



UNIVERSITAS INDONESIA

ANALISIS IMPLEMENTASI *GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK* SEBAGAI BACKHAUL PADA JARINGAN TELKOM FLEXI REGIONAL 2

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

PRAMITA UTAMI

0906578131

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Pramita Utami

NPM : 0906578131

Tanda Tangan :



Tanggal : 22 Juni 2012

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Pramita Utami

NPM : 0906578131

Program Studi : Manajemen Telekomunikasi

Judul Seminar : **ANALISIS IMPLEMENTASI *GIGABIT PASSIVE***

***OPTICAL NETWORK* SEBAGAI BACKHAUL PADA JARINGAN TELKOM**

FLEXI REGIONAL 2

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

DEWAN PENGUJI

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

(.....)

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

(.....)

Penguji : Ir. Arifin Djauhari, MT

(.....)

Penguji : Dr. Muhammad Suryanegara, ST., M.Sc.

(.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 22 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Manajemen Telekomunikasi pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Pada kesempatan ini pula, penulis tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, masukan, dan pengarahan-pengarahan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini :

1. Dr. Ir. Muhammad Asvial, M.Eng selaku Pembimbing Seminar/Tesis yang begitu besar peranannya dalam memberikan bimbingan serta pengarahan dalam penulisan Tesis ini.
2. Ir. Gunawan Wibisono M.Sc, Ph.D selaku Pembimbing Akademis penulis yang telah banyak membantu proses perkuliahan.
3. Seluruh Sivitas Akademika UI dan semua pihak yang telah membantu penyusunan Tesis.
4. Orang tua dan adik penulis yang memberikan dorongan baik moril maupun materiil, sehingga penulis dapat menyelesaikan Seminar ini.
5. Seluruh rekan di Manajemen Telekomunikasi Universitas Indonesia dan PT. Telkom Indonesia.

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

Jakarta, 22 Juni 2012

Pramita Utami

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

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

Nama : Pramita Utami

NPM : 0906578131

Program Studi : Manajemen Telekomunikasi

Departemen : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tesis

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

**ANALISIS IMPLEMENTASI GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK
SEBAGAI BACKHAUL PADA JARINGAN TELKOM FLEXI REGIONAL 2**

berserta 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 mempublikasikan 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 : 22 Juni 2012

Yang menyatakan



(Pramita Utami)

ABSTRAK

Nama : Pramita Utami
Program Studi : Magister Manajemen Telekomunikasi
Judul :

ANALISIS IMPLEMENTASI *GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK* SEBAGAI BACKHAUL PADA JARINGAN TELKOM FLEXI REGIONAL 2

Persaingan di bidang industri telekomunikasi di Indonesia menjadi semakin ketat satu sama lainnya. Dimana terjadinya perubahan kebutuhan tidak hanya *voice* saja, tetapi berkembang ke arah layanan data. Perkembangan yang menuju ke arah pertumbuhan pangsa pasar yang sangat tinggi dalam kebutuhan *broadband* yang diiringi dengan pertumbuhan pendapatan yang relatif mendatar di sisi pendapatan untuk operator. Hal ini terjadi pula pada Telkom Flexi, oleh karena itu perlu dilakukan *cost optimization* agar tidak terjadi kerugian yang cukup besar. Salah satu langkah optimasi biaya itu adalah optimasi pada jaringan *mobile broadband* yang bertumpu pada infrastruktur *backhaul*. Saat ini suatu BTS untuk mencapai BSC/RNC yang dimilikinya harus menggunakan *approach link*, yang dapat berupa link radio, HDSL, maupun OMUX. Akan tetapi selain biaya yang diperlukan baik untuk pengadaan baru maupun perawatan cukup mahal, kemampuannya pun hanya dapat untuk *point-to-point*. Selain itu jumlah gangguan pada BTS yang diakibatkan gangguan pada radio link mencapai 14% dari total seluruh gangguan, dengan MTTR sebanyak 20% dari MTTR total yang terjadi di Flexi pada tahun 2010

Oleh karena itu Telkom Flexi mulai mempertimbangkan untuk menggunakan teknologi *backhaul* GPON sebagai *backhaul* menuju BTS, yang diharapkan dapat mensolusikan gangguan yang terjadi pada radiolink, hemat biaya, maupun mampu memfasilitasi untuk *roadmap* menuju NGN dan juga memiliki kemampuan *multipoint*. Implementasi GPON ini membutuhkan investasi yang cukup besar sehingga harus diimbangi dengan analisa kelayakan investasi. Pada tesis ini akan membahas aspek teknis, aspek manajemen dan sumber daya manusia, dan aspek ekonomi, dalam hal ini *profitability indicator*, dimana implementasi GPON ini merupakan substitusi dari link sebelumnya.

Hasil yang didapatkan bahwa secara teknis maupun manajemen dan sumber daya manusia investasi implementasi GPON ini layak untuk dilakukan. Dan hasil yang didapatkan dari analisis financial menunjukkan bahwa sebagian besar memiliki tingkat profibilitas yang cukup baik baik menggunakan optik eksisting maupun penarikan optik baru.

Dengan melakukan analisis kelayakan implementasi ini, diharapkan implementasi GPON sebagai *backhaul* ini menjadi lebih tepat.

Kata Kunci : BTS, analisa kelayakan investasi, GPON, radio link

ABSTRACT

Name : Pramita Utami
Study Program: Magister Telecommunication Management
Title :

IMPLEMENTATION ANALYSIS GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK AS TELKOM FLEXI BACKHAUL ON REGIONAL 2 NETWORK

Competition in the telecommunication industry in Indonesia has become increasingly tight between each other. There is also changing needs from the customer, they are not only need voice service but also evolved toward data services. Development of market also brings to share broadband demand coupled with relatively flat revenue growth in revenue for the operators. Decreased revenue happens also in Telkom Flexi, therefore needs to do cost optimization to minimize losses. Alternative solution for cost optimization is reducing cost of mobile broadband network that relies on the backhaul infrastructure.

Currently, configuration of a BTS to reach BSC/RNC has had to use the approach link, which may consist of radio link, HDSL, OMUX, or etc. However, using of that type approach link may increase cost both for new procurement and maintenance, and its ability was only able to handle point to point connection also one of the cons. Besides of that, amount of failure that cause by interrupt in radio link has reach 14% of the total disorder with mean time to repair about 20% of the total time to repair in all failure in 2010.

Therefore Telkom Flexi began considering using GPON technology as substitution of backhaul solution to the BTS, which is expected to solve failure that occurs in radiolink, with more cost effectiveness and abl to facilitate the roadmap to NGN. GPON implementation will be substantial investment and should be balanced with investment feasibility analysis. This thesis will discuss about technical aspects, management and human resources aspects and also economic aspect to deal with profitability indicator with consideration of substitution of previous link.

The results of GPON implementation from technical, human resource management and financial aspect is feasible to implemented. And the result from the financial analysis shows which zona has a good level profitabilitas to be implemented.

By the conclusion of analyzing the feasibility of this implementation can be used to assist management to choose right decision of using GPON as the backhaul.

Keywords : BTS, investment feasibility analysis, GPON, radio link

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI..... | v |
| ABSTRAK..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat Kajian..... | 6 |
| 1.4 Ruang Lingkup Pembahasan..... | 6 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 7 |
| BAB 2 GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) | 8 |
| 2.1 Perkembangan Teknologi Wireless..... | 8 |
| 2.2 Perkembangan Layanan | 10 |
| 2.3 Teknologi GPON..... | 12 |
| 2.3.1 Gambaran Mobile backhaul Dunia | 14 |
| 2.3.2 Implementasi GPON sebagai solusi backhaul | 15 |
| 2.3.3 Keunggulan GPON | 17 |
| 2.3.4 Aplikasi GPON | 19 |
| 2.3.5 Contoh Implementasi GPON | 20 |
| BAB 3 ANALISIS KELAYAKAN NON FINANSIAL | 23 |
| 3.1 Aspek Teknis | 24 |
| 3.1.1 Spesifikasi Teknis GPON yang digunakan sebagai Backhaul CDMA..... | 24 |
| 3.1.2 Arsitektur Jaringan Menggunakan GPON sebagai backhaul CDMA..... | 28 |
| 3.1.3 Lokasi GPON | 31 |
| 3.1.4 Analisis Kebutuhan Bahan Baku | 34 |

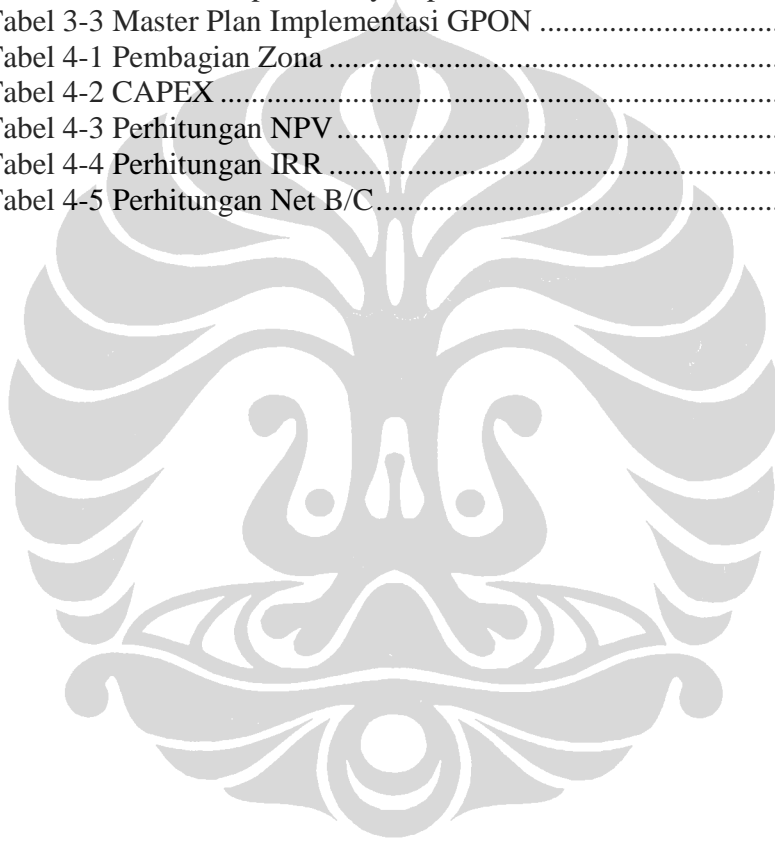
| | |
|--|----|
| 3.1.5 Hasil Analisis Aspek Teknis | 35 |
| 3.2 Aspek Manajemen dan Sumber Daya Manusia | 35 |
| 3.2.1 Organisasi Proyek | 36 |
| 3.2.2 Ruang Lingkup Pekerjaan | 37 |
| 3.2.3 Matrix Responsibility..... | 38 |
| 3.2.4 Rencana Pekerjaan | 38 |
| 3.2.5 Performansi S-Curve..... | 39 |
| 3.2.6 Hasil Analisa Aspek Manajemen dan Sumber Daya Manusia..... | 40 |
| BAB 4 ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL | 41 |
| 4.1 Data <i>Revenue</i> BTS Flexi | 41 |
| 4.2 Proyeksi Arus Kas | 43 |
| 4.2.1 <i>Outflow</i> (pengeluaran)..... | 43 |
| 4.2.2 <i>Inflow</i> (Penerimaan)..... | 45 |
| 4.3 Kriteria Kelayakan Investasi | 45 |
| 4.3.1 <i>Net Present Value</i> (NPV) | 46 |
| 4.3.2 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR)..... | 49 |
| 4.3.4 <i>Net Benefit Cost Ratio</i> (<i>Net B/C</i>) | 51 |
| 4.4 Hasil Analisa Aspek Finansial | 53 |
| BAB 5 KESIMPULAN..... | 55 |
| DAFTAR REFERENSI | 56 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2-1 Kerangka Layanan <i>Mobile</i> | 11 |
| Gambar 2-2 Kebutuhan Bandwidth Layanan dan Perkembangan Teknologi Akses.. | 13 |
| Gambar 2-3 Perkembangan BTS Node B Telkomsel | 14 |
| Gambar 2-4 Konfigurasi Mobile Backhaul..... | 14 |
| Gambar 2-5 Gambaran Mobile Backhaul Dunia | 15 |
| Gambar 2-6 Tipikal Arsitektur PON..... | 16 |
| Gambar 2-7 Tipikal Implementasi PON / FTTx..... | 21 |
| Gambar 2-8 Contoh Area Implementasi GPON | 21 |
| Gambar 2-9 GPON Sebagai Backhaul CDMA..... | 22 |
| Gambar 3-1 Kerangka Pemecahan Masalah | 23 |
| Gambar 3-2 Arsitektur Umum GPON Sebagai Backhaul | 25 |
| Gambar 3-3 Konfigurasi Umum Implementasi Teknologi GPON | 26 |
| Gambar 3-4 Sistem Transmisi GPON..... | 27 |
| Gambar 3-5 Arsitektur Jaringan Migrasi ke GPON E1 atau IP | 29 |
| Gambar 3-6 Arsitektur Jaringan Menggunakan Optik Eksisting atau Tarik Optik | 30 |
| Gambar 3-7 Pembagian Solusi Berdasarkan Teknologi | 31 |
| Gambar 3-8 OLT..... | 32 |
| Gambar 3-9 ONT | 33 |
| Gambar 3-10 Passive Splitter..... | 33 |
| Gambar 3-11 Struktur Organisasi | 36 |
| Gambar 3-12 S-Curve Performance..... | 39 |
| Gambar 4-1 Sebaran BTS pada masing-masing zona..... | 42 |
| Gambar 4-2 Asumsi <i>Revenue</i> per zona | 45 |
| Gambar 4-3 PV per zona..... | 48 |
| Gambar 4-4 NPV per Zona | 49 |
| Gambar 4-5 IRR per Zona..... | 50 |
| Gambar 4-6 Net B/C per Zona..... | 52 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1-1 Perbedaan Dengan Tesis Lain | 4 |
| Tabel 2-1 Perkiraan Kecepatan yang Dibutuhkan Masing-masing Layanan..... | 12 |
| Tabel 2-2 Parameter Jaringan GPON..... | 17 |
| Tabel 3-1 Ruang Lingkup Pekerjaan Implementasi GPON..... | 37 |
| Tabel 3-2 Matrix Responsibility Implementasi GPON..... | 38 |
| Tabel 3-3 Master Plan Implementasi GPON | 38 |
| Tabel 4-1 Pembagian Zona | 42 |
| Tabel 4-2 CAPEX | 44 |
| Tabel 4-3 Perhitungan NPV | 47 |
| Tabel 4-4 Perhitungan IRR | 50 |
| Tabel 4-5 Perhitungan Net B/C..... | 52 |



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peranan telekomunikasi menjadi sangat penting seiring dengan meningkatnya kebutuhan berkomunikasi maupun kebutuhan informasi karena dengan telekomunikasi dapat mendukung terjadinya pertukaran informasi yang semakin cepat dan tanpa batas. Hal ini terlihat dari tingkat teledensitas teleponi mencapai 86 juta pelanggan, dimana pengguna telekomunikasi sudah dimulai dari usia 14 tahun (Spire Research & Consulting, Mei 2010). Melihat tingkat teledensitas yang cukup tinggi, PT Telekomunikasi Indonesia juga turut mengembangkan layanan operator yang berbasis *Code Division Multiple Access (CDMA) 2000-1X* yang dimulai pada tahun 2000, yang diberi nama Telkom Flexi dengan lisensi jaringan tetap lokal nirkabel dengan mobilitas terbatas. Dengan keunggulan teknologi CDMA dengan lisensi *Fixed Wireless Access (FWA)*, Flexi mampu bersaing di bisnis seluler yang sebelumnya diperebutkan oleh operator-operator *Global System of Mobile Communication (GSM)*. Berdasarkan data *market share* seluruh operator seluler di Indonesia (Unit Business Planning & Performance Divisi Telkom Flexi, Juni 2010), sampai dengan akhir 2009 *market share* Flexi berada pada posisi keempat yaitu sebesar 8% setelah Telkomsel (43%), Indosat (21%), dan XL (15%). Berdasarkan data tersebut, jika dibandingkan hanya dengan operator-operator FWA, Flexi merupakan *market leader*, kemudian diikuti oleh Esia (Bakrie Telecom) 5%.

Disamping itu, walaupun secara nasional Flexi merupakan *market leader* di bisnis FWA berbasis CDMA ini, tetapi di wilayah Telkom Flexi Regional II (Jakarta, Bogor, Tangerang, Depok, Bekasi, Serang, Karawang, Purwakarta, Rangkas, Pandeglang) *market share* Flexi lebih rendah dari pesaingnya. Berdasarkan data *market share operator FWA* di wilayah Telkom Flexi Regional II akhir tahun 2007, 2008, dan 2009 dapat dilihat bahwa untuk bisnis FWA, Flexi berada di posisi kedua.

Universitas Indonesia

Untuk wilayah ini, Esia lebih unggul dibandingkan Flexi. Dari tiga operator FWA terbesar yang beroperasi di wilayah Telkom Flexi Regional II, Esia selalu memimpin *market share* dengan prosentase 69%, 68%, dan 67% pada tahun 2007, 2008, dan 2009. Flexi berada pada urutan kedua dengan *market share* 23%, 31%, dan 32% berturut-turut di tahun 2007, 2008, dan 2009 dengan total pelanggan telekomunikasi sekitar 60 juta pelanggan (Unit Business Planning & Performance Divisi Telkom Flexi, Juni 2010.).

Tidak hanya dari posisi *market share* di Regional II yang perlu diwaspadai, penggunaan bulanan untuk Flexi sesuai survey yang dilakukan Roy Morgan Single Source Indonesia pada tahun 2010 (Roy Morgan Single Source, September 2010.), menunjukkan terjadi penurunan *usage* pada Q2 2010 dari sebelumnya sekitar 56ribu perbulan menjadi 54ribu perbulan. Selain itu pergerakan Revenue yang didapatkan cenderung mengalami penurunan dari sekitar 61157 per pelanggan pada Q1 2010 menjadi 49786 pada Q2 2010. Hal ini diakibatkan kebijakan tarif maupun program marketing yang menyebabkan pendapatan semakin menurun padahal biaya operasional yang digunakan tidak ikut turun. Proporsi revenue *voice* pun cenderung menurun sedangkan revenue sms relative tetap, terjadi pergeseran ke revenue data yang mengalami peningkatan dari 2,5% menjadi 4% (*voice* pada Mei09 82% menjadi 78% pada Mei 2010).

Hal ini terjadi karena perubahan pandangan pada bidang telekomunikasi, yang ditandai dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat yang tidak puas dengan hanya kebutuhan *voice* saja tetapi sudah membutuhkan layanan data dan video. Perkembangan yang menuju ke arah pertumbuhan pangsa pasar yang sangat tinggi dalam kebutuhan broadband yang diiringi dengan pertumbuhan pendapatan yang relatif mendatar di sisi pendapatan untuk operator. Hal ini mengharuskan operator untuk melakukan pencarian teknologi dengan *Capital Expenditure* (CAPEX) dan *Operational Expenditure* (OPEX) yang rendah untuk memenuhi kapasitas pertumbuhan trafik dengan solusi penyediaan infrastruktur yang lebih efektif dan lebih murah.

Salah satu langkah *cost optimization* yang dilakukan adalah dengan optimisasi jaringan *mobile broadband* bertumpu pada infrastruktur *backhaul*. Suatu *Base Station*(BS) untuk mencapai *Base Station Controller* (BSC) yang dimilikinya harus menggunakan suatu *approach link*. Saat ini *approach link* yang umum digunakan menggunakan radio link, padahal penggunaan radio link tersebut hanya cocok untuk point-to-point yang berada dalam satu garis tanpa halangan (*line of sight*). Penggunaan Radio Link ini juga dibatasi penggunaannya seperti yang dinyatakan oleh Direktorat Pengelolaan Radio pada majalah SWA 23 Agustus 2010, “Spektrum Frekuensi Radio merupakan sumber daya yang sangat penting, sehingga perlu dilakukan koordinasi agar tak terjadi interferensi. Pemanfaatannyapun juga harus dilakukan secara optimal untuk mendukung peningkatan ekonomi dan layanan publik” Selain itu kebutuhan pelanggan akan berbagai layanan baru (jejaring sosial, game, IPTV, dll), mendorong service provider untuk menyediakan *bandwidth* secara cepat, kapasitas besar, handal, dan harga yang kompetitif tentu juga tidak akan mampu dilayani apabila hanya menggunakan sistem *Time Division Multiplex* (TDM) dan berpindah ke *Internet Protocol* (IP), yang tentu tidak dapat dilayani apabila backhaul yang digunakan masih menggunakan radiolink berbasis TDM. Selain itu fakta di lapangan menunjukkan bahwa radio access network semakin padat dengan potensi interferensi makin besar dengan tingkat gangguan yang terjadi cukup besar. Pada Telkom Flexi Regional II jumlah gangguan pada BS yang diakibatkan gangguan pada radio link mencapai 14% dari total seluruh gangguan, dengan MTTR sebanyak 20% dari MTTR total yang terjadi di Flexi pada tahun 2010 (Unit Regional Office Jakarta Network Service, Januari 2011.).

Oleh karena itu, Telkom Flexi mulai mempertimbangkan untuk menggunakan teknologi backhaul GPON sebagai backhaul menuju BTS yang rencananya akan diimplementasikan awal tahun 2011. Pengembangan ini sejalan dengan peta bisnis PT. Telkom yang berubah dari perusahaan berfokus hanya pada layanan telekomunikasi menjadi perusahaan yang menawarkan bisnis TIME (*Telecommunication, Information, Media, Edutainment*)

Dalam tesis lain yang telah dibuat di Universitas Indonesia dengan judul “Perencanaan dan Implementasi Jaringan *Broadband* WIFI 2,4 GHz pada Koridor 1, 6, dan 9 TransJakarta Busway untuk PT. Iforte Solusi Infotek”(Yudha S. Oky, 2010.), membahas tentang perancangan dan implementasi jaringan *broadband WiFi* PT. Iforte Solusi Infotek yang proyeknya akan dilaksanakan mulai awal tahun 2011 dengan perancangan model bisnis sebagai wadah untuk pengimplementasiannya. Berdasarkan hasil perancangan model bisnis, ada 4 alternatif model bisnis *WiFi* yang dapat digunakan sehingga kemudian didapatkan model bisnis yang paling tepat untuk diterapkan. Selain itu dilakukan perhitungan analisis kelayakan investasinya dengan tiga scenario yaitu pesimis, moderat dan optimis.

Sedangkan tesis yang akan di ajukan adalah analisis implementasi GPON sebagai *backhaul* pada jaringan telekomunikasi di TelkomFlexi Regional 2. Dengan melihat aspek teknik, manajemen dan sumber daya manusia, serta aspek keuangan dalam menetapkan kelayakan implementasi GPON sebagai substitusi, maka dalam penelitian ini dilakukan kajian implementasi teknologi GPON sebagai layanan *backhaul* untuk BTS yang ada di Regional 2. Dalam penelitian dipaparkan perhitungan aspek teknis dengan kombinasi pilihan harga sewa dan teknologi yang akan digunakan sehingga memberikan beberapa kombinasi gambaran nilai investasi teknologi GPON sebagai substitusi *backhaul* untuk jaringan BS yang ada.

Tabel 1-1 Perbedaan Dengan Tesis Lain

| | | |
|----------|--|--|
| | Perencanaan dan Implementasi Jaringan <i>Broadband</i> WIFI 2,4 GHz pada Koridor 1, 6, dan 9 TransJakarta Busway untuk PT. Iforte Solusi Infotek | Analisis Implementasi GPON sebagai <i>Backhaul</i> Pada Jaringan Telkom Flexi Regional 2 |
| Layanan | Wifi untuk jaringan data | <i>Voice</i> , Data, Content |
| Operator | Single Operator (PT. Iforte) | Single Operator (PT. Telkom, Tbk) |

| | | |
|------------------|--|--|
| | Solusi Infotek) | |
| Fokus | Perencanaan bisnis untuk penerapan jaringan Wifi | Analisis implementasi GPON sebagai substitusi <i>backhaul</i> yang ada |
| Sasaran pengguna | Individu Pengguna | Telkom Flexi sebagai pengguna |

Dengan implementasi GPON diharapkan dapat mendukung *cost optimization* yang dilakukan Telkom Flexi. Sebagai perbandingan Telkomsel sudah menerapkan teknologi ini sehingga diharapkan Telkom Flexi yang merupakan satu perusahaan dengan Telkomsel dapat memanfaatkan jaringan fiber optik node B yang sudah digelar untuk Telkomsel tersebut. Namun hal ini harus diimbangi dengan analisis dan perhitungan yang matang agar investasi yang dikeluarkan Telkom Flexi dapat kembali dengan optimal sehingga tidak merugi.

1.2 Identifikasi Masalah

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

1. Posisi *market share* Telkom Flexi untuk area Jakarta dan sekitarnya dalam layanan FWA perlu ditingkatkan
2. Pendapatan Telkom Flexi yang terus menurun, sedangkan persaingan antar operator semakin memanas baik selular maupun FWA
3. Perlunya dilakukan *cost optimization* dengan menggunakan teknologi baru yang lebih baik dalam hal CAPEX maupun OPEX
4. Peta bisnis Telkom yang berubah, dari perusahaan yang berfokus pada layanan telekomunikasi menjadi perusahaan di bidang TIME (*Telecommunication, Information, Media, Edutainment*)
5. Perlunya diperlukan dilakukannya perhitungan apakah biaya investasi yang dikeluarkan sebanding dengan hasil yang akan didapatkan

Dari identifikasi masalah di atas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai

berikut :

1. Bagaimana implementasi jaringan menggunakan backhaul GPON ini
2. Bagaimana analisa kelayakan implementasi teknologi GPON sebagai substitusi *backhaul* pada BS dilihat dari aspek teknis, manajemen dan sumber daya manusia, dan keuangan

1.3 Tujuan dan Manfaat Kajian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tesis ini adalah analisis implementasi teknologi GPON sebagai substitusi dengan memperhitungkan aspek teknis, manajemen dan sumber daya manusia, dan ekonomi, sehingga dapat diketahui menguntungkan atau tidaknya investasi tersebut.

Dengan adanya kajian ini, yang akan lebih dilengkapi dengan metode dan analisa pada tesis nantinya, diharapkan dapat dijadikan sebagai :

- a. Bahan acuan bagi pemegang keputusan dari manajemen perusahaan operator selular di Jakarta sebagai referensi untuk penentuan penerapan penggunaan GPON.
- b. Bahan referensi bagi penelitian atau kajian lainnya dalam menganalisa hal-hal yang berkaitan dengan topik tersebut.

1.4 Ruang Lingkup Pembahasan

Ruang lingkup atau batasan dari kajian ini menyangkut hal-hal berikut :

- 1 Penelitian dilakukan pada Divisi Telkom Flexi Network Service Regional 2 sebagai *product owner* dari Telkom Flexi
- 2 Penelitian hanya dilakukan untuk area Jakarta, Bogor, Tangerang, Bekasi, Serang, Karawang, Purwakarta, Rangkas bitung, Pandeglang
- 3 Periode penelitian adalah tahun 2012-2015
- 4 Dilakukan pembagian kategori BS berdasarkan zona yang disesuaikan dengan karakteristik dari area yang ada

- 5 Sumber penelitian adalah data primer seperti: hasil wawancara, serta data sekunder seperti: laporan keuangan, laporan performansi jaringan, dan laporan internal Telkom Flexi yang terkait lainnya
- 6 Teknologi yang digunakan adalah GPON yang berbasis fiber optik

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan seminar yang menjadi pendahuluan dari kajian tesis ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang penulisan, tujuan dan manfaat kajian, identifikasi masalah, ruang lingkup pembahasan, serta sistematika penulisan yang dilakukan.

BAB 2 GPON

Akan dibahas mengenai perkembangan wireless dan teknologi GPON. Selain itu juga akan dibahas mengenai teknologi GPON yang rencananya akan diimplementasikan di jaringan Telkom Flexi dalam waktu dekat

BAB 3 ANALISIS KELAYAKAN NON FINANSIAL

Akan berisi mengenai analisis berdasarkan faktor teknis dan manajemen sumber daya manusia pada implementasi investasi menggunakan GPON.

BAB 4 ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL

Berisikan berisi perhitungan dan analisis nilai ekonomis investasi GPON sebagai backhaul di Telkom Flexi

BAB 5 KESIMPULAN

Berisikan kesimpulan dari penulisan tesis ini

BAB 2 GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON)

2.1 Perkembangan Teknologi Wireless

Secara garis besar, teknologi *wireless* berkembang meningkatkan beberapa aspek sebagai berikut:

- a. Aspek efisiensi transmisi, yang memungkinkan lebih banyak *user*, dengan kecepatan yang tinggi, sehingga biaya spectrum menjadi lebih murah
- b. Aspek efisiensi *cost* perangkat dan CPE (*customer premise equipment* atau *handset*), sehingga memungkinkan dilakukannya produksi massal dan tersedianya perangkat dengan harga terjangkau.
- c. Aspek *ergonomic* dan kemudahan, yang memungkinkan perangkat dan jaringan lebih berdaya guna untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari
- d. Aspek intelegensia layanan, yang memungkinkan untuk memprediksi konteks dan perilaku pengguna sehingga kebutuhannya dapat diidentifikasi dan dipenuhi
- e. Aspek kompresi yang memungkinkan informasi yang sama dikirim melalui *bandwidth* yang lebih kecil atau disimpan dalam memori yang lebih kecil

Beberapa ahli telah mengidentifikasi beberapa hal fundamental yang mendasari kelima aspek di atas, seperti kecepatan prosesor, peningkatan teknologi *display*, kapasitas memori, dan sebagainya. Berikut kecenderungan (*trend*) Hukum Moore ini sangat penting bagi regulator dan operator, karena memperlihatkan bahwa sebuah jaringan (*network*) baru akan mempunyai nilai (*value*) yang kecil, namun nilainya akan tumbuh lebih cepat dari pada pertumbuhan jumlah *node*-nya.

1. Moore's Law

Pada tahun 1965, Moore memprediksi bahwa sejumlah besar transistor dapat diimplementasikan dalam keping silikon dan meningkat dua kali lipat setiap periode tertentu. Beberapa kali Hukum Moore ini diperkirakan akan berakhir dengan kendala-kendala seperti konsumsi daya, namun para *engineer* selalu dapat menemukan jalan keluarnya. Sejalan dengan meningkatnya jumlah transistor dalam satu keping *device*,

maka *processing power* dan kapasitas penyimpanan (*memory*) juga meningkat. Teknologi transistor saat ini sudah mencapai skala atom, sehingga diperkirakan perkembangannya akan melambat sampai perkiraan tahun 2016. Dampak dari Hukum Moore adalah bahwa perangkat yang lebih mutakhir akan mempunyai kemampuan sekaligus efisiensi yang lebih baik dari pada perangkat yang dibuat beberapa tahun sebelumnya. Hal ini sangat terkait dengan prediksi umur ekonomis perangkat dan nilai depresiasi dari investasi yang ditanamkan. Depresiasi perangkat telekomunikasi seperti *switching* yang pada tahun 1990-an sekitar selama 10 tahun, pada saat ini untuk perangkat seperti *soft switch* perlu ditinjau kembali menjadi sekitar 5 – 8 tahun.

2. Metcalfe's Law

Hukum Metcalfe menyatakan bahwa Metcalfe's law nilai (*value*) dari jaringan (*network*) mendekati kuadrat dari jumlah *user* dalam sistem atau n^2 . Sebagai contoh adalah mesin facsimile. Satu mesin facsimile tidak mempunyai nilai apa pun, namun seiring meningkatnya jumlah mesin facsimile nilainya akan meningkat melalui bertambahnya pengiriman dan penerimaan dokumen. Beberapa peneliti saat ini mengajukan koreksi atas Hukum Metcalfe ini, yaitu tidak lagi n^2 melainkan $(n \log n)$. Hal ini karena tidak semua koneksi mempunyai nilai yang sama (*equally valuable*). Sebagai contoh, sebagian besar orang akan lebih sering menghubungi kolega dan keluarganya dari pada orang lain yang tidak dikenalnya.

3. Gilder's Law

Menurut Gilder, mulai tahun 2000 sampai 25 tahun berikutnya *bandwidth* jaringan optik meningkat tiga kali lipat setiap 9 – 12 bulan. Kapasitas jaringan meningkat secara tajam sejak ditemukannya teknik DWDM (*dense wavelength division multiplexing*) pada serat optik. Dampak dari Hukum Gilder ini adalah meningkatnya trafik Internet sebesar dua kali lipat setiap 100 hari, disamping turunnya harga *bandwidth* transmisi yang menyebabkan permasalahan financial pada beberapa perusahaan seperti Global Crossing.

4. Cooper's Law

Marty Cooper mencatat bahwa jumlah panggilan (*voice*) yang bisa ditampung oleh spektrum radio telah meningkat dua kali lipat setiap 30 bulan selama 105 tahun

terakhir. Efektifitas utilisasi spektrum radio telah meningkat sekitar satu triliun sejak tahun 1901, dan Cooper memperkirakan akan terus berlanjut. Kontribusi utama peningkatan efisiensi spektrum tersebut adalah meningkatnya faktor *reuse* frekuensi pada sel (BTS). Di samping itu kontribusi dari bertambahnya spektrum yang digunakan (saat ini sudah sampai 3 GHz) semakin kecilnya *frequency carrier* (25 khz).

5. *Edholm's Law*

Edholm membagi komunikasi dalam tiga kategori, yaitu *fixed*, *wireless* dan *nomadic*. Menurut Edholm, kecepatan data (*data rate*) ketiga kategori ini meningkat secara eksponensial dengan pola yang sama. Sebagai contoh, pada tahun 2000, sistem *wireless* 2G mendukung kecepatan data sampai 10 kbps, *dialup* mencapai 56 kbps, dan LAN mencapai 10 Mbps; saat ini 3G dapat mendukung sampai 300 kbps, *wireless* LAN sekitar 50 Mbps, dan *wired* LAN data rates mencapai 1 Gbps. Menurut Hukum Edholm maka pada tahun ini (2010), system *wireless* 3G akan mencapai 1 Mbps, Wi-Fi sekitar 200 Mbps dan jaringan kantor sekitar 5 Gbps.

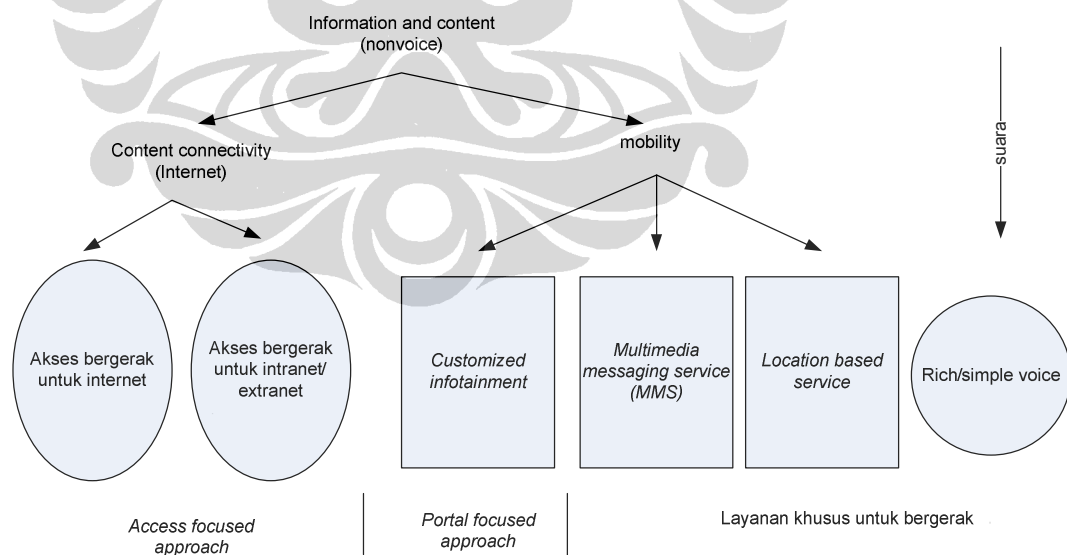
Kelima hukum di atas menunjukkan perilaku perkembangan teknologi yang mendukung layanan dan infrastruktur *wireless broadband*. Hal tersebut perlu menjadi pertimbangan operator, khususnya dalam memperkirakan aspek ekonomis dari investasi yang akan ditanam.

2.2 Perkembangan Layanan

Infrastruktur *full packet switching* dan kecepatan data yang tinggi merupakan karakteristik utama dari *wireless broadband*. Namun di atas infrastruktur tersebut terdapat layanan yang akan digunakan oleh pelanggan. Dengan infrastruktur *full IP* dan kecepatan yang tinggi membuka lebih lebar alternatif layanan yang dapat disajikan ke pelanggan. Hampir semua layanan yang dapat berjalan di jaringan *fixed* juga dapat dilakukan di jaringan *wireless*, namun terdapat beberapa karakteristik perangkat *mobile* yang perlu dipertimbangkan dalam merencanakan layanan, yaitu:

- a. Kenyamanan dan kesederhanaan, baik untuk *start-up* maupun pada saat mengakses layanan data. Kenyamanan dan kesederhanaan ini memungkinkan layanan digunakan oleh populasi yang lebih luas, termasuk mereka yang pengetahuan teknisnya kurang.
- b. *Delay* akses yang relatif pendek dan *on-line* secara kontinyu.
- c. Perangkat *mobile* bersifat personal, sehingga memungkinkan dilakukannya pembedaan *content* dan informasi, termasuk yang melibatkan data-data pribadi seperti *password* untuk akses bank.
- d. Terkait dengan lokasi, yaitu aspek mobilitas dimana layanan dapat diakses dari sembarang lokasi, dan aspek pemanfaatan informasi lokasi dimana jaringan dapat mengetahui lokasi dari pelanggan.

Klasifikasi layanan *mobile broadband* dapat mengacu pada kerangka layanan 3G yang diterbitkan oleh UMTS Forum (Qualcomm, November 2009.), yaitu meliputi Mobile Internet Access, Mobile Int Multimedia Messaging Services, Location Based Services dan Rich / Simple Voice.



Gambar 2-1 Kerangka Layanan *Mobile*

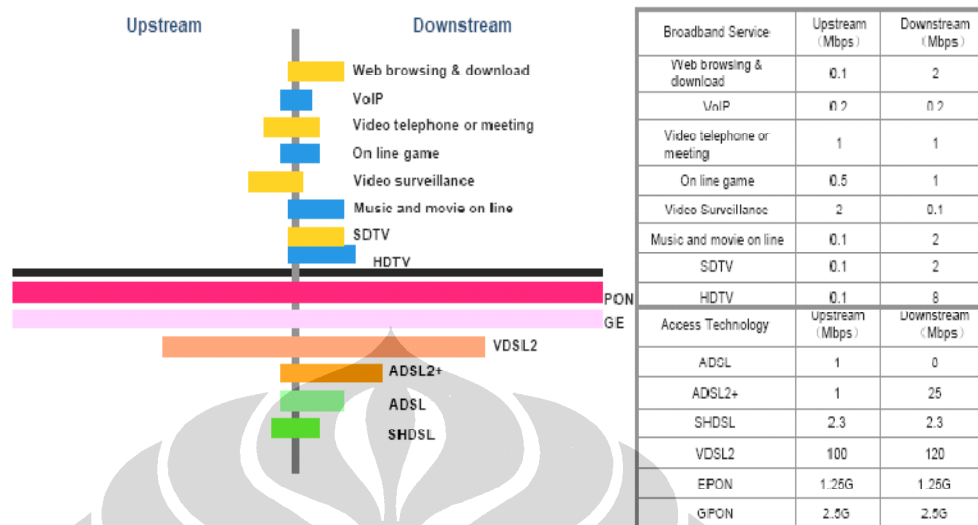
Kerangka tersebut terkait dengan spesifikasi teknis dari kapabilitas jaringan yang harus disiapkan. Berbagai layanan yang mempunyai nama spesifik di sisi pengguna dapat dimasukkan dalam salah satu klasifikasi di atas, misalnya *streaming* termasuk dalam Customised Infotainment, dalam Mobile Internet Access, VPN masuk ke dalam Mobile Intranet Access, dan sebagainya. Perkiraan kecepatan yang dibutuhkan untuk masing sebagai berikut:

Tabel 2-1 Perkiraan Kecepatan yang Dibutuhkan Masing-masing Layanan

| | <i>Downlink</i> | <i>Uplink</i> |
|--|--------------------|---------------------|
| <i>Mobile internet access</i> | 500 kbps ~ 1 Mbps | 32 kbps ~ 64 kbps |
| <i>Mobile intranet/extranet access</i> | 500 kbps ~ 1 Mbps | 128 kbps ~ 256 kbps |
| <i>Customized infotainment</i> | 64 kbps ~ 128 kbps | 8 kbps ~ 16 kbps |
| <i>Multimedia messaging service</i> | 4 kbps ~ 16 kbps | 4 kbps ~ 16 kbps |
| <i>Location-based services</i> | 8 kbps ~ 16 kbps | 1 kbps ~ 4 kbps |
| <i>Rich voice</i> | 16 kbps ~ 64 kbps | 8 kbps ~ 16 kbps |
| <i>Simple voice</i> | 8 kbps ~ 32 kbps | 8 kbps ~ 32 kbps |

2.3 Teknologi GPON

Pertumbuhan demand akan komunikasi broadband memicu perkembangan teknologi akses. TELKOM sebagai provider incumbent di Indonesia telah mengalami semua perubahan teknologi akses seperti PON, OAN, MSOAN, MSAN, DSLAM (ADSL/ADSL2+), dan yang terakhir akan dikembangkan saat ini adalah G-PON (Gigabyte – Passive Optical network) yang akan dikonsentrasikan di area Jawa dengan produk teknologi G-PON ZTE.

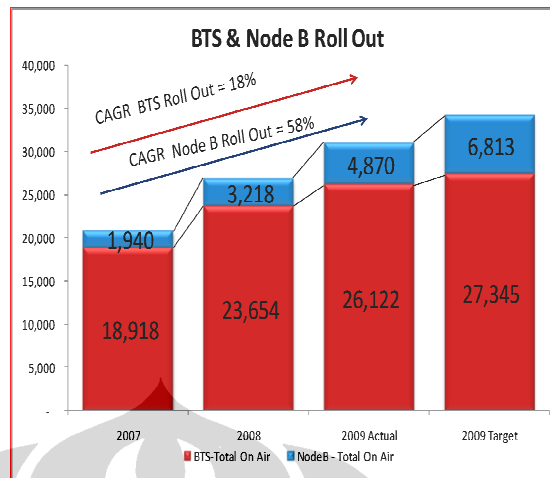


Gambar 2-2 Kebutuhan Bandwidth Layanan dan Perkembangan Teknologi Akses
(Qualcomm, November 2009)

Secara Konsisten Telkom adalah Market Leader di berbagai portofolio bisnis layanan Telekomunikasi. Dalam perkembangan bisnisnya bahwa hampir semua segmen bisnis TELKOM memperlihatkan pertumbuhan yang mengembirakan dan bahkan telah menguasai pangsa pasar seluler dan fixed line.

Dari beberapa sumber Pertumbuhan TELKOM yang sangat berarti justru diperlihatkan oleh Flexi. Pertumbuhan pelanggan Flexi cukup meyakinkan, peningkatan jumlah pelanggan tersebut berdasarkan beberapa sumber antara lain dipacu oleh tarif percakapan dan internet yang kompetitif serta pengembangan teknologi dan penambahan coverage BTS (Base Tranceiver Station).

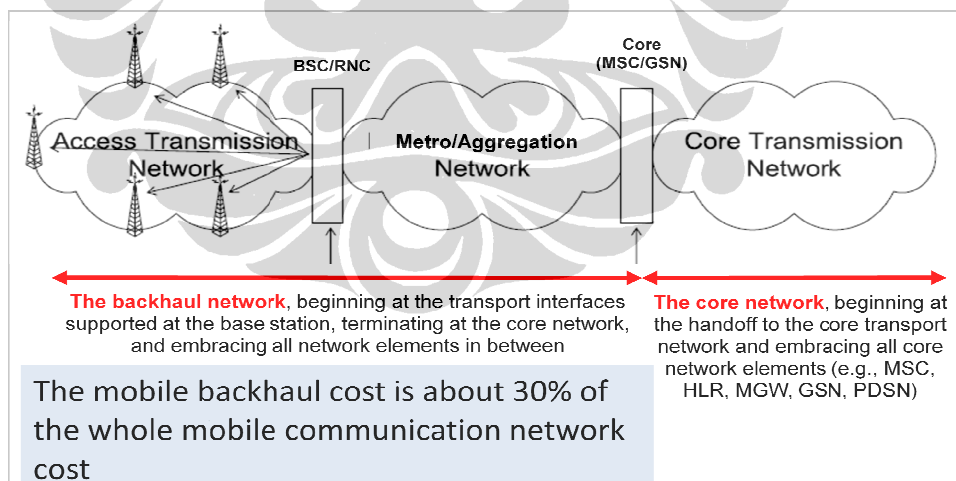
Di segmen selular, Telkomsel hingga hari ini masih menorehkan hasil sebagai Market Leader pada segmen Selular . Pada gambar 2.3 terlihat dari perkembangan jumlah BTS yang digunakan Telkomsel untuk GPON.



Gambar 2-3 Perkembangan BTS Node B Telkomsel

2.3.1 Gambaran Mobile backhaul Dunia

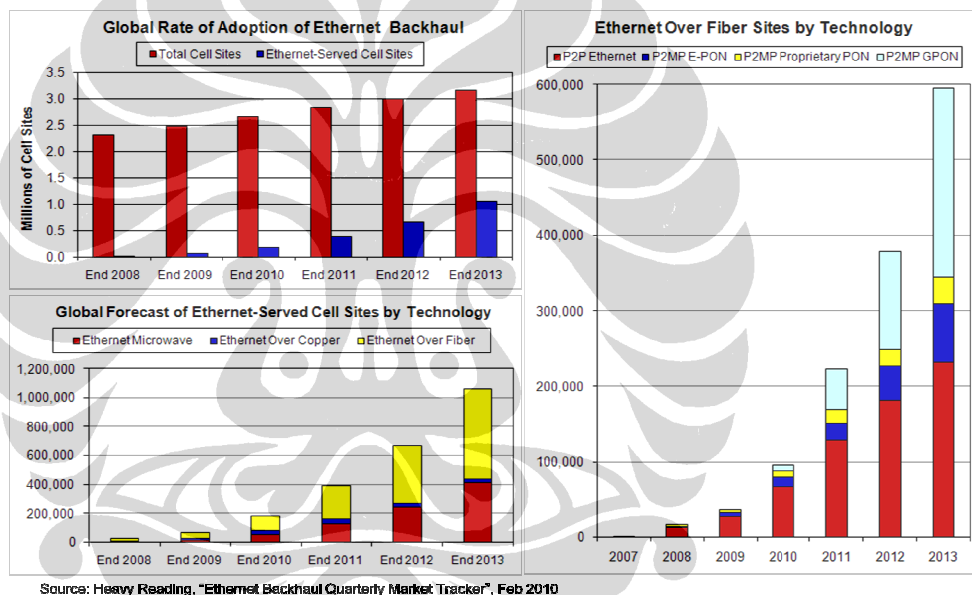
Sebagai gambaran, biaya untuk mobile backhaul yang digunakan mencakup 30% dari keseluruhan biaya system telekomunikasi, dimana dengan menggunakan backhaul yang lebih murah tentunya akan menghemat keseluruhan biaya yang harus digunakan



Gambar 2-4 Konfigurasi Mobile Backhaul

(Qualcomm, November 2009)

Apabila melihat kebutuhan global, terlihat jumlah keseluruhan site di seluruh dunia yang menggunakan Ethernet backhaul akan berkembang menjadi 182.000 di akhir 2010 dan menjadi 1.060.000 di akhir 2013 (Frost & Sullivan, 2008). Dalam akhir tahun 2013 tersebut, sekitar 33 persen dari keseluruhan site di dunia akan dilayani menggunakan backhaul Ethernet yang dominan menggunakan fiber optic sebagai jaringannya sekitar 56%. Pada tahun 2012 akan terjadi perubahan teknologi fiber optic dari point to point menjadi system PON, dimana pembagiannya 48% menggunakan system P2P dan 52% akan menggunakan teknologi PON, yang 34% didalamnya berdasarkan teknologi GPON.



Gambar 2-5 Gambaran Mobile Backhaul Dunia

(Frost & Sullivan, 2008)

2.3.2 Implementasi GPON sebagai solusi backhaul

Gigabit passive optical network – GPON adalah suatu teknologi akses optik dengan kecepatan 2,488 Gbps yang terstandarisasi oleh ITU-T G.984. GPON menawarkan suatu jaringan yang *cost-effective*, *flexible* dan *scalable* dalam provisioning *voice* maupun data service yang reliable berbasis pada optical access network.

Secara prinsip, PON terdiri atas OLT – *Optical Line Termination* yang terletak di Central Office dan sekumpulan perangkat ONT – *Optical network Terminal* atau ONU – *Optical Network Unit* yang terletak di customer premises. Antara OLT dan ONU tidak ada perangkat aktif dan dihubungkan melalui ODN – *Optical Distribution Network* yang terdiri atas fiber optik dan passive splitter.



Gambar 2-6 Tipikal Arsitektur PON

(Unit Research and Development, Januari 2010)

Secara umum, spesifikasi jaringan GPON mampu untuk mendeliver downstream sebesar 2,488 Gbps dan upstream sebesar 1,244 Gbps. Cakupan area yang bisa disupport seluas 30 Km dengan berbagai topologi jaringan yang disupport dengan berbagai komponen optic baik dengan CWDM maupun Ring.

Beberapa parameter jaringan GPON antara lain:

Tabel 2-2 Parameter Jaringan GPON

| <i>Parameter</i> | <i>Spesifikasi</i> |
|----------------------|--|
| Cakupan jaringan | Sampai dengan 35 km dari OLT ke ONU terjauh |
| Splitter | 1:32 |
| Bit rates | 2.488 Gbps Downstream dan 1.244 upstream burst mode bit rate. |
| Wavelength | Sampai dengan 8 wavelength yang berbeda dengan menggunakan CWDM teknologi, untuk total 4 logikal PON dalam single fiber. |
| Topologi | Tree, protected tree ; Bus ; Ring, protected ring ; kombinasi tree dan ring. |
| Kapabilitas jaringan | Proteksi fiber (perangkat dan fiber) Proteksi jaringan (GbE dan STM1) FEC untuk meningkatkan link budget sekaligus untuk cakupan luas dan lebih banyak splitter. |

2.3.3 Keunggulan GPON

Beberapa keunggulan yang bisa diperoleh dengan topologi PON ini antara lain adalah:

- Efisiensi dari penggunaan fiber cable.
- Perangkat yang low cost per pelanggan.

Hanya ada satu port optical di central office (tidak menyulitkan untuk disisi management jaringan).

- Komponen pasif membutuhkan perawatan yang ringan namun memiliki MTBF yang tinggi.

Bila dibutuhkan penambahan untuk suatu gedung akan mudah dan murah.

- Mendukung berbagai aplikasi termasuk triple play (*voice*, data dan video) melalui single fiber dalam topologi FTTB, FTTC, FTTM maupun FTTH.
- Menawarkan berbagai kecepatan bandwidth yang fleksibel untuk menyesuaikan dengan future services.
- Bandwidth assignment yang fleksibel dan scalable.

Keunggulan GPON dibandingkan dengan approach lain adalah sebagai berikut:

- Tidak perlu mengeluarkan biaya ijin ISR Frekuensi setiap tahun.
- Tidak perlu membayar Ijin penempatan perangkat (SITAC) karena perangkat ONTnya relatif kecil bila dibandingkan dengan perangkat radio dan antenanya. SITAC yang dibutuhkan hanya untuk penarikan optiknya saja
- Mampu menyalurkan bandwidth sampai dengan 100 Mbps (Fast Ethernet) sehingga kemampuan menyalurkan data akan lebih efektif.
- Untuk jarak yang relatif pendek s.d 1.5 km, biaya CAPEX yang dikeluarkan relatif lebih kecil dibandingkan radiolink.
- Karena teknologi menggunakan fiber optic, maka keterpengaruhannya terhadap kondisi sekitar relatif tidak ada bila dibandingkan dengan radiolink yang sangat dipengaruhi cuaca.

Disamping itu masih banyak keunggulan lain dari GPON yang menjadikan sebagai ultimate teknologi untuk jaringan akses dimasa depan untuk operator antara lain:

- Dengan triple play berarti suatu operator bisa menawarkan layanan *voice*, data dan video secara transparent melalui single optical fiber. Berbagai fitur dari Ethernet seperti QoS, VLAN, pVLAN, IGMP dan RSTP juga bisa disupport dalam jaringan berbasis GPON ini.
- GPON menawarkan highest bit rates dan efisiensi dengan 2.488/1.244 Gbps dalam downstream/upstream akan memudahkan operator untuk menjual bandwidth yang lebar kepada customer-nya sementara tetap memperhitungkan margin yang menguntungkan dari kapital investasi dalam optical plant.
- Kapabilitas GPON mampu untuk mendukung 32 ONU dalam radius up to 35 km dari Central Office. Dioptimalkan dengan penggunaan wavelength CWDM, sehingga mampu mendeliver sampai dengan 8 wavelength dalam satu PON.

- o Availability juga sangat baik dengan dukungan sub-50ms protection switching dan traffic restoration dalam kasus bila ada kegagalan pada fiber optik, kegagalan pada STM1/GbE maupun kegagalan modul PON I/F.
- o Untuk sisi investasi, dengan GPON ditawarkan suatu penghematan dari sisi CAPEX/OPEX yang significant.

2.3.4 Aplikasi GPON

Ada beberapa aplikasi yang bisa diterapkan dengan teknologi GPON ini antara lain:

- i. FTTB – Fiber to the Building / Business
 Saat suatu PON dimasukkan dalam arsitektur FTTB, fiber ditarik dari Central Office operator melalui optical splitter menuju ke gedung pelanggan. GPON adalah solusi yang ideal untuk aplikasi pelanggan yang membutuhkan bandwidth lebar. Dengan PON, market dari FTTB bisa ditawarkan untuk solusi dari :
- ii. SME – Small and Medium Size Business.
 Enterprise yang membutuhkan solusi high bandwidth dengan triple play service.
- iii. MLEC atau bangunan municipal.
 Untuk remote akses atau virtual POP, dimana PON OLT terletak di gedung pelanggan dan memberikan akses ke gedung-gedung disebelahnya dengan ONU.
- iv. FTTP – Fiber to the MTU/MDU (Multi-Tenant/Dwelling Unit)
 Suatu lokasi dengan multiple tenant unit /multiple dwelling unit memiliki lebih dari satu tenant business atau residential (sebagai contohnya gedung perkantoran, commercial business partks, hotel, kampus dan dormitori maupun apartement). Banyak gedung yang belum ditarik fiber optik dan gedung lama rata-rata memiliki jaringan copper. Tipikal topologi FTTM memiliki keunggulan untuk mengoptimalkan kondisi eksisting dengan koneksi fiber ke MDU dan distribusi dengan copper eksisting. Opsi lain untuk FTTM deployment bisa memanfaatkan arsitektur bus dimana OLT berada di basement dan menggunakan cascade splitter dan ONU terletak di berbagai lantai yang

berbeda melalui gedung sebagai interface untuk menyalurkan layanan *voice*, data video keseluruhan gedung.

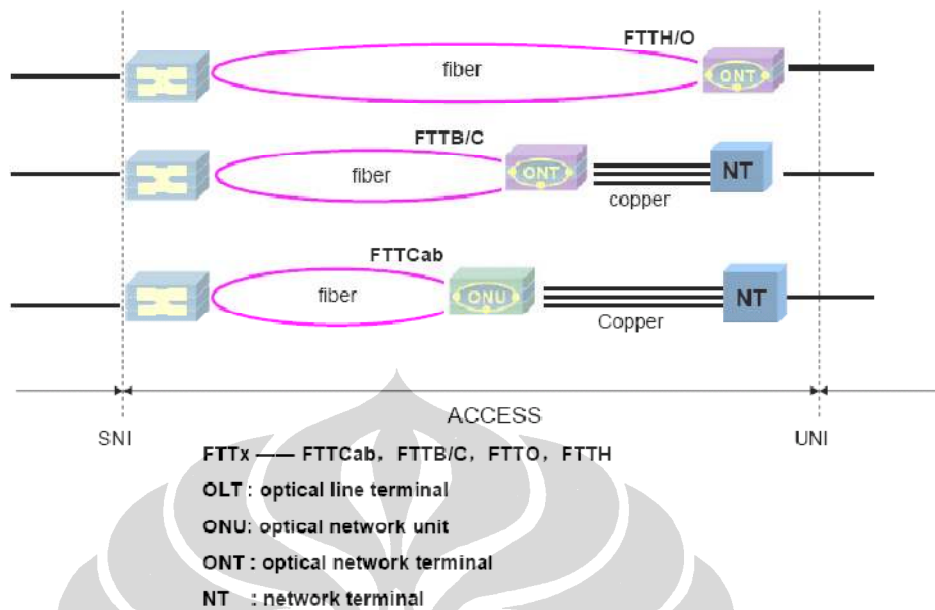
v. FTTC - Fiber to the Curb

Dalam topologi FTTC atau dikenal juga sebagai FTTCab – Fiber to the Cabinet, fiber optik network diterminasi pada cabinet atau pedestal disekitar lokasi pelanggan dimana sinyal optik dikonversi kedalam jaringan twisted copper pair menggunakan external equipment seperti DSLAM – Digital Subscriber Line Access Multiplexer. DSLAM sebagai interface untuk DSL dengan GPON menuju rumah atau business area.

2.3.5 Contoh Implementasi GPON

Pada prinsipnya teknologi G-PON sebagai bagian dari teknologi FTTx mempunyai kesamaan karakter dengan teknologi PON sebelumnya yang digunakan oleh TELKOM, hanya saja untuk G-PON sudah harus fully fiber optic hingga ke sisi terminal pelanggan (premise). Kondisi ini disebabkan karena kecepatan layanan yang dijanjikan oleh G-PON hingga 2,488 GBps downstream/ 1,244 upstream GBps yang dibagi kesemua terminal pelanggan, lebih cepat dibandingkan PON yang hanya 622MBps downstream / 155MBps upstream. Tentunya hanya jaringan fiber optic yang memungkinkan mentransmisikan sinyal dengan kecepatan tersebut.

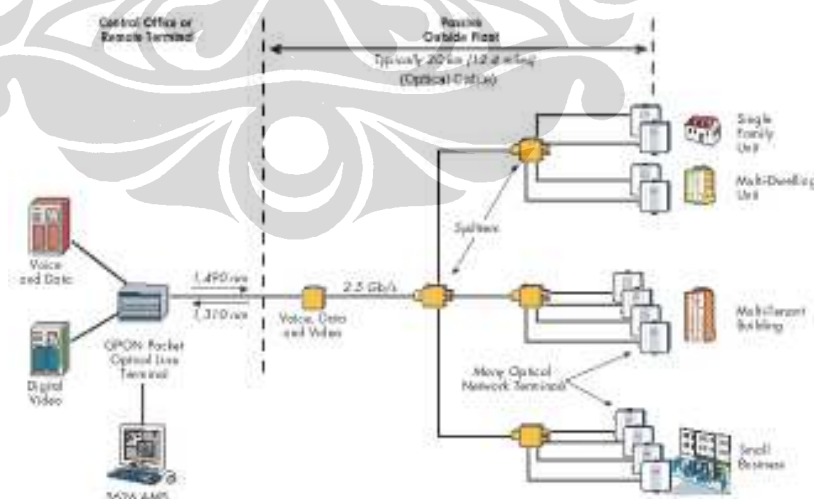
Tipikal implementasi dari PON / FTTx diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 2-7 Tipikal Implementasi PON / FTTx

(ZTE, 2010)

TELKOM mengimplementasikan jaringan akses G-PON untuk memberikan layanan triple play pada area bisnis ataupun residensial dengan tingkat kebutuhan akan high bandwidth data access yang tinggi seperti HRB (High Rise Building), CBD (Central Business District), maupun Perumahan Mewah.

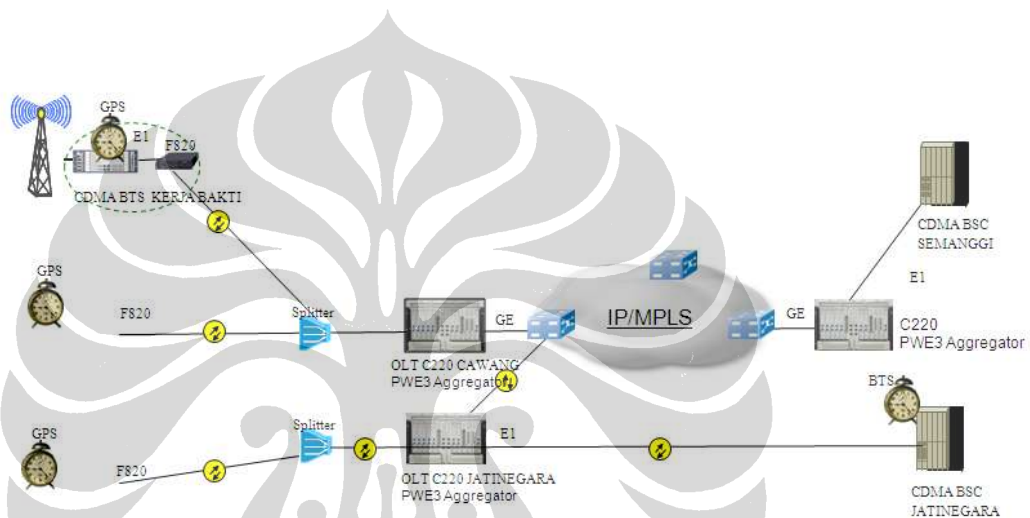


Gambar 2-8 Contoh Area Implementasi GPON

(ZTE, 2010)

Penggunaan GPON sebagai backhaul akses untuk Node B BTS, dengan 3 model konfigurasi:

1. Solusi backhaul BTS E1 CDMA direct GPON → mengukur kontribusi performansi pada single elemen GPON
2. Solusi backhaul BTS E1 CDMA via Pseudo wire GPON → kontribusi performansi backhaul gabungan Metro E dan GPON
3. Solusi backhaul BTS IP CDMA via Metro dan GPON (Ethernet backhauling)

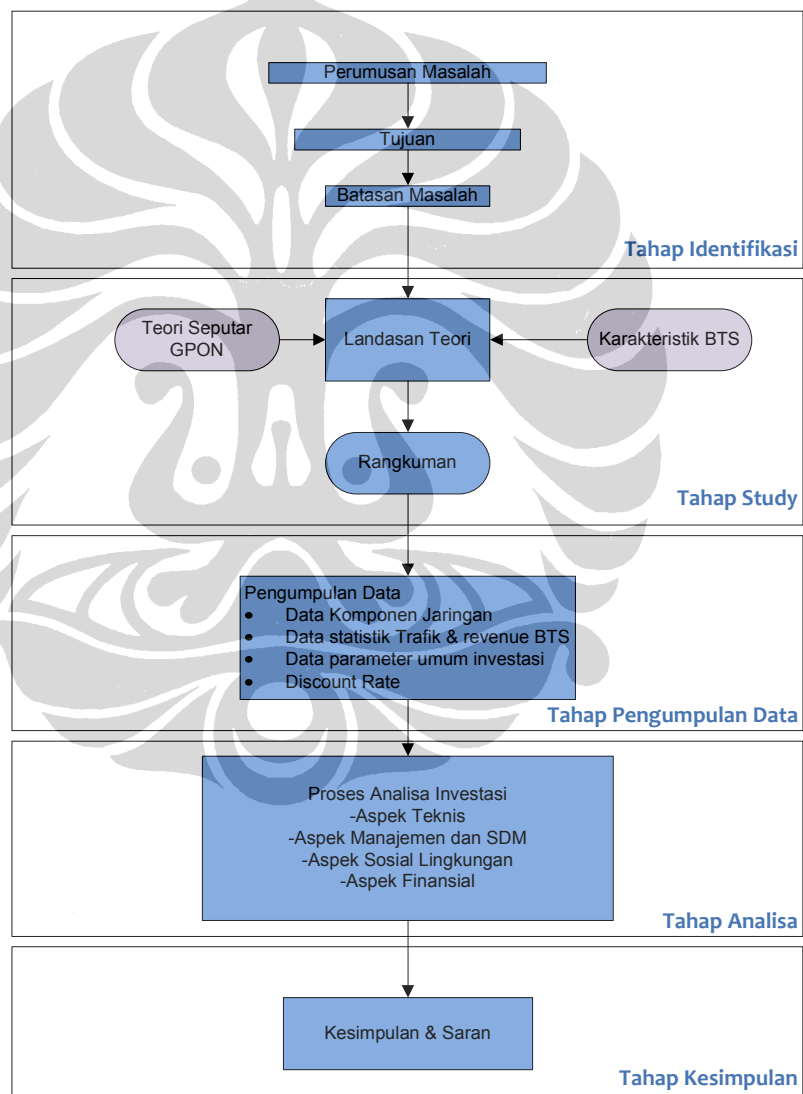


Gambar 2-9 GPON Sebagai Backhaul CDMA

Kemudian selanjutnya dalam tesis ini contoh konfigurasi GPON yang akan digunakan adalah GPON sebagai backhaul CDMA yang menggunakan ketiga model konfigurasi yang ada.

BAB 3 ANALISIS KELAYAKAN NON FINANSIAL

Alur proses pemecahan makalah dalam penelitian ini akan ditunjukkan pada Gambar 3.1 mengenai Kerangka Pemecahan Masalah. Secara garis besar akan dibagi menjadi menjadi 6 bagian, yaitu Tahap Identifikasi, Tahap Pembelajaran, Tahap Pengumpulan Data, Tahap Analisis dan Tahap Kesimpulan.



Gambar 3-1 Kerangka Pemecahan Masalah

Pada bab ini akan membahas mengenai analisis kelayakan apabila dilihat dari sisi non finansial, yaitu melihat dari aspek teknis dan aspek manajemen dan sumber daya manusia.

3.1 Aspek Teknis

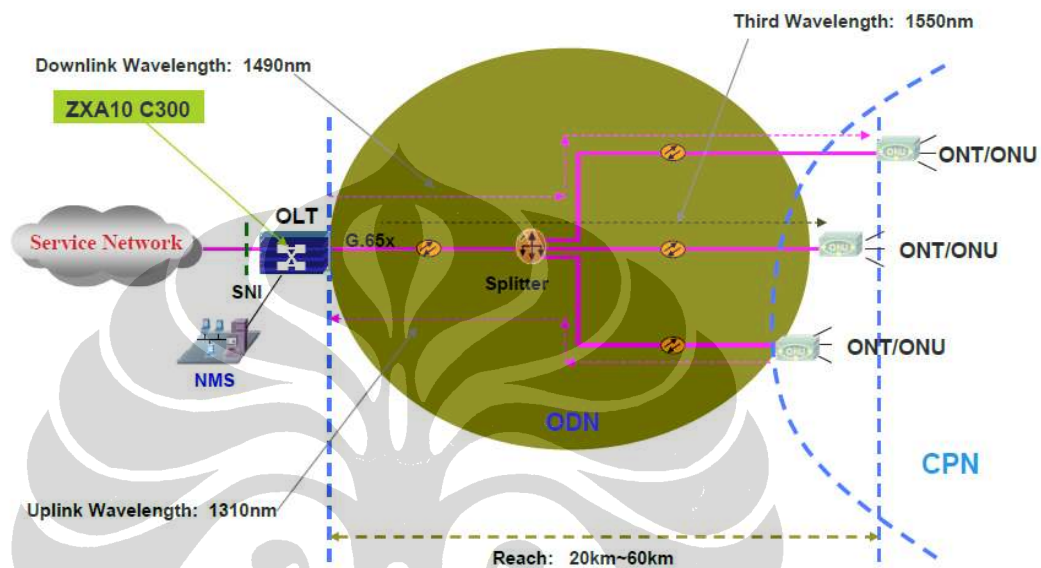
Analisis aspek teknis dilakukan untuk memperhatikan apakah secara teknis proyek tersebut dapat dibangun dan dijalankan dengan baik. Suatu proyek dinyatakan layak berdasarkan aspek teknis dan teknologi jika berdasarkan hasil analisis dapat dibangun dan dioperasikan dengan baik.

Hal-hal yang ditinjau dalam aspek teknis dan teknologi adalah mengenai kelayakan lokasi, criteria pemilihan metode konfigurasi yang akan digunakan, menganalisis teknologi yang akan digunakan. Untuk aspek ini akan menjadi pertimbangan disaat implementasi GPON sebagai *backhaul*.

3.1.1 Spesifikasi Teknis GPON yang digunakan sebagai Backhaul CDMA

Pada penerapan GPON sebagai backhaul CDMA merupakan evolusi dari teknologi akses yang berbasiskan kabel optic dengan menggunakan standar ITU-T G.984. Pada proses pengiriman datanya, model paketisasi data menggunakan GPON Encapsulation Methode (GEM) atau ATM Cell untuk membawa layanan TDM maupun packet-based dengan data rate 2,5 Gbps untuk downstream dan 1,2 Gbps untuk upstream. Teknologi GPON yang digunakan ini mendukung transmisi analog maupun digital video sehingga dapat mendukung triple play service (voice, data, video) namun juga tetap mendukung layanan legacy menggunakan TDM. Dimana penerapan arsitektur umum dari GPON sebagai backhaul dapat digambarkan pada gambar 3-3. Pada gambar tersebut digambarkan bahwa wavelength yang digunakan bersifat asymmetric, dimana besarnya wavelength untuk downstream berbeda dengan wavelength untuk upstream, karena modulasi yang digunakan menggunakan CWDM. Pada gambar tersebut juga terlihat jarak efektif antara OLT dengan ONU/ONT adalah pada rentang 20-60 km dengan link budget ODN sebesar 28dB. Pada penerapannya

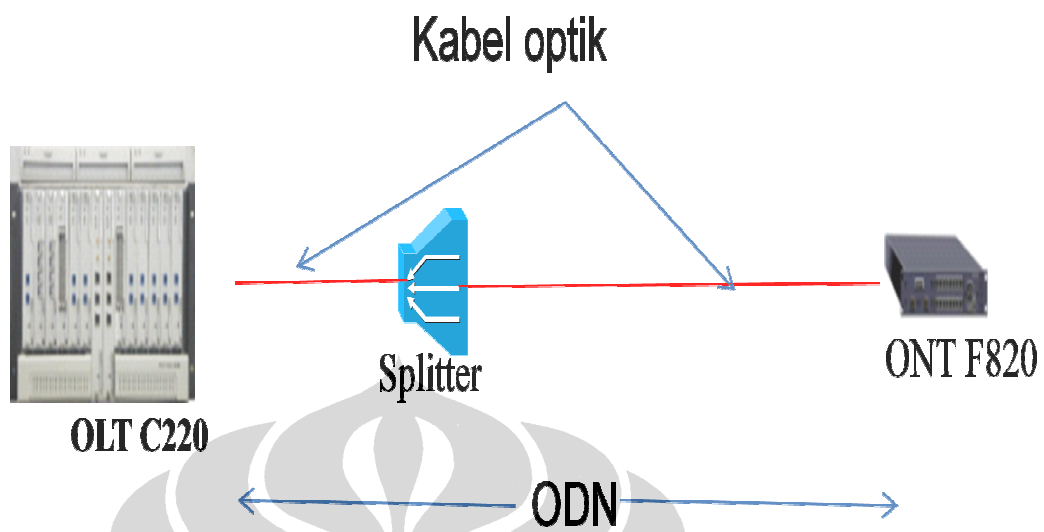
akan digunakan passive splitter yang dapat menambah jumlah split/branch, akan tetapi penggunaa splitter ini akan mengurangi kemampuan jarak tempuh dari OLT ke ONT.



Gambar 3-2 Arsitektur Umum GPON Sebagai Backhaul

(ZTE, 2010)

Secara umum perangkat yang akan digunakan dalam penggunaan GPON sebagai backhaul ini adalah menggunakan OLT (*Optical Line Termination*), ONU/ONT (*Optical Network Unit/Optical Network Termination*), dan ODN (*Optical Distribution Network*) yang terdiri dari jaringan Fiber Optik, Passive Splitter dan connector

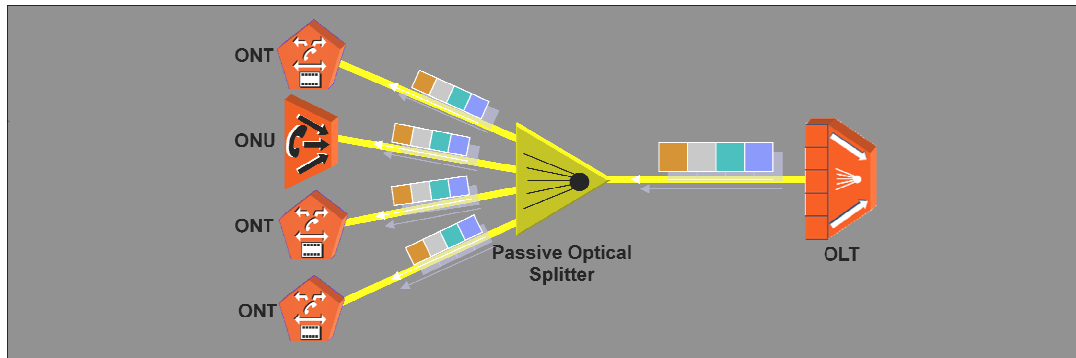


Gambar 3-3 Konfigurasi Umum Implementasi Teknologi GPON

Link Budget yang disarankan pada ODN adalah sebesar 28dB, dimana link budget ini akan dipengaruhi oleh:

- Konektor (SC,FC,ST,LC) dengan besar loss sebesar 0,75 – 1 dB
- Teknik Splicing
 - Mekanik → 0,05 – 0,2 dB (attenuation)
 - Fusion → 0,01 – 0,1 dB (attenuation)
- Attenuator → settingan 5 – 10 dB
- Jenis fiber (single/multi mode)
- Panjang Gelombang
- Adapter

Dan untuk system transmisi GPON dapat digambarkan seperti gambar berikut ini dimana seluruh message akan dibroadcast dari OLT ke ONT melalui passive splitter



Gambar 3-4 Sistem Transmisi GPON

Beberapa keunggulan yang bisa diperoleh dengan topologi PON ini antara lain adalah:

- Efisiensi dari penggunaan fiber cable karena penggunaan hanya memerlukan 1 core optic saja
- Perangkat yang low cost per pelanggan.
Hanya ada satu port optical di central office (tidak menyulitkan untuk disisi management jaringan).
- Komponen pasif membutuhkan perawatan yang ringan namun memiliki MTBF yang tinggi.
Bila dibutuhkan penambahan untuk suatu gedung akan mudah dan murah.
- Mendukung berbagai aplikasi termasuk triple play (*voice*, data dan video) melalui single fiber dalam topologi FTTB, FTTC, FTTM maupun FTTH, juga mendukung untuk broadband network (EVDO, LTE, dll) namun masih tetap mendukung teknologi TDM
- Menawarkan berbagai kecepatan bandwidth yang fleksible untuk penyesuaian dengan future services.
- Bandwidth assignment yang fleksible dan scalable.
- Manageable approach link dimana system NMS sudah terintegrasi
- Tidak perlu mengeluarkan biaya ijin ISR Frekuensi setiap tahun.
- Tidak perlu membayar Ijin penempatan perangkat (SITAC) karena perangkat ONTnya relatif kecil bila dibandingkan dengan perangkat radio dan antenanya. SITAC yang dibutuhkan hanya untuk penarikan optic nya saja

- Mampu menyalurkan bandwidth sampai dengan 100 Mbps (Fast Ethernet) sehingga kemampuan menyalurkan data akan lebih efektif.
- Untuk jarak yang relatif pendek s.d 1.5 km, biaya CAPEX yang dikeluarkan relatif lebih kecil dibandingkan radiolink.
- Karena teknologi menggunakan fiber optic, maka keterpengaruhannya terhadap kondisi sekitar relatif tidak ada bila dibandingkan dengan radiolink yang sangat dipengaruhi cuaca.

3.1.2 Arsitektur Jaringan Menggunakan GPON sebagai backhaul CDMA

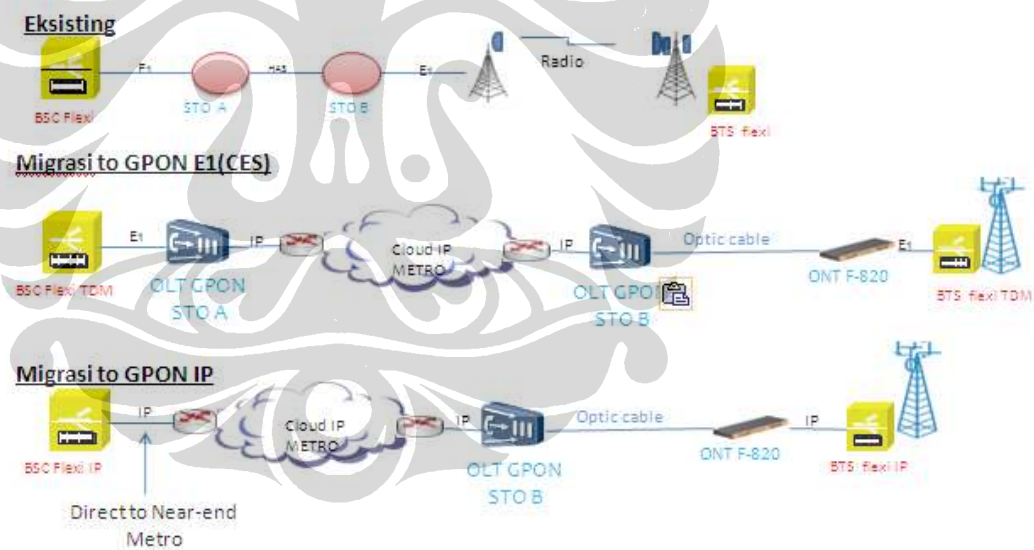
Arsitektur ini menggambarkan bagaimana jaringan yang dibangun selama periode penelitian. Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan jumlah perangkat yang dibutuhkan pada jaringan Telkom Flexi apabila menggunakan GPON sebagai pengganti backhaul yang sudah ada.

Perangkat yang digunakan pada jaringan eksisting Telkom Flexi untuk area Jakarta dan sekitarnya saat ini adalah perangkat jaringan dari PT. Huawei Tech. Investment, baik dari sisi BTS, BSC maupun MSC. Untuk media akses yang digunakan bermacam-macam, diantaranya menggunakan radio link, fiber optic menggunakan OMUX, ataupun murni metro-ethernet untuk BTS nya. Oleh karena itu penggunaan GPON sebagai backhaul ini akan digunakan sebagai substitusi maupun pelengkap dari media akses yang sudah digunakan, dan karena tidak adanya perubahan teknologi dari teknologi sebelumnya, penggunaan GPON ini tidak memerlukan perangkat yang benar-benar baru dan berbeda dari perangkat sebelumnya. Penambahan perangkat yang terjadi berpengaruh secara langsung kepada perangkat *Radio Access Network*, yaitu BTS dan BSC dan tidak berpengaruh terhadap perangkat *Core* maupun *Packet Core Network*.

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan perencanaan penggunaan GPON adalah:

1. Melihat apakah BTS yang backhaulnya akan disubstitusi menggunakan GPON terhubung dengan BSC yang support IP atau tidak. Pada network Telkom Flexi area Jakarta ini terdapat dua jenis tipe BSC yang digunakan yaitu tipe 6680 dan

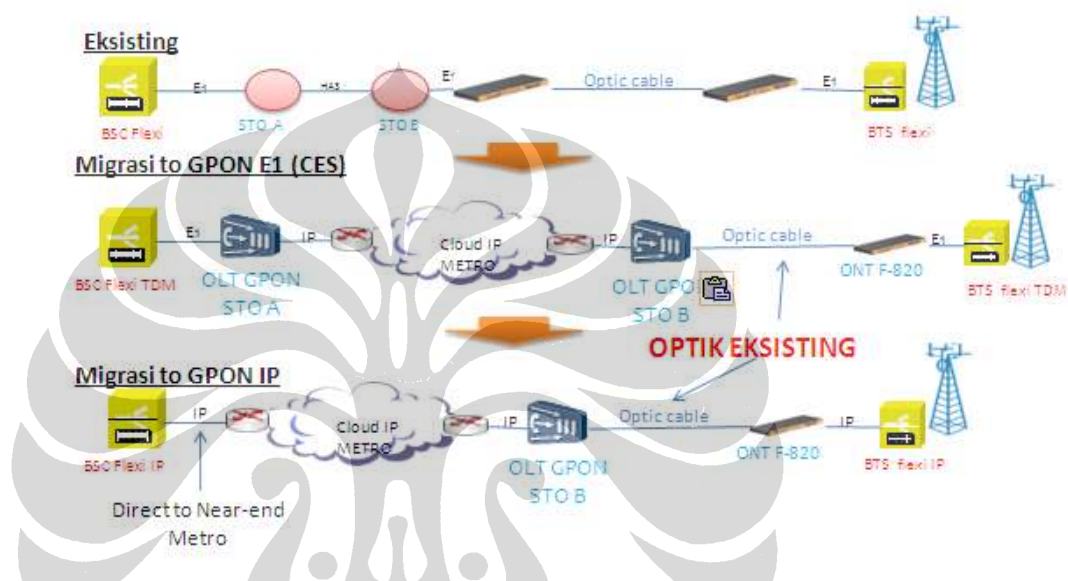
tipe 6600, yang mana BSC tipe 6600 tidak support untuk penggunaan BTS IP dan untuk BSC 6680 support untuk penggunaan IP. Apabila BTS terkoneksi dengan BSC yang support IP maka akan menggunakan GPON IP, dan apabila BTS terkoneksi dengan BSC yang tidak support IP maka akan menggunakan GPON E1 yang menggunakan converter IP menjadi E1. Dimana apabila menggunakan GPON IP, maka akan memerlukan penambahan modul FG1B di sisi BSC, modul BCIM di sisi BTS. Dan apabila menggunakan GPON E1 akan memerlukan penggunaan modul CES di sisi OLT yang terletak berdekatan dengan BSC yang mengcover BTS tersebut. Penambahan ini bersifat minor (dalam hal dimensi peralatan yang ditambahkan) sehingga tidak memerlukan SITAC yang mengeluarkan biaya tambahan, dapat menggunakan peralatan eksisting yang sudah ada untuk penempatan modul-modul baru tersebut.



Gambar 3-5 Arsitektur Jaringan Migrasi ke GPON E1 atau IP

2. Melihat apakah site tersebut berada di lokasi yang sama dengan BTS milik Telkomsel (kolokasi) dan apakah sudah tergelar jaringan optic menuju BTS Telkomsel tersebut dan tersedia core optic yang bisa digunakan. Apabila sudah ada yang perlu dilakukan adalah penambahan ONT pada site BTS Telkom Flexi

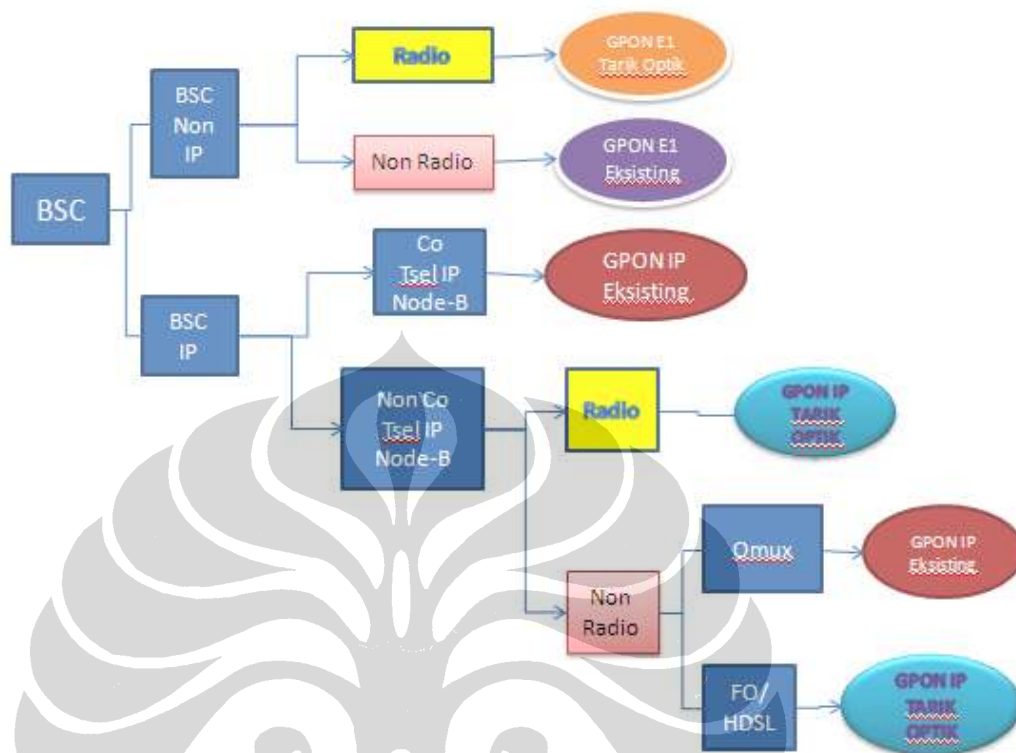
dengan menggunakan optic yang digelar pada site Telkomsel sehingga tidak memerlukan penggelaran optic baru. Apabila pada site BTS tersebut tidak ada jaringan optic eksisting, maka diperlukan pengadaan penarikan optic baru, yang mana hal ini dapat mengakibatkan penambahan pekerjaan SITAC penarikan optic baru.



Gambar 3-6 Arsitektur Jaringan Menggunakan Optik Eksisting atau Tarik Optik

3. Melihat ketersediaan dari OLT (pada STO *far end*) maupun ODN eksisting. Apabila sudah tersedia, GPON dapat langsung digunakan sebagai *backhaul*, dan apabila belum tersedia, masih membutuhkan waktu untuk pengadaan baru baik dari pengadaan OLT.

Apabila keseluruhan teknologi yang digunakan dapat dikelompokkan, maka gambaran umum pengelompokkan solusi berdasarkan teknologi yang akan digunakan, dapat digambarkan pada gambar berikut ini.



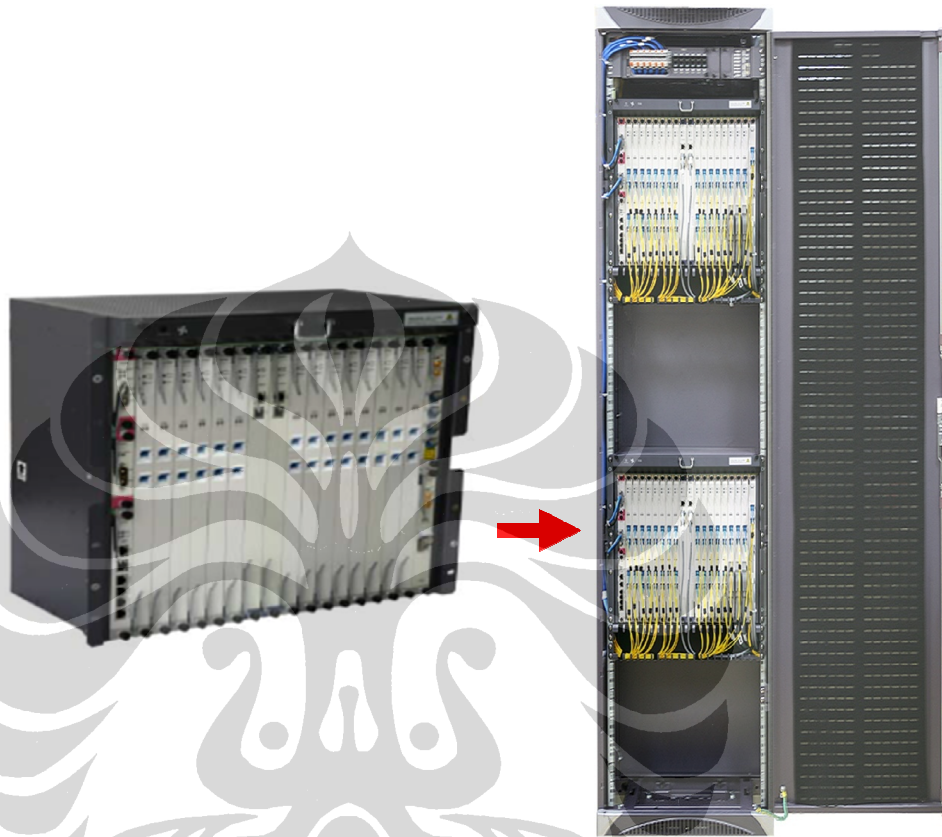
Gambar 3-7 Pembagian Solusi Berdasarkan Teknologi

Dari gambar di atas, dapat disimpulkan bahwa akan dilakukan klasifikasi apakah BSC yang digunakan support IP atau tidak, kemudian dilihat apakah sudah memiliki jaringan optic eksisting atau belum, apabila belum memiliki maka perlu dilakukan tarik optic. Oleh karena itu berdasarkan spesifikasi tersebut, dapat disimpulkan terdapat 4 solusi yang dapat digunakan, yaitu GPON E1 tarik optic, GPON E1 Eksisting, GPON IP Eksisting, GPON IP Tarik Optik

3.1.3 Lokasi GPON

GPON ini akan digunakan sebagai substitusi ataupun pelengkap dari jaringan *backhaul* yang sudah ada. OLT yang akan digunakan akan diletakkan pada Kantor STO (Sentral Telepon Otomat) yang dimiliki oleh PT. Telkom, dimana proses penggelaran akan disesuaikan dengan kebutuhan pemakaian. Satu system OLT terdiri dari satu subrack, dimana dalam satu rack dapat terdiri lebih dari 1 subrack, yang

terdiri dari modul catu daya, modul uplink, modul control, modul service (seperti digambarkan pada gambar 3-2).



Gambar 3-8 OLT

Sementara itu untuk ONT yang digunakan akan diletakkan di dalam shelter BTS Telkom Flexi, dengan dimensi yang tidak terlalu besar, ONT ini dapat dipasang pada rak yang sudah tersedia di dalam setiap shelter BTS. Penentuan OLT yang akan digunakan oleh suatu BTS akan memperhitungkan dari koneksi STO *far end* pada jaringan eksisting serta ketersediaan ODN yang sudah ada dan kemungkinan penggelaran jaringan optic baru apabila diperlukan.



Gambar 3-9 ONT

Elemen penting lainnya yang perlu diperhatikan dalam implementasi GPON ini adalah ODN (*Optical Distribution Network*) yang terdiri dari jaringan Fiber Optik, Passive Splitter dan connector



Gambar 3-10 Passive Splitter

Pada proses penggelaran ODN ini, hal penting yang harus diperhatikan adalah penggunaan *right of way*. Hal ini dikarenakan saat penggelaran jaringan fiber optic perlu diperhatikan aspek legal dari pihak yang menggelar maupun pihak yang memiliki fasilitas penunjang infrastruktur telematika (tower, duck, galian kabel, dan lainnya), mengingat saat ini banyak PERDA yang justru menghambat pengembangan infrastruktur telematika, seperti perijinan dan pungutan-pungutan lain yang dikenakan kepada penyelenggara (retribusi) oleh Pemda. Besarnya *Right of way* ini dapat berkisar hingga 5% dari keseluruhan total capital cost, oleh karena itu dalam

penelitian, biaya untuk Right of way ini termasuk dalam biaya SITAC yang dikeluarkan saat penggelaran awal jaringan fiber optic.

3.1.4 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Untuk itu dalam implementasi nya konfigurasi GPON yang digunakan akan dibagi menjadi beberapa jenis dengan memperhitungkan jumlah investasi yang perlu dilakukan, yaitu:

1. Implementasi GPON IP pada site kolokasi Telkomsel, penggunaan jaringan optic eksisting.

Apabila menggunakan BTS IP, maka perlu dipastikan modul BCIM di sisi BTS apakah sudah menggunakan QCK53 (tipe yang support IP), yang apabila belum, maka diperlukan penambahan board BCIM baru. Selain itu di sisi BSC harus dipastikan sudah terpasang modul FG1b yang berfungsi untuk melakukan komunikasi menggunakan Ethernet ke BTS nya. Kemudian ONT akan diinstall pada shelter BTS Flexi, dengan optic yang digunakan dengan melakukan penarikan patch core dari port OTB yang terletak pada shelter BTS TSEL.

2. Implementasi GPON E1 menggunakan optic eksisting

Pada implementasi ini diperlukan untuk menghitung jumlah kebutuhan E1 total, dimana BW yang dibutuhkan untuk 1 E1 PWE3 di packet network sekitar 5.32 Mbps dimana 4 Mbps untuk dupleks transmisi sinkron E1 dan sisanya untuk Header CES (PW header, Eth Header, MPLS header, VLAN header 84 bytes) sehingga $1 \text{ E1} \Rightarrow 84 \text{ frame} / 32 \text{ frame} \Rightarrow 2048 \times 2.6 \approx 5,32 \text{ Mbps}$, dari kebutuhan E1 ini dapat diperhitungkan jumlah kebutuhan CES yang diperlukan. Penggunaan solusi menggunakan GPON E1 ini akan dilakukan apabila BSC yang ada tidak dapat menggunakan koneksi *Ethernet* menuju BTS nya (dalam hal ini untuk BSC 6600)

3. Implementasi GPON IP yang membutuhkan penarikan optic baru

Solusi ini akan dilakukan di BSC 6680 yang belum memiliki jaringan optic, sehingga sebelum GPON ini dapat tergelar, membutuhkan penarikan optic terlebih dahulu.

4. Implementasi GPON E1 yang membutuhkan penarikan optic baru/pengadaan ONT

Solusi ini akan dilakukan di BSC 6600 yang belum memiliki jaringan optic, sehingga sebelum GPON ini dapat tergelar, membutuhkan penarikan optic terlebih dahulu.

3.1.5 Hasil Analisis Aspek Teknis

Berdasarkan hasil analisis terhadap aspek teknis secara umum tidak ditemukan hambatan atau kendala yang dapat mengganggu proses produksi dari BTS Telkom Flexi, bahkan mampu meningkatkan proses produksi tersebut karena tingkat reabilitas yang cukup baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan GPON sebagai *backhaul* dari segi aspek teknis sangat mendukung dan layak untuk dilaksanakan

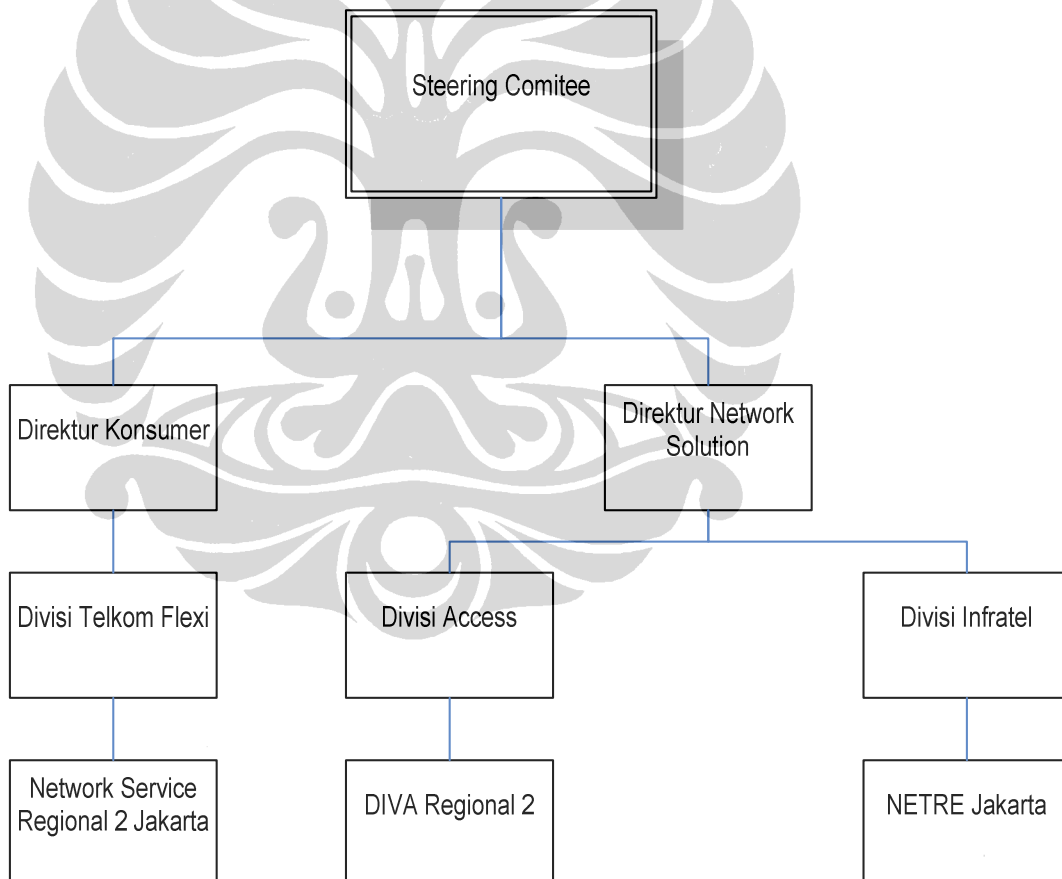
3.2 Aspek Manajemen dan Sumber Daya Manusia

Analisa aspek manajemen menekankan pada proses dan tahap-tahap yang harus dilakukan pada proses pembangunan, sedangkan aspek sumber daya manusia menekankan pada ketersediaan dan kesiapan tenaga kerja, baik jenis/mutu maupun jumlah sumber daya manusia yang dibutuhkan untuk menjalankan bisnis. Analisis berdasarkan aspek ini dinyatakan layak apabila kesiapan tenaga kerjanya dapat dijalankan dan dibangun sesuai waktu yang telah diperkirakan.

Dalam aspek ini akan dibahas dalam dasar-dasar manajemen proyek yaitu perencanaan proyek dan dasar-dasar manajemen sumber daya manusia yang terdiri dari deskripsi jabatan, spesifikasi jabatan, struktur organisasi, dan pengadaan karyawan. Data-data yang diperlukan untuk analisis aspek manajemen dan sumber daya manusia adalah tahap-tahap pelaksanaan pekerjaan, lama waktu dari setiap tahap penyelesaian pekerjaan, kemampuan karyawan dalam menjalankan pekerjaannya

3.2.1 Organisasi Proyek

Implementasi GPON ini merupakan bagian dari proyek di PT Telekomunikasi Indonesia, suatu perusahaan terbatas yang keputusannya ditentukan dari para pemegang saham. Untuk proyek implementasi GPON ini merupakan gabungan dari 3 divisi yang berada di PT. Telekomunikasi Indonesia, dengan Project Manager nya berasal dari Divisi Telkom Flexi Network Service Regional 2 Jakarta. Untuk sumber daya manusia yang diperlukan dari implementasi GPON ini menggunakan tenaga kerja yang ada di dalam divisi tersebut dengan jumlah sumber daya manusia sebanyak 300 orang yang dapat digunakan untuk proyek ini. Secara garis besar, struktur organisasi dapat digambarkan dalam gambar 3-4 berikut ini



Gambar 3-11 Struktur Organisasi

3.2.2 Ruang Lingkup Pekerjaan

Ruang lingkup pekerjaan ini menunjukkan apa yang termasuk/tidak termasuk di dalam proyek. Setelah memutuskan ruang lingkup pekerjaan baru dapat ditentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek, berapa biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut, hasil apa yang ingin dicapai dari proyek tersebut.

Ruang lingkup pekerjaan dari implementasi GPON sebagai *backhaul* ini adalah :

Tabel 3-1 Ruang Lingkup Pekerjaan Implementasi GPON

| No | Ruang Lingkup Pekerjaan | Divisi Telkom Flexi | Divisi Access | Divisi Infratel |
|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| 1 | System Engineering | √ | √ (Penanggung Jawab) | |
| 2 | Design Konfigurasi | √ | √ (Penanggung Jawab) | |
| 3 | Site Preparation | √ | √ (Penanggung Jawab) | √ |
| 4 | Site Integration | √ (Penanggung Jawab) | √ | √ |
| 5 | Measurement | √ (Penanggung Jawab) | | |
| 6 | Hand Over | √ (Penanggung Jawab) | √ | √ |

Terlihat dari pemetaan tersebut melibatkan 3 divisi yang ada di PT. Telekomunikasi Indonesia yaitu Divisi Telkom Flexi, Divisi Access dan Divisi Infratel, dengan Penanggung jawab proyek dan product owner nya berada di Divisi Telkom Flexi. Untuk menjamin kelangsungan proyek agar berjalan dengan lancar dan sesuai dengan jadwal yang sudah dibuat, diperlukan koordinasi yang cukup intens antara satu divisi dengan divisi yang lainnya. Selain itu karena proyek

merupakan bagian dari pekerjaan yang ada, sehingga tim-tim yang terlibat dapat disesuaikan dengan kebutuhan proyek tersebut.

3.2.3 Matrix Responsibility

Matriks Responsibility implementasi GPON sebagai *backhaul* BTS Telkom Flexi adalah:

Tabel 3-2 Matrix Responsibility Implementasi GPON

| No | Item Kegiatan | PIC |
|----|---|------------------------|
| 1. | Formal Data Lokasi BTS | DTF |
| 2. | Survey Lokasi | DTF, DIVA, INFRATEL |
| 3. | Penyediaan Approachlink (FO/Radio) dari BTS ke STO | DIVA |
| 5. | Koordinasi Instalasi perangkat ke Mitra pemilik tower | DTF |
| 6. | Integrasi Sistem Approachlink | DTF, DIVA, INFRATEL |

3.2.4 Rencana Pekerjaan

Master Plan terdiri dari aktivitas utama dan alokasi persentase dari tiap aktivitas dalam satu periode. Alokasi persentase dibawah menunjukkan alokasi persentase berdasarkan progress dari proyek implementasi GPON sebagai *backhaul* tersebut

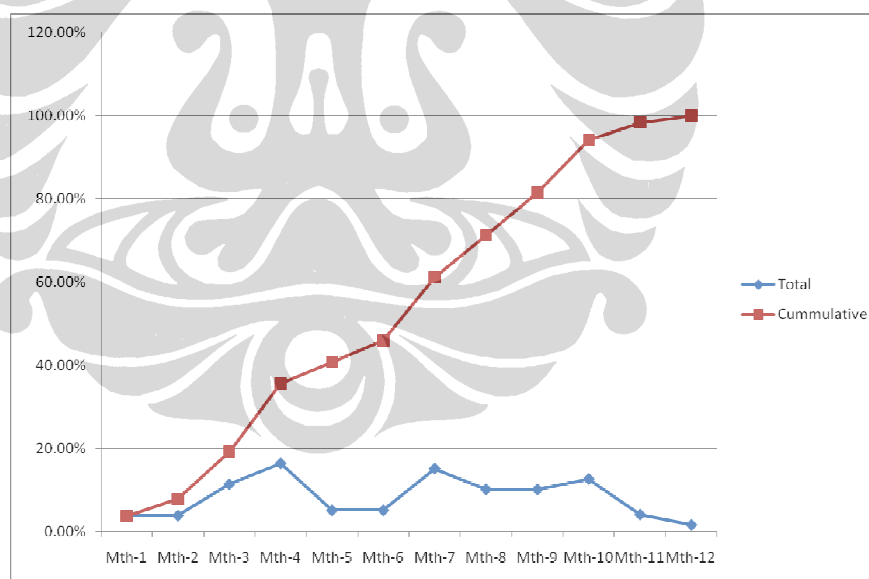
Tabel 3-3 Master Plan Implementasi GPON

| No | Uraian Pekerjaan | Bobot | Quarter 1 | | | | Quarter 2 | | | | Quarter 3 | | | |
|----|--------------------|-------|-----------|-------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|---------|
| | | | Mth-1 | Mth-2 | Mth-3 | Mth-4 | Mth-5 | Mth-6 | Mth-7 | Mth-8 | Mth-9 | Mth-10 | Mth-11 | Mth-12 |
| | Kick Off Meeting | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | System Engineering | 15% | 3.75% | 3.75% | 3.75% | 3.75% | | | | | | | | |
| 2 | Design Konfigurasi | 15% | | | 7.50% | 7.50% | | | | | | | | |
| 3 | Site Preparation | 20% | | | | 5.00% | 5.00% | 5.00% | 5.00% | | | | | |
| 4 | Site Integration | 40% | | | | | | | 10.00% | 10.00% | 10.00% | 10.00% | | |
| 5 | Measurement | 5% | | | | | | | | | | 2.50% | 2.50% | |
| 6 | Hand Over | 3% | | | | | | | | | | | 1.50% | 1.50% |
| 7 | Project Management | 2.00% | 0.17% | 0.17% | 0.17% | 0.17% | 0.17% | 0.17% | 0.17% | 0.17% | 0.17% | 0.17% | 0.17% | 0.17% |
| | | | Quarter 1 | | | | Quarter 2 | | | | Quarter 3 | | | |
| | | | Mth-1 | Mth-2 | Mth-3 | Mth-4 | Mth-5 | Mth-6 | Mth-7 | Mth-8 | Mth-9 | Mth-10 | Mth-11 | Mth-12 |
| | Total | 100% | 3.92% | 3.92% | 11.42% | 16.42% | 5.17% | 5.17% | 15.17% | 10.17% | 10.17% | 12.67% | 4.17% | 1.67% |
| | Cummulative | | 3.75% | 7.83% | 19.25% | 35.67% | 40.83% | 46.00% | 61.17% | 71.33% | 81.50% | 94.17% | 98.33% | 100.00% |

Pada master plan ini terlihat pembagian kerja proyek ini diberikan bobot yang sesuai dengan tingkat kepentingan pekerjaan, dimana site integration merupakan saat yang penting untuk memastikan pekerjaan dapat berjalan dengan baik. Dengan alokasi sumber daya manusia yang ada dapat dipetakan sesuai dengan bobot pekerjaannya. Untuk master plan secara lebih terperinci dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.2.5 Performansi S-Curve

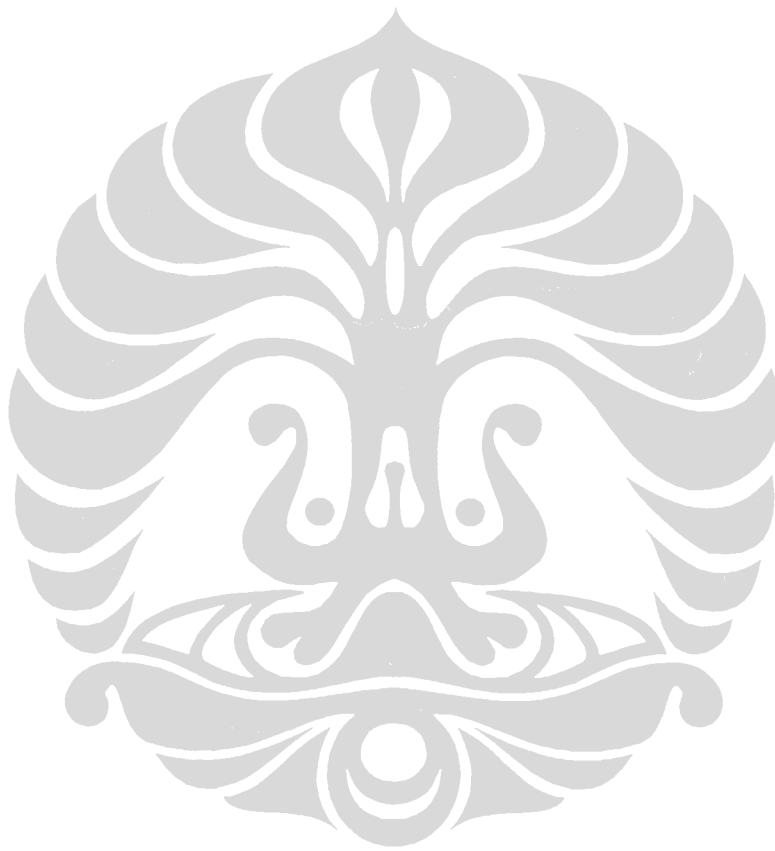
Berdasarkan S-Curve Performance dapat dievaluasi performansi ketika proyek ini berjalan. Dengan kurva S ini terlihat setiap minggu nya kegiatan operasional yang sedang berjalan sesuai dengan target. Besarnya performansi yang telah dicapai setiap aktifitas dapat dilihat dari pencapaian deliverables di setiap pekerjaan sehingga proyek ini dapat selesai dalam 1 tahun, dengan rincian pekerjaan terdapat di dalam lampiran



Gambar 3-12 S-Curve Performance

3.2.6 Hasil Analisa Aspek Manajemen dan Sumber Daya Manusia

Dari hasil analisis aspek manajemen dan sumberdaya manusia menunjukkan implementasi GPON sebagai *backhaul* ini memungkinkan untuk dilaksanakan, karena adanya ketersediaan tenaga kerja yang cukup mendukung untuk pelaksanaan, maupun pengaturan jadwal yang cukup sesuai dan layak untuk dilaksanakan.



BAB 4 ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL

Pada penelitian ini untuk metoda analisa perhitungan ekonomisnya akan menggunakan data revenue dari BTS pada operator Telkom Flexi, dengan karakteristik market yang ada untuk pasar FWA di wilayah Jabodetabek Sekapur, sehingga akan membandingkan antara nilai investasi yang dibutuhkan dengan nilai asumsi *revenue* yang akan dihasilkan. Nilai investasi dan biaya operasional yang dibuat menggunakan *backhaul* GPON dengan berbagai spesifikasi nya. Sedangkan asumsi *revenue* yang didapat merupakan data *revenue* pada BTS-BTS yang sudah ada dengan spesifikasi sejenis dan dikelompokkan menjadi beberapa jenis.

4.1 Data Revenue BTS Flexi

Pengambilan data *revenue* sebagai acuan perhitungan adalah dengan mengambil data *revenue* dan trafik dari seluruh BTS Flexi yang sudah dibangun dalam kurun waktu 3 tahun, mulai tahun 2006 sampai dengan 2009. Selanjutnya penjumlahan data *revenue* total untuk setiap kuartal pada setiap jenis BTS akan dibandingkan dengan penjumlahan data trafik total yang ada pada setiap kuartal tersebut. Data hasil perbandingan yang didapatkan setiap kuartal selama satu tahun kemudian dirata-ratakan, sehingga didapatkan nilai rata-rata *revenue* berupa rupiah/erlang untuk setiap jenis gedung. Dengan nilai *carried erlang* itu, dapat dihitung nilai *revenue* yang dihasilkan, dimana berdasarkan hasil wawancara dengan divisi Bussines Planning Telkom Flexi, bernilai 6000 rupiah.

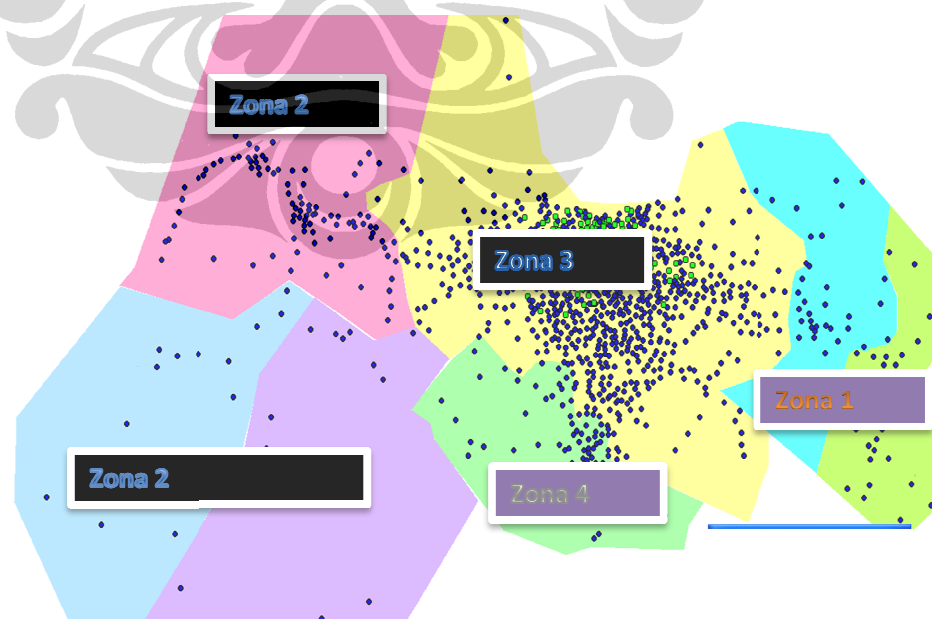
Pada penelitian ini, dilakukan pembagian area JabodetabekSekapur berdasarkan 4 zona, yaitu zona 1, zona 2, zona 3 dan zona 4. Tujuan dari pembagian wilayah JabodetabekSekapur ini menjadi beberapa zona adalah untuk mengelompokkan beberapa daerah yang memiliki karakteristik umum yang mirip dengan teknologi yang sama menjadi satu zona sehingga dapat mempermudah penggunaan teknologinya. Selain itu pembagian zona ini juga dilakukan dengan melihat *revenue* yang

dihasilkan dari masing-masing zona tersebut, sehingga untuk ke depannya dapat membantu pemilihan strategi pemasaran yang akan dilakukan dengan melihat besarnya *revenue* berbanding dengan *cost* yang dikeluarkan. Untuk pembagian zona berdasarkan area tersebut, dapat dilihat dalam tabel 4-1 berikut ini.

Tabel 4-1 Pembagian Zona

| Zona | Area | Teknologi |
|------|---|-------------------|
| 1 | Bekasi, Karawang, Purwakarta | GPON E1 & GPON IP |
| 2 | Tangerang, Serang, Rangkas Bitung, Pandeglang | GPON E1 & GPON IP |
| 3 | Jakarta | GPON E1 & GPON IP |
| 4 | Bogor, Depok | GPON E1 |

Sementara itu pembagian zona-zona berdasarkan peta area JabodetabekSekapur dapat digambarkan pada gambar 4-1 berikut ini. Pada gambar 4-1 juga terlihat sebaran BTS yang terdapat pada zona-zona tersebut, dimana sebagian besar sebaran BTS terdapat pada zona 3, yang memiliki kontribusi terbesar dalam *revenue* yang didapatkan di Divisi Telkom Flexi Regional 2 Jakarta.



Gambar 4-1 Sebaran BTS pada masing-masing zona

4.2 Proyeksi Arus Kas

Proyeksi arus kas merupakan laporan aliran kas yang memperlihatkan gambaran penerimaan (*inflow*) dan pengeluaran kas (*outflow*). Aliran kas ini diproyeksikan selama 5 tahun sesuai dengan umur ekonomis perangkat. Selisih antara arus kas penerimaan dan arus kas pengeluaran merupakan manfaat atau biaya yang diterima dari kegiatan ini.

4.2.1 *Outflow* (pengeluaran)

Arus pengeluaran atau arus biaya dalam analisi kelayakan investasi ini terdiri dari biaya CAPEX dan OPEX. *Outflow* menggambarkan pengeluaran-pengeluaran yang akan terjadi selama umur ekonomis pabrik

4.2.1.1 CAPEX

CAPEX atau *Capital Expenditure* adalah biaya modal investasi yang harus dikeluarkan perusahaan pada tahun pertama. Besarnya *capital expense* adalah merupakan investasi pada akhir tahun investasi. Biaya investasi ini merupakan gabungan dari biaya pre-implementasi (sitac, design dan survey), pengadaan perangkat, jasa instalasi, pembelian peralatan penunjang.

Sementara itu biaya *right of way* untuk penggelaran jaringan optic akan dimasukkan dalam biaya sita, dimana biaya *right of way* tersebut dianggap berlaku untuk penggunaan 5 tahun sesuai dengan umur investasi yang akan dilakukan.

Untuk biaya investasi secara garis besar akan dibagi menjadi 4 jenis. Untuk biaya investasi per-zona dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4-2 CAPEX

| GPON IP Eksisting | | | GPON E1 Eksisting | | |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------|
| No | Investasi | Harga Satuan (Rp.000) | No | Investasi | Harga Satuan (Rp.000) |
| A | Biaya Pre-Implementasi | | A | Biaya Pre-Implementasi | |
| | Perencanaan | 2000 | | Perencanaan | 1500 |
| | Survey | 500 | | Survey | 500 |
| B | Biaya Pengadaan Perangkat | | B | Biaya Pengadaan Perangkat | |
| | ONT | 1400 | | ONT | 1400 |
| | OLT | 30000 | | OLT | 30000 |
| | BCIM QCK53 | 1000 | | CES | 9000 |
| | Aksesoris (Jumper, Konektor) | 700 | | Aksesoris (Jumper, Konektor) | 2500 |
| C | Instalasi | | C | Instalasi | |
| | Jasa Instalasi | 1000 | | Jasa Instalasi | 1200 |
| | Jasa Integrasi | 2500 | | Jasa Integrasi | 1200 |
| D | Total Investasi (A+B+C) | 39100 | D | Total Investasi (A+B+C) | 47300 |

| GPON IP Tarik Optik Baru | | | GPON E1 Tarik Optik Baru | | |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| No | Investasi | Harga Satuan (Rp.000) | No | Investasi | Harga Satuan (Rp.000) |
| A | Biaya Pre-Implementasi | | A | Biaya Pre-Implementasi | |
| | Perencanaan | 2000 | | Perencanaan | 1500 |
| | Sitac | 25000 | | Sitac | 25000 |
| | Survey | 700 | | Survey | 700 |
| B | Biaya Pengadaan Perangkat | | B | Biaya Pengadaan Perangkat | |
| | ONT | 1200 | | ONT | 1400 |
| | OLT | 25000 | | OLT | 30000 |
| | BCIM QCK53 | 900 | | CES | 9000 |
| | Aksesoris (Jumper, Konektor) | 500 | | Aksesoris (Jumper, Konektor) | 3000 |
| C | Instalasi | | C | Instalasi | |
| | Jasa Instalasi | 2000 | | Jasa Instalasi | 3000 |
| | Jasa Integrasi | 2500 | | Jasa Integrasi | 1200 |
| D | Total Investasi (A+B+C) | 57800 | D | Total Investasi (A+B+C) | 73300 |

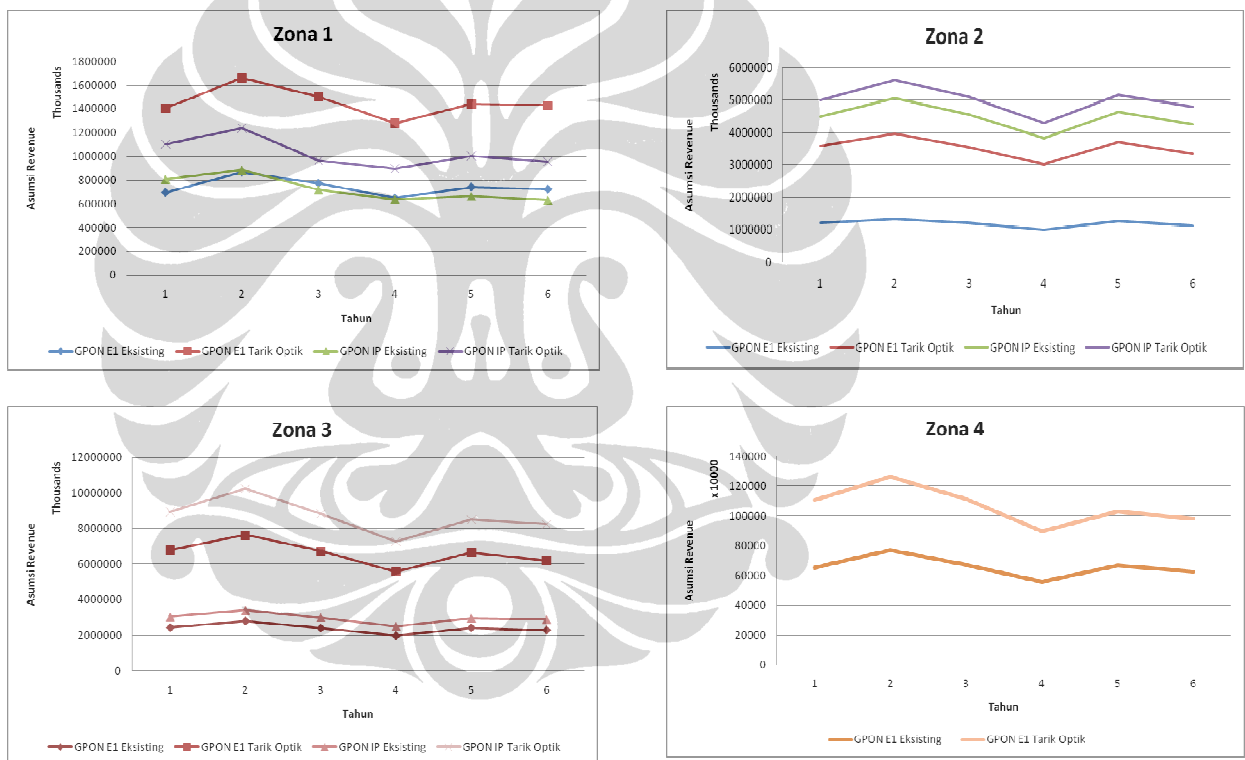
4.2.1.2 OPEX

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

Pada penelitian ini, OPEX terdiri dari biaya tetap diasumsikan konstan untuk setiap tahunnya. Biaya tetap merupakan biaya rutin yang harus dikeluarkan seperti SLA (*Service Lease Agreement*) yang senilai 5% dari total CAPEX, biaya pemeliharaan aset dan asuransi. Dan karena implementasi GPON sebagai *backhaul* ini merupakan substitusi dari *backhaul* sebelumnya yang sudah ada, maka pada tahun pertama (saat investasi) sudah mengeluarkan biaya operasional sebagai biaya operasional untuk teknologi yang sudah digunakan.

4.2.2 Inflow (Penerimaan)

Arus penerimaan atau pendapatan dalam analisis implementasi GPON sebagai *backhaul* ini didapat dari pendapatan penjualan. Pendapatan penjualan diperoleh dari perhitungan revenue yang didapat dari tiap BTS pada zona tersebut. Dari data tren trafik *voice* yang didapatkan sebelumnya selama 5 tahun (2004-2009), sehingga didapat grafik asumsi *revenue* selama lima tahun kedepan seperti pada gambar berikut ini dimana pada tahun pertama investasi sudah memiliki pendapatan penjualan, karena implementasi GPON ini merupakan substitusi dari system yang sudah ada sebelumnya. Untuk rincian pendapatan dapat dilihat pada Lampiran 2



Gambar 4-2 Asumsi Revenue per zona

4.3 Kriteria Kelayakan Investasi

Penilaian kelayakan suatu investasi apabila ditinjau dari aspek financial dapat ditinjau dengan menggunakan beberapa criteria investasi. Setiap criteria yang digunakan memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Semakin banyak

criteria yang digunakan, maka semakin memberikan gambaran yang lengkap dan hasil yang lebih baik. Pada penelitian ini kriteria yang digunakan untuk pengambilan keputusan penilaian investasi adalah : *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate Return* (IRR), *Net Benefit Cost Ratio* (Net B/C).

4.3.1 *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) atau nilai bersih sekarang merupakan perbandingan antara PV kas bersih (*PV of proceed*) dengan PV investasi (*capital outlays*) selama umur investasi. Selisih antara nilai kedua PV yang dimaksud dengan NPV. Untuk dapat menghitung PV kas bersih, didapatkan dengan cara membuat dan menghitung *cash flow* perusahaan selama umur investasi tertentu. Pada penelitian ini perhitungan NPV dilakukan dengan menggunakan rumus 4.1 dibawah ini :

$$NPV = \frac{Kas\ bersih\ 1}{(1+r)} + \frac{Kas\ bersih\ 2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Kas\ bersih\ N}{(1+r)^n} - investasi \dots \dots \dots (4.1)$$

dimana, r = tingkat diskon / discount rate, dalam satuan ‘%’

n = periode investasi, dalam satuan ‘tahun’

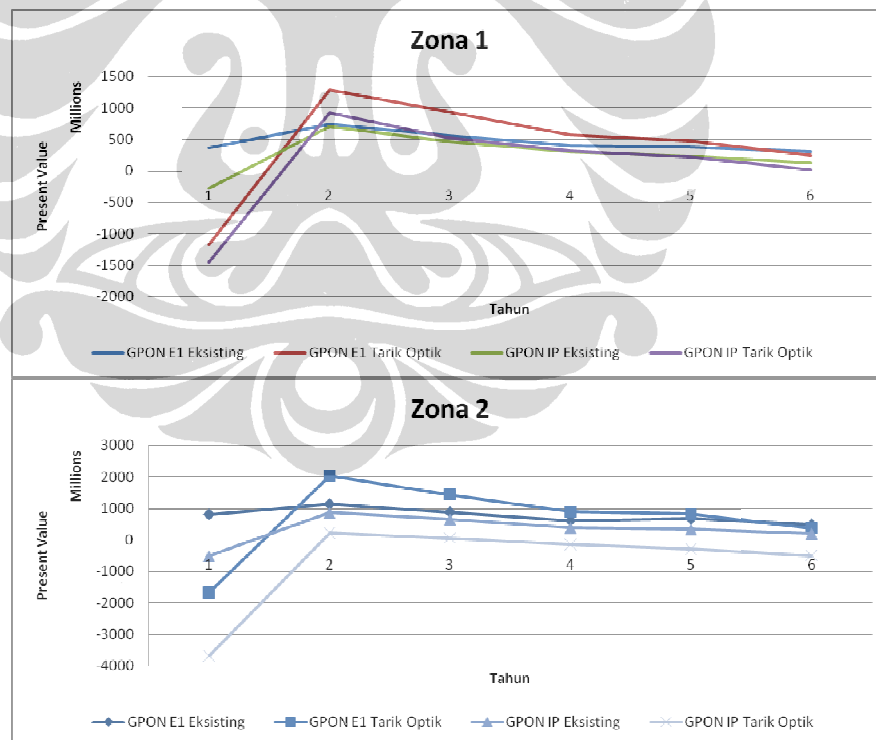
NPV ini akan digunakan untuk mengukur apakah suatu proyek feasible atau tidak. Perhitungan NPV pada kajian ini menggunakan nilai *discount factor* dari Bank Indonesia pada akhir tahun 2010 sebesar 15% dan dihitung untuk jangka waktu selama lima tahun ke depan sesuai dengan sisa *live time* dari system jaringan BTS tersebut. Nilai investasi yang digunakan berasal dari CAPEX serta perkiraan biaya operasional umum sebesar sekitar 5% seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Sedangkan untuk nilai benefit yang digunakan menggunakan asumsi jumlah keseluruhan *revenue* dari BTS pada zona tersebut. Oleh karena itu sebagai contoh, untuk perhitungannya didapatkan nilai berikut ini, contoh menggunakan tarik optic pada zona 1.

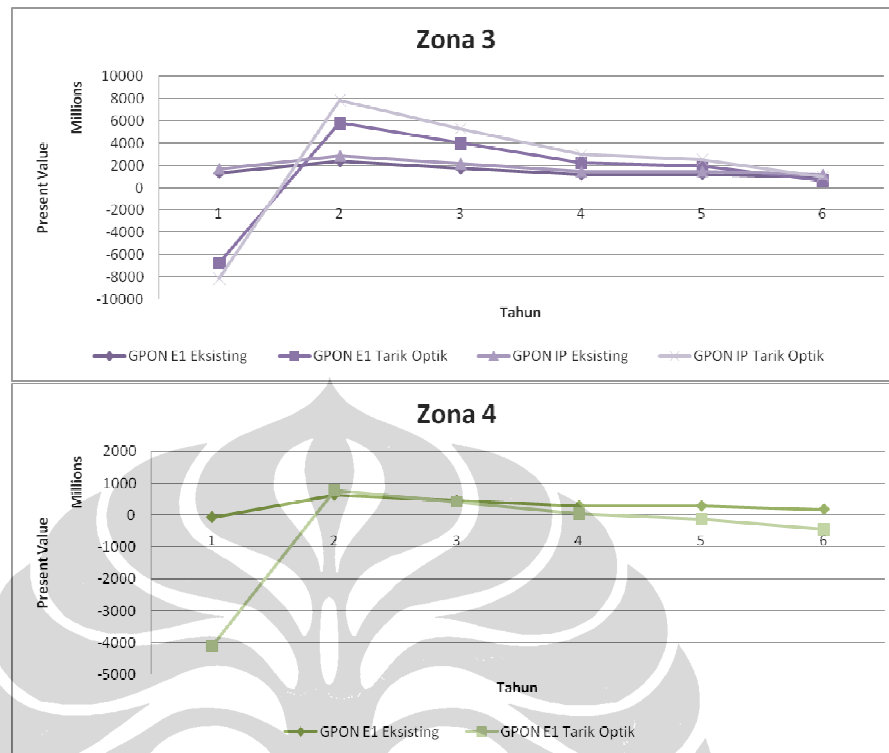
Tabel 4-3 Perhitungan NPV

| Zona 1 | | | | | | GPON IP Eksisting | |
|--------|------------------|-------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------------|------------------|
| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value |
| | | | | | | 0.15 | 0.15 |
| 0 | 1,037,100,000.00 | 51,855,000.00 | 1,088,955,000.00 | 809,890,978.00 | -279,064,022.00 | 1.00 | -279,064,022.00 |
| 1 | | 77,782,500.00 | 77,782,500.00 | 885,537,796.00 | 807,755,296.00 | 0.87 | 702,395,909.57 |
| 2 | | 116,673,750.00 | 116,673,750.00 | 720,812,480.00 | 604,138,730.00 | 0.76 | 456,815,674.86 |
| 3 | | 175,010,625.00 | 175,010,625.00 | 639,417,066.00 | 464,406,441.00 | 0.66 | 305,354,773.40 |
| 4 | | 262,515,937.50 | 262,515,937.50 | 664,452,888.00 | 401,936,950.50 | 0.57 | 229,808,755.97 |
| 5 | | 393,773,906.25 | 393,773,906.25 | 632,417,671.00 | 238,643,764.75 | 0.50 | 118,648,127.86 |
| NPV = | | | | | | | 1,533,959,219.66 |

Pada perhitungan ini, nilai Kas bersih didapat dari Net Benefit dan nilai Investasi didapat pada kolom investasi. Untuk Perhitungan NPV menggunakan nilai discount factor 15%, yang kemudian didapat penjumlahan NPV dengan nilai Rp. 1,533,959,219.66 untuk contoh kasus pada zona 1 menggunakan GPON IP Eksisting

Dari rumus perhitungan NPV, akan didapatkan tren NPV untuk semua zona, sebagaimana terlihat pada gambar 4-3 berikut ini.

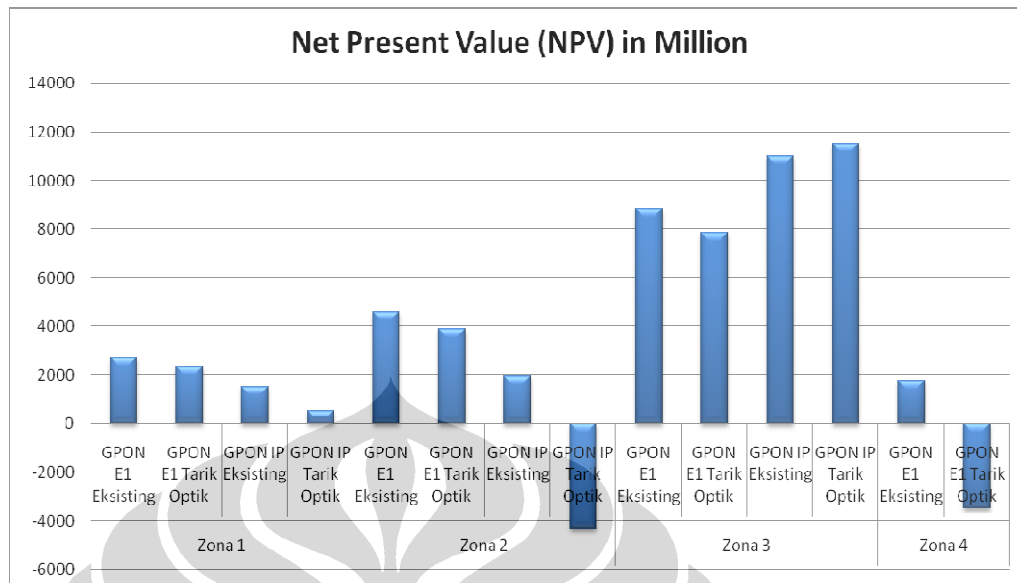




Gambar 4-3 PV per zona

Terlihat dari gambar di atas, terlihat sebagian besar nilai NPV akan mengalami peningkatan pada tahun kedua sampai selanjutnya, hal ini akan terjadi apabila penetrasi pasar di area zona tersebut berhasil dilakukan sehingga keuntungan yang didapat sudah dapat menutupi biaya investasi yang ada. Namun apabila beban operasional tidak diimbangi dengan peningkatan usage dari pelanggan, hal ini dapat menyebabkan solusi penggunaan GPON ini menjadi tidak *feasible* lagi.

Apabila dilakukan pengelompokan, terdapat beberapa zona yang memiliki nilai total NPV di atas 0 (nol) yang berarti implementasi GPON sebagai *backhaul* ini *feasible* untuk dilakukan. Gambar 4-4 berikut ini memperlihatkan perbandingan nilai NPV untuk setiap zona dengan setiap solusi yang akan dilakukan.



Gambar 4-4 NPV per Zona

Terlihat pada gambar di atas, solusi untuk Tarik Optik untuk Zona 2 dan Zona 4 tidak *feasible* untuk dilakukan, karena memiliki nilai NPV negatif. Sedangkan Nilai NPV terbesar adalah untuk zona 3 sehingga dengan menggunakan seluruh solusi, berdasarkan NPV zona ini paling *feasible* untuk dilakukan

4.3.2 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate Return (IRR) adalah tingkat pengembalian internal selama umur proyek. IRR merupakan *discount rate* yang menjadikan manfaat bersih sekarang sama dengan nol. Nilai IRR yang lebih besar atau sama dengan *discount rate* yang telah ditentukan, maka usaha layak dilaksanakan sedangkan jika IRR lebih kecil dari *discount rate* yang telah ditentukan, maka usaha tidak layak untuk dilaksanakan. Untuk menentukan besarnya nilai IRR harus dihitung NPV1 dan nilai NPV2 dengan cara menentukan *discount factor* kedua secara acak, dengan ketentuan jika nilai NPV1 dengan *discount factor* yang ada telah menunjukkan angka positif, maka *discount factor* yang kedua harus lebih besar dari yang pertama, dan sebaliknya jika NPV1 nya menunjukkan angka negative maka *discount factor* yang keduanya harus lebih kecil. Pada perhitungan IRR untuk implementasi GPON ini, akan digunakan

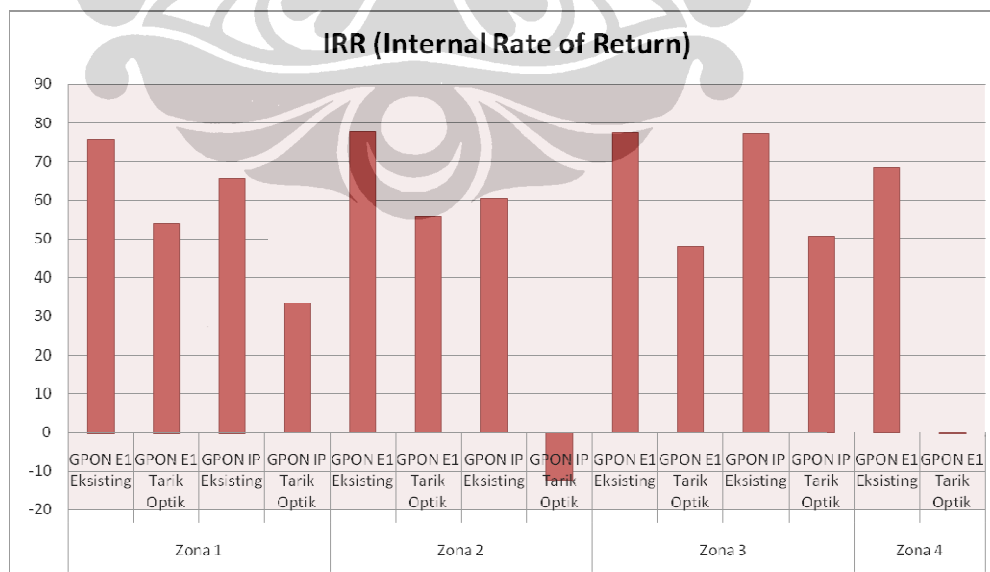
discount factor 24% untuk menghitung NPV2 dimana hasil perhitungan NPV1 nya yang menggunakan *discount factor* Bank Indonesia bernilai positif.

Tabel 4-4 Perhitungan IRR

| Zona 1 | | GPON IP Eksisting | | | | Discount factor | Present Value | Discount Factor | Present Value |
|--------|------------------|-------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.24 |
| 0 | 1,037,100,000.00 | 51,855,000.00 | 1,088,955,000.00 | 809,890,978.00 | -279,064,022.00 | 1.00 | -279,064,022.00 | 1.00 | -279,064,022.00 |
| 1 | | 77,782,500.00 | 77,782,500.00 | 885,537,796.00 | 807,755,296.00 | 0.87 | 702,395,909.57 | 0.81 | 651,415,561.29 |
| 2 | | 116,673,750.00 | 116,673,750.00 | 720,812,480.00 | 604,138,730.00 | 0.76 | 456,815,674.86 | 0.65 | 392,910,204.21 |
| 3 | | 175,010,625.00 | 175,010,625.00 | 639,417,066.00 | 464,406,441.00 | 0.66 | 305,354,773.40 | 0.52 | 243,575,262.35 |
| 4 | | 262,515,937.50 | 262,515,937.50 | 664,452,888.00 | 401,936,950.50 | 0.57 | 229,808,755.97 | 0.42 | 170,008,718.04 |
| 5 | | 393,773,906.25 | 393,773,906.25 | 632,417,671.00 | 238,643,764.75 | 0.50 | 118,648,127.86 | 0.34 | 81,403,235.29 |
| IRR = | | | | | | | 65.44 | | |

Untuk contoh perhitungan diatas menggunakan hasil iterative menggunakan software Microsoft Excel, dengan menggunakan nilai discount factor 15% dan 24% maka akan didapatkan nilai IRR sebesar 65.44% yang merupakan nilai ketika NPV akan sama dengan nol.

Hasil perhitungan IRR pada implementasi GPON sebagai *backhaul* untuk semua jenis solusi di berbagai zona yang sudah diklasifikasikan dapat dilihat pada Gambar berikut ini



Gambar 4-5 IRR per Zona

Dari gambar di atas, terlihat implementasi solusi yang memiliki nilai NPV positif, memiliki IRR yang sebagian besar berada di atas 30%, yang berarti sangat jauh dari nilai *discount factor* yang ada sebesar 15%. Nilai IRR paling tinggi berada pada penggunaan solusi GPON IP eksisting pada zona 12. Akan tetapi untuk zona 2 dan Zona 3 untuk GPON Tarik Optik memiliki nilai IRR yang negatif.

4.3.4 Net Benefit Cost Ratio (Net B/C)

Net B/C atau *profitability index* merupakan rasio aktivitas dari jumlah nilai sekarang penerimaan penerimaan bersih dengan nilai sekarang pengeluaran investasi selama umur investasi. Rumusan yang digunakan untuk mencari Net B/C adalah

$$\frac{NetB}{C} = \frac{\sum PV \text{ Kas Bersih}}{\sum PV \text{ Investasi}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.2)$$

Kesimpulannya:

Apabila Net B/C lebih besar dari 1 maka diterima

Apabila Net B/C lebih kecil dari 1 maka ditolak

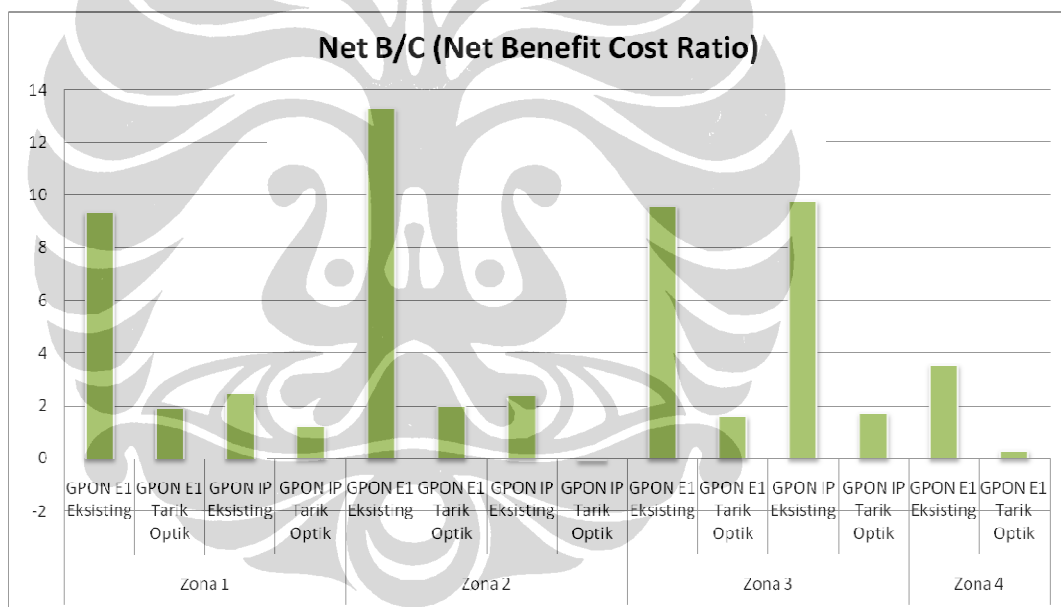
Dari nilai Net B/C ini juga dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan prioritas solusi GPON mana yang akan dilakukan terlebih dahulu, karena dalam perhitungannya menggabungkan parameter perhitungan untuk nilai NPV dan IRR sekaligus.

Pada penelitian akan dilakukan perbandingan nilai jumlah dari Present Value Kas Bersih dengan Present Value dari Investasi, dimana nilai Present Value dari Kas Bersih didapatkan dari penjumlahan beban operasional dan benefit yang didapatkan. Sebagai contoh perhitungan, dengan menggunakan perhitungan pada zona 1 dengan menggunakan solusi GPON IP tarik optic baru, dapat dilihat pada tabel 4-5

Tabel 4-5 Perhitungan Net B/C

| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B (=benefit*DF15%) | |
|-----------|------------------|-------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------|--|
| | | | | | | 0.15 | 0.15 | | | |
| 0 | 1,037,100,000.00 | 51,855,000.00 | 1,088,955,000.00 | 809,890,978.00 | -279,064,022.00 | 1.00 | -279,064,022.00 | 51,855,000.00 | 809,890,978.00 | |
| 1 | 0.00 | 77,782,500.00 | 77,782,500.00 | 885,537,796.00 | 807,755,296.00 | 0.87 | 702,395,909.57 | 67,636,956.52 | 770,032,866.09 | |
| 2 | 0.00 | 116,673,750.00 | 116,673,750.00 | 720,812,480.00 | 604,138,730.00 | 0.76 | 456,815,674.86 | 88,222,117.20 | 545,037,792.06 | |
| 3 | 0.00 | 175,010,625.00 | 175,010,625.00 | 639,417,066.00 | 464,406,441.00 | 0.66 | 305,354,773.40 | 115,072,326.79 | 420,427,100.19 | |
| 4 | 0.00 | 262,515,937.50 | 262,515,937.50 | 664,452,888.00 | 401,936,950.50 | 0.57 | 229,808,755.97 | 150,094,339.29 | 379,903,095.26 | |
| 5 | 0.00 | 393,773,906.25 | 393,773,906.25 | 632,417,671.00 | 238,643,764.75 | 0.50 | 118,648,127.86 | 195,775,225.16 | 314,423,353.01 | |
| Net B/C = | | | | | | | 2.48 | | | |

Perbandingan nilai Net B/C dari implementasi GPON sebagai *backhaul* pada setiap zona dapat dilihat pada gambar 4-5 dengan rincian perhitungan terdapat dalam lampiran



Gambar 4-6 Net B/C per Zona

Terlihat dari gambar di atas, dapat dibuat urutan prioritas implementasi GPON sebagai *backhaul*, yaitu zona 2 untuk GPON E1 Eksisting, Zona 3 GPON IP Eksisting, Zona 3 GPON E1 Eksisting, Zona 1 GPON E1 Eksisting.

4.4 Hasil Analisa Aspek Finansial

Dari hasil analisis nilai ekonomis investasi yang dilakukan pada 4 zona didapatkan tingkat profitabilitas investasi untuk implementasi GPON sebagai *backhaul* sebagai berikut :

a. Zona 1

- GPON E1 Eksisting menguntungkan, dikarenakan nilai NPV>0 yaitu sebesar Rp. 2,716,608,697 dan nilai IRR>discount rate sebesar 75,73 %, dan Net B/C sebesar 9,37.
- GPON E1 Tarik Optik Baru menguntungkan karena NPV>0 yaitu sebesar Rp. 2,330,321,501 dan IRR bernilai>discount rate sebesar 53.97% dengan Net B/C sebesar 1.95
- GPON IP Eksisting menguntungkan, dikarenakan nilai NPV>0 yaitu sebesar Rp. 1,533,959,220 dan nilai IRR>discount rate sebesar 65.44 %, dan Net B/C sebesar 2.48.
- GPON IP Tarik Optik menguntungkan, dikarenakan nilai NPV>0 yaitu sebesar Rp. 551,274,241 dan nilai IRR>discount rate sebesar 33.54%, dan Net B/C sebesar 1.23.

b. Zona 2

- GPON E1 Eksisting menguntungkan, dikarenakan nilai NPV>0 yaitu sebesar Rp. 4,609,186,353 dan nilai IRR>discount rate sebesar 77.86 %, dan Net B/C sebesar 13.31.
- GPON E1 Tarik Optik menguntungkan, dikarenakan nilai NPV>0 yaitu sebesar Rp. 3,910,446,757 dan nilai IRR>discount rate sebesar 55.73 %, dan Net B/C sebesar 2.02.
- GPON IP Eksisting menguntungkan, dikarenakan nilai NPV>0 yaitu sebesar Rp. 1,939,410,772 dan nilai IRR>discount rate sebesar 60.42 %, dan Net B/C sebesar 2.42.
- GPON IP Tarik Optik tidak menguntungkan, dikarenakan nilai NPV<0 yaitu sebesar -(Rp. 4,311,923,472) dan nilai IRR<discount rate sebesar -12.30%, dan Net B/C sebesar -0.08.

c. Zona 3

- GPON E1 Eksisting menguntungkan, dikarenakan nilai NPV>0 yaitu sebesar Rp. 8,845,017,703 dan nilai IRR>discount rate sebesar 77.41 %, dan Net B/C sebesar 9.59.
- GPON E1 Tarik Optik menguntungkan, dikarenakan nilai NPV>0 yaitu sebesar Rp. 7,851,304,781 dan nilai IRR>discount rate sebesar 48.01 %, dan Net B/C sebesar 1.61.
- GPON IP Eksisting menguntungkan, dikarenakan nilai NPV>0 yaitu sebesar Rp. 10,992,879,422 dan nilai IRR>discount rate sebesar 77.29 %, dan Net B/C sebesar 9.78.
- GPON IP Tarik Optik menguntungkan, dikarenakan nilai NPV>0 yaitu sebesar Rp. 11,517,892,524 dan nilai IRR>discount rate sebesar 50.90%, dan Net B/C sebesar 1.71.

d. Zona 4

- GPON E1 Eksisting menguntungkan, dikarenakan nilai NPV>0 yaitu sebesar Rp. 1,759,454,411 dan nilai IRR>discount rate sebesar 68.27 %, dan Net B/C sebesar 3.55.
- GPON E1 Tarik Optik tidak menguntungkan, dikarenakan nilai NPV<0 yaitu sebesar -(Rp. 3,448,678,528) dan nilai IRR<discount rate sebesar 5-0.30 %, dan Net B/C sebesar 0.30.

BAB 5 KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis kelayakan non finansial untuk aspek teknis, menunjukkan bahwa implementasi GPON sebagai *backhaul* ini layak untuk dilaksanakan dengan menggunakan 4 skenario, yaitu penggunaan GPON IP dengan menggunakan optic yang sudah ada, penggunaan GPON E1 dengan menggunakan optic yang sudah ada, penggunaan GPON IP dengan melakukan tarik optic baru, penggunaan GPON E1 dengan melakukan tarik optic baru. Dimana pemilihan scenario nya ini disesuaikan dengan kondisi di lapangan.
2. Berdasarkan hasil analisis kelayakan non financial untuk aspek manajemen dan sumber daya manusia, menunjukkan bahwa implementasi GPON ini layak untuk dilaksanakan dengan melibatkan 3 divisi (Divisi Telkom Flexi, Divisi Access, Divisi Infratel) di PT. Telekomunikasi Indonesia, dengan melaksanakannya sesuai dengan jadwal yang sudah dibuat.
3. Berdasarkan hasil analisis kelayakan financial, menunjukkan bahwa implementasi GPON ini layak untuk dilaksanakan Zona 1 dan Zona 3. Sementara itu untuk zona 2 hanya layak dilaksanakan untuk solusi GPON E1 dan GPON IP Eksisting dan zona 4 hanya layak untuk GPON E1 Eksisting, selain itu solusi tidak layak untuk dilaksanakan

DAFTAR REFERENSI

- Adriani, Meivita. *Analisis Tekno-Ekonomi Implementasi Teknologi EV-DO Rev. A Pada Jaringan Telkom Flexi*. Universitas Indonesia. 2010
- CDMA Group Discussion (CDG). *CDMA 2000*. www.cdg.org. diakses pada Agustus 2010.
- Frost & Sullivan. *Indonesian Market Overview*. Frost & Sullivan. 2008.
- GPON Techno-economic methodology. Februari 2010. www.ist-breath.com
- Hartopo. *Analisis Kelayakan Finansial Pabrik Kelapa Sawit Mini (Studi Kasus ; Pabrik Kelapa Sawit Aek Pancur, Tanjung Merawa, Medan, Sumatra Utara)*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 2005
- Kadariah, Lien. K dan Clive, G. *Pengantar Evaluasi Proyek*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi. Universitas Indonesia, Jakarta. 1987
- Qualcomm. *C2Market and Technology Update*. Qualcomm Presentation For Telkom Flexi. November 2009.
- Rappaport. Theodore. *Wireless Communication 5th ed*. Prentice Hall. 1996.
- Roy Morgan Single Source. *Telecommunication KPI Q210*. Roy Morgan. September 2010
- Sharing Vision. *Penetrasi Pelanggan Broadband Indonesia 2011-2015*. Sharing Vision. 2009
- Spire Research & Consulting. *Monthly Report*. Spire Research & Consulting. Mei 2010.
- Suliyanto. *Studi Kelayakan Bisnis : Pendekatan Praktis*. Andi Yogyakarta. 2010
- Umar, H. *Teknik Menganalisis Kelayakan Rencana Bisnis secara Komprehensif*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 2007
- Unit Business Planning & Performance Divisi Telkom Flexi. *Laporan Eksekutif Telkom Flexi Juni 2010*. Divisi Telkom Flexi. Juni 2010.
- Unit Business Planning & Performance Divisi Telkom Flexi. *Wireless Competitive Landscape Juni 2010*. Divisi Telkom Flexi. Juni 2010.

- Unit Divisi Access PT. Telkom Indonesia. *Kick-Off Implementasi GPON pada BTS Flexi NSR-2*. Divisi Access. Oktober 2010
- Unit Regional Office Jakarta Network Service. *Laporan Tahunan 2010*. Divisi Telkom Flexi. Januari 2011
- Unit Research and Development. *GPON Backhaul CDMA Interoperability Test*. RDC. Januari 2010
- Unit Research and Development. *Trial GPON sebagai Backhaul CDMA*. RDC. Januari 2010
- Yasma, Yunus. *Model Techno-Economic Analysis Case Study GPON for Athens Metropolitan Area*. Supply Centre Area-4 Jakarta. 2008
- Yudha S. Oky. *Perencanaan dan Implementasi Jaringan Broadband WIFI 2,4 GHz pada Koridor 1, 6, dan 9 TransJakarta Busway untuk PT. Iforte Solusi Infotek*. Universitas Indonesia. 2010
- ZTE. *FTTx(PON) Technology Trend and Products*. Slide Presentasi ZTE untuk Telkom Flexi. 2010.

Lampiran 2 : CAPEX

| Zona 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| GPON E1 Eksisting | 697505069 | 868531446 | 774035790 | 650475824 | 742087500 | 724700432 |
| GPON E1 Tarik Optik | 1409106075 | 1662825694 | 1506740767 | 1280027123 | 1442323602 | 1430319647 |
| GPON IP Eksisting | 809890978 | 885537796 | 720812480 | 639417066 | 664452888 | 632417671 |
| GPON IP Tarik Optik | 1103730401 | 1239842615 | 965956855 | 895468505 | 1004876294 | 956120605 |

| Zona 2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| GPON E1 Eksisting | 1204663472 | 1331988704 | 1207174990 | 1004673880 | 1271381134 | 1129564549 |
| GPON E1 Tarik Optik | 2367502406 | 2630217994 | 2334522243 | 2010981804 | 2425868863 | 2210629118 |
| GPON IP Eksisting | 925251587 | 1095443648 | 1017974075 | 818672837 | 938662364 | 924857701 |
| GPON IP Tarik Optik | 509176101 | 563865067 | 540660628 | 464335884 | 517877554 | 527455339 |

| Zona 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| GPON E1 Eksisting | 2439675498 | 2808654032 | 2408781300 | 1984655294 | 2428507781 | 2294551096 |
| GPON E1 Tarik Optik | 6788919961 | 7654743858 | 6747915775 | 5580329404 | 6663443998 | 6201485096 |
| GPON IP Eksisting | 3039543723 | 3408602047 | 2997215921 | 2502348179 | 2969782061 | 2893481810 |
| GPON IP Tarik Optik | 8939764734 | 1.0247E+10 | 8841413440 | 7271732911 | 8499076969 | 8238369315 |

| Zona 4 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|
| GPON E1 Eksisting | 654724709 | 772412861 | 673331847 | 556880185 | 669592915 | 624770646 |
| GPON E1 Tarik Optik | 1103300137 | 1260876703 | 1113454923 | 895326163 | 1027389932 | 979242214 |

Lampiran 3 : Cash Flow

| Zona 1 | | GPON E1 Eksisting | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|------------------------|---------------------|
| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor 0.15 | Present Value 0.15 | Discount Factor 0.24 | Present Value 0.24 | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B (-=benefit*DF15%) |
| 0 | 324,500,000.00 | 16,225,000.00 | 340,725,000.00 | 697,505,069.00 | 356,780,069.00 | 1.00 | 356,780,069.00 | 1.00 | 356,780,069.00 | 324,500,000.00 | 16,225,000.00 | 697,505,069.00 |
| 1 | | 24,337,500.00 | 24,337,500.00 | 868,531,446.00 | 844,193,946.00 | 0.87 | 734,081,692.17 | 0.81 | 680,801,569.35 | 0.00 | 21,163,043.48 | 755,244,735.65 |
| 2 | | 36,506,250.00 | 36,506,250.00 | 774,035,790.00 | 737,529,540.00 | 0.76 | 557,678,291.12 | 0.65 | 479,662,812.17 | 0.00 | 27,603,969.75 | 585,282,260.87 |
| 3 | | 54,759,375.00 | 54,759,375.00 | 650,475,824.00 | 595,716,449.00 | 0.66 | 391,693,235.14 | 0.52 | 312,445,688.82 | 0.00 | 36,005,177.94 | 427,698,413.08 |
| 4 | | 82,139,062.50 | 82,139,062.50 | 742,087,500.00 | 659,948,437.50 | 0.57 | 377,327,661.06 | 0.42 | 279,140,764.96 | 0.00 | 46,963,275.57 | 424,290,936.64 |
| 5 | | 123,208,593.75 | 123,208,593.75 | 724,700,432.00 | 601,491,838.25 | 0.50 | 299,047,748.45 | 0.34 | 205,173,521.66 | 0.00 | 61,256,446.40 | 360,304,194.85 |
| NPV = | | | | | | 2,716,608,696.95 | SUM= | | 2,314,004,425.97 | 324,500,000.00 | 209,216,913.15 | 3,250,325,610.10 |
| IRR = | | | | | | 75.73 | | | | | | |
| Net B/C = | | | | | | 9.37 | | | | | | |

| Zona 1 | | GPON E1 Tarik Optik | | | | | | | | | | |
|-----------|------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|------------------------|---------------------|
| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor 0.15 | Present Value 0.15 | Discount Factor 0.24 | Present Value 0.24 | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B (-=benefit*DF15%) |
| 0 | 2,457,200,000.00 | 122,860,000.00 | 2,580,060,000.00 | 1,409,106,075.00 | -1,170,953,925.00 | 1.00 | -1,170,953,925.00 | 1.00 | -1,170,953,925.00 | 2,457,200,000.00 | 122,860,000.00 | 1,409,106,075.00 |
| 1 | | 184,290,000.00 | 184,290,000.00 | 1,662,825,694.00 | 1,478,535,694.00 | 0.87 | 1,285,683,212.17 | 0.81 | 1,192,367,495.16 | 0.00 | 160,252,173.91 | 1,445,935,386.09 |
| 2 | | 276,435,000.00 | 276,435,000.00 | 1,506,740,767.00 | 1,230,305,767.00 | 0.76 | 930,287,914.56 | 0.65 | 800,146,830.78 | 0.00 | 209,024,574.67 | 1,139,312,489.22 |
| 3 | | 414,652,500.00 | 414,652,500.00 | 1,280,027,123.00 | 865,374,623.00 | 0.66 | 568,997,861.76 | 0.52 | 453,877,965.98 | 0.00 | 272,640,749.57 | 841,638,611.33 |
| 4 | | 621,978,750.00 | 621,978,750.00 | 1,442,323,602.00 | 820,344,852.00 | 0.57 | 469,034,831.64 | 0.42 | 346,984,213.47 | 0.00 | 355,618,369.00 | 824,653,200.64 |
| 5 | | 932,968,125.00 | 932,968,125.00 | 1,430,319,647.00 | 497,351,522.00 | 0.50 | 247,271,606.00 | 0.34 | 169,650,453.73 | 0.00 | 463,850,046.52 | 711,121,652.53 |
| NPV = | | | | | | 2,330,321,501.13 | SUM= | | 1,792,073,034.12 | 2,457,200,000.00 | 1,584,245,913.68 | 6,371,767,414.81 |
| IRR = | | | | | | 53.97 | | | | | | |
| Net B/C = | | | | | | 1.95 | | | | | | |

| Zona 1 GPON IP Eksisting | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor 0.15 | Present Value 0.15 | Discount Factor 0.24 | Present Value 0.24 | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B (=benefit*DF15%) |
| 0 | 1,037,100,000.00 | 51,855,000.00 | 1,088,955,000.00 | 809,890,978.00 | -279,064,022.00 | 1.00 | -279,064,022.00 | 1.00 | -279,064,022.00 | 1,037,100,000.00 | 51,855,000.00 | 809,890,978.00 |
| 1 | | 77,782,500.00 | 77,782,500.00 | 885,537,796.00 | 807,755,296.00 | 0.87 | 702,395,909.57 | 0.81 | 651,415,561.29 | 0.00 | 67,636,956.52 | 770,032,866.09 |
| 2 | | 116,673,750.00 | 116,673,750.00 | 720,812,480.00 | 604,138,730.00 | 0.76 | 456,815,674.86 | 0.65 | 392,910,204.21 | 0.00 | 88,222,117.20 | 545,037,792.06 |
| 3 | | 175,010,625.00 | 175,010,625.00 | 639,417,066.00 | 464,406,441.00 | 0.66 | 305,354,773.40 | 0.52 | 243,575,262.35 | 0.00 | 115,072,326.79 | 420,427,100.19 |
| 4 | | 262,515,937.50 | 262,515,937.50 | 664,452,888.00 | 401,936,950.50 | 0.57 | 229,808,755.97 | 0.42 | 170,008,718.04 | 0.00 | 150,094,339.29 | 379,903,095.26 |
| 5 | | 393,773,906.25 | 393,773,906.25 | 632,417,671.00 | 238,643,764.75 | 0.50 | 118,648,127.86 | 0.34 | 81,403,235.29 | 0.00 | 195,775,225.16 | 314,423,353.01 |
| NPV = | | | | | | 1,533,959,219.66 | Sum= | | 1,260,248,959.18 | 1,037,100,000.00 | 668,655,964.95 | 3,239,715,184.61 |
| IRR = | | | | | | 65.44 | | | | | | |
| Net B/C = | | | | | | 2.48 | | | | | | |

| Zona 1 GPON IP Tarik Optik | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor 0.15 | Present Value 0.15 | Discount Factor 0.24 | Present Value 0.24 | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B (=benefit*DF15%) |
| 0 | 2,431,800,000.00 | 121,590,000.00 | 2,553,390,000.00 | 1,103,730,401.00 | -1,449,659,599.00 | 1.00 | -1,449,659,599.00 | 1.00 | -1,449,659,599.00 | 2,431,800,000.00 | 121,590,000.00 | 1,103,730,401.00 |
| 1 | | 182,385,000.00 | 182,385,000.00 | 1,239,842,615.00 | 1,057,457,615.00 | 0.87 | 919,528,360.87 | 0.81 | 852,788,399.19 | 0.00 | 158,595,652.17 | 1,078,124,013.04 |
| 2 | | 273,577,500.00 | 273,577,500.00 | 965,956,855.00 | 692,379,355.00 | 0.76 | 523,538,264.65 | 0.65 | 450,298,748.05 | 0.00 | 206,863,894.14 | 730,402,158.79 |
| 3 | | 410,366,250.00 | 410,366,250.00 | 895,468,505.00 | 485,102,255.00 | 0.66 | 318,962,607.05 | 0.52 | 254,429,953.15 | 0.00 | 269,822,470.62 | 588,785,077.67 |
| 4 | | 615,549,375.00 | 615,549,375.00 | 1,004,876,294.00 | 389,326,919.00 | 0.57 | 222,598,929.53 | 0.42 | 164,675,007.64 | 0.00 | 351,942,352.98 | 574,541,282.51 |
| 5 | | 923,324,062.50 | 923,324,062.50 | 956,120,605.00 | 32,796,542.50 | 0.50 | 16,305,677.93 | 0.34 | 11,187,154.50 | 0.00 | 459,055,243.02 | 475,360,920.95 |
| NPV = | | | | | | 551,274,241.04 | Sum= | | 283,719,663.54 | 2,431,800,000.00 | 1,567,869,612.93 | 4,550,943,853.96 |
| IRR = | | | | | | 33.54 | | | | | | |
| Net B/C = | | | | | | 1.23 | | | | | | |

Zona 2 GPON E1 Eksisting

| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value | Discount Factor | Present Value | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B (=benefit*DF15%) |
|-------|----------------|-------------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------------|--------------------|
| | | | | | | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.24 | | | |
| 0 | 374,300,000.00 | 18,715,000.00 | 393,015,000.00 | 1,204,663,472.00 | 811,648,472.00 | 1.00 | 811,648,472.00 | 1.00 | 811,648,472.00 | 374,300,000.00 | 18,715,000.00 | 1,204,663,472.00 |
| 1 | | 28,072,500.00 | 28,072,500.00 | 1,331,988,704.00 | 1,303,916,204.00 | 0.87 | 1,133,840,177.39 | 0.81 | 1,051,545,325.81 | 0.00 | 24,410,869.57 | 1,158,251,046.96 |
| 2 | | 42,108,750.00 | 42,108,750.00 | 1,207,174,990.00 | 1,165,066,240.00 | 0.76 | 880,957,459.36 | 0.65 | 757,717,377.73 | 0.00 | 31,840,264.65 | 912,797,724.01 |
| 3 | | 63,163,125.00 | 63,163,125.00 | 1,004,673,880.00 | 941,510,755.00 | 0.66 | 619,058,604.42 | 0.52 | 493,810,397.33 | 0.00 | 41,530,779.98 | 660,589,384.40 |
| 4 | | 94,744,687.50 | 94,744,687.50 | 1,271,381,134.00 | 1,176,636,446.50 | 0.57 | 672,745,707.17 | 0.42 | 497,686,151.06 | 0.00 | 54,170,582.58 | 726,916,289.75 |
| 5 | | 142,117,031.25 | 142,117,031.25 | 1,129,564,549.00 | 987,447,517.75 | 0.50 | 490,935,933.15 | 0.34 | 336,825,991.30 | 0.00 | 70,657,281.63 | 561,593,214.78 |
| | | | | | | NPV = | 4,609,186,353.49 | SUM= | 3,949,233,715.23 | 374,300,000.00 | 241,324,778.40 | 5,224,811,131.90 |
| | | | | | | IRR = | 77.86 | | | | | |
| | | | | | | Net B/C = | 13.31 | | | | | |

Zona 2 GPON E1 Tarik Optik

| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value | Discount Factor | Present Value | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B (=benefit*DF15%) |
|-------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------------|--------------------|
| | | | | | | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.24 | | | |
| 0 | 3,841,200,000.00 | 192,060,000.00 | 4,033,260,000.00 | 2,367,502,406.00 | -1,665,757,594.00 | 1.00 | -1,665,757,594.00 | 1.00 | -1,665,757,594.00 | 3,841,200,000.00 | 192,060,000.00 | 2,367,502,406.00 |
| 1 | | 288,090,000.00 | 288,090,000.00 | 2,630,217,994.00 | 2,342,127,994.00 | 0.87 | 2,036,633,038.26 | 0.81 | 1,888,812,898.39 | 0.00 | 250,513,043.48 | 2,287,146,081.74 |
| 2 | | 432,135,000.00 | 432,135,000.00 | 2,334,522,243.00 | 1,902,387,243.00 | 0.76 | 1,438,478,066.54 | 0.65 | 1,237,244,564.91 | 0.00 | 326,756,143.67 | 1,765,234,210.21 |
| 3 | | 648,202,500.00 | 648,202,500.00 | 2,010,981,804.00 | 1,362,779,304.00 | 0.66 | 896,049,513.60 | 0.52 | 714,760,384.85 | 0.00 | 426,203,665.65 | 1,322,253,179.26 |
| 4 | | 972,303,750.00 | 972,303,750.00 | 2,425,868,863.00 | 1,453,565,113.00 | 0.57 | 831,080,571.04 | 0.42 | 614,819,665.46 | 0.00 | 555,917,824.76 | 1,386,998,395.80 |
| 5 | | 1,458,455,625.00 | 1,458,455,625.00 | 2,210,629,118.00 | 752,173,493.00 | 0.50 | 373,963,161.63 | 0.34 | 256,572,200.40 | 0.00 | 725,110,206.21 | 1,099,073,367.84 |
| | | | | | | NPV = | 3,910,446,757.07 | SUM= | 3,046,452,120.00 | 3,841,200,000.00 | 2,476,560,883.78 | 10,228,207,640.85 |
| | | | | | | IRR = | 55.73 | | | | | |
| | | | | | | Net B/C = | 2.02 | | | | | |

Zona 2 GPON IP Eksisting

| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value | Discount Factor | Present Value | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B (=benefit*DF15%) |
|-----------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | | | | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.24 | | | |
| 0 | 1,363,700,000.00 | 68,185,000.00 | 1,431,885,000.00 | 925,251,587.00 | -506,633,413.00 | 1.00 | -506,633,413.00 | 1.00 | -506,633,413.00 | 1,363,700,000.00 | 68,185,000.00 | 925,251,587.00 |
| 1 | | 102,277,500.00 | 102,277,500.00 | 1,095,443,648.00 | 993,166,148.00 | 0.87 | 863,622,737.39 | 0.81 | 800,940,441.94 | 0.00 | 88,936,956.52 | 952,559,693.91 |
| 2 | | 153,416,250.00 | 153,416,250.00 | 1,017,974,075.00 | 864,557,825.00 | 0.76 | 653,729,924.39 | 0.65 | 562,277,461.63 | 0.00 | 116,004,725.90 | 769,734,650.28 |
| 3 | | 230,124,375.00 | 230,124,375.00 | 818,672,837.00 | 588,548,462.00 | 0.66 | 386,980,167.34 | 0.52 | 308,686,170.95 | 0.00 | 151,310,512.04 | 538,290,679.38 |
| 4 | | 345,186,562.50 | 345,186,562.50 | 938,662,364.00 | 593,475,801.50 | 0.57 | 339,321,715.69 | 0.42 | 251,024,594.96 | 0.00 | 197,361,537.44 | 536,683,253.13 |
| 5 | | 517,779,843.75 | 517,779,843.75 | 924,857,701.00 | 407,077,857.25 | 0.50 | 202,389,640.08 | 0.34 | 138,857,407.95 | 0.00 | 257,428,092.32 | 459,817,732.40 |
| NPV = | | | | | | 1,939,410,771.88 | Sum= | | 1,555,152,664.42 | 1,363,700,000.00 | 879,226,824.22 | 4,182,337,596.11 |
| IRR = | | | | | | 60.42 | | | | | | |
| Net B/C = | | | | | | 2.42 | | | | | | |

Zona 2 GPON IP Tarik Optik

| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value | Discount Factor | Present Value | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B (=benefit*DF15%) |
|-----------|------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | | | | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.24 | | | |
| 0 | 4,003,000,000.00 | 200,150,000.00 | 4,203,150,000.00 | 509,176,101.00 | -3,693,973,899.00 | 1.00 | -3,693,973,899.00 | 1.00 | -3,693,973,899.00 | 4,003,000,000.00 | 200,150,000.00 | 509,176,101.00 |
| 1 | | 300,225,000.00 | 300,225,000.00 | 563,865,067.00 | 263,640,067.00 | 0.87 | 229,252,232.17 | 0.81 | 212,612,957.26 | 0.00 | 261,065,217.39 | 490,317,449.57 |
| 2 | | 450,337,500.00 | 450,337,500.00 | 540,660,628.00 | 90,323,128.00 | 0.76 | 68,297,261.25 | 0.65 | 58,742,929.24 | 0.00 | 340,519,848.77 | 408,817,110.02 |
| 3 | | 675,506,250.00 | 675,506,250.00 | 464,335,884.00 | -211,170,366.00 | 0.66 | -138,847,943.45 | 0.52 | -110,756,166.92 | 0.00 | 444,156,324.48 | 305,308,381.03 |
| 4 | | 1,013,259,375.00 | 1,013,259,375.00 | 517,877,554.00 | -495,381,821.00 | 0.57 | -283,236,163.96 | 0.42 | -209,533,431.11 | 0.00 | 579,334,336.28 | 296,098,172.32 |
| 5 | | 1,519,889,062.50 | 1,519,889,062.50 | 527,455,339.00 | -992,433,723.50 | 0.50 | -493,414,958.65 | 0.34 | -338,526,824.67 | 0.00 | 755,653,482.11 | 262,238,523.46 |
| NPV = | | | | | | -4,311,923,471.65 | Sum= | | -4,081,434,435.20 | 4,003,000,000.00 | 2,580,879,209.04 | 2,271,955,737.39 |
| IRR = | | | | | | -12.32 | | | | | | |
| Net B/C = | | | | | | -0.08 | | | | | | |

Zona 3 GPON E1 Eksisting

| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value | Discount Factor | Present Value | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B(=benefit*DF15%) |
|-------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------------|-------------------|
| | | | | | | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.24 | | | |
| 0 | 1,029,100,000.00 | 51,455,000.00 | 1,080,555,000.00 | 2,439,675,498.00 | 1,359,120,498.00 | 1.00 | 1,359,120,498.00 | 1.00 | 1,359,120,498.00 | 1,029,100,000.00 | 51,455,000.00 | 2,439,675,498.00 |
| 1 | | 77,182,500.00 | 77,182,500.00 | 2,808,654,032.00 | 2,731,471,532.00 | 0.87 | 2,375,192,636.52 | 0.81 | 2,202,799,622.58 | 0.00 | 67,115,217.39 | 2,442,307,853.91 |
| 2 | | 115,773,750.00 | 115,773,750.00 | 2,408,781,300.00 | 2,293,007,550.00 | 0.76 | 1,733,843,138.00 | 0.65 | 1,491,290,029.92 | 0.00 | 87,541,587.90 | 1,821,384,725.90 |
| 3 | | 173,660,625.00 | 173,660,625.00 | 1,984,655,294.00 | 1,810,994,669.00 | 0.66 | 1,190,758,391.72 | 0.52 | 949,843,634.09 | 0.00 | 114,184,679.87 | 1,304,943,071.59 |
| 4 | | 260,490,937.50 | 260,490,937.50 | 2,428,507,781.00 | 2,168,016,843.50 | 0.57 | 1,239,570,666.77 | 0.42 | 917,013,884.35 | 0.00 | 148,936,538.96 | 1,388,507,205.73 |
| 5 | | 390,736,406.25 | 390,736,406.25 | 2,294,551,096.00 | 1,903,814,689.75 | 0.50 | 946,532,372.06 | 0.34 | 649,405,926.48 | 0.00 | 194,265,050.82 | 1,140,797,422.88 |
| | | | | | | NPV = | 8,845,017,703.07 | SUM= | 7,569,473,595.42 | 1,029,100,000.00 | 663,498,074.95 | 10,537,615,778.02 |
| | | | | | | IRR = | 77.41 | | | | | |
| | | | | | | Net B/C = | 9.59 | | | | | |

Zona 3 GPON E1 Tarik Optik

| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value | Discount Factor | Present Value | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B(=benefit*DF15%) |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| | | | | | | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.24 | | | |
| 0 | 12,925,200,000.00 | 646,260,000.00 | 13,571,460,000.00 | 6,788,919,961.00 | -6,782,540,039.00 | 1.00 | -6,782,540,039.00 | 1.00 | -6,782,540,039.00 | 12,925,200,000.00 | 646,260,000.00 | 6,788,919,961.00 |
| 1 | | 969,390,000.00 | 969,390,000.00 | 7,654,743,858.00 | 6,685,353,858.00 | 0.87 | 5,813,351,180.87 | 0.81 | 5,391,414,401.61 | 0.00 | 842,947,826.09 | 6,656,299,006.96 |
| 2 | | 1,454,085,000.00 | 1,454,085,000.00 | 6,747,915,775.00 | 5,293,830,775.00 | 0.76 | 4,002,896,616.26 | 0.65 | 3,442,918,037.85 | 0.00 | 1,099,497,164.46 | 5,102,393,780.72 |
| 3 | | 2,181,127,500.00 | 2,181,127,500.00 | 5,580,329,404.00 | 3,399,201,904.00 | 0.66 | 2,235,030,429.19 | 0.52 | 1,782,838,097.08 | 0.00 | 1,434,126,736.25 | 3,669,157,165.45 |
| 4 | | 3,271,691,250.00 | 3,271,691,250.00 | 6,663,443,998.00 | 3,391,752,748.00 | 0.57 | 1,939,245,641.92 | 0.42 | 1,434,621,862.62 | 0.00 | 1,870,600,090.77 | 3,809,845,732.68 |
| 5 | | 4,907,536,875.00 | 4,907,536,875.00 | 6,201,485,096.00 | 1,293,948,221.00 | 0.50 | 643,320,952.16 | 0.34 | 441,375,753.54 | 0.00 | 2,439,913,161.87 | 3,083,234,114.03 |
| | | | | | | NPV = | 7,851,304,781.40 | SUM= | 5,710,628,113.69 | 12,925,200,000.00 | 8,333,344,979.44 | 29,109,849,760.84 |
| | | | | | | IRR = | 48.01 | | | | | |
| | | | | | | Net B/C = | 1.61 | | | | | |

Zona 3 GPON IP Eksisting

| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value | Discount Factor | Present Value | I | OM(=biaya oprs*DF15%) | B (=benefit*DF15%) |
|-------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|--------------------|
| | | | | | | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.24 | | | |
| 0 | 1,251,800,000.00 | 62,590,000.00 | 1,314,390,000.00 | 3,039,543,723.00 | 1,725,153,723.00 | 1.00 | 1,725,153,723.00 | 1.00 | 1,725,153,723.00 | 1,251,800,000.00 | 62,590,000.00 | 3,039,543,723.00 |
| 1 | | 93,885,000.00 | 93,885,000.00 | 3,408,602,047.00 | 3,314,717,047.00 | 0.87 | 2,882,362,649.57 | 0.81 | 2,673,158,908.87 | 0.00 | 81,639,130.43 | 2,964,001,780.00 |
| 2 | | 140,827,500.00 | 140,827,500.00 | 2,997,215,921.00 | 2,856,388,421.00 | 0.76 | 2,159,840,015.88 | 0.65 | 1,857,692,781.61 | 0.00 | 106,485,822.31 | 2,266,325,838.19 |
| 3 | | 211,241,250.00 | 211,241,250.00 | 2,502,348,179.00 | 2,291,106,929.00 | 0.66 | 1,506,439,996.05 | 0.52 | 1,201,656,398.43 | 0.00 | 138,894,550.83 | 1,645,334,546.89 |
| 4 | | 316,861,875.00 | 316,861,875.00 | 2,969,782,061.00 | 2,652,920,186.00 | 0.57 | 1,516,815,726.64 | 0.42 | 1,122,115,195.71 | 0.00 | 181,166,805.44 | 1,697,982,532.08 |
| 5 | | 475,292,812.50 | 475,292,812.50 | 2,893,481,810.00 | 2,418,188,997.50 | 0.50 | 1,202,267,311.11 | 0.34 | 824,862,984.19 | 0.00 | 236,304,528.83 | 1,438,571,839.94 |
| | | | | | | NPV = | 10,992,879,422.26 | Sum= | 9,404,639,991.81 | 1,251,800,000.00 | 807,080,837.84 | 13,051,760,260.10 |
| | | | | | | IRR = | 77.29 | | | | | |
| | | | | | | Net B/C = | 9.78 | | | | | |

Zona 3 GPON IP Tarik Optik

| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value | Discount Factor | Present Value | I | OM(=biaya oprs*DF15%) | B (=benefit*DF15%) |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| | | | | | | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.24 | | | |
| 0 | 16,266,400,000.00 | 813,320,000.00 | 17,079,720,000.00 | 8,939,764,734.00 | -8,139,955,266.00 | 1.00 | -8,139,955,266.00 | 1.00 | -8,139,955,266.00 | 16,266,400,000.00 | 813,320,000.00 | 8,939,764,734.00 |
| 1 | | 1,219,980,000.00 | 1,219,980,000.00 | 10,246,619,505.00 | 9,026,639,505.00 | 0.87 | 7,849,251,743.48 | 0.81 | 7,279,547,987.90 | 0.00 | 1,060,852,173.91 | 8,910,103,917.39 |
| 2 | | 1,829,970,000.00 | 1,829,970,000.00 | 8,841,413,440.00 | 7,011,443,440.00 | 0.76 | 5,301,658,555.77 | 0.65 | 4,559,991,831.43 | 0.00 | 1,383,720,226.84 | 6,685,378,782.61 |
| 3 | | 2,744,955,000.00 | 2,744,955,000.00 | 7,271,732,911.00 | 4,526,777,911.00 | 0.66 | 2,976,429,957.10 | 0.52 | 2,374,237,348.84 | 0.00 | 1,804,852,469.80 | 4,781,282,426.89 |
| 4 | | 4,117,432,500.00 | 4,117,432,500.00 | 8,499,076,969.00 | 4,381,644,469.00 | 0.57 | 2,505,219,446.19 | 0.42 | 1,853,319,925.27 | 0.00 | 2,354,155,395.39 | 4,859,374,841.57 |
| 5 | | 6,176,148,750.00 | 6,176,148,750.00 | 8,238,369,315.00 | 2,062,220,565.00 | 0.50 | 1,025,288,087.97 | 0.34 | 703,439,396.62 | 0.00 | 3,070,637,472.24 | 4,095,925,560.21 |
| | | | | | | NPV = | 11,517,892,524.50 | Sum= | 8,630,581,224.06 | 16,266,400,000.00 | 10,487,537,738.18 | 38,271,830,262.68 |
| | | | | | | IRR = | 50.90 | | | | | |
| | | | | | | Net B/C = | 1.71 | | | | | |

Zona 4 GPON E1 Eksisting

| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value | Discount Factor | Present Value | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B(=benefit*DF15%) |
|-------|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------------|-------------------|
| | | | | | | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.24 | | | |
| 0 | 690,500,000.00 | 34,525,000.00 | 725,025,000.00 | 654,724,709.00 | -70,300,291.00 | 1.00 | -70,300,291.00 | 1.00 | -70,300,291.00 | 690,500,000.00 | 34,525,000.00 | 654,724,709.00 |
| 1 | | 51,787,500.00 | 51,787,500.00 | 772,412,861.00 | 720,625,361.00 | 0.87 | 626,630,748.70 | 0.81 | 581,149,484.68 | 0.00 | 45,032,608.70 | 671,663,357.39 |
| 2 | | 77,681,250.00 | 77,681,250.00 | 673,331,847.00 | 595,650,597.00 | 0.76 | 450,397,426.84 | 0.65 | 387,389,826.35 | 0.00 | 58,738,185.26 | 509,135,612.10 |
| 3 | | 116,521,875.00 | 116,521,875.00 | 556,880,185.00 | 440,358,310.00 | 0.66 | 289,542,736.91 | 0.52 | 230,962,323.98 | 0.00 | 76,615,024.25 | 366,157,761.16 |
| 4 | | 174,782,812.50 | 174,782,812.50 | 669,592,915.00 | 494,810,102.50 | 0.57 | 282,909,282.06 | 0.42 | 209,291,609.27 | 0.00 | 99,932,640.32 | 382,841,922.38 |
| 5 | | 262,174,218.75 | 262,174,218.75 | 624,770,646.00 | 362,596,427.25 | 0.50 | 180,274,507.93 | 0.34 | 123,684,447.89 | 0.00 | 130,346,922.16 | 310,621,430.09 |
| | | | | | | NPV = | 1,759,454,411.44 | SUM= | 1,462,177,401.17 | 690,500,000.00 | 445,190,380.68 | 2,895,144,792.11 |
| | | | | | | IRR = | 68.27 | | | | | |
| | | | | | | Net B/C = | 3.55 | | | | | |

Zona 4 GPON E1 Tarik Optik

| Tahun | Investasi | Biaya Operasional | Total Cost | Benefit | Net Benefit | Discount factor | Present Value | Discount Factor | Present Value | I | OM(=biaya oprsl*DF15%) | B(=benefit*DF15%) |
|-------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------------|-------------------|
| | | | | | | 0.15 | 0.15 | 0.24 | 0.24 | | | |
| 0 | 4,957,200,000.00 | 247,860,000.00 | 5,205,060,000.00 | 1,103,300,137.00 | -4,101,759,863.00 | 1.00 | -4,101,759,863.00 | 1.00 | -4,101,759,863.00 | 4,957,200,000.00 | 247,860,000.00 | 1,103,300,137.00 |
| 1 | | 371,790,000.00 | 371,790,000.00 | 1,260,876,703.00 | 889,086,703.00 | 0.87 | 773,118,872.17 | 0.81 | 717,005,405.65 | 0.00 | 323,295,652.17 | 1,096,414,524.35 |
| 2 | | 557,685,000.00 | 557,685,000.00 | 1,113,454,923.00 | 555,769,923.00 | 0.76 | 420,241,907.75 | 0.65 | 361,452,863.55 | 0.00 | 421,689,981.10 | 841,931,888.85 |
| 3 | | 836,527,500.00 | 836,527,500.00 | 895,326,163.00 | 58,798,663.00 | 0.66 | 38,661,075.37 | 0.52 | 30,839,149.72 | 0.00 | 550,030,410.13 | 588,691,485.49 |
| 4 | | 1,254,791,250.00 | 1,254,791,250.00 | 1,027,389,932.00 | -227,401,318.00 | 0.57 | -130,017,441.62 | 0.42 | -96,184,753.62 | 0.00 | 717,430,969.73 | 587,413,528.11 |
| 5 | | 1,882,186,875.00 | 1,882,186,875.00 | 979,242,214.00 | -902,944,661.00 | 0.50 | -448,923,078.71 | 0.34 | -308,001,412.79 | 0.00 | 935,779,525.73 | 486,856,447.02 |
| | | | | | | NPV = | -3,448,678,528.04 | SUM= | -3,396,648,610.49 | 4,957,200,000.00 | 3,196,086,538.86 | 4,704,608,010.82 |
| | | | | | | IRR = | 0.30 | | | | | |
| | | | | | | Net B/C = | 0.30 | | | | | |