel 1.4 didasarkan kepada trend pertumbuhan pengguna layanan

akses data, evolusi teknologi yang dilakukan oleh vendor, serta pemanfaatan teknologi terbaru oleh operator pesaing, sehingga nantinya HCPT dapat menggunakan serta memanfaatkan layanan teknologi yang berkembang begitu cepat di saat yang tepat.

Tabel 1.4. Roadmap Packet Core HCPT



Perancangan yang matang mengenai implementasi penerapan *direct tunnel* perlu dipersiapkan sebaik mungkin. Perancangan diperlukan untuk melihat sejauh mana teknologi *direct tunnel* dapat memberikan keuntungan bagi operator, baik dari segi efisiensi jaringan, biaya maupun dari sinergi dengan teknologi yang akan datang, sehingga teknologi yang digunakan tidak menjadi mubazir jika pada suatu saat berevolusi menuju teknologi I-HSPA dan LTE. Jika perancangan ini gagal, maka akan terjadi *bottle neck* pada SGSN dan tentunya HCPT harus mengeluarkan biaya ekstra untuk membeli perangkat baru beserta lisensinya untuk mengatasi *bottle neck* yang terjadi pada SGSN. Selain itu diperlukan koordinasi dengan divisi lain yaitu divisi transmisi dan divisi IP. Gambar 1.6 menjelaskan sebuah skema perancangan *direct tunnel*.



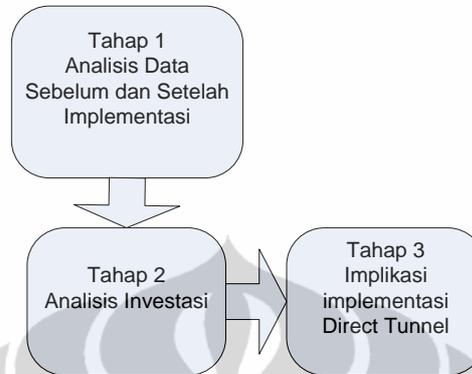
Gambar 1.6. Skema perancangan *direct tunnel*

Pada penelitian ini, mengacu pada Gambar 1.6, akan dilakukan perancangan untuk penerapan *direct tunnel* mulai dari tahap *network assessment* / penilaian jaringan hingga pembuatan datafill serta perhitungan kapasitas, kemudian dilanjutkan dengan implementasi di jaringan oleh tim *network* implementasi untuk selanjutnya data performansi jaringan di evaluasi untuk melihat kinerja yang dihasilkan melalui penelitian ini. Selain itu pembuatan *Roadmap* sebagai perencanaan jangka panjang perlu dilakukan agar teknologi ini dapat digunakan secara optimal. Dari tahap perancangan ini, akan di evaluasi mengenai kondisi jaringan saat ini, serta melihat kemungkinan apakah *direct tunnel* bisa langsung diterapkan pada *network* atau memerlukan perangkat tambahan yang nantinya akan di desain ulang untuk diterapkan pada *network*.

Pada penelitian ini, analisis implementasi penerapan *direct tunnel* dilakukan untuk mengetahui apakah perancangan yang dilakukan telah sesuai dengan hasil yang diharapkan atau tidak. Analisis dilakukan berdasarkan data dan fakta dilapangan dengan cara membandingkan data sebelum dan sesudah diterapkannya *direct tunnel* pada *network* serta analisis investasi dari penerapan *direct tunnel*. Gambar 1.7 menjelaskan sebuah skema analisis dari implementasi *direct tunnel*. Parameter yang akan di analisis yaitu:

1. *Throughput (Mbps)*, data didapat dari data *network performance* PT. HCPT
2. *PDP Context success rate (%)*, data didapat dari data *network performance* PT. HCPT

3. CPU load /PAPU Load (Mbps), data didapat dari data *network performance* PT. HCPT
4. NPV, IRR dan Pay Back Period



Gambar 1.7. Analisis implementasi *direct tunnel*.

Pada gambar 1.7 dapat dilihat proses analisis implementasi *direct tunnel*. Pada tahap pertama dilakukan analisis data sebelum dan setelah implementasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana keberhasilan penerapan *direct tunnel* pada jaringan. Tahap kedua dilakukan analisis mengenai investasi terhadap penerapan *direct tunnel* dan tahap ketiga melihat implikasi dari diterapkannya *direct tunnel* bagi perusahaan.

Setelah melakukan seluruh tahapan penelitian tersebut, maka didapatkan hasil penelitian yang cukup signifikan bagi penerapan implementasi *direct tunnel* baik dari sisi teknis maupun bisnis. Dari sisi teknis didapatkan hasil berupa peningkatan kapasitas *throughput* dari RNC menuju GGSN sebesar 177% dari sebelumnya hanya 220 Mbps (Max. 240 Mbps) menjadi 610 Mbps (Max. 2 Gbps). Kemudian beban pada empat modul PAPU yang sebelumnya 220 Mbps turun menjadi 4 Mbps dengan persentase penurunan sebesar 98%, hal ini dikarenakan trafik data langsung di *by pass* dari SGSN menuju GGSN. Peningkatan kapasitas *throughput* juga terjadi pada sisi GGSN dari sebelumnya 600 Mbps menjadi 1,15 Gbps dengan persentase peningkatan sebesar 92%. Dari sisi bisnis penerapan *direct tunnel* mengalami penghematan biaya investasi sebesar 69% pada kondisi pesimis, 61% pada kondisi moderat dan 38% pada kondisi optimis jika dibandingkan dengan penerapan non *direct tunnel* (dapat dilihat pada gambar 4.12.).

Tabel 1.5. Hasil Perhitungan Ekonomis

	<b>Pesimis</b>	<b>Moderat</b>	<b>Optimis</b>
<b>IRR</b>	37,60%	32,3%	26%
<b>NPV</b>	821.533	1.013.338	1.113.484
<b>Pay Back Period (Tahun)</b>	2,80	4,59	5,43

Dari hasil perhitungan ekonomis, yang terpadat pada Tabel 1.5, penerapan *direct tunnel* sangat layak untuk digelar, karena berdasarkan hasil perhitungan IRR dan NPV dalam berbagai situasi (pesimis, moderat, dan optimis) nilai IRR lebih besar dari nilai *discount factor* (7%) dan nilai NPV bernilai positif, selain itu *pay back period* bisa didapat kurang dari 6 tahun dari masa operasi yang direncanakan beroperasi selama 7 tahun. Ringkasan perhitungan ekonomis dapat dilihat pada Tabel 1.5.

## I.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dapat diidentifikasi permasalahan untuk dikaji sebagai berikut:

1. Telah terjadi lonjakan trafik untuk akses data yang cukup signifikan pada *core packet switch*.
2. Kapasitas trafik data (*throughput*) 3G untuk wilayah Jakarta sudah mencapai  $\pm 90\%$ .
3. Penurunan ARPU sehingga mempengaruhi biaya investasi dengan kondisi nilai EBITDA minus.
4. Kebutuhan akan *latency* yang rendah agar layanan multimedia dapat tersalurkan dengan baik.
5. Perlu solusi untuk meningkatkan kapasitas dan performa tanpa membebani CAPEX. Solusi yang ditawarkan yaitu penambahan perangkat atau implementasi *direct tunnel*.

Dari identifikasi masalah tersebut, maka didapat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang *direct tunnel* yang baik agar didapat hasil yang optimal.
2. Bagaimana dampak diterapkannya *direct tunnel* terhadap network yang ada.
3. Bagaimana hasil analisis dari investasi bisnis penerapan *direct tunnel*.

### **I.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan meng-analisis penerapan *direct tunnel* pada *core network packet switch* PT. Huthchinson CP Telecom. Tujuan spesifik yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Mengurangi beban *throughput* yang saat ini terjadi pada SGSN Jakarta.
2. Memperbesar kapasitas *Packet Core switching* tanpa menambah perangkat baru sehingga pemanfaatan jaringan yang telah ada dan efisiensi biaya dapat tercapai.
3. Mendapatkan CAPEX yang rendah
4. Membuat *Roadmap Packet Core* HCPT.

### **I.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini:

- a. Penelitian dilakukan di jaringan seluler Three daerah Jakarta
- b. Topologi network yang digunakan hanya di daerah DKI Jakarta.
- c. Lingkup penelitian hanya dilakukan pada *network core packet switch*.
- d. Teknologi yang digunakan yaitu *direct tunnel*.
- e. Data performansi jaringan yang diperoleh untuk penelitian ini seluruhnya merupakan data riil yang didapat dari laporan bulanan performansi jaringan PT. HCPT.
- f. Data performansi jaringan yang digunakan untuk menilai layak atau tidaknya *direct tunnel* diterapkan yaitu data performansi 2 bulan setelah diterapkannya *direct tunnel*. Hal ini untuk memastikan perubahan *throughput* pada gateway (GGSN).

## **BAB II**

### **JARINGAN PT. HUTCHISON CP TELECOMMUNICATIONS**

#### **II.1. Profil PT. Hutchison CP Telecommunications**

PT. Hutchison CP Telecommunications (HCPT) adalah perusahaan penyedia jasa telekomunikasi yang berkembang pesat dan beroperasi dengan lisensi nasional 2G/GSM 1800 Mhz dan 3G/WCDMA di Indonesia. Pertama beroperasi secara komersial di Indonesia pada tanggal 30 Maret 2007, dengan komitmen menghadirkan layanan telekomunikasi yang inovatif, terjangkau dan memiliki nilai penawaran terbaik.

HCPT menyediakan beragam layanan telekomunikasi bergerak berkualitas dan inovatif di bawah merek 3 (baca:Tri). HCPT menawarkan inovasi tarif dan produk dengan pengembangan cakupan layanan yang sangat pesat guna menjadi operator dengan cakupan layanan nasional terkemuka di Indonesia.

HCPT merupakan anggota dari grup Hutchison Telecom International Limited (Hutchison Telecom) yang meliputi layanan telekomunikasi bergerak di Indonesia, Vietnam, Sri Lanka dan Thailand. Hutchison Telecom International merupakan bagian penting dari divisi telekomunikasi Hutchison Whampoa Group yang membawahi grup 3 yang mengoperasikan layanan 3G in Australia, Austria, Denmark, Hong Kong, Irlandia, Italia, Macau, Swedia dan Inggris.

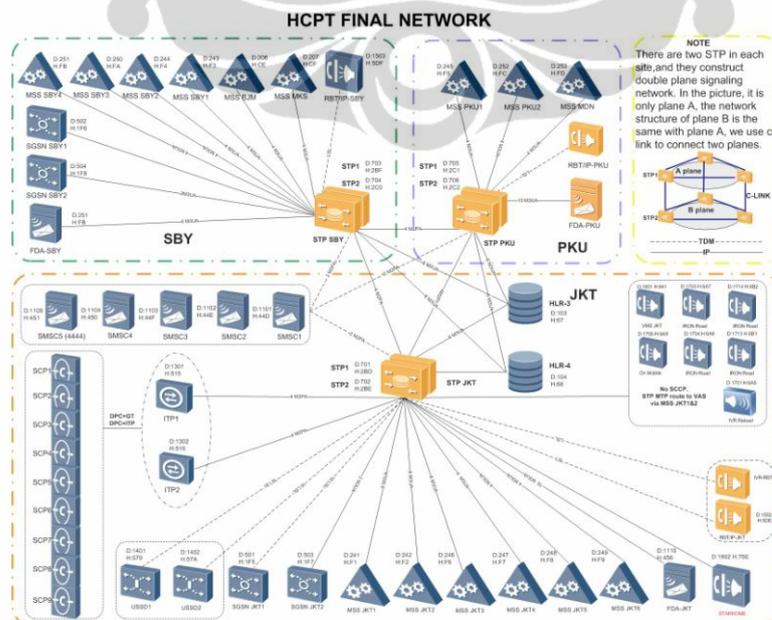
#### **II.2. Coverage dan Jaringan PT. HCPT**

Saat ini jangkauan layanan PT. HCPT telah mencakup sebagian besar wilayah Indonesia. Baru tiga tahun berdiri, HCPT telah mampu menggelar coverage hingga ke Manado. Sebaran wilayah yang telah di jangkau oleh coverage dari HCPT dapat dilihat pada Gambar 2.1. Dari gambar 2.1 dapat dilihat jangkauan layanan HCPT telah meliputi daerah Jawa, Sumatera, Bali, Lombok, Kalimantan, dan Sulawesi.



Gambar 2.1 Coverage layanan PT. HCPT [8]

Selain jangkauan yang luas, HCPT juga memiliki jaringan yang handal. Dengan dukungan dari Nokia Siemens Networks, sebagai Manage Services Network Operations, tingkat reliability dari jaringan yang dimiliki oleh HCPT mencapai lebih dari 99%. Hal ini tentu saja suatu prestasi bagi HCPT, karena dalam waktu 3 tahun dapat membangun jaringan yang handal. Jaringan HCPT didukung oleh 12000 sites BTS, 81 sites BSC, 8 sites RNC, 15 sites MSS, 30 sites MGW, 4 sites SGSN, 1 sites GGSN dan VAS, yang semuanya tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Topologi jaringan HCPT dapat dilihat pada Gambar 2.2.



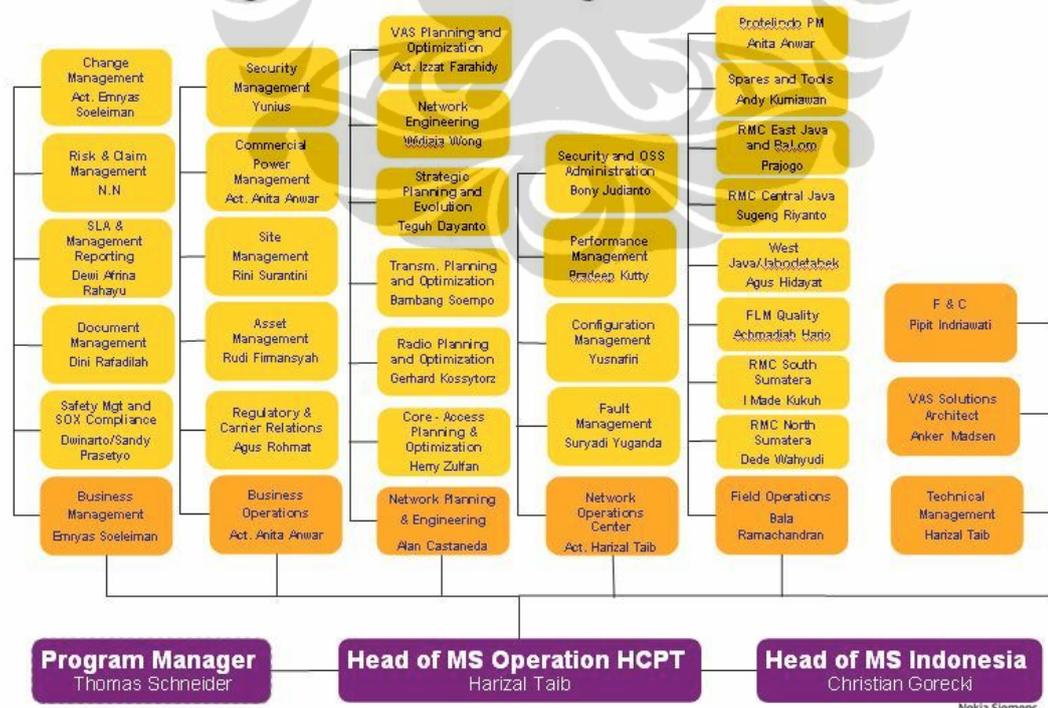
Gambar 2.2. Topologi jaringan [1]

Pada gambar 2.2 dapat dilihat sekilas mengenai topologi jaringan yang dimiliki oleh HCPT. Topologi tersebut menggambarkan berbagai koneksi network elemen yang ada dilingkungan HCPT.

### II.3. Manage Services

Jaringan PT. HCPT di kelola dan di pelihara oleh divisi Network Operation Center (NOC). Uniknya di HCPT, NOC yang mengelola jaringan tidak berada di bawah kendali langsung HCPT, melainkan di outsource kan ke vendor, sehingga diharapkan HCPT bisa lebih fokus dalam mengembangkan bisnis dan layanan kepada pelanggan. Sistem outsource jaringan tersebut dikenal dengan manage service. Vendor yang melakukan manage service terhadap jaringan HCPT yaitu PT. Nokia Siemens Network (NSN). NSN melakukan *manage services* mulai dari planning team, operasional team, hingga field maintenance team. Sistem manage services tersebut baru pertama terjadi di Indonesia.

Struktur organisasi manage service dapat dilihat pada Gambar 2.3.

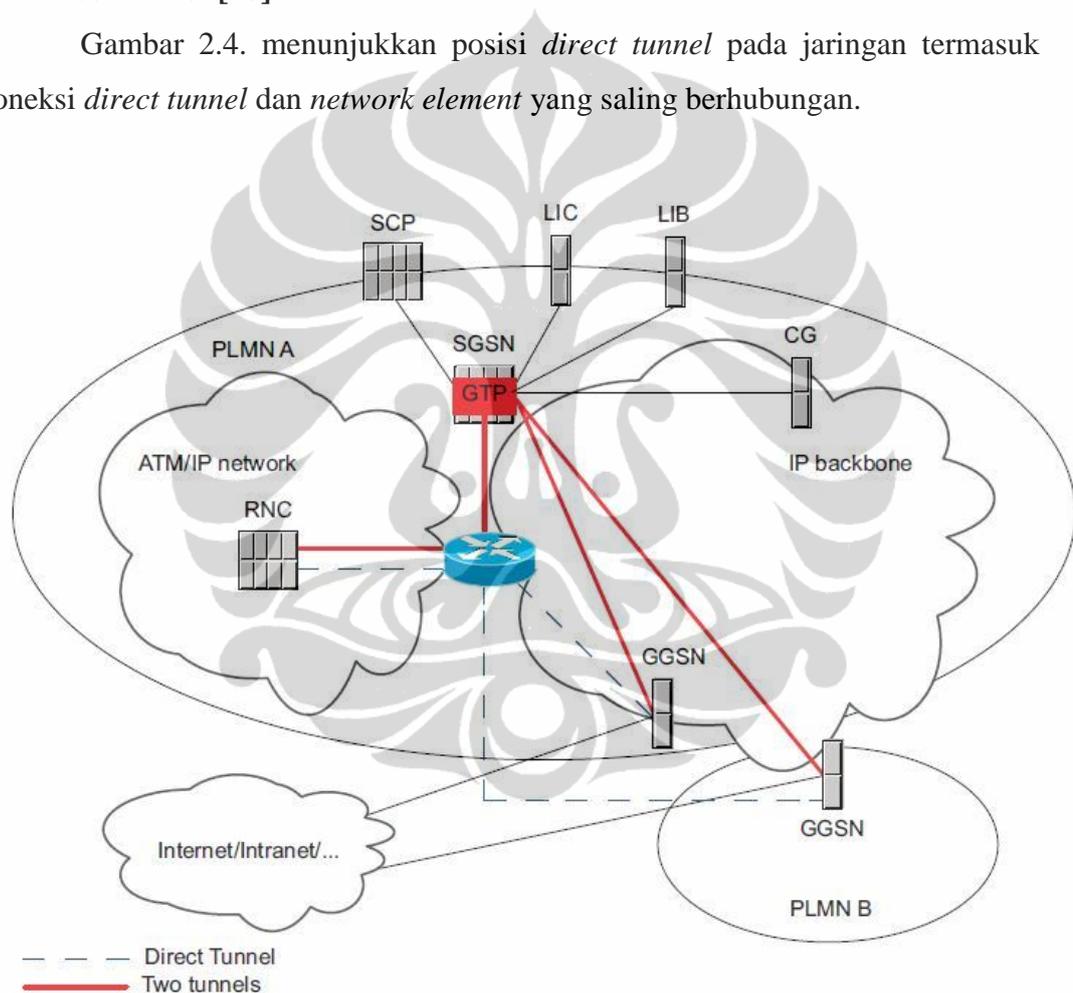


Gambar 2.3. Struktur organisasi manage services [9]

Pada gambar 2.3. dapat dilihat bahwa pengelolaan jaringan tidak hanya terfokus pada network operation center melainkan harus bersinergi dengan divisi lain seperti bisnis manajemen, bisnis operasi, perencanaan jaringan dan *filed operation* sehingga diharapkan pengelolaan jaringan yang sederhana dan efisien dapat terpenuhi.

#### II.4 Direct tunnel [10]

Gambar 2.4. menunjukkan posisi *direct tunnel* pada jaringan termasuk koneksi *direct tunnel* dan *network element* yang saling berhubungan.

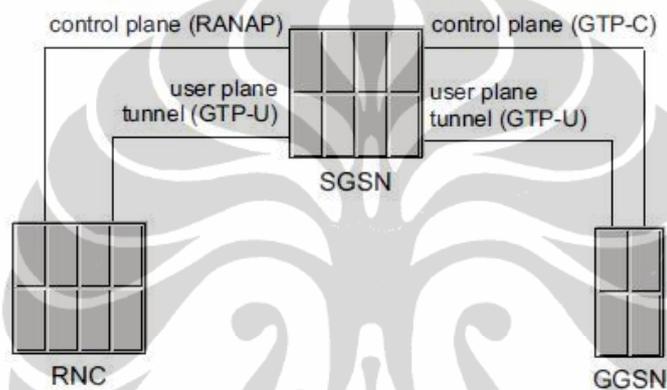


Gambar 2.4. Opsi *direct tunnel* dan network element yang saling berhubungan

SGSN bertindak sebagai sebuah *link* antara Radio Access Network (RAN) dan packet switched core network domain (PS domain) yang bertugas untuk menangani *control* dan *user plane* trafik. Koneksi SGSN menuju RAN melalui Radio Network Controller (RNC). SGSN menyediakan dua *planes* antara RAN

dan *gateway GPRS support node* (GGSN) yaitu *control plane* dan *user plane*. *Control plane* bertugas menangani fungsi *signalling* menggunakan protokol radio access network application part (RANAP) antara RAN dan SGSN serta GPRS tunneling protocol – control plane (GTP-C) antara SGSN dan GGSN. Biasanya *user plane* antara RAN dan GGSN di buat dalam 2 tunnels, satu tunnel di buat antara RAN dan SGSN dan tunnel lainnya antara SGSN dan GGSN.

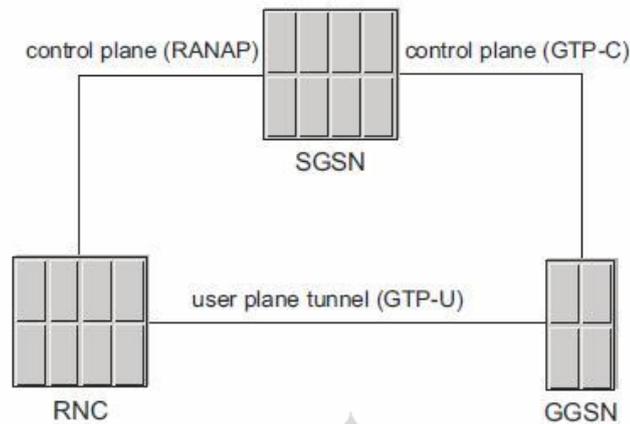
Gambar 2.5 menunjukkan cara normal untuk membuat *user plane* trafik/trafik data antara RAN dan GGSN.



Gambar 2.5. Control plane dan user plane tanpa *direct tunnel*

Biasanya SGSN menangani proses *user plane*/data trafik dengan menerima data dari satu *user plane* tunnel dan mengirimkannya ke tunnel lainnya. Penanganan *user plane* / data trafik tersebut memerlukan beberapa proses pada SGSN dan tentunya mengurangi kapasitas dari SGSN

*Direct tunnel* menyediakan sebuah *direct user plane* tunnel antara RAN dan GGSN ketika mengirimkan informasi *user plane*/data trafik. Ini artinya akses 3G *user plane* tunnel mem *bypass* SGSN. *User plane* tunnel dibentuk langsung antara RAN dan GGSN melalui IP backbone. Gambar 2.6 menunjukkan penggunaan *direct tunnel*.



Gambar 2.6 Control plane dan user plane dengan *direct tunnel*

Keuntungan dari penggunaan *direct tunnel* yaitu memfasilitasi 3G user plane *throughput* di core network. Proses user plane membutuhkan beberapa kapasitas pada SGSN, tetapi dengan mengaktifkan *direct tunnel*, operator dapat mengirimkan user plane traffic tanpa melalui proses pada SGSN dengan menggunakan IP backbone. IP backbone digunakan untuk mentransfer 3G user plane traffic antara RAN dan GGSN.

Dengan menggunakan *direct tunnel*, ada satu elemen yang kurang terlibat dalam transfer paket antara RAN dan GGSN. Oleh karena itu, delay transfer paket menjadi lebih kecil. Dengan fitur *direct tunnel*, biaya transmisi dari operator dapat dioptimalkan karena semua pengguna trafik 3G dapat mengalir melalui jalur yang paling optimal antara RAN dan GGSN.

Manfaat lain dari *direct tunnel* yaitu dapat mengurangi kapasitas PAPU. Sebagai contoh, ketika PAPU digunakan pada dual mode (2G&3G), kapasitas *throughput* dibagi antara 2G dan 3G, namun ketika *direct tunnel* digunakan, 2G mendapatkan kapasitas maksimum. Performa yang menjadi acuan pada konsep *direct tunnel* yaitu meminimalkan *load* pada SGSN, pengurangan delay, serta optimisasi jaringan.

## II.5. Perhitungan Efisiensi

Efisiensi transmisi pada *Core Packet Switch* ( $\epsilon$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\varepsilon = \frac{\alpha + \beta}{\delta} * 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan:

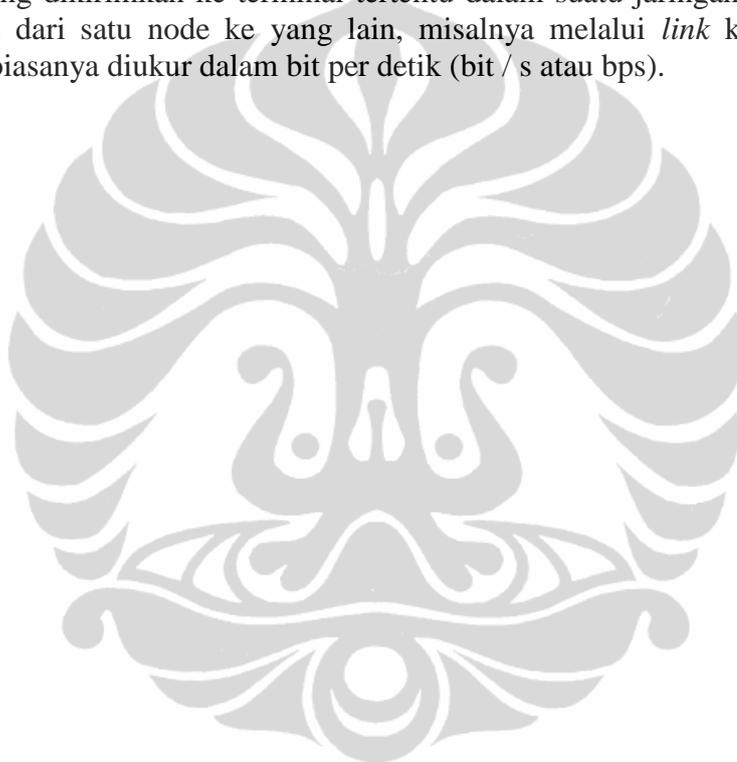
$\varepsilon$  = Kapasitas throughput transmisi (%)

$\alpha$  = *Throughput download* transmisi (Mbps)

$\beta$  = *Throughput upload* transmisi (Mbps)

$\delta$  = Kapasitas total *throughput* transmisi (Mbps)

Dalam komunikasi jaringan, *throughput* adalah jumlah data digital per waktu unit yang dikirimkan ke terminal tertentu dalam suatu jaringan, dari node jaringan, atau dari satu node ke yang lain, misalnya melalui *link* komunikasi. *Throughput* biasanya diukur dalam bit per detik (bit / s atau bps).



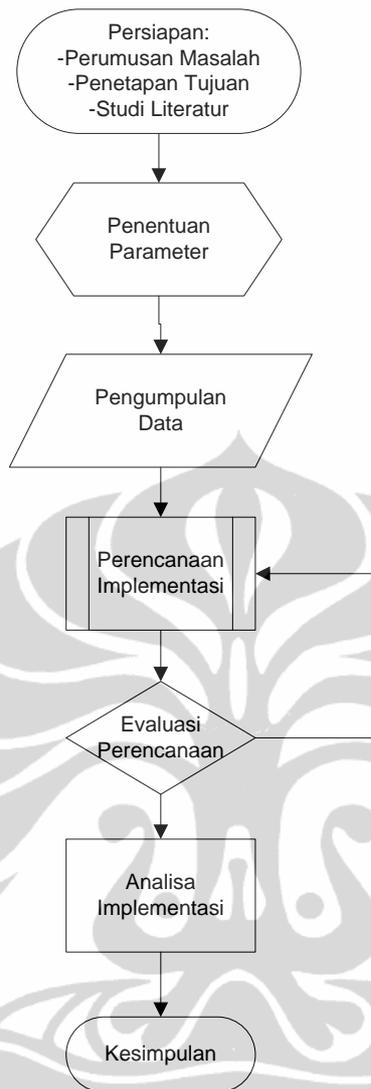
## BAB III

### PERANCANGAN *DIRECT TUNNEL* PT. HUTHCISON CP TELECOM

#### III.1. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode deskriptif, yaitu metode yang berdasarkan pengamatan terhadap kondisi, sikap, proses, fenomena, dan lain-lain. Tujuan penelitian deskriptif adalah untuk menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan *current status* dari subjek yang diteliti [11]. Dalam penelitian ini, peneliti beranggapan bahwa sejak munculnya era layanan data, permintaan terhadap peningkatan kualitas layanan untuk akses data meningkat tajam. Peningkatan kualitas layanan tersebut tentu saja berpengaruh terhadap kapasitas yang digunakan, hal ini juga dikarenakan semakin melonjaknya pelanggan yang menggunakan layanan seluler untuk mendukung aktifitas mereka sehari-hari. Teknologi yang saat ini digunakan sebetulnya bisa mengatasi masalah tersebut, tetapi memerlukan biaya yang sangat besar untuk merealisasikannya. Besarnya biaya yang dikeluarkan untuk membangun infrastruktur berbanding terbalik dengan pendapatan yang diterima oleh penyedia layanan. Untuk itu lah diperlukan solusi teknologi baru yang murah tapi berkualitas, agar *gap* yang terjadi antara pengeluaran dan pendapatan bisa diminimalisir.

Penelitian yang dilakukan meliputi 7 tahap, yaitu tahap persiapan, tahap penentuan parameter, tahap pengumpulan data, tahap perancangan implementasi, tahap evaluasi perancangan, tahap analisis implementasi, dan tahap penarikan kesimpulan. Tahapan metode penelitian ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir

### III.1.1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, hal yang pertama dilakukan yaitu perumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini. Perumusan masalah didapatkan dari hasil observasi terhadap fakta yang terjadi di lapangan. Fakta yang terjadi di lapangan bahwa utilisasi kapasitas pada SGSN wilayah Jakarta untuk jaringan 3G telah mencapai 90%. Hal ini diakibatkan oleh semakin gencarnya HCPT dalam mempromosikan layanan data. Kapasitas *throughput* saat ini untuk SGSN wilayah Jakarta yaitu sebesar 240 Mbps. Pemanfaatan kapasitas SGSN oleh trafik layanan data telah mencapai 240 Mbps dengan toleransi  $\pm 10\%$ . Kapasitas

*throughput* tersebut merupakan penjumlahan dari 4 modul PAPU dengan kapasitas tiap-tiap modul PAPU sebesar 60 Mbps dengan toleransi  $\pm 10\%$ . Total modul PAPU untuk SGSN Jakarta berjumlah 15 modul, dengan pembagian 4 modul untuk jaringan 3G dan 11 modul untuk jaringan 2G. PAPU sendiri merupakan perangkat / modul yang bertugas untuk menangani *load* dari *subscriber* 3G dan 2G untuk *Packet Core*. *Delay* yang terjadi berkisar antara 30-40 ms. Kondisi *throughput Packet Core* 3G HCPT dapat dilihat pada Tabel 1.1. Pada tabel tersebut dapat dilihat beban *throughput Packet Core* 3G pada bulan September 2010 yang mendekati kapasitas.

Penambahan perangkat dimungkinkan untuk mengatasi masalah ini, namun diperlukan penambahan CAPEX dalam mengimplementasikannya. Hal tersebut yang sebisa mungkin dihindari oleh HCPT dalam menjalankan roda bisnisnya. Efisiensi jaringan menjadi isu utama di internal HCPT. *Direct tunnel* diharapkan bisa menjadi solusi dari masalah yang dihadapi oleh HCPT. Dari fakta tersebut maka perumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini yaitu bagaimana merencanakan *direct tunnel* yang baik agar didapat hasil yang optimal dan bagaimana dampak diterapkannya *direct tunnel* terhadap network yang ada.

Setelah disusun permasalahan, tahap selanjutnya yaitu menentukan tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini. Tujuan ini dibuat untuk memecahkan masalah yang dihadapi dalam penelitian ini, dan diharapkan dapat memberikan solusi yang terbaik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk merencanakan dan menganalisis penerapan *direct tunnel* pada *core network packet switch* PT. Huthchinson CP Telecom. Secara spesifik tujuan yang diharapkan dapat tercapai yaitu:

1. Mengurangi beban *throughput* yang saat ini terjadi pada SGSN Jakarta
2. Memperbesar kapasitas *Packet Core* switching dengan tanpa menambah perangkat baru.
3. Memperbesar kapasitas *Packet Core switch* tanpa menambah perangkat baru sehingga efisiensi jaringan dan biaya dapat tercapai.

Studi literatur diperlukan untuk memperdalam teori-teori yang akan digunakan sebagai pendukung untuk mendapatkan tujuan dari penelitian ini. Selain itu studi literatur diperlukan untuk menelaah teori-teori yang berkembang,

mencari metode dan teknik penelitian, baik dalam mengumpulkan data maupun dalam menganalisa data.

### III.1.2. Tahap Penentuan Parameter

Penentuan parameter merupakan tahap yang paling krusial. Penentuan parameter sebelum pengumpulan data juga sangat penting untuk diperhatikan, karena dengan parameter tersebut, diharapkan tujuan dari penelitian ini dapat terpenuhi. Parameter tersebut diantaranya:

#### 1. *Radio Access Bearer*

Peran dan fungsi *radio access bearer* (RAB) sangat penting untuk dimengerti sebelum merencanakan *direct tunnel*. RAB dibutuhkan untuk setiap *PDP context* ketika data pengguna di transmisikan, walaupun data sebenarnya di *bypass* oleh SGSN. Oleh karena itu lisensi *direct tunnel* harus berdasarkan pada banyaknya RAB sebagai data pengguna yang mungkin dikirim hanya jika RAB dalam kondisi aktif.

*Direct tunnel* RAB memiliki kapasitas terbatas pada tiap PAPU, pada *live network* batas kapasitas tersebut tidak dapat terlihat secara langsung. Operator harus membuat KPI dan memonitor penggunaan RAB pada *direct tunnel*. Jika jumlah RAB untuk *direct tunnel* telah mencapai batas, maka GTP-U Tunnel akan kembali ke *tunnel* tradisional yaitu *two tunnel*. SGSN tidak membatasi jumlah *PDP context*, tetapi hanya jumlah *direct tunnel* yang berhubungan dengan RAB yang aktif. Berdasarkan spesifikasi teknis banyaknya DT RAB yang dapat di lalui melalui modul PAPU yaitu 30.000 DT RAB/PAPU.

#### 2. *IP Planning, Routing and Network Security*

Ketika menerapkan fitur *Direct tunnel*, perencanaan IP, pengalamatan IP dan routing harus direncanakan dengan sangat hati-hati. Secara tradisional RNC menggunakan pengalamatan pribadi (*private address*) untuk sambungan ke arah SGSN (Iu\_PS), dan GGSN menggunakan pengalamatan publik (*public address*) untuk terhubung ke SGSN (Gn) dan jaringan GRX roaming (Gp). Routing antara segmen jaringan tersebut belum diaktifkan atau diperbolehkan. SGSN merupakan elemen kunci dalam menyediakan *direct tunnel*. SGSN yang menentukan kapan *direct tunnel* di aktifkan atau kapan *direct tunnel* di

non-aktifkan. GGSN dapat digunakan untuk *direct tunnel* jika mendukung GTP versi 1. GTP versi 1 merupakan protokol yang digunakan pada GPRS untuk mentransmisikan paket data pengguna dan *signalling* antara SGSN dan GGSN melalui jaringan *backbone* GPRS.

Saat ini dengan *direct tunnel*, RNC harus dapat mengirimkan paket *Iu-PS user plane* (trafik data) langsung ke GGSN. *Iu-PS* merupakan *interface* yang digunakan untuk membawa trafik antara RNC dan jaringan *core packet switch*. Ada beberapa kemungkinan solusi untuk mengatasi masalah ini:

- a. Routing dapat diaktifkan antara RNC *private Iu-PS user plane* dan jaringan GGSN Gn publik, hal ini mengharuskan RNC dan elemen jaringan lainnya harus menggunakan pengalamatan *private* yang unik dalam jaringan operator. Perencanaan IP harus dilakukan dengan benar.
- b. Pengalamatan IP publik dapat digunakan untuk jaringan RNC *Iu-PS user plane*. Kebanyakan operator tidak ingin merubah pengalamatan IP mereka karena akan banyak pengalamatan IP publik baru yang akan dibutuhkan dan ini akan membutuhkan banyak pekerjaan pada konfigurasi jaringan.

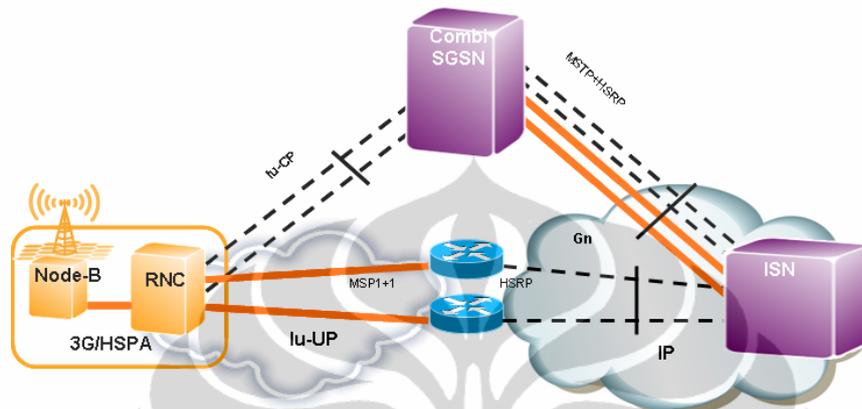
*Direct tunnel* mensyaratkan bahwa operator harus memiliki IP routing antara RNC dan GGSN. *Direct tunnel* tidak memiliki persyaratan yang spesial untuk *routing*, seperti prinsip *routing (dynamic, static)* dan protokol dapat digunakan.

Masalah keamanan harus dipertimbangkan dalam tahap perencanaan. Prefik milik RNC harus difilter keluar pada perbatasan jaringan *roaming* dalam gerbang perbatasan (BG) dan dalam *firewall*. Juga akses ke RNC dari GRx harus di blokir dengan menggunakan BG *firewall*.

### 3. *Redundancy*

*Redundancy* secara umum mengikuti prinsip yang digunakan pada *Iu-PS* dan Gn *interface*. *Link redundancy* dapat dicapai dengan menggunakan *dynamic routing* ( pada RNC, GGSN, router), *static routing*, HSRP/VRRP (pada router), pengalamatan logical IP (pada SGSN dan router), MSP/APS 1+1 (pada RNC, router, SGSN) atau gabungan dari semua metode tersebut. Titik *redundancy* di sediakan melalui *redundant* unit pada RNC, SGSN dan router.

Pada Gambar 3.2. dapat dilihat gabungan dari penggunaan *redundant* pada jaringan. Dari RNC ke router menggunakan redundancy SIGTARN *over* ATM yaitu MSP 1+1. Kemudian dari GGSN ke router menggunakan *dynamic routing*.



Gambar. 3.2. *redundancy*

#### 4. *IP Transport*

Ketika bergerak menuju teknologi IP transport untuk Iu *interface*, operator direkomendasikan untuk membangun jaringan packet backbone untuk menjalankan beberapa aplikasi *mobile* dan konvergensi *interface* dalam IP yang sama berdasarkan jaringan *multiservice* untuk mendapatkan keuntungan terbaik dari keseluruhan jaringan IP.

MPLS merupakan teknologi yang bisa dilakukan untuk diimplementasi pada jaringan virtual untuk interface logical yang berbeda agar dapat menyediakan routing dan keamanan. Jaringan IP/MPLS diperbesar menjadi ratusan site dengan konektivitas mesh, menyediakan control plane otomatis untuk network recovery dan path trafik yang optimal pada jaringan.

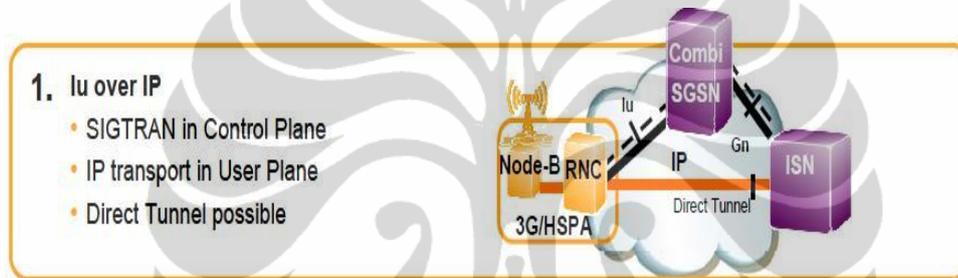
Ketika menerapkan sebuah jaringan MPLS, harus dipertimbangkan secara matang tentang penggunaan *multiservice edge router* pada *edge* jika *multiservice edge router* digunakan sebagai *customer edge* (CE) router atau *provider edge* (PE) router.

## 5. Iu Interface Configuration

Iu *interface* konfigurasi merupakan salah satu aspek yang harus diperhatikan, karena pada bagian ini, jalur transportasi yang dibutuhkan dari RNC menuju GGSN terdiri dari beberapa macam tipe, antara lain Iu melalui IP, Iu melalui ATM (SIGTRAN), dan Iu melalui ATM (Broadband SS7).

### a. Iu melalui IP (ethernet)

Iu melalui IP direkomendasikan untuk diterapkan pada *direct tunnel*. Pada implementasi Iu melalui IP, koneksi ATM melalui STM-1 interface tidak diperlukan pada RNC dan trafik Iu dirutekan melalui RNC ethernet interface. IP/MPLS atau sebagai contoh *carrier ethernet* mungkin dapat digunakan untuk menyatukan transportasi.

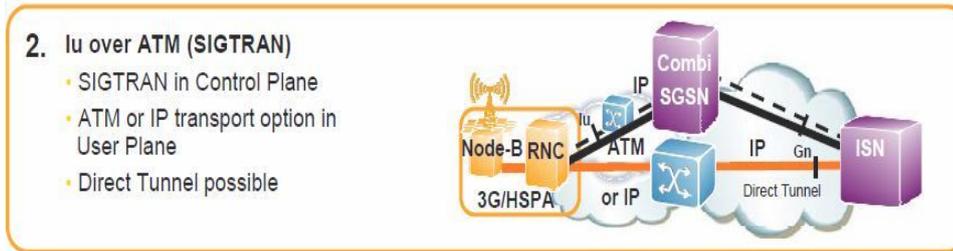


Gambar 3.3. Iu melalui IP

Penggunaan Iu melalui IP memungkinkan untuk menyediakan efektivitas penghematan biaya yang lebih untuk jumlah trafik Iu dari beberapa RNC dan jaringan elemen *mobile* lainnya pada tempat yang sama, menyederhanakan pengkabelan RNC serta perangkat keras dalam konfigurasi. Pada Gambar 3.3 dapat dilihat konfigurasi Iu melalui IP. Koneksi dari RNC menuju GGSN/ISN dan SGSN tidak perlu menambahkan perangkat konversi dari ATM ke IP.

### b. Iu Melalui ATM (SIGTRAN)

SIGTRAN melalui ATM yang didukung pada RNC memungkinkan untuk melakukan konversi ATM/IP interface. ATM *virtual channel* yang sama ketika sebelumnya dikoneksikan langsung menuju SGSN dan GGSN, saat ini, dengan menggunakan Iu melalui ATM, dihentikan pada layer IP dalam *multiservice edge router* dan paket *control plane* di rutekan menuju SGSN atau GGSN dengan menggunakan *ethernet card*.

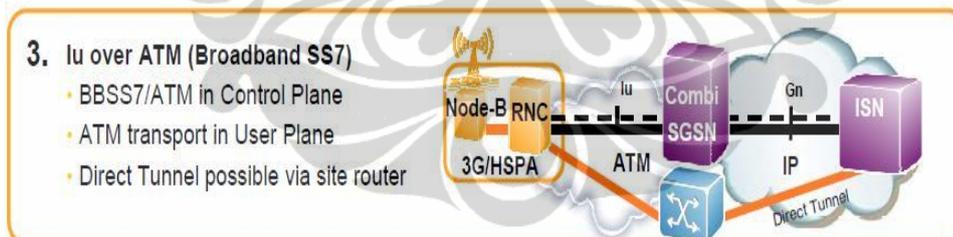


Gambar 3.4. Iu melalui ATM (SIGTRAN)

Pada Gambar 3.4 dapat dilihat konfigurasi Iu melalui ATM (SIGTRAN). Koneksi dari RNC menuju GGSN/ISN dan SGSN membutuhkan perangkat konversi dari ATM ke IP.

c. Iu Melalui ATM (BBSS7, ATM Transport)

Implementasi Iu melalui ATM (BBSS7, ATM Transport) memberikan solusi yang berkesinambungan dengan teknologi transmisi dan perlindungan investasi. Implementasi ini juga menurunkan kebutuhan akan investasi kapasitas user plane pada SGSN, tidak memerlukan penambahan investasi IP router pada RNC dan menyediakan jalur rute paling optimal pada jaringan dimana SGSN dan GGSN berada pada satu tempat juga dengan skenario *direct tunnel*.



Gambar 3.5. Iu melalui ATM (BBSS7, ATM Transport)

Namun alternatif implementasi ini menyediakan biaya yang efektif sebagai tahap awal ketika melakukan migrasi secara bertahap dari koneksi ATM menuju arsitektur IP. Implementasi ini juga menyediakan kemungkinan untuk melakukan koneksi pada RNC dengan ATM dan RNC baru dengan koneksi ethernet melalui *multiservice edge router* yang sama menuju SGSN. Pada gambar 3.4 dapat dilihat konfigurasi Iu melalui ATM (BBSS7, ATM Transport). Koneksi dari RNC menuju GGSN/ISN dan SGSN membutuhkan

perangkat konversi dari ATM ke IP pada sisi yang berhubungan langsung dengan GGSN/ISN.

#### 6. *User Plane Traffic Dimensioning*

Dengan menerapkan teknologi *direct tunnel*, kapasitas *user plane* menjadi lebih besar karena mem-bypass SGSN. Transmisi yang disyaratkan mengharuskan RNC dan GGSN memiliki kapasitas yang sama, peningkatan kapasitas bandwidth pada RNC dan GGSN tidak diperlukan perubahan tetapi yang perlu dilakukan yaitu melakukan pengurangan kapasitas bandwidth pada SGSN. GTP\_U data *throughput* pada RNC dan GGSN di dimensioning dengan cara yang sama seperti pada teknologi *two tunnel* sebagai total volume trafik. Pada SGSN hanya *non direct tunnel* trafik yang harus diperhitungkan. Berdasarkan pada konfigurasi, trafik yang dihandle oleh SGSN meliputi roaming, prepaid, dan 2G trafik. *Backbone router* harus memiliki kapasitas yang cukup untuk mendukung beban *throughput* hingga 40 Gbps/slot.

#### 7. *Control Plane traffic Dimensioning*

*Direct tunnel* sedikit berpengaruh dalam meningkatkan trafik *signallink* baik di SGSN maupun di GGSN yang diakibatkan oleh penambahan *PDP context update* ke GGSN yang mungkin diperlukan ketika *direct tunnel* RAB dibentuk atau dimatikan selama proses pembentukan *signallink* pada SGSN. Di sisi lain penghapusan kontrol plane untuk konteks *direct tunnel* mengurangi beban signal di SGSN. *Direct tunnel* tidak mempengaruhi prosedur *signallink* ke inter PAPI atau inter SGSN.

Pengaruh *direct tunnel* pada beban *signallink* SGSN/GGSN bergantung pada banyaknya pesan. Seperti setiap kali RAB dibentuk untuk *direct tunnel* PDP context, permintaan pembaharuan PDP context dikirim ke GGSN. Jika operator mengharapkan semua PDP context adalah *direct tunnel*, hal tersebut bisa diperkirakan bahwa *signallink direct tunnel* mempengaruhi SGSN dan GGSN. Prosedur pembaharuan PDP context merupakan prosedur yang relatif ringan untuk SGSN dan GGSN, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa *direct tunnel* tidak menimbulkan kerugian kinerja pada SGSN maupun GGSN.

### III.1.3. Tahap Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dan digunakan dalam penelitian ini bersifat kualitatif yang terdiri dari :

1. Data Primer, merupakan data yang didapat langsung dari observasi maupun dari sumber pertama, berupa topologi jaringan yang terdapat pada gambar 1.3, kapasitas saat ini yang terdapat pada tabel 1.1, *feature* yang didukung, serta kondisi jaringan ketika dibebani oleh pelanggan, yang terdapat pada gambar 1.1.
2. Data Sekunder, merupakan data yang didapat dari studi kepustakaan, data instansi lain yang berkompeten, asosiasi bisnis, penyedia teknologi, dan data internal vendor.

### III.1.4. Tahap Perancangan Implementasi

Pada tahap ini dilakukan perancangan tentang implementasi *direct tunnel* pada sistem *Packet Core*. Perancangan implementasi ini berfungsi agar hasil yang didapat dalam penerapan *direct tunnel* dapat lebih optimal. Tahap perancangan terdiri dari:

#### 1. Penilaian Jaringan

Pada tahap ini, dilakukan penilaian jaringan untuk menentukan segala perubahan yang dibutuhkan pada jaringan untuk menerapkan teknologi *direct tunnel*. Semua perubahan yang dilakukan pada jaringan harus dilakukan secara cermat agar penerapan *direct tunnel* bisa menjadi lebih efektif.

##### a. Verifikasi network topologi

Dalam verifikasi network topologi, dilakukan pengidentifikasian mulai dari kapasitas, teknologi transport yang digunakan serta physical yang digunakan. Verifikasi network topologi dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel. 3. 1 Network Topologi

Network Element	Protokol	Physical	Kapasitas
RNC-SGSN	ATM	STM-1	4*155 Mbps = 620 Mbps
SGSN-GGSN	IP	GE	1 Gbps+1Gps (Spare)
Router	ATM/IP	GE	48*1Gbps = 48 Gbps

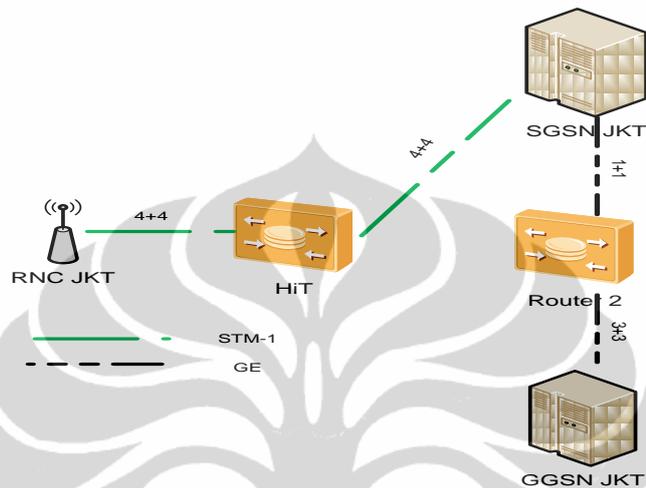
Network Element	Protokol	Physical	Kapasitas
SGSN	-	-	1 juta pelanggan dan 500 ribu PDP context.
Modul PAPU	-	-	4*60 Mbps = 240 Mbps
GGSN-Router	IP	GE	3*1Gbps = 3Gbps
GGSN	-	-	GTP Versi 1
<i>Direct tunnel</i>	-	PAPU	4*30.000 = 120.000 DT

Pada tabel 3.1, dapat dilihat bahwa pada jaringan *Core Packet Switch* yang dimiliki oleh HCPT, kapasitas koneksi dan jalur transport memiliki jumlah kapasitas yang sangat besar. Akan tetapi, kapasitas yang sangat besar tersebut belum dapat dimanfaatkan secara maksimal dalam mendukung akses data. Selain itu, kapasitas SGSN dalam menampung pelanggan serta daya tampung PDP context masih terpaut cukup jauh jika dibandingkan dengan kapasitas terpakai yang terdapat pada tabel 1.1. Akan tetapi permasalahan terjadi pada modul PAPU SGSN seperti terlihat pada Tabel 3.2, selain karena kapasitas yang sudah mencapai batas penggunaan, kapasitas total modul PAPU yang digunakan untuk 3G berjumlah 240 Mbps, hal tersebut tentu saja menimbulkan *bottle neck* pada SGSN karena kapasitas koneksi dari RNC menuju SGSN berjumlah 620 Mbps. Penerapan *direct tunnel* diharapkan bisa menjadi solusi, karena jika melihat kapasitas SGSN dalam menampung pelanggan dan *PDP context* masih memiliki sisa kapasitas yang cukup besar sehingga penambahan SGSN baru tidak perlu dilakukan.

Tabel 3.2. Kapasitas Terpakai Pada SGSN.

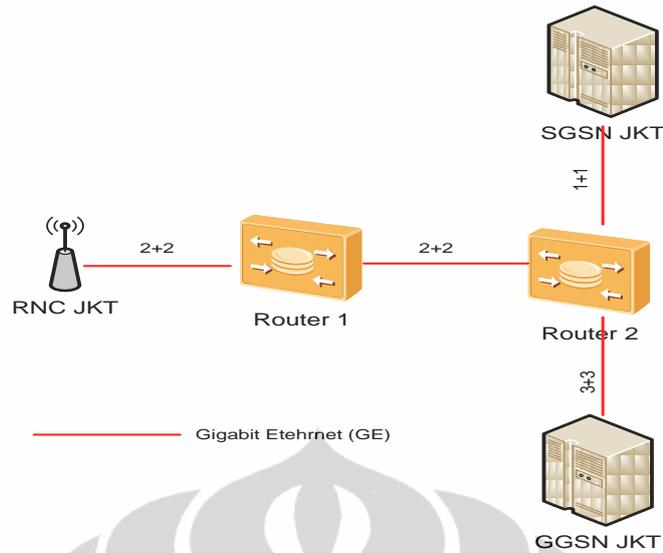
Network Element	Kapasitas	Kapasitas Terpakai	Keterangan
RNC-SGSN	620 Mbs	240 Mbps	Terjadi bottle neck di SGSN dan kapasitas dari RNC ke SGSN terbuang.
PAPU	240 Mbps	220 Mps	

Network Element	Kapasitas	Kapasitas Terpakai	Keterangan
SGSN	1 Juta Pelanggan dan 500k-pdp context	140 ribu pdp context	Kapasitas masih cukup banyak.



Gambar 3.6. Koneksi fisik jaringan *existing*

Pada gambar 3.6 dapat dilihat topologi jaringan beserta jumlah *link* yang digunakannya. Dari RNC menuju SGSN, protokol yang digunakan masih menggunakan ATM dengan jumlah *link* 4 aktif dan 4 *link standby*, sedangkan dari SGSN menuju router sudah menggunakan IP dengan jumlah *link* 1 aktif dan 1 *link standby*. Agar penerapan *direct tunnel* dapat berfungsi secara maksimal, maka jalur dari RNC menuju SGSN dan GGSN direkomendasikan untuk menggunakan teknologi IP. Hal ini karena fleksibilitas dan kemudahan teknologi IP jika pada suatu saat nanti akan dilakukan penambahan kapasitas serta syarat dari *direct tunnel* yang mengharuskan proses *Iu* melalui IP agar bisa melakukan proses pembentukan *signallink* ke SGSN, selain itu pemanfaatan kapasitas router yang masih tersisa cukup banyak dapat dilakukan. Topologi jaringan yang diharapkan sesudah migrasi ke *direct tunnel* dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Koneksi fisik jaringan *future*

Pada gambar 3.7 dapat dilihat perubahan bahwa dari RNC menuju SGSN sudah menggunakan protokol IP. Begitupun dari RNC ke GGSN, telah menggunakan protokol IP. Penggunaan protokol IP tersebut diharapkan dapat mengatasi keterbatasan kapasitas dan *bottle neck* yang selama ini terjadi dari RNC menuju GGSN melalui SGSN. Penggunaan 2 *link* IP aktif dan 2 *link* IP standby dari RNC menuju router karena mempertimbangkan lonjakan trafik yang nantinya akan terjadi. Dalam situasi ini, paket data langsung ditransmisikan ke GGSN dan *signallink* di rutekan melalui SGSN. Perhitungan kapasitas *link* untuk trafik data sebelum dan sesudah diterapkannya *direct tunnel* dapat dilihat pada Tabel 3.3, 3.4 dan 3.5:

Tabel 3.3. Kapasitas Sebelum Penerapan *Direct tunnel*

Network Element	Koneksi Fisik	Kapasitas Tiap Link	Jumlah Link	Kapasitas Max	Kapasitas Terpakai	Keterangan
RNC-SGSN JKT	STM-1	155 Mbps	4	620 Mbps	220 Mbps	<b>Terjadi Bottle Neck</b>
SGSN JKT 3G	Modul PAPU	60 Mbps	4	240 Mbps	220 Mbps	
Router-SGSN JKT	GbEth	1 Gbps	1	1 Gbps	520 Mbps	<i>Throughput</i> 2G dan 3G
Router-GGSN	GbEth	3 Gbps	3	3 Gbps	600 Mbps	80 Mbps dari SGSN SBY

Tabel 3.4. Perhitungan *Link*

Parameter	Volume	Satuan
Maximum guaranteed bit rate for downlink (HLR)	128	Kbps
Pelanggan 3G Aktif	18000	Pelanggan
<b>Link yang dibutuhkan</b>	<b>2304</b>	<b>Mbps</b>

Tabel 3.5. Kapasitas Setelah Penerapan *Direct tunnel*

Network Element	Koneksi Fisik	Kapasitas Tiap Link	Jumlah Link	Kapasitas Max	Keterangan
RNC-Router	Gigabit Ethernet	1 Gbps	2	2 Gbps	Link Menuju SGSN&GGSN
SGSN JKT 3G	Modul PAPU	60 Mbps	4	240 Mbps	Untuk Signallink
Router-SGSN JKT	Gigabit Ethernet	1 Gbps	1	1 Gbps	Link Menuju GGSN dan RNC
Router-GGSN	Gigabit Ethernet	3 Gbps	3	3 Gbps	Link Menuju RNC dan SGSN

Jika Tabel 3.3 dan Tabel 3.5 dibandingkan, maka dapat dilihat terjadi penghematan physical dengan menghilangkan 4 *link* STM1 yang sebelumnya menuju SGSN digantikan oleh 2 *link* GbEth menuju router. Penggunaan gigabit ethernet sangat membantu dalam mengatasi keterbatasan kapasitas pada SGSN JKT yang telah terjadi sebelumnya. Pada network element selain RNC dan router, tidak terdapat perubahan secara physical, hanya perubahan logical. Perhitungan Tabel 3.3 dan Tabel 3.5 didapat dari Tabel 3.1 mengenai network topology, gambar 3.6 mengenai koneksi fisik jaringan *existing*, dan Tabel 3.4, mengenai perhitungan *link*.

b. Perubahan IP routing

Perubahan IP routing dalam penerapan *direct tunnel* dilakukan pada router dan switch SGSN. Perubahan tersebut untuk membuat aliran data agar pada saat selesai proses pembentukan *signallink*, aliran data dapat disalurkan dari RNC menuju ke GGSN tanpa melalui SGSN. Sementara untuk proses pembentukan *signallink* dan manajemen pelanggan masih melalui SGSN.

c. Perubahan keamanan.

Untuk saat ini tidak perlu melakukan perubahan keamanan karena tidak ada jalur dari RNC yang langsung menuju jaringan IP publik. Setelah dilakukan penerapan *direct tunnel*, jalur dari RNC menuju GGSN masih menggunakan *private IP*.

d. Pendefinisian APN dan RNC untuk *Direct tunnel*

Pendefinisian APN dan RNC untuk *direct tunnel* perlu dilakukan, karena hanya RNC dan APN tertentu saja yang dapat dilewatkan pada *direct tunnel*. Jika APN dan RNC tersebut tidak terdaftar, maka data trafik akan dilewatkan pada *two tunnel*. APN yang didaftarkan untuk *direct tunnel* yaitu: 3data, 3gprs, 3mms, 3 stream, blackberry.net. sedangkan RNC yang didaftarkan yaitu RNC JKT1.

2. Site Documentation

a. Topology (Physical dan Logical)

Untuk topology, bisa dilihat pada tabel 1.3. 1.4, 3.6 dan 3.7

b. Router script

Router script dibuat dan dieksekusi oleh tim perencanaan dan implementasi IP.

c. Cisco IOS version

Cisco IOS version perlu diperhatikan, agar router yang akan digunakan dapat mendukung penerapan *direct tunnel*. Ketersediaan port, vlans merupakan hal yang harus ada dalam penerapan *direct tunnel*. Cisco IOS version yang digunakan yaitu cisco router 7606.

d. Informasi Vlans dan IP routing

Pembentukan VLAN untuk control plane (*signallink*) dan user plane (trafik data) diperlukan untuk komunikasi antara RNC dan SGSN serta penyaluran trafik menuju GGSN. Pembentukan VLAN tersebut agar IP yang digunakan tidak bersinggungan dengan IP publik.

3. Pembuatan Datafill

Pembuatan datafill hanya dilakukan pada SGSN. Datafill dibuat sebagai database untuk diimplementasikan pada SGSN.

Gambar 1.6 menjelaskan skema perancangan *direct tunnel*. Dari tahap perancangan ini, akan di evaluasi mengenai kondisi jaringan saat ini, serta melihat kemungkinan apakah *direct tunnel* bisa langsung diterapkan pada network atau memerlukan perangkat tambahan yang nantinya akan di desain ulang.

### III.1.5. Tahap Evaluasi Perancangan

Pada tahap ini, hasil perancangan akan di evaluasi apakah sesuai dengan parameter yang ditetapkan atau tidak. Jika sesuai, maka dilanjutkan ke tahap analisis data, jika tidak sesuai, maka dilakukan perancangan ulang. Pada tahap ini, KPI yang digunakan yaitu

1. *Throughput (Mbps)*, data diambil dari laporan performansi jaringan PT. HCPT
2. *PDP Context success rate (%)*, data diambil dari laporan performansi jaringan PT. HCPT
3. *CPU load/PAPU load (Mbps)*, data diambil dari laporan performansi jaringan PT. HCPT

Seluruh data yang digunakan pada tahap evaluasi perancangan, berdasarkan dari data laporan performa jaringan PT. HCPT.

### III.1.6 Tahap Analisis Data

Analisa data merupakan tahap selanjutnya setelah tahap evaluasi perancangan implementasi. Data dianalisa dengan memperhatikan parameter-parameter yang telah ditetapkan sebelumnya. *Throughput* , *PDP Context success rate*, dan *CPU load* menjadi hal yang wajib dianalisa dalam jaringan packet switch. Analisis dilakukan berdasarkan data dan fakta dilapangan dengan cara membandingkan data sebelum dan sesudah diterapkannya *direct tunnel* pada *network* serta perhitungan biaya yang digunakan. Gambar 1.5 menjelaskan sebuah skema analisis dari implementasi *direct tunnel*.

### III.1.7 Tahap Kesimpulan

Pada tahap ini akan disusun kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

### III.2. Tranformasi Implementasi *Direct tunnel*

Perencanaan yang matang mengenai implementasi penerapan *direct tunnel* perlu dipersiapkan sebaik mungkin. Tranformasi dari *network existing* menuju *network future* perlu menjadi perhatian, supaya penerapan *direct tunnel* tidak menimbulkan masalah dan menyebabkan penurunan kualitas/performa. Transformasi mengenai implementasi *direct tunnel* dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Transformasi Implementasi *Direct tunnel*

Triwulan Ke-	I	II	III	IV
Aktifitas	Implementasi dan Evaluasi Performansi <i>Direct tunnel</i> pada RNC Batam dan RNC Bandung	Implementasi dan Evaluasi Performansi <i>Direct tunnel</i> pada RNC Jakarta serta Evaluasi Keseluruhan Penerapan <i>Direct tunnel</i> Wilayah Barat	Implementasi dan Evaluasi Performansi <i>Direct tunnel</i> pada RNC Semarang dan RNC Surabaya	Implementasi dan Evaluasi Performansi <i>Direct tunnel</i> pada RNC Surabaya serta Evaluasi Keseluruhan Penerapan <i>Direct tunnel</i> Wilayah Timur

Proses implementasi pada Tabel 3.6. berdasarkan besarnya *load* dari tiap-tiap RNC. RNC Medan dan RNC Semarang merupakan RNC yang mendapatkan kesempatan pertama dalam implementasi *direct tunnel*. Hal ini dikarenakan kedua RNC tersebut memiliki *load* lebih rendah dibanding RNC lainnya, sehingga jika nantinya ditemukan masalah pada tahap implementasi *direct tunnel*, diharapkan masalah tersebut dapat dengan mudah diatasi. Setelah tahap implementasi dilaksanakan, dilakukan evaluasi untuk melihat performa network dan menemukan masalah yang terjadi, sehingga diharapkan nantinya dengan evaluasi ini, implementasi *direct tunnel* pada RNC lainnya dapat berlangsung lancar dan bebas dari masalah. Setelah semua RNC mengadopsi *direct tunnel*, maka dilakukan evaluasi keseluruhan mengenai performa *network* setelah beralih ke teknologi *direct tunnel*.

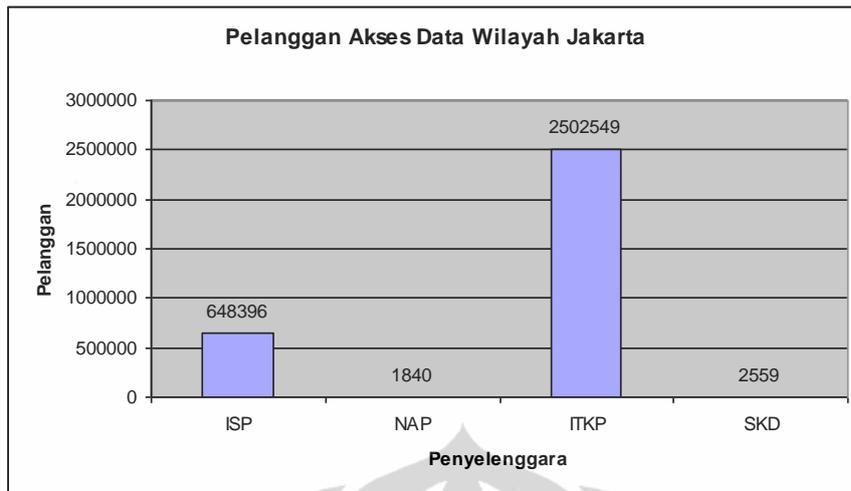
### III.3. Roadmap Implementasi *Direct tunnel*

Implementasi *direct tunnel*, selain untuk meningkatkan kapasitas, mempercepat jalur akses, memperpendek delay dan efisiensi biaya juga

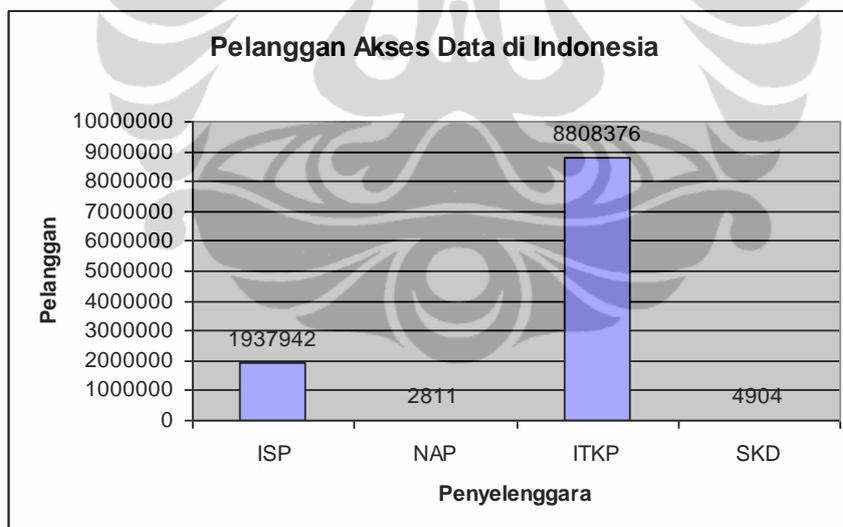
diharapkan nantinya network HCPT siap untuk berevolusi ke teknologi yang lebih canggih, tentunya jika diperlukan. Evolusi tersebut dapat terjadi karena dengan penerapan *direct tunnel*, network yang dimiliki HCPT secara tidak langsung akan berevolusi pada *flat network architecture*, arsitektur yang diterapkan pada LTE. *Roadmap* implementasi *direct tunnel*, dapat dilihat pada Tabel di 1.2.

*Roadmap* pada Tabel 1.2. disusun berdasarkan tren pelanggan dan beraneka ragamnya konten yang semakin berkembang di Indonesia. Periode 3 tahun yang ditetapkan pada *Roadmap* didasarkan pada tren pengguna layanan paket data yang semakin meningkat dan perkembangan teknologi yang dikeluarkan oleh vendor sebagai penyedia perangkat. Selain itu, kesiapan regulator juga menjadi perhatian. Pada tahun 2007-2010 tren pengguna data pada network HCPT masih sedikit (*load* pada SGSN masih rendah) dan bisa di tangani oleh HSPA klasik. Memasuki tahun 2010, tren pengguna akses data pada network HCPT telah mencapai *occupancy* hingga 90% sehingga diperlukan adanya evolusi menuju teknologi HSPA *one tunnel*, dengan penerapan *direct tunnel*. Hal ini untuk mengantisipasi semakin melonjaknya pelanggan HCPT dan mengurangi *load* yang terjadi pada SGSN, karena layanan yang diberikan kepada pelanggan semakin beragam.

Tahun 2013-2016, jika diperlukan, HCPT berevolusi menuju teknologi I-HSPA, hal ini untuk mengantisipasi persaingan dengan operator incumbent, yang rencananya pada 2012 akan menerapkan LTE [12]. Selain itu, penetrasi akses data saat ini yang masih rendah, maka diperkirakan pada periode 2013-2016 penetrasi akses data di Indonesia sudah mencapai 50%. Penetrasi akses data saat ini di wilayah Jakarta, dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan 3.9, sedangkan penetrasi akses data untuk wilayah Indonesia dapat dilihat pada gambar 3.10 [5]. Dari Gambar 3.8, 3.9 dan Gambar 3.10 dapat dilihat bahwa pertumbuhan pelanggan layanan akses data masih di bawah 50%. Diperkirakan 5 tahun ke depan, pertumbuhan pelanggan akses data dapat mendekati 50%.

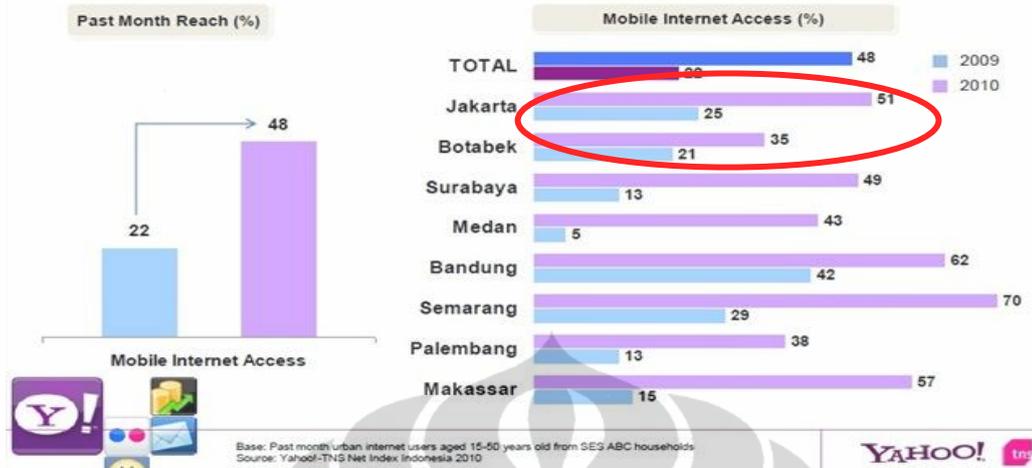


Gambar 3.8. Penetrasi layanan akses data wilayah Jakarta [5]



Gambar 3.9. Penetrasi layanan akses data di Indonesia [5]

## Tier 2 cities leapfrogging to mobile internet



Gambar 3.10. Pertumbuhan pengguna internet via mobile [13]

Available	2H/2009	2010	2011
Optimal user plane and control plane traffic handling: Ready for data tornado with Direct Tunnel	HSPA capacity enhancements Enhanced statistics Network awareness	Direct Tunnel Optimization Packet Core Modernization	LTE evolution: Direct Tunnel in hybrid LTE/3G networks
<ul style="list-style-type: none"> <li>Multi-vendor capable field proven Direct Tunnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISN 4.2 CD2 Direct Tunnel Awareness</li> <li>Access specific handling and advanced statistics for Direct Tunnel traffic</li> <li>RNC/GGSN specific Direct Tunnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Direct Tunnel optimization features</li> <li>ATCA based SGSN with SG release</li> <li>DX based SGSN</li> <li>Feature-rich ATCA based GGSN (NG)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SGSN/MME on two platforms with one SW (NS)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>RU 10 (by over IP)</li> <li>NetAct</li> <li>Trafica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SW integrated I-HSPA</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Rel 8 architecture support</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Care services</li> <li>Installation services</li> <li>Network planning services</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Network Planning Guide for Direct Tunnel</li> <li>New KPI support</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Direct Tunnel optimization</li> <li>Enhanced operability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planning service for combined 2G/3G/LTE packet core network</li> </ul>
<b>SGSN SG70</b> Flexi ISN 40	<b>SGSN SG70</b> Flexi ISN 40	<b>SGSN SG8</b> Flexi NG 10	<b>SGSN/MME NS30</b> Flexi NG20

SBU: business consulting + Direct Tunnel NPO services, NI and CSI services

System/blueprint    e.g. RA, OSS/BSS    Via SBU    ☞ = project request    ☞☞ = planned    ☞☞☞ = study item

Gambar 3.11. Roadmap direct tunnel vendor [14]

Pada periode 2016, diharapkan teknologi LTE sudah stabil dan harga yang ditawarkan sudah semakin murah, dengan mengambil contoh teknologi 3G yang saat ini diterapkan di India, operator di India dapat menerapkan teknologi dengan biaya yang lebih murah jika dibandingkan dengan di Indonesia yang menerapkan

jaringan 3G ketika teknologi tersebut baru muncul. *Roadmap direct tunnel* dari vendor pada Gambar 3.5 [14] bisa dijadikan landasan untuk menentukan waktu yang tepat untuk beralih ke LTE.



## BAB IV

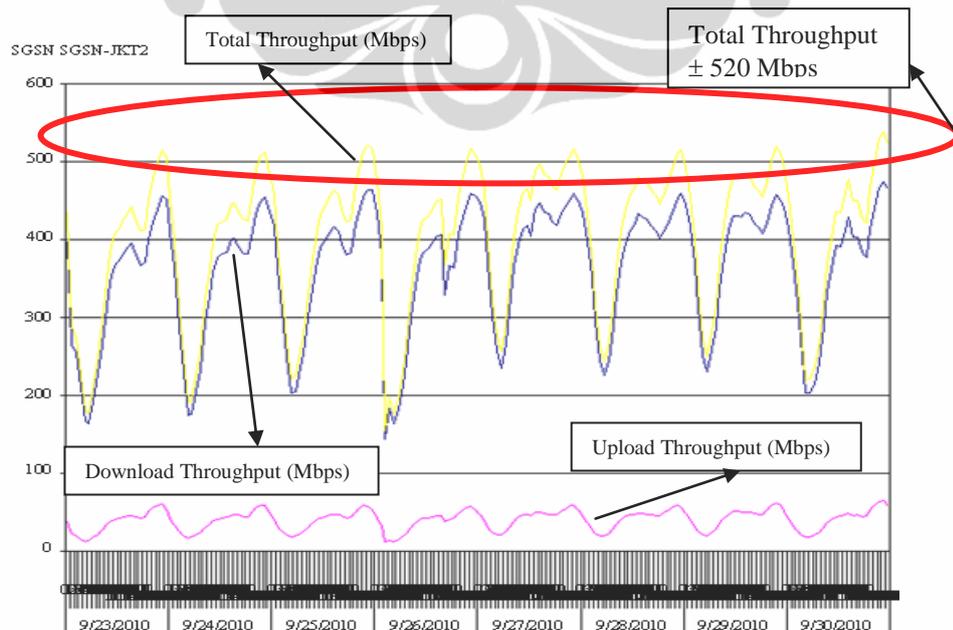
### ANALISA DAN EVALUASI

Pada bab ini akan dibahas analisa dan evaluasi dari penerapan *direct tunnel* pada *Core Packet Switch* di PT. HCPT. Parameter yang di analisis yaitu *Throughput (Mbps)*, *PDP Context success rate (%)*, *CPU load/PAPU Load (Mbps)*, yang semua datanya merupakan data riil dan didapat dari laporan bulanan performansi jaringan PT. HCPT. Selain itu, analisis investasi diperlukan untuk mengetahui dampak diterapkannya *direct tunnel* dari segi bisnis.

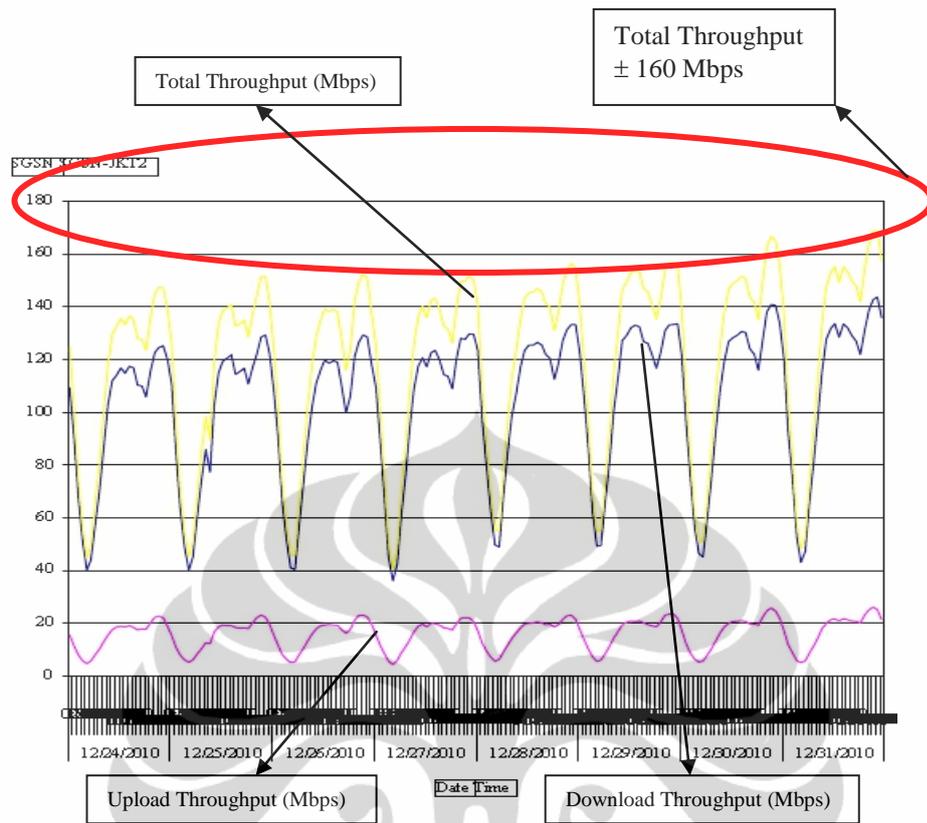
#### IV.1. Analisis Penerapan *Direct tunnel*

##### IV.1.1. *Throughput (Mbps)*

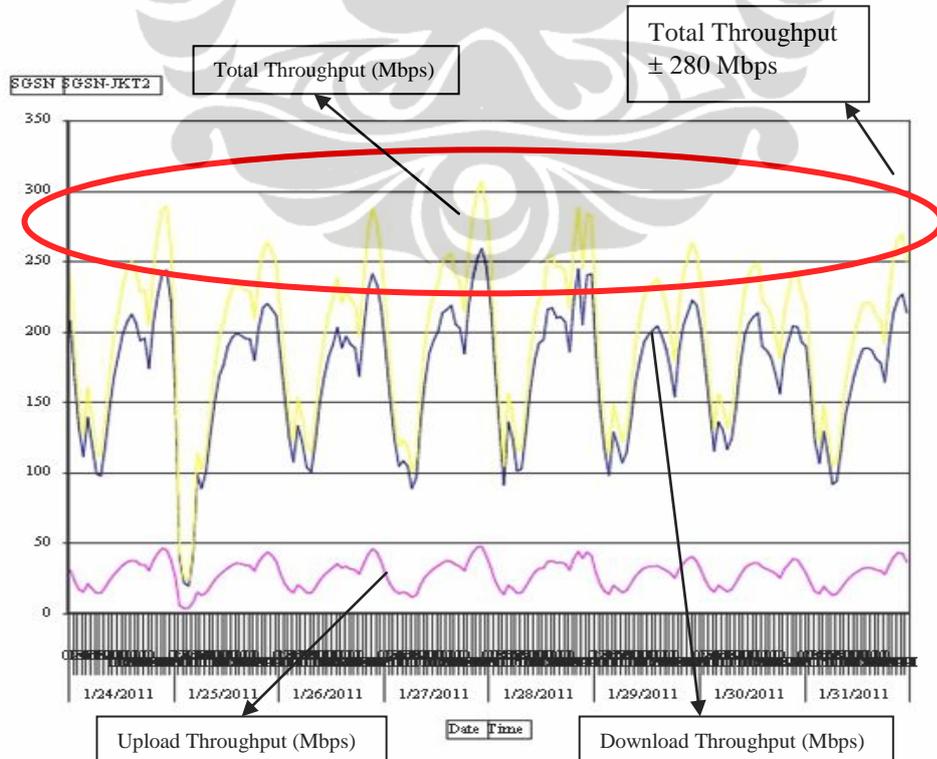
Pada sub bab ini akan dibahas mengenai perubahan *throughput* setelah diterapkannya *direct tunnel* pada core packet switch. *Throughput* sangat penting pada trafik data, karena besar atau kecil nya *throughput* menentukan kualitas suatu jaringan serta banyaknya data yang dikirimkan melalui jaringan tersebut. Yang pertama di analisa yaitu *throughput* dari SGSN menuju GGSN. Data perubahan dari sebelum penerapan *direct tunnel* dan setelah penerapan *direct tunnel* dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.1 *Throughput* SGSN sebelum *direct tunnel* [2]



Gambar 4.2. *Throughput* SGSN setelah *direct tunnel* bulan pertama [15]



Gambar 4.3. *Throughput* SGSN setelah *direct tunnel* bulan kedua [16]

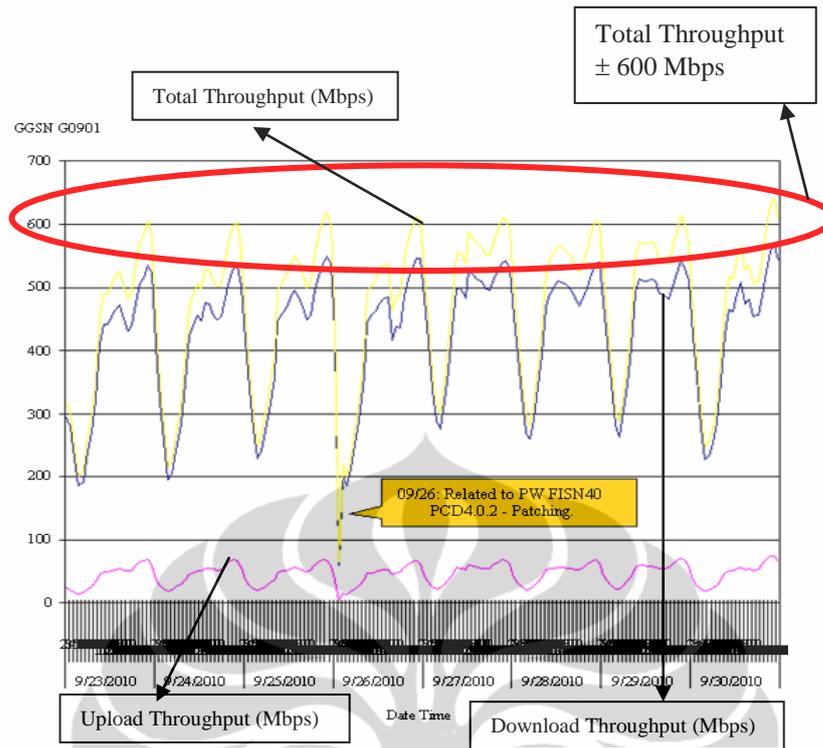
Dari Gambar 4.1. dan Gambar 4.2 dapat dianalisa bahwa penerapan *direct tunnel* berpengaruh terhadap *throughput* dari SGSN JKT menuju GGSN. Hal ini disebabkan berkurangnya beban pada SGSN JKT yang sebelumnya trafik 3G dari RNC JKT masih melewati SGSN JKT kemudian di bypass agar trafik data dari RNC JKT dapat menuju langsung ke GGSN. *Throughput* sebesar  $\pm 160$  Mbps yang tersisa pada SGSN merupakan trafik data dari BSC menuju GGSN melalui SGSN, hal ini dikarenakan untuk 2G tidak dapat mendukung teknologi *direct tunnel*. Jika dilihat pada Gambar 4.3 terdapat kenaikan *throughput*  $\pm 120$  Mbps, hal ini karena mulai terjadi kenaikan *throughput* dari sisi BSC yang disebabkan oleh berbagai promosi paket data yang dilakukan oleh operator. Supaya lebih jelas, perubahan *throughput* pada SGSN dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel. 4.1. Penurunan *Throughput* SGSN

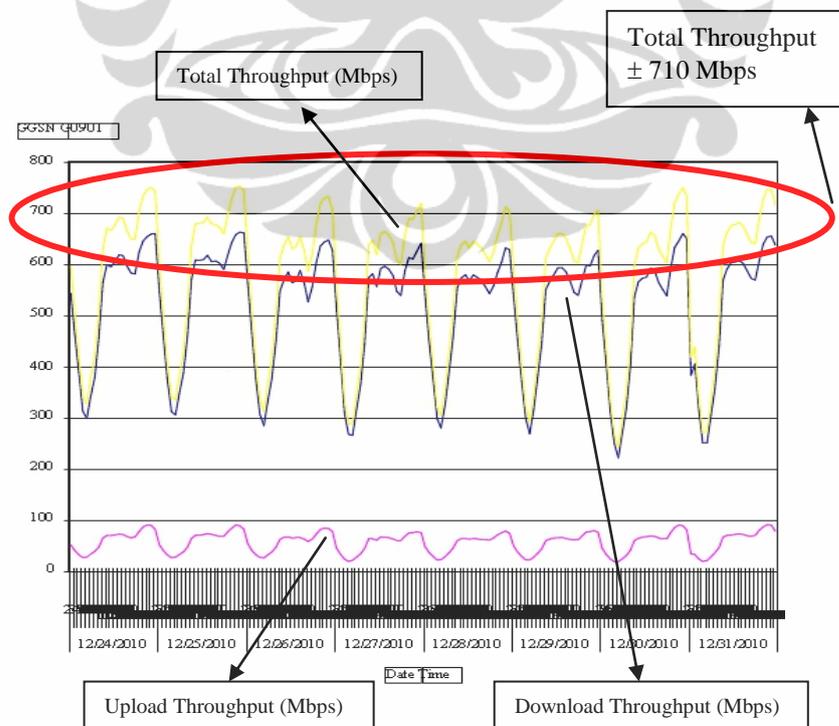
Kondisi SGSN	Total <i>Throughput</i> (Mbps)	Penurunan <i>Throughput</i> Setelah Implementasi DT (%)
Sebelum <i>Direct tunnel</i>	520	-
Sesudah <i>Direct tunnel</i> (Bulan Ke-1)	160	69%
Sesudah <i>Direct tunnel</i> (Bulan Ke-2)	280	46%

Pada Tabel 4.1. secara persentase dapat dilihat bahwa penurunan *throughput* pada SGSN untuk bulan pertama sebesar 69% dan untuk bulan ke dua sebesar 46% dihitung dari kondisi *throughput* 520 Mbps, dimana kondisi tersebut merupakan kondisi sebelum diterapkannya *direct tunnel*.

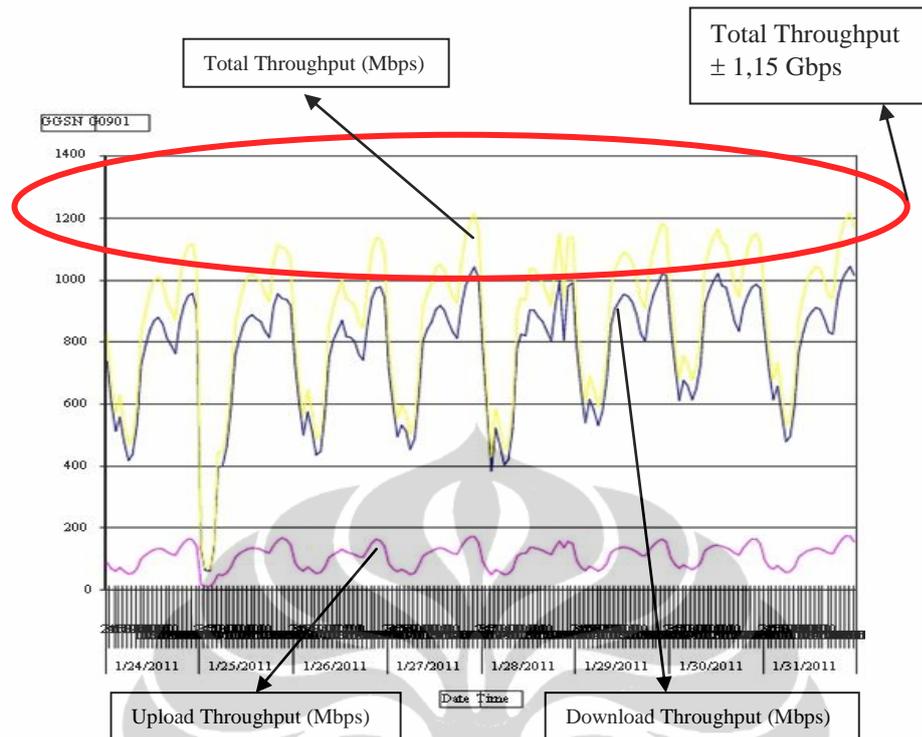
Selain *throughput* dari SGSN menuju GGSN, jalur dari GGSN menuju network element lainnya juga dianalisa agar dapat diketahui perubahan yang terjadi dari penerapan *direct tunnel*. Perubahan *throughput* pada GGSN dapat dilihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



Gambar 4.4. *Throughput* GGSN sebelum *direct tunnel*. [2]



Gambar 4.5. *Throughput* GGSN setelah *direct tunnel* bulan pertama [15]



Gambar 4.6. *Throughput* GGSN setelah *direct tunnel* bulan kedua [16]

Dari Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 dapat di analisa bahwa penerapan *direct tunnel* berpengaruh terhadap perubahan data *throughput* GGSN yaitu terjadinya peningkatan *throughput* sebesar 110 Mbps. Pada gambar 4.6 dapat dilihat perubahan yang signifikan jika dibandingkan dengan data sebelum diterapkannya *direct tunnel* yaitu terjadi peningkatan sebesar 550 Mbps. Hal tersebut karena trafik data yang sebelumnya dari RNC JKT kemudian terjadi *bottle neck* di SGSN JKT dapat langsung disalurkan menuju GGSN tanpa dipengaruhi terbatasnya kapasitas pada SGSN JKT. Supaya lebih jelas, perubahan *throughput* pada GGSN dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel. 4.2. Peningkatan *Throughput* GGSN

Kondisi GGSN	Total <i>Throughput</i> (Mbps)	Peningkatan <i>Throughput</i> Setelah Implementasi DT (%)
Sebelum <i>Direct tunnel</i>	600	-
Sesudah <i>Direct tunnel</i> (Bulan Ke-1)	710	18%
Sesudah <i>Direct tunnel</i> (Bulan Ke-2)	1150	92%

Pada Tabel 4.2. secara persentase dapat dilihat bahwa peningkatan *throughput* pada GGSN untuk bulan pertama sebesar 18% dan untuk bulan ke dua sebesar 92% dihitung dari kondisi *throughput* 600 Mbps, dimana kondisi tersebut merupakan kondisi sebelum diterapkannya *direct tunnel*.

Perhitungan kapasitas *link* untuk trafik data sebelum dan sesudah diterapkannya *direct tunnel* dapat dilihat pada tabel 4.3:

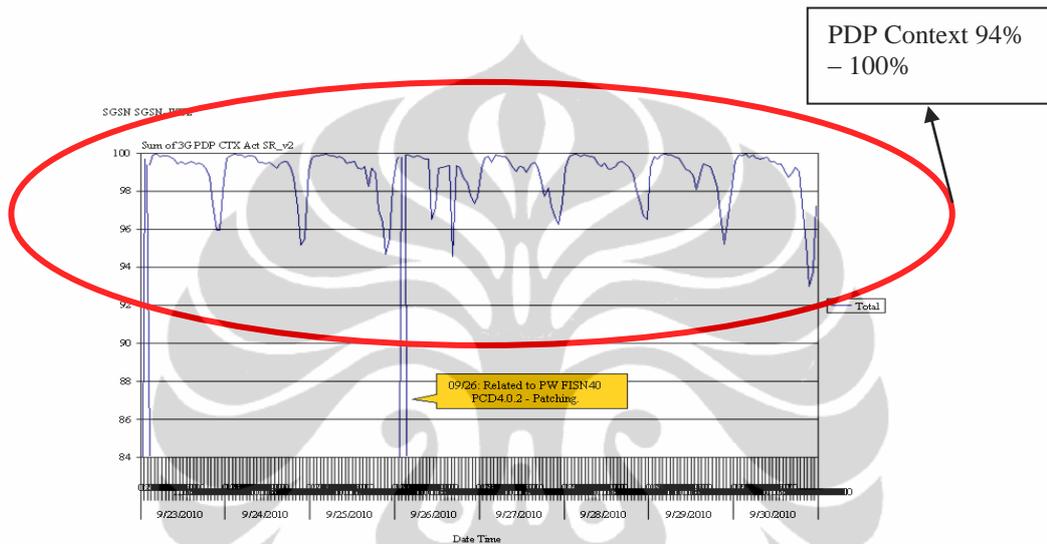
Tabel 4.3. Kapasitas Terpakai Setelah Penerapan *Direct tunnel*

Network Element	Koneksi Fisik	Kapasitas Tiap Link	Jumlah Link	Kapasitas Max	Kapasitas Terpakai	Keterangan
RNC-Router	Gigabit Ethernet	1 Gbps	2	2 Gbps	610 Mbps	Link Menuju SGSN&GGSN
SGSN JKT 3G	Modul PAPU	60 Mbps	4	240 Mbps	4 Mbps	
Router-SGSN JKT	Gigabit Ethernet	1 Gbps	1	1 Gbps	280 Mbps	Link Menuju GGSN
Router-GGSN	Gigabit Ethernet	3 Gbps	3	3 Gbps	1,15 Gbps	Link Menuju RNC dan SGSN. <i>Throughput</i> dari SGSN SBY=260 Mbps

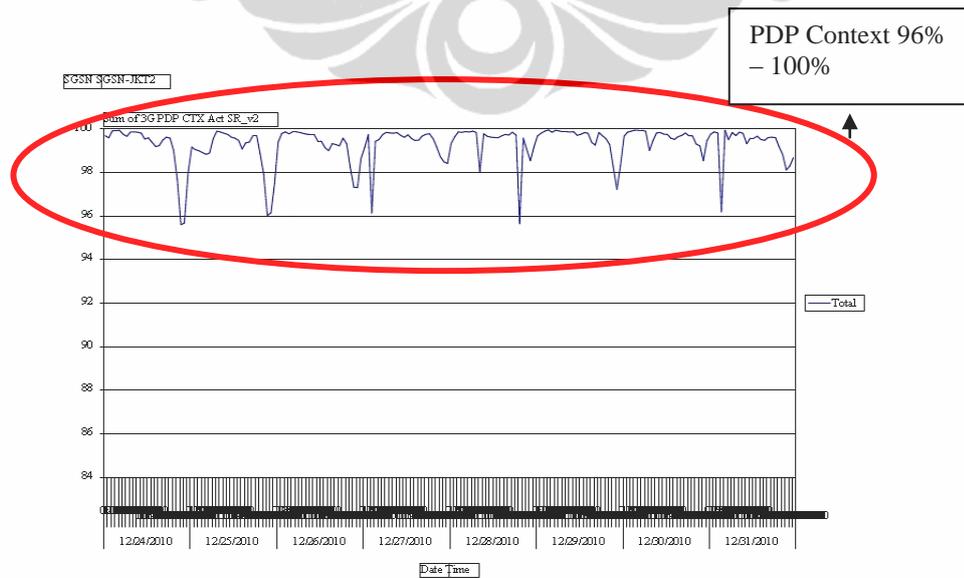
Dari tabel diatas dapat dilihat perubahan yang sangat signifikan dari kapasitas packet core yang dimiliki oleh HCPT. Jika dibandingkan dengan Tabel 3.1 kapasitas terpakai dari RNC JKT menuju GGSN mengalami peningkatan. Sebelumnya hanya 220 Mbps, setelah penerapan *direct tunnel* menjadi 610 Mbps. Peningkatan kapasitas ini akan terus berlanjut seiring dengan semakin gencarnya program promosi dari pihak operator. Selain itu *throughput* total GGSN yang terpakai juga mengalami peningkatan, dari sebelumnya hanya 520 Mbps menjadi 1,15 Gbps. Selain peningkatan kapasitas, penghematan koneksi fisik pun terjadi antara RNC dan SGSN+GGSN. Sebelumnya dari RNC terhubung ke SGSN menggunakan 4 *link* STM1 dengan kapasitas maksimum 620 Mbps, setelah diterapkannya *direct tunnel* cukup menggunakan 2 *link* GbEth dengan kapasitas maksimum 2 Gbps. Hal ini tentu saja menjadi keuntungan jika dibandingkan dengan menggunakan STM1 baik dari segi kapasitas maupun jumlah koneksi fisik.

#### IV.1.2. PDP Context Success Rate

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai analisa PDP context success rate. PDP context success rate berkaitan langsung dengan proses pembentukan *signallink* sebelum jalur untuk trafik data terbentuk. Data PDP context success rate sebelum dan sesudah penerapan *direct tunnel* dapat dilihat pada gambar 4.7 dan 4.8.

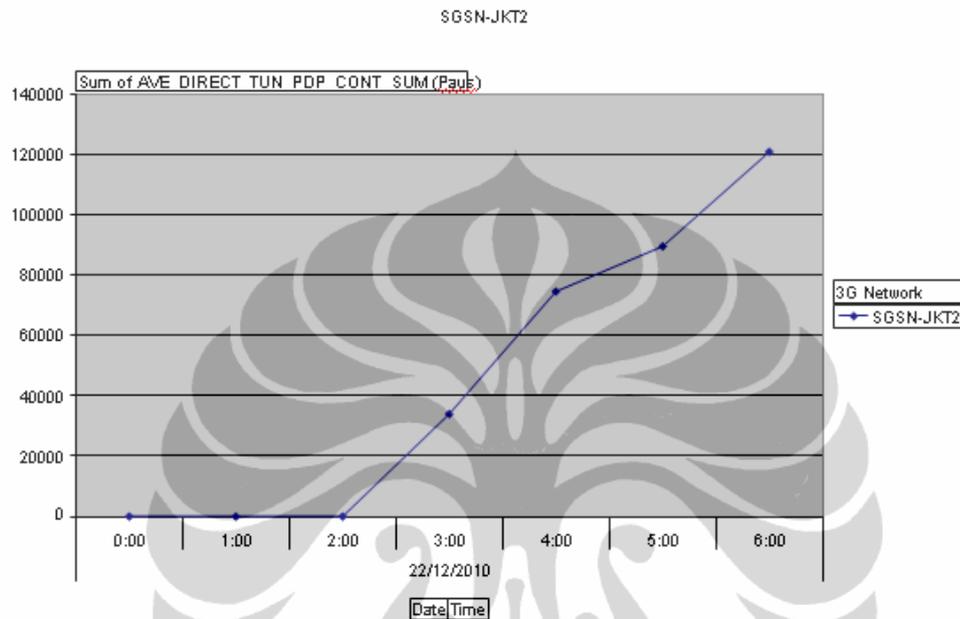


Gambar 4.7. PDP context sebelum *direct tunnel*. [2]



Gambar 4.8. PDP context setelah *direct tunnel*. [15]

Pada gambar 4.7 dan gambar 4.8 dapat dilihat bahwa perubahan PDP context sebelum dan sesudah diterapkannya *direct tunnel* tidak mengalami perubahan yang signifikan, hal ini berarti proses pembentukan *signallink* untuk membuat jalur trafik data berjalan dengan normal.



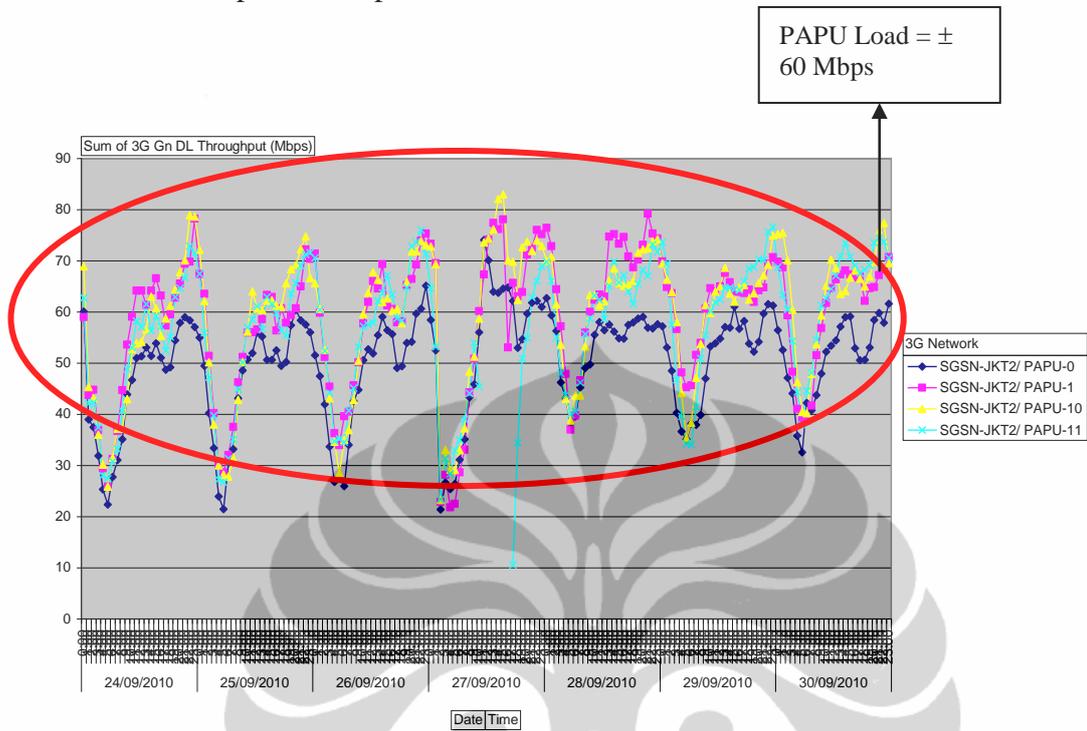
Gambar 4.9. PDP context one tunnel [15]

Pada Gambar 4.9 bisa dilihat bahwa setelah implementasi *direct tunnel* terdapat perubahan yang terjadi pada PDP context. Sebelum penerapan *direct tunnel*, PDP untuk *one tunnel* berjumlah 0. Setelah penerapan *direct tunnel*, perlahan-lahan PDP context untuk *one tunnel* mulai beranjak naik hingga pada saat data diambil mencapai 120000 PDP context. Hal ini menjadi salah satu faktor bahwa penerapan *direct tunnel* sudah sesuai prosedur.

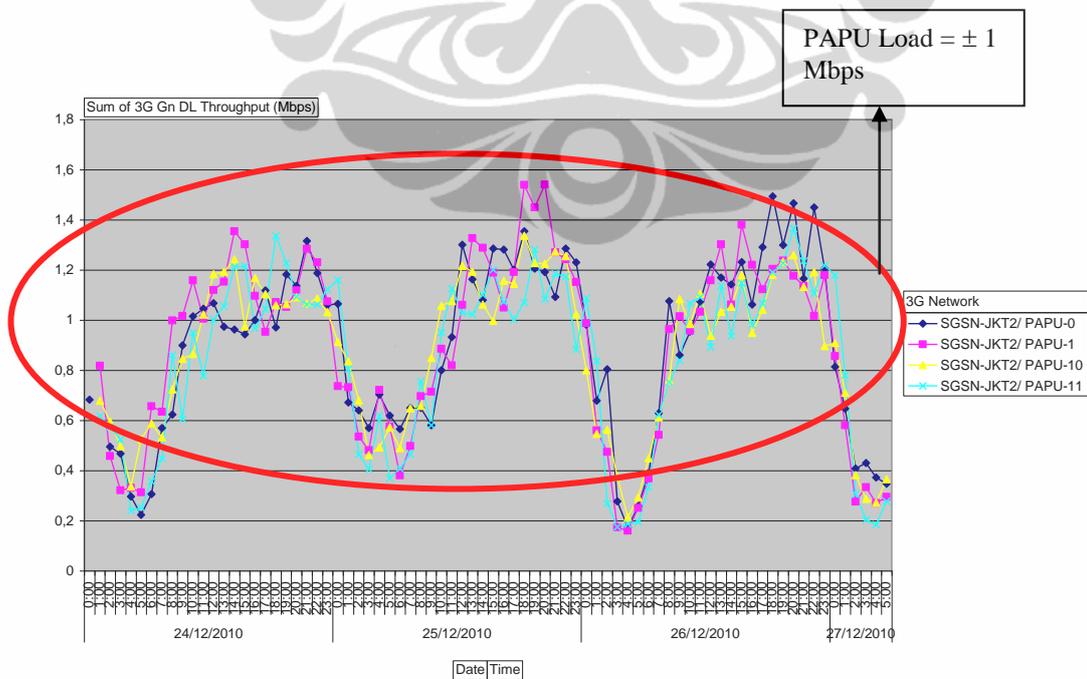
#### IV.1.3. PAPU Load

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai analisa PAPU *load*. Analisa PAPU diperlukan untuk melihat beban yang terjadi pada modul PAPU yang sekaligus berfungsi sebagai CPU, sebelum dan setelah diterapkannya *direct tunnel*. Modul PAPU tersebut berperan sebagai tempat memproses segala aktifitas

mengenai trafik data dan signallink. Data sebelum dan sesudah diterapkannya *direct tunnel* dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10. Beban PAPU sebelum *direct tunnel*. [2]



Gambar 4.11 Beban PAPU setelah *direct tunnel*. [15]

Pada gambar 4.10 dan gambar 4.11 bisa di analisa bahwa penerapan *direct tunnel* mempengaruhi beban dari modul PAPU yang digunakan untuk trafik 3G. Sebelum penerapan *direct tunnel*, beban PAPU 3G berjumlah  $\pm 60$  Mbps untuk masing PAPU, tetapi setelah penerapan *direct tunnel* beban PAPU 3G berkurang menjadi  $\pm 1$  Mbps. Ini diakibatkan karena trafik data yang sebelumnya melewati SGSN melalui modul PAPU, setelah diterapkannya *direct tunnel* berubah arah menjadi langsung menuju GGSN dari RNC. Supaya lebih jelas, perubahan *throughput* pada PAPU dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel. 4.4. Penurunan *Throughput* PAPU

Kondisi PAPU	Total <i>Throughput</i> (Mbps)	Penurunan <i>Throughput</i> Setelah Implementasi DT (%)
Sebelum <i>Direct tunnel</i>	60	-
Sesudah <i>Direct tunnel</i>	1	98%

Pada Tabel 4.4. secara persentase dapat dilihat bahwa penurunan *throughput* pada PAPU sebesar 98% dihitung dari kondisi sebelum diterapkannya *direct tunnel*.

## IV.2. Analisis Investasi *Direct tunnel*

Dari hasil-hasil yang telah dikemukakan pada pembahasan sebelumnya, pada sub bab ini akan dilakukan analisa kelayakan investasi berdasarkan biaya yang telah dan akan dikeluarkan serta pendapatan yang akan diterima selama periode investasi. Keluaran dari analisa bisnis ini akan berupa nilai dari parameter-parameter seperti NPV, IRR dan *Pay Back Period* yang akan digunakan sebagai indikator dalam menentukan kelayakan bisnis.

### IV.2.1 Penetapan Tarif

Penetapan tarif per pelanggan diambil dari ARPU akses data yang diterima oleh operator. Nilai ARPU tersebut diambil berdasarkan data dari presentasi Indonesia Telecom Internatioanal Summit yang dibawakan oleh Jayesh Easwaramony selaku vice president frost & sullivan. Dari data presentasi tersebut

dapat diambil bahwa nilai ARPU yang diterima oleh operator secara rata-rata pada tahun 2010 sebesar Rp. 18.000 (1,44 Euro) dan mengalami kenaikan pada tahun-tahun setelahnya. [17].

#### IV.2.2 Penetapan Kenaikan Pelanggan

Penetapan kenaikan pelanggan dilakukan agar didapat suatu kenaikan pelanggan yang rasional dan memiliki landasan kenaikan yang kuat supaya pada saat perhitungan investasi didapatkan hasil yang akurat. Penetapan kenaikan pelanggan di dasarkan pada beberapa faktor yang semuanya terangkum pada Tabel 4.5 :

Tabel 4.5. Faktor Kenaikan Pelanggan [18]

Faktor Kenaikan	Kenaikan Pelanggan			Alokasi Laba PS
	10%	20%	30%	
Promosi Paket Broadband	√			10%
Penambahan Node B		√		15%
Penambahan RNC+Node B			√	20%

Dari Tabel 4.5. faktor yang menjadi dasar kenaikan pelanggan didapat dari hasil survey dari berbagai media massa yang memuat berita tentang target kenaikan pelanggan dan faktor-faktor yang mendukungnya. Sedangkan alokasi laba *packet switch* (PS) diperlukan untuk mendukung implementasi faktor-faktor kenaikan. Penetapan kenaikan pelanggan terbagi menjadi tiga kategori, yaitu pesimis, untuk kenaikan pelanggan sebesar 10%, moderat, untuk kenaikan pelanggan sebesar 20% dan optimis, untuk kenaikan pelanggan sebesar 30%.

#### IV.2.3 Struktur Biaya

##### 1. *Capital Expense* (CAPEX)

Besarnya *capital expense* seperti ditunjukkan oleh Tabel 4.3 dan 4.4 adalah merupakan total investasi yang dilakukan dari tahun pertama hingga tahun terakhir untuk investasi *direct tunnel* dan *non direct tunnel*. Biaya investasi ini digunakan untuk pembelian perangkat keras, lisensi perangkat

lunak serta biaya desain jaringan dan integrasi. Biaya investasi per tahun untuk *direct tunnel* dan *non direct tunnel* dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 4.6. Biaya Investasi Dengan Menerapkan *Direct tunnel*

Produk	Total Harga (Pesimis)	Total Harga (Moderat)	Total Harga (Optimis)
Lisensi <i>Direct tunnel</i> (per 1000 tunnel)	634255	1093966	1836551
Lisensi PDP Context (per 500k pelanggan)	0	150000	0
Lisensi Kapasitas+PDP (500k Pelanggan)	0	0	429245
Etnernet Cable, Cat6	128	128	128
Desain dan Perencanaan Jaringan	18900	18900	18900
Instalasi dan integrasi	13300	13300	13300
<b>Total Biaya (Euro)</b>	<b>666583</b>	<b>1276294</b>	<b>2298123</b>

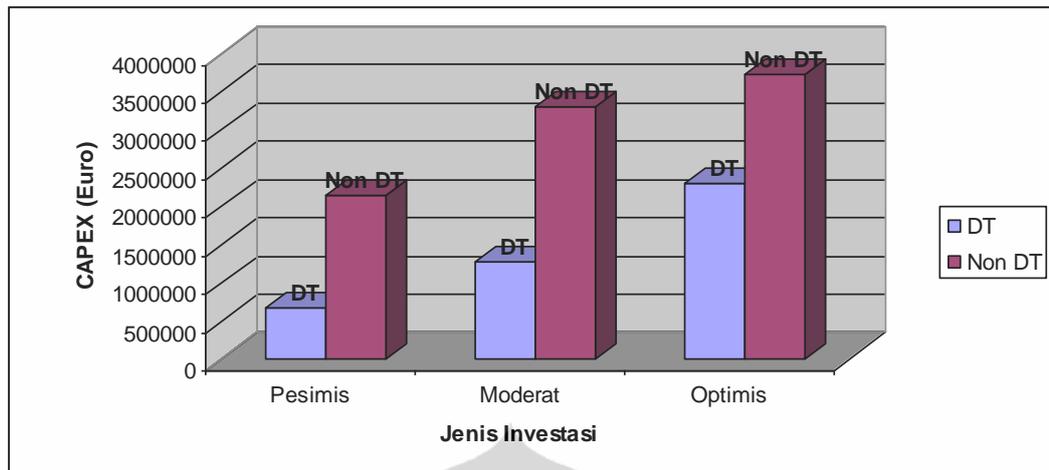
Tabel 4.7. Biaya Investasi Dengan Menerapkan Non *Direct tunnel*

Produk	Total Harga (Pesimis)	Total Harga (Moderat)	Total Harga (Optimis)
Hardware SGSN (Througput = 1Gbps)	705490	705490	705490
Lisensi Kapasitas (500k Pelanggan)	527000	956245	1385490
Software	881550	1599578	1599578
Desain dan Perencanaan Jaringan	14000	16100	16100
Instalasi dan integrasi	21000	23100	23100
<b>Total Biaya (Euro)</b>	<b>2149040</b>	<b>3300513</b>	<b>3729758</b>

Tabel 4.8. Penghematan Biaya Investasi

Jenis Investasi	Total Harga (Pesimis)	Total Harga (Moderat)	Total Harga (Optimis)
Dengan <i>direct tunnel</i> (DT)	666583	1276294	2298123
Non <i>direct tunnel</i> (DT)	2149040	3300513	3729758
<b>Penghematan dengan DT</b>	<b>69%</b>	<b>61%</b>	<b>38%</b>

Pada Tabel 4.6. dan Tabel 4.7 jika dibandingkan, biaya investasi untuk menerapkan *direct tunnel* jauh lebih murah jika dibandingkan dengan biaya investasi tanpa menerapkan *direct tunnel*. Perbedaan tersebut jika dibandingkan dengan biaya investasi *direct tunnel* pesimis berdasarkan Tabel 4.8. yaitu sebesar 69%, *direct tunnel* moderat sebesar 61% dan *direct tunnel* optimis sebesar 38%. Untuk lebih jelasnya bias dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12. Perbandingan biaya investasi DT dan non DT.

Pada gambar 4.12. dapat dilihat perbedaan yang cukup besar antara biaya investasi dengan menggunakan *direct tunnel* dan tanpa *direct tunnel*. Dengan mempertimbangkan perbedaan biaya investasi yang cukup besar dan mempertimbangkan kapasitas yang masih cukup besar pada SGSN berdasarkan Tabel 3.1. maka diambil keputusan untuk melakukan investasi pada teknologi *direct tunnel*.

## 2. Operational Expense (OPEX)

Biaya operasional yang dikeluarkan untuk penggelaran *direct tunnel packet data 3G* dapat dipecah menjadi dua yaitu biaya personil dan biaya non personil. Untuk biaya personil terdapat kenaikan 10% setiap tahun sedangkan untuk biaya non-personil sebesar 20% dari biaya investasi. Rincian OPEX bisa dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.9. Operational Expense (OPEX)

Biaya Operasional	Dalam Satuan Rupiah		
	Jumlah Personil	Gaji Per Bulan	Gaji Per Tahun
<b>Personil</b>			
Manager	1	18000000	252000000
Config Spesialis	1	10000000	140000000
Config Engineer	1	7000000	98000000
Fault Spesialis	1	10000000	140000000
Fault Engineer	1	7000000	98000000
NOC	2	6000000	84000000

<b>Personil</b>	<b>Jumlah Personil</b>	<b>Gaji Per Bulan</b>	<b>Gaji Per Tahun</b>
FLM	2	4000000	56000000
<b>Jumlah (Rupiah)</b>		<b>62000000</b>	<b>868000000</b>
<b>Non Personil</b>			
Maintenance	20%	dari nilai investasi	

#### IV.2.4 Pendapatan

Pendapatan dalam penyelenggaraan *direct tunnel packet data 3G* ini diperoleh dari pelanggan bulanan dan harian berdasarkan nilai ARPU.

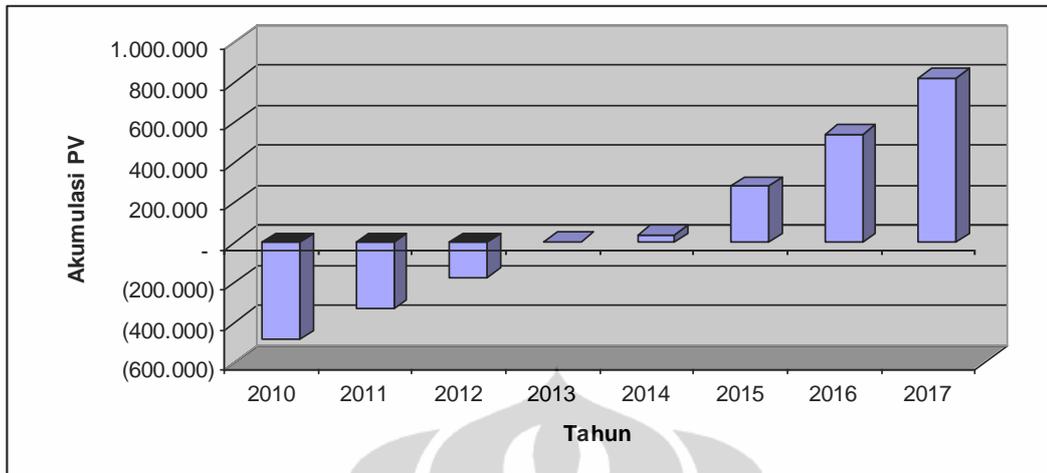
#### IV.2.5 Cash Flow

Untuk menghitung *cash flow* terhadap rencana pengeluaran *direct tunnel* di SGSN Jakarta digunakan tiga metode penghitungan NPV yaitu :

- Perhitungan Pesimis (target kenaikan pelanggan 10% setiap tahun),
- Perhitungan Moderat (target kenaikan pelanggan 20% setiap tahun), dan
- Perhitungan Optimis (target kenaikan pelanggan 30% setiap tahun)

Digunakan juga pendekatan metode *double decline* [19] untuk penyusutan/depresiasi dengan *discount factor* sebesar 7%. Target waktu operasi selama 7 tahun, yaitu hingga tahun 2017. Hal ini dikarenakan pada tahun 2016 jika mengacu sesuai *Roadmap*, HCPT akan migrasi ke teknologi LTE. Periode investasi dibagi menjadi dua yaitu periode tahun ke-0 hingga ke-3 dan periode tahun ke-4 hingga ke-7. Hal tersebut dilakukan untuk mengevaluasi jika diperlukan adanya penambahan perangkat atau lisensi baru yang diakibatkan oleh peningkatan pelanggan, sehingga mempengaruhi nilai dari suatu investasi. Selain itu terdapat faktor pengurang dari pendapatan yang dihasilkan dan dialokasikan sebagai biaya ekspansi pelanggan. Besarnya biaya ekspansi pelanggan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2. pada kolom alokasi laba PS. Hasil lengkap *cash flow* dapat dilihat pada Lampiran 2 diakhir penulisan ini.

a. *Cash Flow Direct tunnel* dengan Kenaikan Pelanggan 10% p.a (Pesimis)

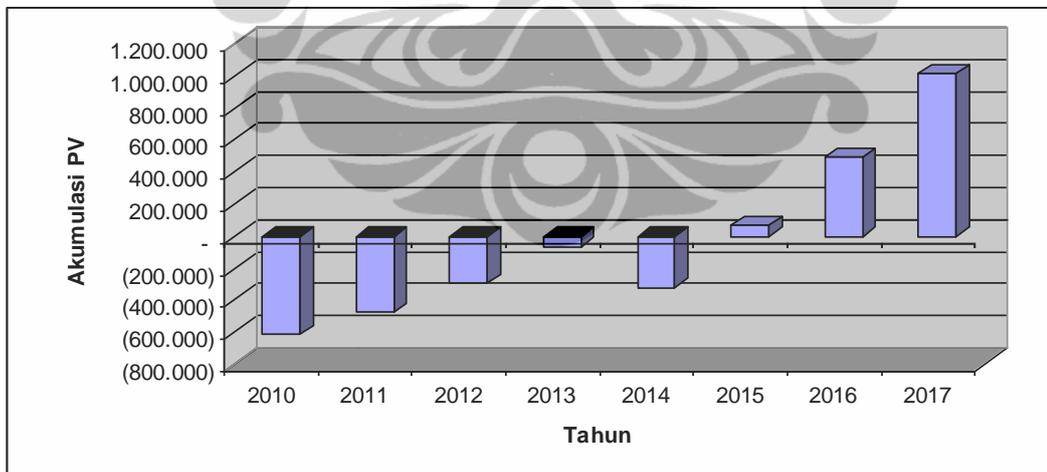


Gambar 4.13. Grafik *net cash flow* DT dengan kenaikan pelanggan 10% p.a.

Tabel 4.10. Hasil Analisa Kelayakan Investasi *Direct tunnel* (Pesimis)

IRR	NPV	Pay Back Period
37,6 %	821.533	2,80 Tahun

b. *Cash Flow Direct tunnel* dengan Kenaikan Pelanggan 20% p.a. (Moderat)

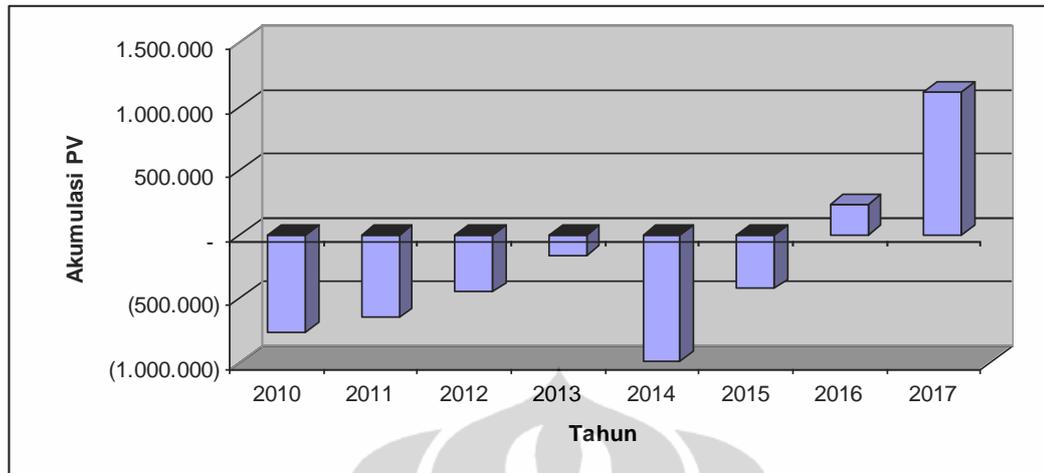


Gambar 4.14. Grafik *net cash flow* DT dengan kenaikan pelanggan 20% p.a.

Tabel 4.11. Hasil Analisa Kelayakan Investasi *Direct tunnel* (Moderat)

IRR	NPV	Pay Back Period
32,3%	1.013.338	4,59 Tahun

c. *Cash Flow Direct tunnel* dengan Kenaikan Pelanggan 30% p.a. (Optimis)



Gambar 4.15. Grafik *net cash flow* DT dengan kenaikan pelanggan 30% p.a.

Tabel 4.12. Hasil Analisa Kelayakan Investasi *Direct tunnel* (Optimis)

IRR	NPV	Pay Back Period
26%	1.113.484	5,43 Tahun

Dari hasil perhitungan ekonomis maka kelayakan investasi implementasi *direct tunnel* pada SGSN Jakarta jika menggunakan skenario perhitungan Pesimis, Moderat dan Optimis adalah sebagai berikut :

- Pesimis, dimana total biaya investasi sebesar 666.583 Euro akan menghasilkan NPV bernilai 821.533, IRR 37,6% dan Pay Back Period 2,80 tahun.
- Moderat, dimana total biaya investasi sebesar 1.276.294 Euro akan menghasilkan NPV bernilai 1.013.338, IRR 32,3% dan Pay Back Period 4,59 tahun.
- Optimis, dimana total biaya investasi sebesar 2.298.123 Euro akan menghasilkan NPV bernilai 1.113.484, IRR 26 % dan Pay Back Period 5,43 tahun.

### IV.3. Implikasi Penerapan *Direct tunnel*.

Berdasarkan pembahasan pada sub bab IV.1. dan IV.2. dapat dilihat implikasi penerapan *direct tunnel* sangat berpengaruh banyak terhadap performansi jaringan serta dapat melakukan penghematan biaya investasi yang

dikeluarkan jika dibandingkan dengan penerapan non *direct tunnel*. Selain itu optimasi jaringan juga tercapai dengan memanfaatkan modul PAPU dan transmisi yang ada serta menghemat koneksi physical.

Dari sisi teknis didapatkan hasil berupa peningkatan kapasitas *throughput* dari RNC menuju GGSN sebesar 177% dari sebelumnya hanya 220 Mbps (Max. 240 Mbps) menjadi 610 Mbps (Max. 2 Gbps). Kemudian beban pada empat modul PAPU yang sebelumnya 220 Mbps turun menjadi 4 Mbps dengan persentase penurunan sebesar 98%, hal ini dikarenakan trafik data langsung di *by pass* dari SGSN menuju GGSN. Peningkatan kapasitas *throughput* juga terjadi pada sisi GGSN dari sebelumnya 600 Mbps menjadi 1,15 Gbps dengan persentase peningkatan sebesar 92%. Dari sisi bisnis penerapan *direct tunnel* mengalami penghematan biaya investasi sebesar 69% pada kondisi pesimis, 61% pada kondisi moderat dan 38% pada kondisi optimis jika dibandingkan dengan penerapan non *direct tunnel* (dapat dilihat pada gambar 4.12.). Dari perhitungan ekonomis, penerapan *direct tunnel* sangat layak untuk digelar, karena berdasarkan hasil perhitungan IRR dan NPV dalam berbagai situasi (pesimis, moderat, dan optimis) nilai IRR lebih besar dari nilai *discount factor* dan nilai NPV bernilai positif, selain itu *pay back period* bisa didapat kurang dari 6 tahun dari masa operasi yang direncanakan selama 7 tahun.

## BAB V

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menerapkan teknologi *direct tunnel*, dampak yang terjadi pada jaringan *Core Packet Switch* yaitu:
  - a. Beban *throughput* yang terjadi pada SGSN dapat dikurangi. Persentase pengurangan tersebut sebesar 46%, hal ini dikarenakan trafik data 3G yang sebelumnya melewati SGSN di *bypass* sehingga trafik tersebut dapat langsung diarahkan menuju GGSN.
  - b. Beban *throughput* yang terjadi pada modul PAPU dapat dikurangi. Persentase pengurangan tersebut sebesar 98%, hal ini dikarenakan trafik data 3G yang sebelumnya melewati SGSN melalui modul PAPU di *by pass* sehingga trafik tersebut dapat langsung diarahkan menuju GGSN.
  - c. Kapasitas *throughput Packet Core* switch berubah menjadi lebih besar dengan persentase peningkatan sebesar 177% dari RNC menuju GGSN dan 48% *throughput* dari GGSN menuju ISP.
  - d. Didapat CAPEX lebih rendah jika dibandingkan dengan menerapkan *non direct tunnel*. Penghematan tersebut sebesar 38% jika dibandingkan dengan penerapan *direct tunnel* dalam kondisi optimis.
2. Penerapan *direct tunnel* sangat layak untuk digelar, karena berdasarkan hasil perhitungan IRR dan NPV dalam berbagai situasi (pesimis, moderat, dan optimis) nilai IRR lebih besar dari nilai *discount factor* dan nilai NPV bernilai positif.
3. Dengan teknologi *direct tunnel*, *Roadmap Packet Core* HCPT dapat dibentuk tanpa harus menghilangkan perangkat yang ada saat ini, bahkan dapat mendukung teknologi yang akan datang.

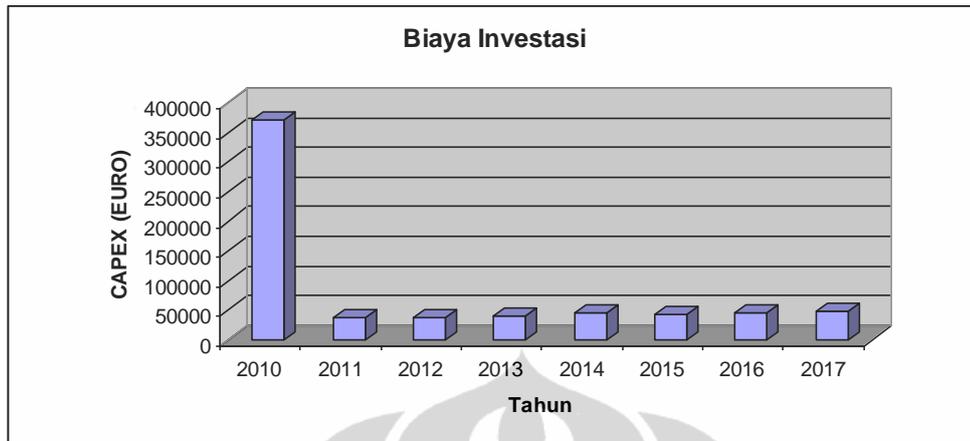
## DAFTAR REFERENSI

- [1] MS-HCPT, *NSN\_Core-Access\_Configuration HCPT*, NSN, Jakarta.
- [2] MS-HCPT, *Core Packet Switch Performance Report*, NSN, Jakarta, September 2010.
- [3] MS-HCPT, *Core Packet Switch Performance Report*, NSN, Jakarta, Maret 2010.
- [4] \_\_\_\_\_, *Direct Tunnel Value Proposal*, NSN, Finland.
- [5] Postel, *Data Statistik Bidang Pos dan Telekomunikasi Semester I Tahun 2010*, Jakarta
- [6] Huomo, Miikka, *Mobile Broadband Internet Access/Direct Tunnel*, NSN, Finland.
- [7] Success Story, *TeliaSonera Direct Tunnel*, NSN, Finland
- [8] [www.three.co.id](http://www.three.co.id)
- [9] \_\_\_\_\_, *MS Organisation Chart*, NSN, Jakarta
- [10] \_\_\_\_\_, *SGSN Rel. 7 Product Documentation*, NSN, Finland
- [11] Indriantoro, Nur dan Bambang Supomo. *Metodologi Penelitian Bisnis*. Jakarta: BPFE-Yogyakarta, 2009
- [12] <http://tekno.kompas.com/read/2010/12/21/10210841/XL.Mulai.Uji.Coba.LTE>
- [13] [www.yahoo.com](http://www.yahoo.com)
- [14] \_\_\_\_\_, *Direct Tunnel Evolution Map*, NSN, Finland.
- [15] MS-HCPT, *Core Packet Switch Performance Report*, NSN, Jakarta, Desember 2010.
- [16] MS-HCPT, *Core Packet Switch Performance Report*, NSN, Jakarta, Januari 2011.
- [17] Easwaramony, Jayesh, *Indonesia Telecom Internatioanal Summit*, Frost&Sullivan, 2010.
- [18] <http://arsipberita.com/show/flexi-targetkan-pertumbuhan-30-persen>
- [19] [www.pajak.go.id](http://www.pajak.go.id)

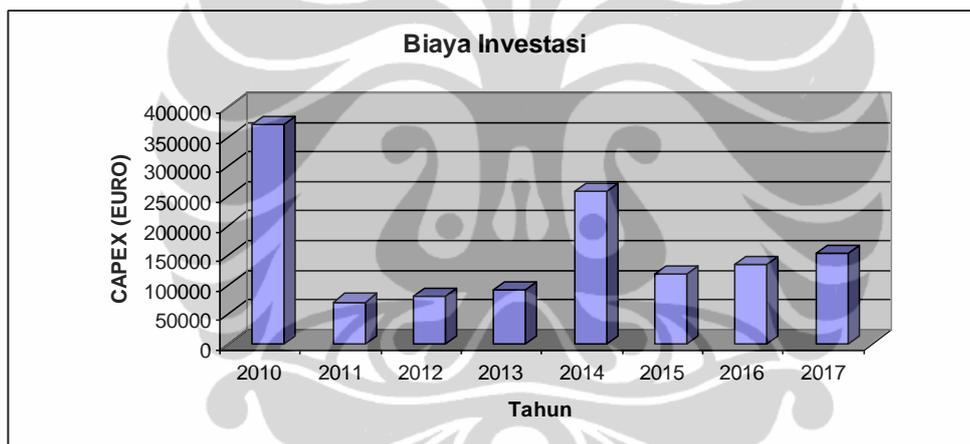


# LAMPIRAN 1

1. Biaya Investasi *Direct Tunnel* dengan Kenaikan Pelanggan 10%



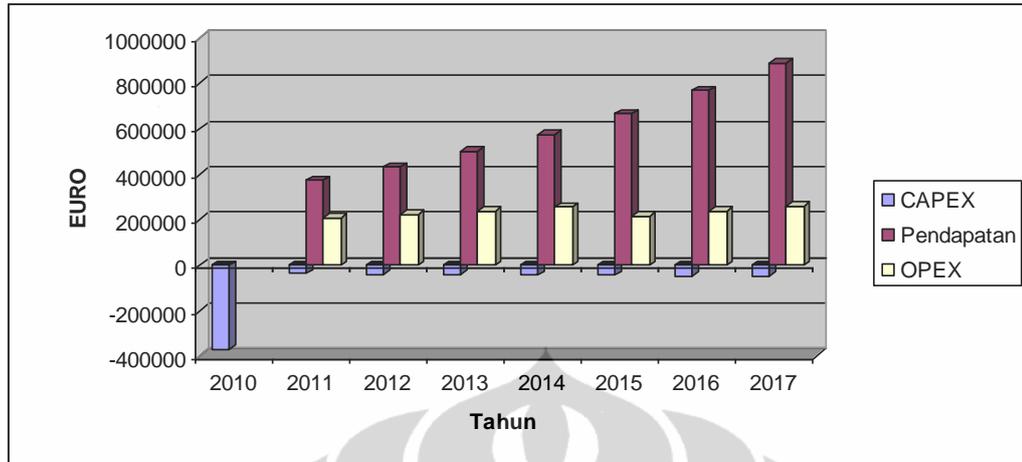
2. Biaya Investasi *Direct Tunnel* dengan Kenaikan Pelanggan 20%



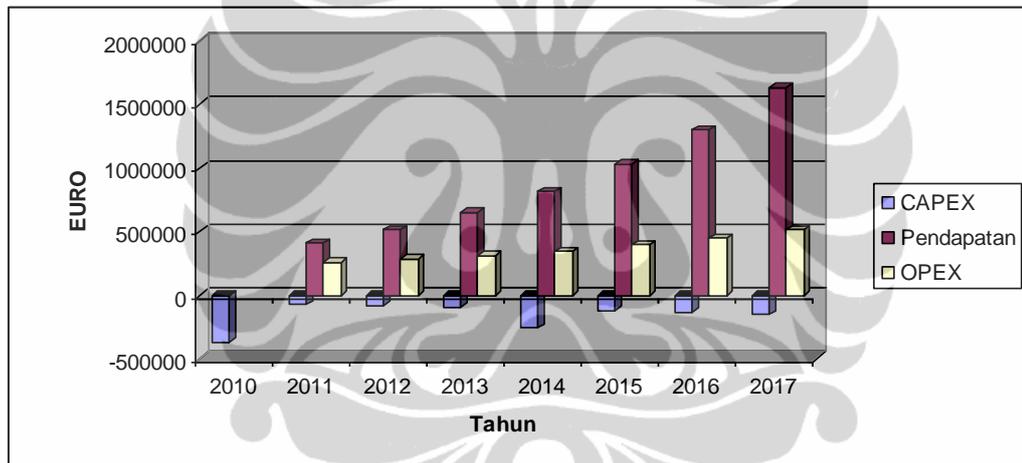
3. Biaya Investasi *Direct Tunnel* dengan Kenaikan Pelanggan 30%



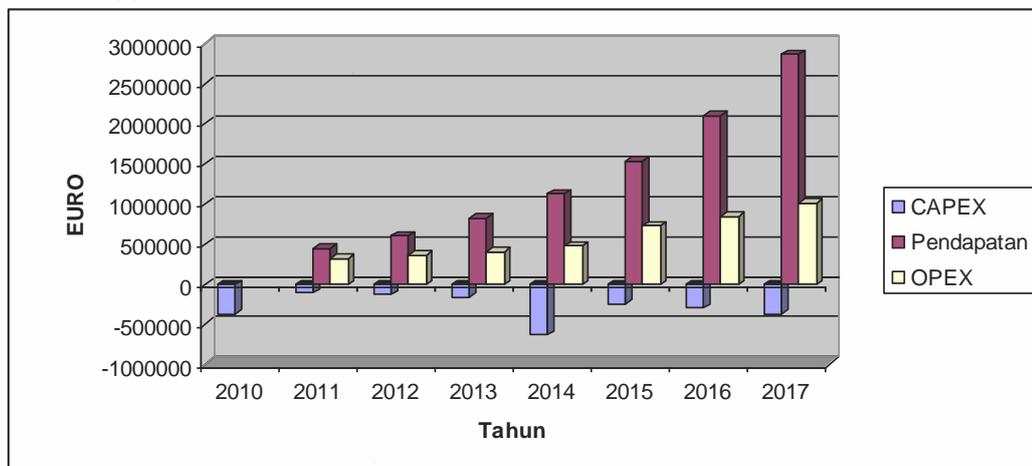
4. Biaya Investasi, Pendapatan dan Biaya Operasional dengan Kenaikan Pelanggan 10%



5. Biaya Investasi, Pendapatan dan Biaya Operasional dengan Kenaikan Pelanggan 20%.



6. Biaya Investasi, Pendapatan dan Biaya Operasional dengan Kenaikan Pelanggan 20%.





## LAMPIRAN 2

CAPEX Dengan Peningkatan Pelanggan Sebesar 10%

Produk	Satuan	2010			2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017		
		Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)
Lisensi Direct Tunnel (per 1000 tunnel)	Unit	20000	18	360000	19000	1.8	34200	18050	1.98	35739	17147.5	2.178	37347.3	16290.13	2.3958	39027.88	15475.6	2.63538	40784.1	14701.84	2.89892	42619.4	13966.7	3.18881	44537.3
Etnemet Cable, Cat6	Roll	64	1	64	64	0	0	64	0	0	64	0	0	64	1	64	64	0	0	64	0	0	64	0	0
Desain dan Perencanaan Jaringan	Hari	700	10	7000	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400	700	5	3500	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400
Instalasi dan Integrasi	Hari	700	4	2800	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400	700	3	2100	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400
<b>Total Biaya Tahunan</b>		<b>369884</b>			<b>37000</b>			<b>38539</b>			<b>40147.3</b>			<b>44691.88</b>			<b>43584.1</b>			<b>45419.4</b>			<b>47337.3</b>		
Tahun		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total CAPEX P1			485550			Total CAPEX P2			181033						
Kenalkan Pelanggan	10%	18000	19800	21780	23958	26353.8	28989.18	31888.1	35076.91	Total CAPEX			666583												
Penurunan Harga	5%	20000	19000	18050	17147.5	16290.1	15475.62	14701.84	13966.75																

CAPEX Dengan Peningkatan Pelanggan Sebesar 20%

Produk	Satuan	2010			2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017		
		Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)
Lisensi Direct Tunnel (per 1000 tunnel)	Unit	20000	18	360000	19000	3.6	68400	18050	4.32	77976	17147.5	5.184	88892.6	16290.13	5.2208	101337.6	15475.6	7.46496	115525	14701.84	8.95795	131698	13966.7	10.7495	150136
Lisensi PDP Context (1k Pelanggan)	Unit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	500	150000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etnemet Cable, Cat6	Roll	64	1	64	64	0	0	64	0	0	64	0	0	64	1	64	64	0	0	64	0	0	64	0	0
Desain dan Perencanaan Jaringan	Hari	700	10	7000	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400	700	5	3500	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400
Instalasi dan Integrasi	Hari	700	4	2800	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400	700	3	2100	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400
<b>Total Biaya Tahunan</b>		<b>369884</b>			<b>71200</b>			<b>80776</b>			<b>91692.6</b>			<b>257001.6</b>			<b>118325</b>			<b>134498</b>			<b>152936</b>		
Tahun		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total CAPEX P1			613533			Total CAPEX P2			662761						
Kenalkan Pelanggan	20%	18000	21600	25920	31104	37324.8	44789.76	53747.71	64497.25	Total CAPEX			1276294												
Penurunan Harga	5%	20000	19000	18050	17147.5	16290.1	15475.62	14701.84	13966.75																

CAPEX Dengan Peningkatan Pelanggan Sebesar 30%

Produk	Satuan	2010			2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017		
		Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)	Harga Satuan (Euro)	Volume	Total Harga (Euro)
Lisensi Direct Tunnel (per 1000 tunnel)	Unit	20000	18	360000	19000	5.4	102600	18050	7.02	126711	17147.5	9.126	156488	16290.13	11.8638	193262.8	15475.6	15.4229	238680	14701.84	20.0498	294769	13966.7	26.0648	364040
Lisensi Kapasitas (500k Pelanggan)	Unit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	429244.8	1	429244.8									
Etnemet Cable, Cat6	Roll	64	1	64	64	0	0	64	0	0	64	0	0	64	1	64	64	0	0	64	0	0	64	0	0
Desain dan Perencanaan Jaringan	Hari	700	10	7000	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400	700	5	3500	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400
Instalasi dan Integrasi	Hari	700	4	2800	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400	700	3	2100	700	2	1400	700	2	1400	700	2	1400
<b>Total Biaya Tahunan</b>		<b>369884</b>			<b>105400</b>			<b>129511</b>			<b>159288</b>			<b>628171.6</b>			<b>241480</b>			<b>297569</b>			<b>368840</b>		
Tahun		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total CAPEX P1			764063			Total CAPEX P2			1534060						
Kenalkan Pelanggan	30%	18000	23400	30420	39546	51409.8	66832.74	86882.56	112947.3	Total CAPEX			2298123												
Penurunan Harga	5%	20000	19000	18050	17147.5	16290.1	15475.62	14701.84	13966.75																

Perhitungan Investasi Dengan Peningkatan Pelanggan Sebesar 10%											
all currency in Euro											
No.	Uraian	Jumlah	Masa Konstruksi			Masa Operasi					
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Tahun ke-			0	1	2	3	4	5	6	7	
<b>A Biaya Investasi 100% Equity:</b>											
1	Direct Tunnel	666,583	485,550				181,033				
<b>B Customer:</b>											
1	Asumsi Pertumbuhan pelanggan Pelanggan Data 2033G (Attach) per bulan	10%	100%	110%	121%	133%	146%	161%	177%	195%	
2	3 Pelanggan 3G (Active) per bulan		225,000	247,500	272,250	299,475	329,423	362,365	398,601	438,461	
3			18,000	19,800	21,780	23,958	26,354	28,989	31,888	35,077	
<b>C Macro Ekonomi</b>											
1	Inflasi p.a	5%	p.a								
2	Bunga Deposito	7%	p.a								
3	Bunga Kredit	14%	p.a								
<b>D Pendapatan/Revenue</b>											
1	Tarif ARPU 3G (Euro) per pelanggan per bulan	1.5	100%	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
2	Asumsi eskalasi tarif p.a	5%	p.a	105%	110%	116%	122%	128%	134%	141%	
3	Jumlah bulan setahun	12	bulan	12	12	12	12	12	12	12	
Pendapatan per Tahun			18,552,135	374,220	432,224	499,219	576,508	665,070	769,198	888,421	
<b>E Biaya Operasi</b>											
1	Biaya operasi Maintenance	10%	p.a. dari investasi	76,384	84,022	92,425	101,667	111,834	123,017	135,310	
2	Biaya Operasi Pelanggan	20%	dari pendapatan	37,422	43,222	49,922	57,660	66,507	76,620	88,842	
Biaya Operasi per Tahun				210,918	224,355	239,457	258,437	284,637	326,143	368,268	
<b>F Depresiasi dan Amortisasi</b>											
1	Masa depresiasi/amortisasi	3	tahun	(SL = Straight Line; DS = Declining Balance)							
<b>Metode depresiasi (option SL or DS)</b>			ds								
2	Sisa Nilai Buku		485,550	485,550	242,775	121,388	-	181,033	90,516	45,258	
3	Depresiasi dan Amortisasi			242,775	121,388	121,388	-	90,516	45,258	45,258	
<b>Income Statement for Direct Tunnel</b>											
<b>A Pendapatan/Revenue</b>											
1	Pendapatan Operasi			374,220	432,224	499,219	576,508	665,070	769,198	888,421	
<b>B Pengeluaran</b>											
1	Biaya Operasi			76,384	84,022	92,425	101,667	111,834	123,017	135,310	
2	Biaya Operasi Pelanggan			37,422	43,222	49,922	57,660	66,507	76,620	88,842	
3	Biaya Maintenance			97,110	97,110	97,110	97,110	96,207	96,207	96,207	
Laba Operasi (EBITDA)				163,304	207,869	259,762	320,161	451,333	533,052	628,054	
<b>D Depresiasi dan Interest</b>											
1	Depresiasi			242,775	121,388	121,388	-	90,516	45,258	45,258	
2	Interest			-	-	-	-	-	-	-	
Jumlah				242,775	121,388	121,388	-	90,516	45,258	45,258	
<b>E Pendapatan sebelum Pajak (EBT)</b>				(79,471)	86,482	138,375	320,161	360,817	467,704	582,795	
<b>F Pajak badan/perusahaan</b>					25,045	41,512	66,048	108,245	146,338	174,830	
Pendapatan Bersih (EAT)				(79,471)	60,537	96,862	224,113	252,572	341,456	407,957	
<b>Valuasi Proyek</b>											
Pendapatan Bersih				(79,471)	60,537	96,862	224,113	252,572	341,456	407,957	
Depresiasi				242,775	121,388	121,388	-	90,516	45,258	45,258	
Bunga*(1-tax)											
Investasi			(485,550)				(181,033)				
Net Cash Flow			(485,550)	163,304	181,325	218,250	43,080	343,088	388,714	453,215	
IRR			37.6%	#NUM!	-10.7%	7.4%	10.7%	25.3%	32.9%	37.6%	
PV Factor (dengan discount rate = Bunga Deposito)			7%	1	0.93457944	0.87343873	0.81620788	0.76289521	0.71209618	0.66834222	0.62274974
Net Present Value (NPV)			821,533	(485,550)	152,821	158,900	178,157	32,865	244,617	257,884	282,240
Akumulasi PV			(485,550)	(332,030)	(174,030)	4,127	36,903	281,610	539,294	821,533	
Pay back period			2.80	tahun	1	1	0.79738717	0	0	0	

all currency in Euro

Perhitungan Investasi Peningkatan Pelanggan Sebesar 20%

No.	Uraian	Jumlah	Masa Konstruksi	Masa Operasi							
				2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tahun ke-			0	1	2	3	4	5	6	7	
<b>A Biaya Investasi 100% Equity:</b>											
1	Direct Tunnel	1,278,204	€13,533					€62,781			
<b>B Customer:</b>											
1	Asumsi Pertumbuhan pelanggan	20%	100%	120%	144%	173%	207%	249%	299%	358%	
2	Pelanggan Data 2G&3G (Attach) per bulan		225,000	270,000	324,000	388,800	466,560	559,872	671,848	806,218	
3	Pelanggan 3G (Active) per bulan		18,000	21,600	25,920	31,104	37,325	44,790	53,748	64,487	
<b>C Macro Ekonomi</b>											
1	Inflasi p.a	5%	p.a								
2	Bunga Deposito	7%	p.a								
3	Bunga Kredit	14%	p.a								
<b>D Pendapatan/Revenue</b>											
1	Tarif ARPU 3G (Euro) per pelanggan per bulan		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
2	Asumsi eskalasi tarif p.a	5%	p.a	105%	110%	118%	122%	128%	134%	141%	
3	Jumlah bulan setahun	12	bulan	12	12	12	12	12	12	12	
Pendapatan per Tahun			48,722,017	48,240	514,382	648,122	816,833	1,028,958	1,298,487	1,633,574	
<b>E Biaya Operasi</b>											
1	Biaya operasi	10%	Kembalikan p.a.	76,384	84,022	92,425	101,667	111,834	123,017	135,310	
2	Maintenance	20%	dari investasi	122,707	122,707	122,707	122,707	132,552	132,552	132,552	
3	Biaya Operasi Pelanggan	15%	dari pendapatan	61,236	77,157	97,218	122,495	154,344	194,473	245,036	
Biaya Operasi per Tahun				260,327	283,886	312,349	346,869	398,730	450,042	512,907	
<b>F Depresiasi dan Amortisasi</b>											
1	Masa depresiasi/amortisasi	3	tahun	(SL = Straight Line; DB = Declining Balance)							
Metode depresiasi (option SL or DB)			SL								
Sisa Nilai Buku			€13,533	€13,533	306,766	153,383	-	€62,781	331,380	165,690	
2 Depresiasi dan Amortisasi				306,766	153,383	153,383	-	331,380	165,690	165,690	
<b>Income Statement for Direct Tunnel</b>											
<b>A Pendapatan/Revenue</b>											
1 Pendapatan Operasi				408,240	514,382	648,122	816,833	1,028,958	1,298,487	1,633,574	
<b>B Pengeluaran</b>											
1 Biaya Operasi				76,384	84,022	92,425	101,667	111,834	123,017	135,310	
2 Biaya Operasi Pelanggan				61,236	77,157	97,218	122,495	154,344	194,473	245,036	
3 Biaya Maintenance				122,707	122,707	122,707	122,707	132,552	132,552	132,552	
C Laba Operasi (EBITDA)				147,913	230,496	335,772	489,785	630,228	846,445	1,120,687	
<b>D Depresiasi dan Interest</b>											
1 Depresiasi				306,766	153,383	153,383	-	331,380	165,690	165,690	
2 Interest				-	-	-	-	-	-	-	
Jumlah				306,766	153,383	153,383	-	331,380	165,690	165,690	
E Pendapatan sebelum Pajak (EBT)				(158,853)	77,113	182,389	489,785	298,848	680,755	954,977	
F Pajak badan/perusahaan			30%	-	23,134	54,717	140,920	80,654	204,228	288,493	
Pendapatan Bersih (EAT)				(158,853)	53,979	127,672	328,835	208,194	476,528	666,484	
<b>Valuasi Proyek</b>											
Pendapatan Bersih				(158,853)	53,979	127,672	328,835	200,104	476,528	666,484	
Depresiasi				306,766	153,383	153,383	-	331,380	165,690	165,690	
Bunga*(1-tax)											
Investasi				(€13,533)				(€62,781)			
Net Cash Flow				(€13,533)	147,913	207,362	281,056	(333,926)	540,574	642,218	834,174
IRR			32.3%	#NUM!	-23.8%	1.7%	#NUM!	10.7%	24.4%	32.3%	
PV Factor (dengan discount rate = Bunga D)			7%	1	0.9457944	0.87343873	0.81620788	0.76289521	0.71208618	0.66634222	0.62274074
Net Present Value (NPV)			1,013,338	(€13,533)	138,237	181,118	229,425	(254,750)	385,422	427,937	519,482
Akumulasi PV				(€13,533)	(475,296)	(294,178)	(64,752)	(319,503)	65,919	493,856	1,013,338
Pay back period			4.59	tahun	1	1	1	1	0.50104328	0	0

all currency in Euro			Perhitungan Investasi Peningkatan Pelanggan Sebesar 30%							
No.	Uraian	Jumlah	Masa Konstruksi 2010	Masa Operasi						
				2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tahun ke-			0	1	2	3	4	5	6	7
<b>A Biaya Investasi 100% Equity:</b>										
1	Direct Tunnel	2,298,123	754,063				1,534,060			
<b>B Customer:</b>										
1	Asumsi Pertumbuhan pelanggan Pelanggan Data 2G&3G (Attach) per bulan	30%	100%	130%	160%	220%	288%	371%	483%	627%
2	bulan	225,000		292,500	380,250	494,325	642,623	835,409	1,086,032	1,411,842
3	Pelanggan 3G (Active) per bulan	18,000		23,400	30,420	39,546	51,410	66,833	86,883	112,947
<b>C Macro Ekonomi</b>										
1	Inflasi p.a	5%	p.a							
2	Bunga Deposito	7%	p.a							
3	Bunga Kredit	14%	p.a							
<b>D Pendapatan/Revenue</b>										
1	Tarif ARPU 3G (Euro) per pelanggan per bulan	1,5	100%	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2	Asumsi eskalasi tarif p.a	5%	p.a	105%	110%	115%	122%	128%	134%	141%
3	Jumlah bulan setahun	12	bulan	12	12	12	12	12	12	12
	Pendapatan per Tahun	127,724,440		442,280	603,685	824,030	1,124,801	1,535,353	2,095,757	2,860,708
<b>E Biaya Operasi</b>										
	Biaya operasi	10%	Konsisten p.a.	76,384	84,022	92,425	101,667	111,834	123,017	135,319
	Maintenance	20%	dari investasi	152,813	152,813	152,813	152,813	306,812	306,812	306,812
	Biaya Ekspansi Pelanggan	20%	dari pendapatan	88,452	120,737	154,806	224,960	307,071	419,151	572,142
	Biaya Operasi per Tahun			317,649	357,572	410,043	479,440	725,717	848,981	1,014,273
<b>F Depresiasi dan Amortisasi</b>										
1	Masa depresiasi/amortisasi	3	tahun	(SL = Straight Line; DB = Declining Balance)						
	Metode depresiasi (option: SL or DB)	db	50%							
	Sisa Nilai Buku	754,063		764,063	382,032	191,016	-	1,534,060	767,030	383,515
2	Depresiasi dan Amortisasi			382,032	191,016	191,016	-	767,030	383,515	383,515
<b>Income Statement for Direct Tunnel</b>										
<b>A Pendapatan/Revenue</b>										
1	Pendapatan Operasi			442,280	603,685	824,030	1,124,801	1,535,353	2,095,757	2,860,708
<b>B Pengeluaran</b>										
1	Biaya Operasi			76,384	84,022	92,425	101,667	111,834	123,017	135,319
2	Biaya Ekspansi Pelanggan			88,452	120,737	154,806	224,960	307,071	419,151	572,142
3	Biaya Maintenance			152,813	152,813	152,813	152,813	306,812	306,812	306,812
	Laba Operasi (EBITDA)			124,611	246,113	413,967	645,361	809,637	1,246,776	1,546,438
<b>D Depresiasi dan Interest</b>										
1	Depresiasi			382,032	191,016	191,016	-	767,030	383,515	383,515
2	Interest			-	382,032	191,016	191,016	-	767,030	383,515
	Jumlah			-	382,032	191,016	191,016	-	767,030	383,515
	Pendapatan sebelum Pajak (EBT)			(257,420)	55,097	222,071	645,361	42,608	863,261	1,482,921
	Pajak badan/pendapatan	30%		-	16,529	66,621	193,608	12,782	258,078	438,878
	Pendapatan Bersih (EAT)			(257,420)	38,568	156,080	451,753	29,826	604,283	1,024,044
<b>Valuasi Proyek</b>										
	Pendapatan Bersih			(257,420)	38,568	156,080	451,753	29,826	604,283	1,024,044
	Depresiasi			382,032	191,016	191,016	-	767,030	383,515	383,515
	Bunga*(1-tax)			-	-	-	-	-	-	-
	Investasi		(754,063)	-	-	-	(1,534,060)	-	-	-
	Net Cash Flow		(754,063)	124,611	229,584	347,093	(1,682,306)	796,855	987,798	1,407,559
	IRR	26.0%		#NUM!	-36.4%	-3.6%	#NUM!	-15.3%	13.3%	26.0%
	PV Factor (dengan discount rate = Bung	7%	1	0.93457944	0.87343873	0.81629788	0.76289521	0.71208618	0.66834222	0.62274074
	Net Present Value (NPV)	1,113,484	(754,063)	116,450	200,527	283,333	(825,687)	568,146	658,211	876,557
	Akumulasi PV		(754,063)	(647,604)	(447,076)	(163,743)	(969,431)	(421,284)	236,927	1,113,484
	Pay back period	5.43	tahun		1	1	1	1	1	0.42648831

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**Erdis Irwandi**, lahir di Ujung Pandang, 9 Januari 1985. Pada tahun 2007 penulis menyelesaikan pendidikan tingkat Sarjana di ITS pada Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia. Setelah lulus dari ITS, pada tahun yang sama, penulis bekerja di PT. Nokia Siemens Networks. Tahun 2009 penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat Master dan pada tahun 2011, penulis telah menyelesaikan studinya di Universitas Indonesia pada Program Pascasarjana Teknik Elektro, Kekhususan Manajemen Telekomunikasi. Saat ini penulis masih melanjutkan aktifitasnya sebagai karyawan PT. Nokia Siemens Networks dibagian CS Core Network Planning and Optimization.

