



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI JARINGAN METRO ETHERNET DAN METRO
FTTH PADA AREA SUDIRMAN**

SKRIPSI

**DIWA AGUSTA ANTRAYASA
0906602553**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI JARINGAN METRO ETHERNET DAN METRO
FTTH PADA AREA SUDIRMAN**

SKRIPSI

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

**DIWA AGUSTA ANTRAYASA
0906602553**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2012**

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Diwa Agusta Antrayasa

NPM : 0906602553

Tanda Tangan : 

Tanggal : 13 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Diwa Agusta Antrayasa
NPM : 0906602553
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : **Evaluasi Jaringan Metro Ethernet Dan Metro FTTH Pada Area Sudirman**

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Arifin Djauhari MT

(*Arifin Djauhari*)

Penguji : Ir. Purnomo Sidi Priambodo M.Sc., Ph.D.

(*Purnomo Sidi Priambodo*)

Penguji : Dr. Ir Retno Wigajatri P. MS.

(*Retno Wigajatri*)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 13 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan berkat dan rahmat-Nya, maka penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis sangat menyadari karena Dialah penulis mampu menyusun kata, kalimat, dan pemikiran, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai menyusun skripsi ini, sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Arifin Djauhari MT, sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Orang tua penulis, Ayahanda Yohannest Busroh dan Ibunda Nurul Djannah; dan saudara penulis: Yon, Mirza & Delwyn atas semua doa dan dukungannya yang telah menguatkan dan memotivasi penulis.
3. Secara khusus untuk Lolita yang telah memberikan motivasi, bantuan dan semangat bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Rekan-rekan penulis lainnya selama menempuh studi di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan selama penulis melakukan skripsi.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas setiap kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat untuk pengembangan ilmu kedepannya.

Depok, 13 Juni 2012

Penulis

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

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

Nama : Diwa Agusta Antrayasa
NPM : 0906602553
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

**EVALUASI JARINGAN METRO ETHERNET & METRO FTTH PADA
AREA SUDIRMAN**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan 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 : Depok

Pada tanggal : 13 Juni 2012

Yang menyatakan



(Diwa Agusta Antrayasa)

ABSTRAK

Nama : Diwa Agusta Antrayasa
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : **EVALUASI JARINGAN METRO ETHERNET DAN METRO FTTH PADA AREA SUDIRMAN**

Dengan berkembangnya kebutuhan layanan Internet dan aplikasi multimedia, layanan *Broadband* Internet dengan menggunakan teknologi jaringan kabel *Fiber Optic* merupakan jawaban akan kebutuhan jaringan yang handal. Jaringan Metro Ethernet & Metro FTTH (*Fiber To The Home*) menggunakan teknologi berbasis GE-PON (*Gigabit Ethernet Passive Optical Network*) yang dapat memberikan layanan *Triple Play* yang terdiri dari Data, *Voice*/Suara dan Video didalam satu infrastruktur. Implementasi gabungan keduanya diharapkan dapat memenuhi kebutuhan akan *bandwidth* yang besar. Penulisan skripsi ini bertujuan mengevaluasi jaringan Metro Ethernet & Metro FTTH *existing* yang telah di implementasikan pada area sudirman.

Kata kunci : *Fiber Optic*, Metro Ethernet, FTTH, Implementasi, *Triple Play*

ABSTRACT

Name : Diwa Agusta Antrayasa
Study Program : Electrical Engineering
Title : **EVALUATION OF METRO ETHERNET AND METRO FTTH NETWORKS IN SUDIRMAN AREA**

With the growing need for Internet services and multimedia applications, Internet Broadband services using Fiber Optic cable network technology is the answer to the need for a reliable network. Metro Ethernet & Metro FTTH (Fiber To The Home) technology-based GE-PON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) which can deliver Triple Play services which consist of Data, Voice / Sound and Video in one infrastructure. Implementation of a combination of both is expected to meet the need for large bandwidth. Writing this thesis aims at evaluating the Metro Ethernet network and the existing Metro FTTH that has been implemented in the area sudirman

Keywords : *Fiber Optic*, Metro Ethernet, FTTH, Implementation, *Triple Play*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 FTTH & METRO ETHERNET.....	5
2.1 Serat Optik.....	5
2.2 Fiber to The Home (FTTH).....	7
2.2.1 Komponen Utama FTTH.....	9
2.2.2 Jaringan Point to Point (P2P).....	9
2.2.3 <i>Active Optical Network</i> (AON).....	9
2.2.4 <i>Passive Optical Network</i> (PON).....	10
2.2.4.1 Penceraai Optik Pasif (<i>Passive Splitter</i>).....	11
2.2.4.2 Protokol PON.....	11
2.3. Metro Ethernet.....	12
2.3.1 <i>Triple Play Services</i>	12
2.3.2 Keuntungan Teknologi Metro Ethernet.....	13
BAB 3 JARINGAN METRO –E & FTTH PADA AREA SUDIRMAN.....	17
3.1 Infrastruktur Jaringan <i>Fiber to the Home</i> (FTTH).....	17
3.2 Tahapan Pembangunan Infrastruktur FTTH.....	24
3.3 Infrastruktur Jaringan Metro Ethernet.....	27
3.4 Tahapan Pembangunan Infrastruktur Ring Metro Ethernet.....	29
3.5 Kebutuhan kawasan pada area Sudirman s/d Tahun 2012.....	30
3.6 Bandwidth terpasang pada <i>High Rises Building</i> (HRB) di Sudirman.....	34
BAB 4 EVALUASI JARINGAN.....	37
4.1 Aspek Pemilihan Teknologi.....	37
4.2 Implementasi Metro Ethernet & Metro FTTH.....	38
4.3 Aplikasi Layanan Metro FTTH.....	39
4.3 Perhitungan Kapasitas vs Kebutuhan bandwidth.....	40
BAB 5 KESIMPULAN.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema penampang serat optik.....	5
Gambar 2.2.a Diameter cladding, core/clad concentricity dan fiber curl.....	6
Gambar 2.2.b Ukuran serat optik.....	6
Gambar 2.3. Arsitektur umum jaringan FTTH.....	8
Gambar 2.4. Aktive Optical Network (AON).....	10
Gambar 2.5. Passive Optical Network (PON).....	10
Gambar 3.1. Perangkat GE-PON Optical Line Termination (OLT).....	18
Gambar 3.2. Perangkat GE-PON Optical Network Terminal (ONT).....	19
Gambar 3.3. Konfigurasi GE-PON Optical Network Terminal (ONT).....	21
Gambar 3.4. Rumah Kabel (RK).....	21
Gambar 3.5. Splitter 1x8 yang terpasang pada Drop Point.....	22
Gambar 3.6. Tiang Pancang di infrastruktur FTTH.....	23
Gambar 3.7. Drop Point.....	23
Gambar 3.8. Drop Point setelah dibuka.....	24
Gambar 3.9. Proses instalasi Drop Point.....	26
Gambar 3.10. Nortel Metro Ethernet Routing Switch 8600	27
Gambar 3.11. Nortel Ethernet Service Unit 1800	28
Gambar 3.12. Implementasi Metro-E pada FTTx (Gedung Bertingkat).....	30
Gambar 3.13. Peta jalur fiber optik di area Jakarta.....	31
Gambar 3.14. Office Building MID Plaza 1, Sudirman.....	32
Gambar 3.15. Implementasi Metro Ethernet dengan Konfigurasi Cincin.....	33
Gambar 4.1. Konfigurasi umum jaringan Metro FTTH.....	38
Gambar 4.2. Skema triple play services pada layanan Metro FTTH.....	39
Gambar 4.3. Konfigurasi ring 1 jaringan Metro Ethernet.....	40
Gambar 4.4. Grafik perkiraan pemenuhan bandwidth hingga tahun 2014.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Bit rate dan jarak repeater pada serat optik	7
Tabel 2.2. Perbandingan splitter ratio	11
Tabel 2.3. Protokol PON	12
Tabel 3.1. Spesifikasi Perangkat GE-PON OLT.....	18
Tabel 3.2. Spesifikasi Perangkat GE-PON ONT.....	20
Tabel 3.3. Jumlah bandwidth terpasang pada ring 1 sudirman.....	34
Tabel 3.4. Perbandingan bandwidth terpasang dengan kapasitas bandwidth	36



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi adalah sesuatu yang selalu berkembang khususnya di industri Telekomunikasi. Hampir setiap tahunnya, muncul teknologi baru yang bermunculan dan menggantikan teknologi lama yang dianggap tidak lagi layak. Seperti yang terlihat saat ini, banyak teknologi *nirkabel* telah diperkenalkan seperti layanan 3G dan Wimax, tetapi serat optik tetap merupakan teknologi Telekomunikasi yang tercepat dan paling stabil yang tersedia saat ini dan masa depan.

Serat optik yang mulai dikembangkan pada tahun 1970, sejak saat itu telah merevolusi industri komunikasi dan memainkan peranan yang sangat penting di bidang era teknologi informasi dan komunikasi. Serat optik dianggap sebagai sistem yang merevolusi telekomunikasi karena kehandalan dan kemampuan untuk mentransfer data yang lebih besar pada jarak yang jauh dibandingkan dengan sistem konvensional yang ada saat ini.

Layanan Internet merupakan standar perkembangan teknologi informasi dan telekomunikasi yang digunakan saat ini. Kita mungkin menggunakan internet setiap hari dan tidak dapat membayangkan hidup tanpa internet. Dengan perkembangan informasi yang terus berkembang melalui internet telah menuntut suatu jaringan untuk memberikan *bandwidth* yang lebih kepada pemakai dengan kualitas konektivitas yang lebih dapat dipercaya (*reliable*). Teknologi serat optik merupakan suatu penemuan yang bisa menjawab masalah tersebut. Media ini yang mampu lagi untuk menyediakan *bandwidth* yang besar, tidak dipengaruhi interferensi gelombang elektromagnetik dan bebas korosi. Sekarang ini kebanyakan dari *backbone* jaringan telah dikonstruksikan dengan menggunakan serat optik. Namun sebagian besar perusahaan penyedia jasa internet di Indonesia masih menggunakan media penghubung kabel tembaga sebagai penghubung terakhir ke rumah. Mereka beranggapan bahwa infrastruktur jaringan di Indonesia belum memungkinkan untuk menjamin bahwa kebutuhan akan *bandwidth* yang

cukup besar memang sangat diperlukan. Alasan lain adalah bahwa instalasi serat optik dirasa cukup mahal dan sulit untuk dikembangkan. Namun dengan teknologi FTTH atau *Fiber To The Home* akan mengembangkan industri multimedia, untuk kemudian FTTH akan memungkinkan untuk menyampaikan layanan multimedia seperti HDTV atau *High Definition Television*, *download* musik dan *video*. Ini akan mempunyai dampak yang besar dalam dunia ekonomi dan akan menyaksikan bentuk baru yang muncul dari dunia bisnis dalam sektor teknologi. Juga operator jaringan akan menghasilkan keuntungan baru untuk meningkatkan transfer data, dan dapat menutupi biaya instalasi dari jaringan FTTH.

Sedangkan kebutuhan akan layanan internet dan aplikasi multimedia lainnya, Saat ini di Indonesia telah mulai bermunculan layanan Broadband Internet dengan menggunakan teknologi jaringan kabel serat optik untuk market bisnis & perumahan. Salah satu implementasinya yaitu teknologi *metro Ethernet* pada area perumahan yang disebut juga jaringan Metro FTTH (*Fiber To The Home*) yang menggunakan teknologi berbasis *Gigabit Ethernet Passive Optical Network* (GE-PON) yang dapat memberikan layanan *Triple Play* yang terdiri dari Data (Internet atau Intranet), Voice/Suara (VoIP) dan Video (Interactive TV dan Multimedia) didalam satu infrastruktur. Dan untuk yang berada di gedung bertingkat atau *High Rises Building* adalah jaringan *Metro Building* dimana menggunakan teknologi berbasis *Metro Ethernet* dengan konfigurasi cincin. Jaringan ini mampu memperbaiki sendiri dalam 50 ms (*milisecond* atau seperseribu detik) apabila terdeteksi gangguan pada jaringan. Jaringan ini juga dapat melayani layanan *Triple Play* yang terdiri dari Data (Internet atau Intranet), Voice/Suara (VoIP) dan Video (Interactive TV dan Multimedia) pada jaringan yang sama tanpa menurunkan kecepatan dan kualitas layanan.

1.2 Tujuan Penulisan

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk mengevaluasi implementasi jaringan *Metro Ethernet* yang di aplikasikan pada layanan internet (*internet services*) pada suatu kawasan. Hal-hal dan aspek yang ditinjau adalah kebutuhan kawasan pada suatu area, infrastruktur jaringan *existing* yang telah ada saat ini, aplikasi-aplikasi

layanan yang telah di implementasikan serta mengevaluasi kebutuhan akan teknologi yang handal.

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah pada penulisan skripsi ini diuraikan sebagai berikut :

1. Data pada penulisan skripsi ini diperoleh dari salah satu perusahaan provider telekomunikasi dalam bidang data dan layanan internet yaitu Biznet Networks
2. Implementasi yang ditinjau sebagai bahan evaluasi adalah implementasi di area Jakarta (Sudirman) di mulai dari tahun 2005 hingga tengah tahun pertama 2012.
3. Implementasi infrastruktur yang dibahas meliputi jaringan akses FTTH dan jaringan *Ring Metro Ethernet*.
4. Pembahasan *High Rises Building* (HRB) hanya mencakup yang berada di kawasan Sudirman meliputi area perumahan, hotel, dan *office building*.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab, agar dapat mencapai suatu pembahasan atas permasalahan pokok yang lebih mendalam dan mudah diikuti. Garis besar penulisan skripsi ini dapat diuraikan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini mengemukakan tentang latar belakang masalah, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan yang dibuat untuk memberikan gambaran umum mengenai apa yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini

BAB 2 DASAR TEORI

Bab ini merupakan penguraian mengenai dasar-dasar teoritis dari konsep jaringan *Metro Ethernet* dan *Fiber To The Home* (FTTH) sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam penulisan skripsi ini.

BAB 3 JARINGAN METRO-E DAN FTTH PADA AREA SUDIRMAN

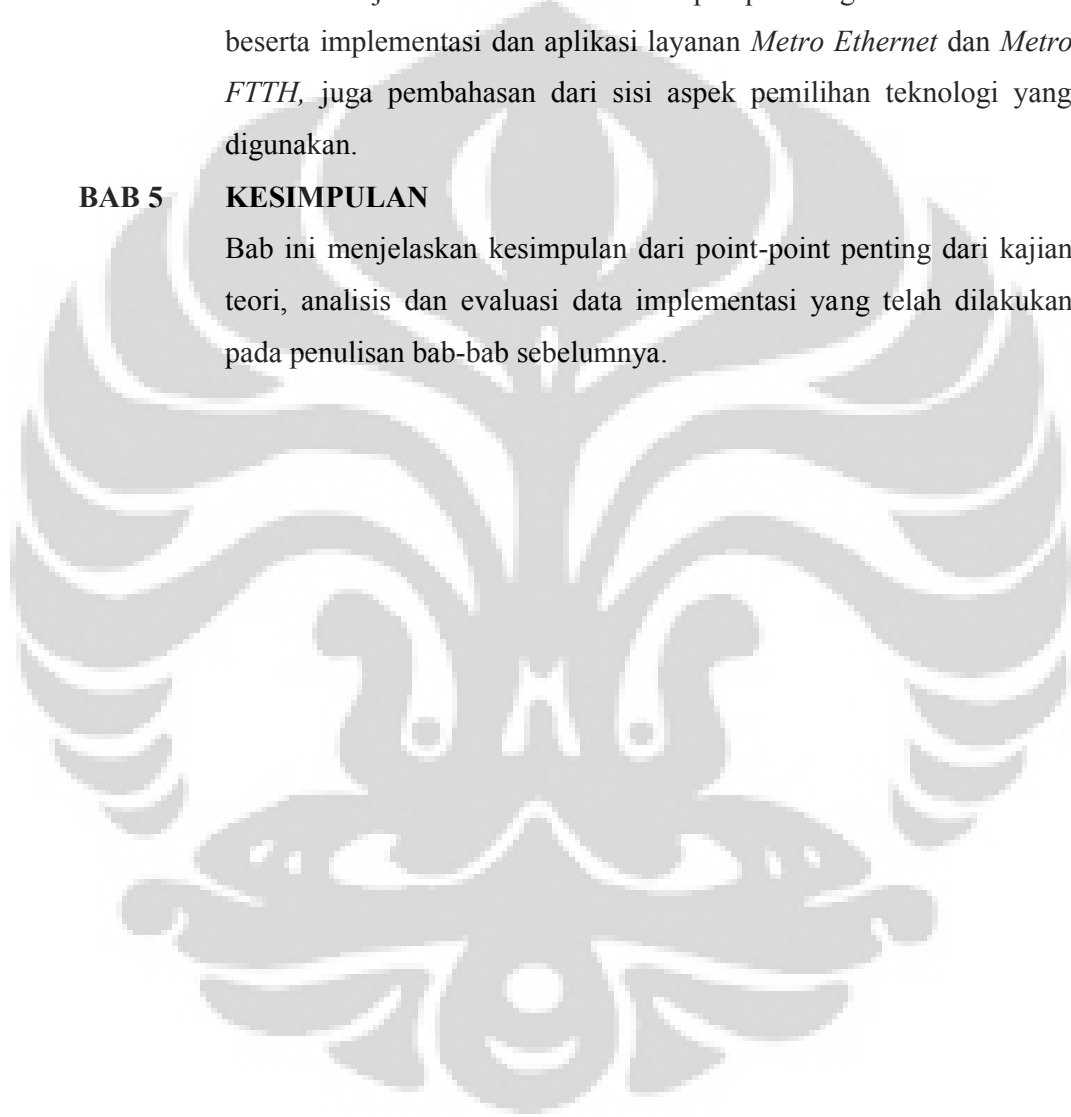
Dalam bab ini dijelaskan mengenai infrastruktur jaringan Metro FTTH yang telah ada (*existing*) beserta kebutuhan kawasan yang ada pada area Sudirman

BAB 4 EVALUASI JARINGAN

Bab ini menjelaskan evaluasi dari tahapan pembangunan infrastruktur beserta implementasi dan aplikasi layanan *Metro Ethernet* dan *Metro FTTH*, juga pembahasan dari sisi aspek pemilihan teknologi yang digunakan.

BAB 5 KESIMPULAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan dari point-point penting dari kajian teori, analisis dan evaluasi data implementasi yang telah dilakukan pada penulisan bab-bab sebelumnya.



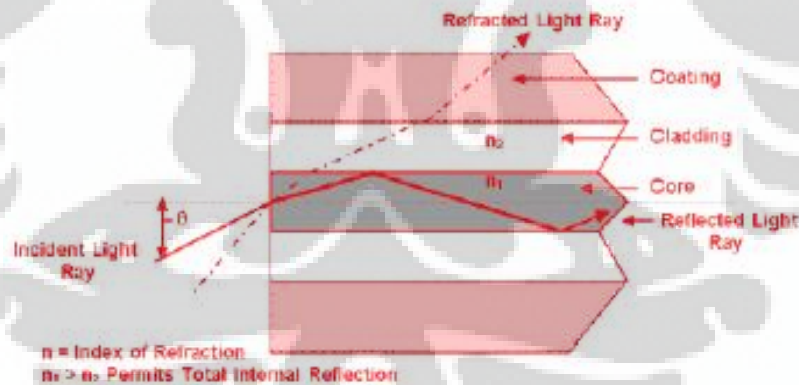
BAB 2

FIBER TO THE HOME (FTTH) & METRO ETHERNET

Dalam Bab ini akan dijelaskan mengenai dasar-dasar teori *Fiber To The Home* (FTTH) dan *Metro Ethernet* sebagai penunjang penulisan skripsi ini.

2.1 Serat Optik

Merupakan suatu media pemandu gelombang cahaya (*light wave guide*) berupa kabel *transparent*, yang mana penampang dari kabel tersebut terdiri dari dua bagian utama, yaitu bagian tengah yang disebut inti atau “*Core*” dan bagian luar yang disebut “*Cladding*”. *Cladding* pada serat optik membungkus atau mengelilingi *core*. Bentuk penampang dari *core* dapat bermacam-macam, antara lain: pipih, segitiga, segi empat, segi banyak atau berbentuk lingkaran. Skema penampang dari serat optik (*fiber optic*) dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini:

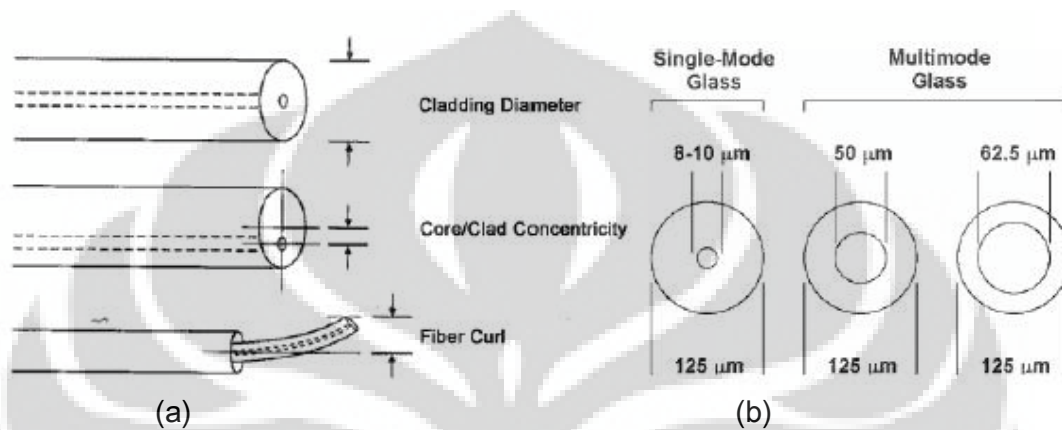


Gambar 2.1. Skema penampang serat optik

Sumber : Fujikura, Ltd.. 1982. *Introduction to Fiber Optic*. Tokyo. Japan.

Indeks bias bahan *core* harus lebih besar dari indeks bias bahan *cladding*. Bahan serat optik dibuat dari bahan silica yang murni, baik sebagai *core* maupun *cladding*. Untuk membedakan antara indeks bias *core* dan *cladding*, bahan silica

murni tersebut diberi campuran yang kadarnya berbeda. Bentuk penampang kabel serat optik yang berbentuk lingkaran diameternya adalah $125\ \mu\text{m}$ atau sekitar $1/8\ \text{mm}$.



Gambar 2.2.

- Diameter *cladding*, *core/clad concentricity* dan *fiber curl*
- Ukuran serat optik

Sumber : Fujikura, Ltd.. 1982. *Introduction to Fiber Optic*. Tokyo, Japan.

Bentuk penampang *core* serat optik ada yang berbentuk ellips dan adapula yang berbentuk lingkaran. Ada dua tipe dasar kabel serat optik yang digunakan dalam kebutuhan telekomunikasi, kedua serat optik tersebut dilihat dari ukuran diameter *core*-nya, yaitu : mode tunggal (*single mode/mono mode*) dan mode jamak (*multi mode*). Kedua kabel serat optik tersebut banyak sekali perbedaan-perbedaannya. Dimana kabel serat optik jenis *single mode* ini sangat atau lebih mahal harganya bila dibandingkan dengan kabel serat optik jenis *multi mode*, tetapi kabel serat optik jenis *single mode* ini penggunaannya atau fungsinya lebih efektif dibanding dengan jenis kabel serat optik *multi mode*. Apabila ditinjau dari distribusi indeks bias *core*, kabel serat optik dibedakan menjadi dua jenis, yaitu : *step index* dan *graded index*.

Tabel 2.1. *Bit rate dan jarak repeater pada serat optik*

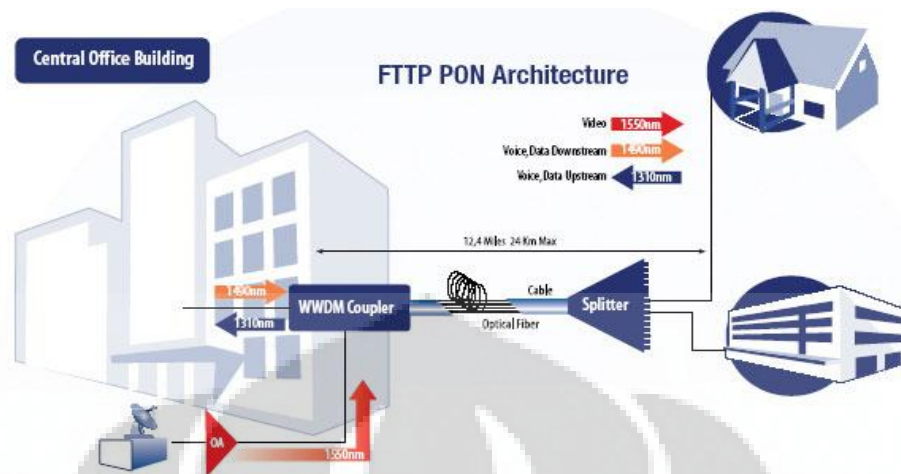
<i>Bit Rate</i> (Mbit/dt)	<i>Jarak Repeater</i> <i>Multi Mode</i>	<i>Jarak Repeater</i> <i>Single Mode</i>
140	30	50
280	20	35
420	15	33
565	10	31

Kabel serat optik jenis *single mode* ini umumnya digunakan pada tempat-tempat yang jaraknya sangat jauh atau biasanya tempatnya sangat terpencil dimana sangat sulit dijangkau dengan alat-alat atau media telekomunikasi dengan kata lain jangkauannya luas dan jauh. Pada umumnya yang menggunakan kabel serat optik akan mendapatkan kemudahan dalam melakukan hubungan komunikasi dan banyak memberikan banyak manfaatnya dan mempunyai banyak peran penting dan mempunyai sifat khusus.

2.2 Fiber To The Home (FTTH)

Merupakan suatu format penghantaran isyarat optik dari pusat penyedia atau *provider* ke kawasan pengguna dengan menggunakan serat optik sebagai medium penghantaran. Perkembangan teknologi ini tidak terlepas dari kemajuan perkembangan teknologi serat optik yang dapat menggantikan penggunaan kabel konvensional. Dan juga didorong oleh keinginan untuk mendapatkan layanan yang dikenal dengan istilah *Triple Play Services* yaitu layanan akan akses internet yang cepat, suara (jaringan telepon, PSTN) dan video (TV Kabel) dalam satu infrastruktur pada unit pelanggan.

Penghantaran dengan menggunakan teknologi FTTH ini dapat menghemat biaya dan mampu mengurangi biaya operasi dan memberikan pelayanan yang lebih baik kepada pelanggan. Ciri-ciri inheren serat optik membenarkan penghantaran isyarat telekomunikasi dengan lebar jalur yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan kabel konvensional.



Gambar 2.3 Arsitektur umum jaringan FTTH

Sumber : (MATN ERTEBAT GOSTARESH, 2010)

Dari Gambar 2.3 diatas mengilustrasikan arsitektur umum dari suatu jaringan FTTH. Biasanya jarak antara pusat layanan dengan pelanggan dapat berkisar maksimum 20 km. Dimana pusat penghantaran penyelenggara layanan (*service provider*) yang berada di kantor utama disebut juga dengan *central office* (CO), disini terdapat peralatan yang disebut dengan OLT. Kemudian dari OLT ini dihubungkan dengan ONU yang ditempatkan di rumah-rumah pelanggan melalui jaringan distribusi serat optik (*Optical Distribution Network*) atau ODN. Isyarat optik dengan panjang gelombang (*wavelength*) 1490 nm dari hilir (*downstream*) dan isyarat optik dengan panjang gelombang 1310 nm dari hulu (*upstream*) digunakan untuk mengirim data dan suara.

Sedangkan layanan video dikonversi dahulu ke format optik dengan panjang gelombang 1550 nm oleh optik pemancar video (*Optical Video Transmitter*). Isyarat optik 1550 nm dan 1490 nm ini digabungkan oleh pengabung (*coupler*) dan ditransmisikan ke pelanggan secara bersama. Singkatnya, tiga panjang gelombang ini membawa informasi yang berbeda secara simultan dan dalam berbagai arah pada satu kabel serat optik yang sama.

2.2.1 Komponen Utama FTTH

1. Terminal Saluran Serat Optik (*Optical Line Terminal*, OLT) biasa ditempatkan pada pusat penyedia layanan provider (CO) untuk menghantarkan isyarat layanan kepada setiap pengguna dalam jaringan rangkaian sistem, dan OLT juga merupakan titik agregasi suara dari PSTN, dan video melalui berbagai bentuk sebagai medium penghantaran.
2. Unit Jaringan Serat Optik (*Optical Network Unit*, ONU) adalah peralatan yang digunakan diakhir jaringan untuk memberikan layanan-layanan yang disediakan kepada pelanggan.

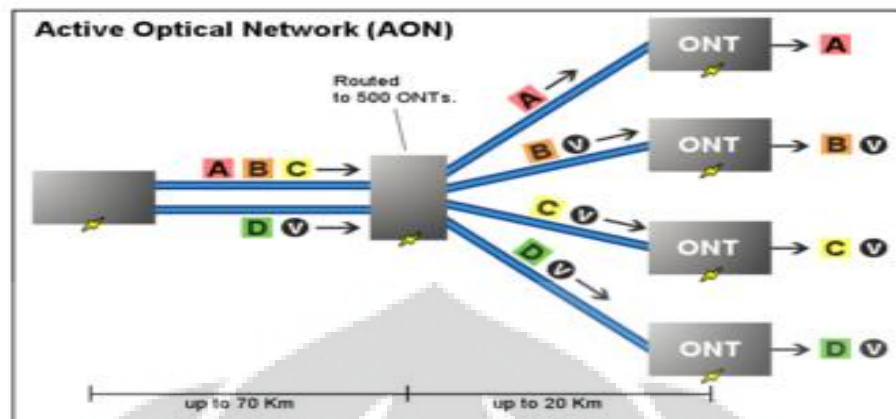
Layanan data (internet), suara (telepon) dan video (TV Kabel) diberikan dari ONU kepada pelanggan pengguna melalui penghantaran media yang sesuai. Secara umum, teknologi FTTH terdiri daripada tiga jenis topologi jaringan yaitu :

2.2.2 Jaringan *Point to Point* (P2P)

Jaringan titik ke titik (P2P) merupakan rancangan jaringan FTTH yang paling ringkas, dimana isyarat dihantar terus dari CO kepada setiap pelanggan dengan satu serat optik dan laser yang terpisah berdasarkan IEEE 802.3ah. Serat optik bentuk tunggal digunakan untuk isyarat bolak-balik dengan satu kabel serat optik sampai pertukaran setempat (*Local Exchange*) dan kemudian dipisah untuk masing-masing pelanggan pengguna akhir (*End User*).

2.2.3 *Active Optical Network* (AON)

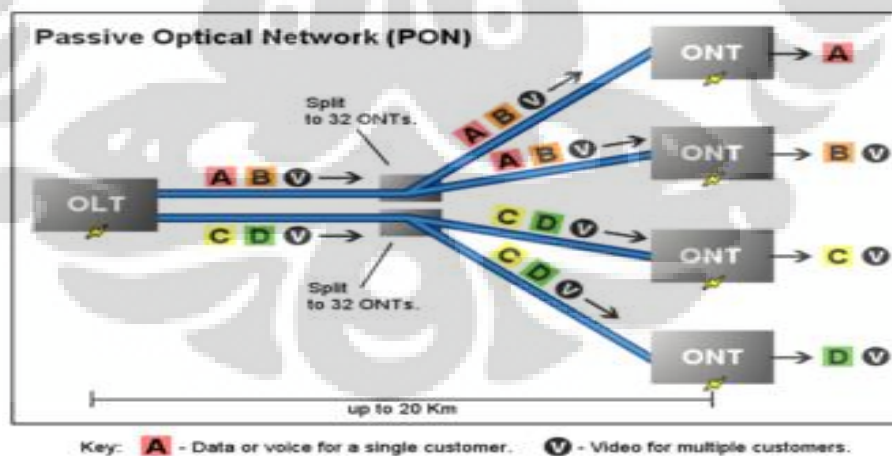
Jaringan serat optik aktif merupakan rangkaian titik ke banyak titik (*Point to Multi Point*, P2MP), penggunaan teknologi ini terbatas karena biayanya sangat tinggi. Peralatan-peralatan aktif yang digunakan dalam jaringan AON termasuk *optical switch*, memerlukan tenaga listrik.



Gambar 2.4 *Active Optical Network (AON)*

2.2.4 *Passive Optical Network (PON)*

Jaringan serat optik pasif juga merupakan jaringan P2MP hampir sama dengan AON. Perbedaannya dimana pada titik komponen aktif digantikan oleh pencerai optik pasif (*Passive Optical Splitter*). Jika dibandingkan dengan jaringan jenis AON, pemasangan jaringan jenis PON adalah lebih mudah dan murah serta tidak menggunakan komponen elektronik aktif sehingga mengurangi biaya pemeliharaan peralatan.



Gambar 2.5 *Passive Optical Network (PON)*

2.2.4.1 Pencerai Optik Pasif (*Passive Splitter*)

Pencerai optik pasif atau juga disebut dengan *splitter* yang digunakan dalam jaringan P2MP memiliki satu masukan dan banyak (*multiple*) keluaran dan bersifat pasif karena tidak memerlukan sumber energi eksternal. Rugi-rugi atau kehilangan daya optik pada pencerai serat optik pasif ini disebut juga *splitter ratio*, biasanya dinyatakan dalam *decibel* (dB) dan ini terjadi terutama bergantung kepada jumlah keluaran dari pencerai tersebut, sebagai contoh, masukan sinyal optik dibagi rata di kaskade atau cabang-cabang; misalnya sebuah splitter 1x2 hanya memiliki dua cabang maka kemungkinan kehilangan sisipan (*insertion loss*) adalah 3 dB (50% pada setiap keluaran), jika pada splitter 1x4, maka akan ada dua cabang ditambahkan ke masing-masing kaki 1x2, kehilangan akan bertambah lagi 3 dB sehingga menjadi 6 dB; jika dalam splitter 1x8 dua cabang atau 1x2 split akan ditambahkan ke masing-masing kaki 1x4, sehingga kembali ditambahkan 3 dB sehingga total kehilangan menjadi 9 dB, dan begitu seterusnya.

Tabel 2.2 Perbandingan splitter ratio

Jumlah Cabang Keluaran	Kehilangan Sisipan (dB)
2	3
4	6
8	9
16	12
32	15
64	18

2.2.4.2 Protokol PON

Dalam pembangunan jaringan dengan teknologi PON, dimana isyarat hilir dari OLT dikirim ke pencerai serat optik untuk digunakan bersama oleh setiap ONU. Semakin panjang jarak feeder serat optik maka pelemahan optik akan semakin tinggi, namun split ratio maksimum berkurang. Sedangkan untuk isyarat hulu dihantar dari ONU ke OLT. Berikut ini protokol PON yang telah sepakati oleh IEEE dan ITU :

Tabel 2.3 Protokol PON

Protokol PON	APON / BPON	EPON / GEAPON	GPON
Standar	ITU-T G.983	ITU-T G.984	IEEE 802.3ah
Penghantaran	ATM	ATM, TDM, Ethernet	Ethernet
Biaya	Rendah	Sedang	Paling rendah
Lebar jalur hulu	155 Mbps	1.5 Gbps	1.25 Gbps
Lebar jalur hilir	622 Mbps	2.5 Gbps	1.25 Gbps

2.3 Metro Ethernet

Secara harfiah berarti jaringan komunikasi data yang berskala metro (skala untuk menjangkau satu kota besar seperti Jakarta misalnya) dengan menggunakan teknologi Ethernet sebagai protokol transportasi datanya. Teknologi *Metro Ethernet* merupakan salah satu perkembangan dari teknologi Ethernet yang dapat menempuh jarak yang luas berskala perkotaan dengan dilengkapi berbagai fitur yang seperti terdapat pada jaringan Ethernet umumnya.

Teknologi Ethernet yang dipilih untuk dijadikan jaringan berskala metro, dikarenakan teknologi Ethernet telah digunakan secara luas oleh masyarakat, terutama dalam jaringan local LAN (*Local Area network*). Interface Ethernet telah tersebar ke mana-mana dan keberadaannya sangat banyak. Selain itu, *bandwidth* yang ditawarkan oleh teknologi ini juga dapat dengan mudah diperbesar. Hingga kini teknologi Ethernet yang perangkatnya telah banyak beredar di pasaran telah mencapai *bandwidth* tertinggi sebesar 10 *Gigabit per Second*. Namun, ada beberapa *bandwidth* yang juga disediakan teknologi Ethernet ini yaitu *bandwidth* 10 Mbps, 100 Mbps, dan 1000 Mbps.

2.3.1 Triple Play Services (Layanan Triple Play)

Layanan ini didefinisikan sebagai penyelenggaraan layanan yang meliputi voice, data dan video melalui suatu link DSL (Digital Subscriber Line). Dapat didefinisikan sebagai suatu konvergensi atau bundling layanan voice, data dan video *on-demand* pada suatu infrastruktur network akses tunggal.

ITU-T, melalui Study Group 16 dengan Full-Service VDSL (Very High-Speed Digital Subscriber Line) *Focus Group Technical Specification* pada Juni

2002, mendefinisikan layanan triple-play sebagai penyelenggaraan layanan berbasis TV yang memakan bandwidth dan layanan berbasis PC yang dinamis, secara bersamaan tanpa mengganggu penyediaan layanan *telephony* termasuk fitur-fitur yang menyertainya pada suatu infrastruktur network akses DSL (*Digital Subscriber Line*) dengan kualitas layanan sesuai permintaan pelanggan.

2.3.2. Keuntungan Teknologi *Metro Ethernet*

Untuk menunjang kebutuhan akan *Next Generation Network*, teknologi *Metro Ethernet* menawarkan banyak sekali keuntungan yang bisa diperoleh tidak hanya oleh pihak penyedia jasa, namun juga oleh para penggunanya. Berikut ini adalah beberapa keuntungan yang dapat dirasakan oleh penyedia jasa dan juga pengguna servis ethernet dengan teknologi *Metro Ethernet* :

a. Kemudahan Penggunaan

Teknologi komunikasi data Ethernet ini memang telah merambah ke mana-mana penggunaannya, sehingga telah dikenal secara luas dan banyak yang sudah familiar dengan sifat, kekurangan, dan kelebihanannya. Perangkat-perangkat pendukungnya pun tidak perlu dipertanyakan lagi keberadaannya, sebab kini hampir semua perangkat komunikasi data, khususnya untuk keperluan LAN dan juga WAN yang sederhana pasti menggunakan *interface* Ethernet. Bahkan beberapa perangkat rumah tangga yang tergolong perangkat canggih juga dilengkapi dengan *interface* ini untuk dapat berinteraksi dengan komputer.

Atas dasar luasnya penggunaan, ketersediaannya yang sangat banyak, dan kemudahan yang sudah dirasakan oleh banyak pengguna, teknologi Ethernet sangat cocok untuk diterapkan dalam membuat jaringan *Metro Service* yang ditawarkan oleh *Metro Ethernet* ke penggunanya dapat dengan mudah diimplementasikan dalam jaringan yang sudah ada, karena memakai teknologi yang sama. Selain itu kegiatan *Operation*, *Administration*, *Maintenance*, dan *Provisioning* (OAM&P) dari teknologi ini juga sudah tidak asing lagi bagi para penyedia jasanya.

b. Proteksi Terhadap Faktor Availability

Jaringan komunikasi data beserta fasilitas di dalamnya merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia di zaman mendatang. Semua kegiatan baik sekolah, bekerja, mengurus rumah tangga, atau hanya sekedar rileks di rumah saja nantinya pasti akan melibatkan proses komunikasi data. Dengan adanya kebutuhan yang demikian penting, maka ketersediaan atau availabilitas dari jaringan komunikasi ini harus benar-benar dijamin oleh penyedia jasanya. Agar seluruh sektor kehidupan dapat berjalan lancar, ketersediaan atau *availability* akan jaringan komunikasi ini harus benar-benar tinggi. Artinya, jaringan komunikasi ini tidak boleh sampai mati total atau sampai tidak bisa melayani para penggunanya. Untuk menjawab kebutuhan akan aspek *availability* yang terjamin, teknologi *Metro Ethernet* beserta perangkatnya pada umumnya sudah menyiapkan *fitur* ini. Mungkin tidak akan mungkin untuk dapat meniadakan *downtime* sampai seratus persen hilang, namun dengan teknologi-teknologi berikut ini, jaringan *Metro Ethernet* akan lebih terjaga dan terjamin ketersediaannya:

- **IEEE 802.1s (*Multiple Spanning Tree*)**

Multiple Spanning Tree atau MST merupakan pengembangan dari teknologi *spanning tree* yang memungkinkan fasilitas *spanning tree* dikembangkan hingga ke masing-masing VLAN yang ada di dalam jaringan. MST menjamin semua VLAN yang ada di dalam jaringan tidak akan mengalami looping, meskipun jalur komunikasi di dalam jaringannya terjadi loop. Keuntungan dari diterapkannya teknologi ini adalah adanya jalur komunikasi yang *redundan*, yang akan menjaga ketersediaan atau *availability* proses komunikasi data tetap tinggi.

- **IEEE 802.1s (*Rapid Configuration Spanning Tree*)**

Teknologi yang satu ini mengimplementasikan *algoritma fast-convergence* pada teknologi MST, sehingga membuat jaringan dengan topologi *looping* yang dijaga oleh MST dapat segera konvergen jika terjadi *downtime* atau problem pada salah satu *link*-nya. Waktu konvergensi yang ditawarkan oleh teknologi ini biasanya adalah sekitar 1 detik.

- **IEEE 802.3ad (*Link-Aggregation*)**

Standar ini mengatur segala teknis dan protokol untuk membuat penggabungan link. *Link-aggregation* atau penggabungan link biasanya menyediakan kemampuan *fail-over* ketika terjadi masalah dalam hitungan di bawah 50 *milisecond* (sering disebut dengan istilah *subsecond*). Biasanya *fail-over* ini dilakukan terhadap dua atau lebih *link* yang berfungsi sebagai *trunk link*. Selain berfungsi sebagai *fail over link*, penggabungan link ini juga bisa berfungsi sebagai *load-balance link*.

- **IEEE 802.17 (*Resilient Packet Ring, RPR*)**

Protokol yang satu ini mempunyai kemampuan yang sangat andal dalam menjaga ketersediaan jaringan dalam topologi ring. Kemampuan protokol ini adalah untuk mendeteksi link yang putus dalam sebuah topologi ring dan mengubah jalannya data ke arah yang berlawanan. Dengan topologi *ring* memungkinkan seluruh perangkat yang tergabung di dalamnya memiliki jalur yang *redundan* untuk meneruskan data.

Jalur yang dibuat berputar atau menyerupai cincin (*ring*) ini biasanya memiliki arah perputaran datanya. Data berputar dalam satu arah saja. Ketika ada salah satu link yang putus dalam ring ini, maka protokol IEEE 802.17 ini akan segera mendeteksinya. Setelah diketahui di mana titik putusnya, protokol ini menyiapkan sistem perputaran baru untuk jalan data di dalamnya. Pergantian arah putaran ini membuat seluruh jaringan tidak akan menjadi *down* ketika ada salah satu link yang mati. Protokol RPR ini memiliki kemampuan melakukan *recovery* terhadap perubahan link dan arah perputaran ini dalam waktu kurang lebih 50 *milisecond*. Waktu *recovery* inilah yang kemudian dijadikan semacam standar untuk teknologi *Metro Ethernet*.

c. Pengaturan QoS yang Sangat Bervariasi

Ketika penyedia jasa membuat banyak jenis servis yang dijual ke pengguna, maka mereka juga harus memikirkan bagaimana pengaturan *Quality of Service* (QoS)-nya. Tujuan untuk memperhatikan QoS ini adalah untuk menjamin kepuasan para pelanggan yang memakai jasa jaringan ini. Sebagai penyedia jasa maupun juga sebagai pengguna harus memperhatikan nilai-nilai tertentu yang bisa dijadikan parameter untuk menilai kualitas suatu *service*.

Pengaturan QoS yang variatif dan fleksibel memungkinkan para penyedia jasa bisa dengan leluasa mengatur kualitas yang bagaimana yang akan diberikan untuk pelanggannya. Jika pelanggannya banyak melakukan *browsing*, maka penyedia jasa bisa memperbesar bandwidth untuk traffic http, jika ada yang ingin berkomunikasi via VOIP, tinggal mengatur alokasi CIR-nya, dan parameter lainnya seperti *jitter*, *loss*, dan *delay*-nya untuk mendapatkan kualitas yang baik. Semua itu biasanya dapat dilakukan dengan cukup mudah di perangkat switch *Metro Ethernet*.

BAB III

JARINGAN METRO ETHERNET & FTTH PADA AREA SUDIRMAN

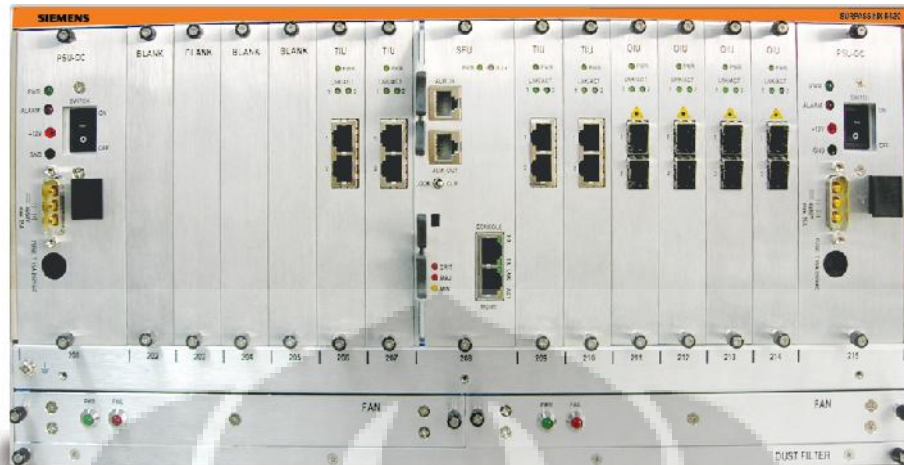
3.1 Infrastruktur Jaringan *Fiber to the Home* (FTTH)

Berikut ini adalah komponen-komponen infrastruktur yang terdapat pada jaringan FTTH yang telah ada dan di implementasikan di kawasan Sudirman.

a. GE-PON *OPTICAL LINE TERMINATION* (OLT)

Salah satu perangkat OLT ini yaitu DASAN Networks' SURPASS hiX5430 yang merupakan Layer 3 *Multi-Platform* Sistem. Dimana perangkat ini menyediakan 24-Port Gigabit Ethernet (SFP, Gigabit Copper) dan GE-PON OLT interface untuk fleksibilitas. Memiliki alokasi 12-Slot *service interface card*, 2-Port 1000Base-X SFP, 2-Port 10/100/1000 Base-TX, 1000Base-X GE-PON OLT interface. GE-PON SURPASS hiX5430 *Fiber to the Home* (FTTH) sistem adalah solusi yang tepat untuk memperluas potensi bandwidth dari serat optik dari jaringan *core* (inti) ke sisi *subscriber* (pelanggan). Dengan menggunakan sistem ini kita dapat memberikan Layanan *Triple Play* (Suara, Video dan Data) dalam satu infrastruktur.

GE-PON *OPTICAL LINE TERMINATION* (OLT) sistem memanfaatkan serat tunggal untuk menghubungkan perangkat *Optik Line Terminal* (OLT) di sisi *Central Office* (CO) ke *Optical Network Terminal* (ONTs) yang terletak di sisi *user* atau pelanggan. Setiap jalur PON dari OLT dapat dibagi menjadi maksimal 32 pelanggan. Pihak penyedia layanan (*service provider*) dapat memulai dengan investasi minimum dan memperbesar skala sistem secara mereka mendapatkan lebih banyak pelanggan. Contoh perangkat GE-PON *Optical Line Termination* (OLT) dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Perangkat GE-PON *Optical Line Termination* (OLT)

▪ **Spesifikasi Perangkat GE-PON *OPTICAL LINE TERMINATION* (OLT)**

Perangkat *Optical Line Termination* (OLT) ini memiliki spesifikasi yakni kapasitas switching, temperatur operasi dan lainnya seperti pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel. 3.1 Spesifikasi Perangkat GE-PON *OPTICAL LINE TERMINATION* (OLT)

Fitur	SURPASS hiX 5430
Service Interface	(2-Port/Line card, 12-Slot) 1000Base-X GE-PON OLT per Slot 1000Base-X SFP per Slot 10/100/1000Base-TX per Slot
MAC Address	16K
VLAN	4K
Switching Capacity	48.0Gbps, 35.7Mpps
Power Supply	AC 100~240V, DC-48V, 50/60Hz, Dual AC/DC Power
Dimension [W x D x H, mm]	440 x 255 x 222 (5U Size)
Operating Temp.(⁰ C/ ⁰ F)	0~50 / 32~122
Storage Temp.(⁰ C/ ⁰ F)	-40~70 / -40~158
Operating Humidity [%]	0~90, Non-Condensing

Sumber: www.dasannetworks.com

b. GE-PON *Optical Network Terminal* (ONT)

Salah satu perangkat GE-PON ONT ini yaitu seri H635G yang dikembangkan pihak Nortel sesuai dengan standar IEEE 802.3ah dikembangkan berdasarkan teknologi E-PON (*Ethernet based PON*). E-PON teknologi mendukung kecepatan transmisi 1,25 Gbps simetris untuk *Upstream* dan *Downstream*, penggunaan bandwidth yang sangat efisien untuk *multi-service* Ethernet. Memastikan kualitas layanan yang dapat diandalkan kepada pelanggan mereka.

H635G terdiri dari 4 port untuk koneksi Ethernet 10/100Base-TX (4-Port Fast Ethernet) dan 1 E-PON port uplink. Dengan antarmuka layanan Ethernet, H635G memberikan layanan broadband 10/100Base-TX untuk terhubung ke perangkat user. Dengan fitur teknis dari 128-bit AES (*Advanced Encryption Standard*) dan VLAN (*Virtual Local Area Network*), H635G menyediakan keamanan jaringan yang canggih dan bandwidth per port. Untuk contoh perangkat GE-PON H635G dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Perangkat GE-PON *Optical Network Terminal* (ONT)

Sumber: www.dasannetworks.com

- **Spesifikasi Perangkat *Optical Network Terminal* (ONT)**

Perangkat *Optical Network Terminal* (ONT) ini memiliki spesifikasi yakni kapasitas *memory* RAM, konsumsi daya, temperatur operasi dan lainnya seperti pada Tabel 3.2 di bawah ini.

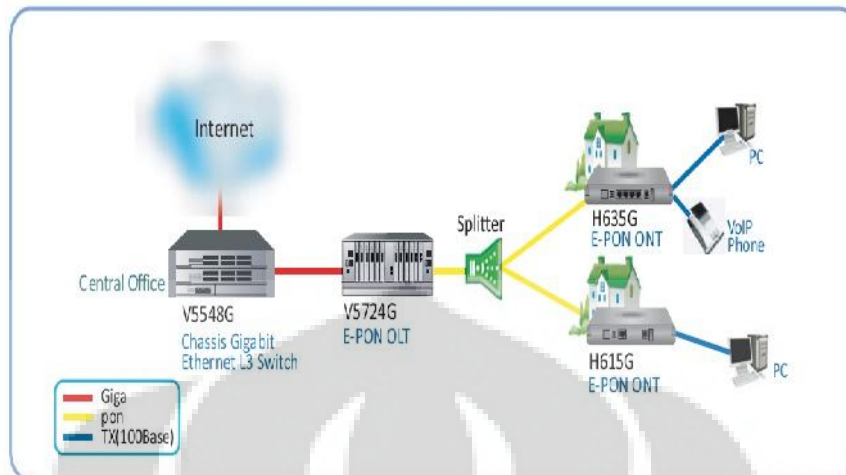
Tabel. 3.2 Spesifikasi Perangkat GE-PON *Optical Network Terminal* (ONT)

Fitur	H635G GE-PON ONT
Flash Memory	2MB
DRAM Memory	8MB
Service Port / LAN port	4-Port 10/100BASE-TX, RJ-45
Uplink Port / LINE port	1 E-PON Port (1000BASE-PX, 10km or 20km), SC/PC type
Line Surge	FCC part 68
LED	PWR, Line, Data, LAN
External Power Supply / AC Adapter	AC Input 100-240VAC, 50/60Hz DC Output 5VDC/2A
Power Consumption	Max. 6.3 W
Operating Temperature	32~122 ⁰ F (0~50 ⁰)
Storage Temperature	-4 ~ 140 ⁰ F (-20~60 ⁰ C)
Operating Humidity	0~90% (non-condensing)
Dimension [W×H×D]	170mm × 29.6mm × 125mm
Weight	0.3 kg

Sumber: QMN (*Quick-guide Manual*) H365 GE-PON *Optical Network Terminal* (ONT)
www.dasannetworks.com

- **Konfigurasi GE-PON *Optical Network Terminal* (ONT)**

Perangkat *Optical Network Terminal* (ONT) ini diletakkan di sisi *user* atau *last miles* yang berfungsi sebagai media *converter* dari kabel serat optik ke Ethernet. Gambar dibawah ini merupakan contoh konfigurasi penempatan perangkat GE-PON *Optical Network Terminal* (ONT) pada jaringan transmisi serat optik.



Gambar 3.3 Konfigurasi GE-PON *Optical Network Terminal* (ONT)

Sumber: www.dasannetworks.com

c. Rumah Kabel (RK)

Rumah kabel adalah tempat yang digunakan untuk membagi jaringan serat optik yang berasal dari OLT yang biasanya terletak di Super PoP (*Point of Presence*). Di rumah kabel ini satu *core* yang berasal dari OLT akan dibagi menjadi 4 *core* yang tiap *core* tersebut akan menjadi jalur ke setiap *Drop Point* yang ada di wilayah atau area tersebut. Pembagian RK atau rumah kabel sendiri biasanya identik dengan 1 rumah kabel untuk 1 wilayah kelurahan.



Gambar 3.4 Rumah Kabel (RK)

d. Pencerai Optik Pasif (*Passive Splitter*)

Splitter serat optik adalah alat yang digunakan untuk membagi kabel serat optik dari 1 *core* ke jumlah tertentu yang diinginkan, namun yang digunakan dalam infrastruktur FTTH di sini ialah *Splitter* dengan jenis 1x4 dan 1x8. Untuk *Splitter* berukuran 1x4 contohnya, maksudnya ialah 1 *core* kabel serat optik dapat dibagi menjadi 4 *core* kabel serat optik yang lain. *Splitter* berukuran 1x4 ialah *Splitter* yang digunakan di dalam Rumah Kabel, sedangkan untuk *Splitter* jenis 1x8 ialah kabel yang biasa digunakan pada *Drop Point*.



Gambar 3.5 *Splitter* 1x8 yang terpasang pada *Drop Point*

e. Tiang Pancang

Tiang pancang ini berfungsi sebagai tempat yang dipakai untuk meletakkan *Drop Point*. Tiang yang digunakan untuk pemasangan FTTH adalah tiang yang berukuran panjang 6 meter dan 9 meter. Tiang yang berukuran 6 meter ialah tiang yang dipakai ketika pemasangan tiangnya tidak menyebrang jalan. Sedangkan tiang yang berukuran 9 meter digunakan ketika jalur kabel *Drop Point* harus menyeberangi jalan.



Gambar 3.6 Tiang Pancang di infrastruktur FTTH

f. Drop Point



Gambar 3.7 Drop Point

Drop Point adalah alat yang digunakan untuk membagi jaringan yang berasal dari rumah kabel untuk dibagi lagi langsung menuju rumah atau tempat pelanggan. Satu *core* jaringan yang berasal dari rumah kabel akan dibagi menjadi 8 *core* yang langsung akan menuju rumah para pelanggan.



Gambar 3.8 *Drop Point* setelah dibuka

3.2 Tahapan Pembangunan Infrastruktur FTTH

Untuk pengerjaan jaringan FTTH ini dapat dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap-tahap ini dilakukan agar pembangunan jaringan FTTH sesuai dengan perencanaan yang diharapkan sehingga dapat dilaksanakan dengan efektif dan efisien. Yang dimaksud dengan pembangunan jaringan infrastruktur FTTH yang efektif dan efisien ialah agar pembangunan ini dapat menjangkau area yang cukup luas dengan meminimalkan kesalahan pada pembangunan. Karena apabila ada kesalahan pada pembangunan juga akan menimbulkan biaya yang tinggi pula, seperti diketahui yang membuat penggunaan media serat optik ini menjadi mahal ialah biaya untuk instalasinya.

Di bawah ini adalah beberapa tahap pengerjaan yang dilakukan untuk pembangunan jaringan infrastruktur FTTH.

a. Plotting Area

Dalam tahap ini pertama kali perusahaan, dalam hal ini Biznet Networks menentukan perencanaan daerah mana yang akan diinstalasi jaringan infrastruktur FTTH. Penentuan daerah yang akan diinstalasi ini biasanya ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Ketersediaan *ring backbone* yang ada di area tersebut.
2. Apakah area tersebut memiliki prospek untuk menggunakan jaringan FTTH.

Dalam *plotting area* ini biasanya juga ditentukan berapa jumlah CO (*Central Office*) yang diperlukan dalam suatu area. Biasanya 1 CO tersebut akan digunakan untuk beberapa jaringan di 1 kelurahan, dan 1 kelurahan identik dengan peletakan 1 buah RK (Rumah Kabel) yang kemudian jaringan tersebut akan disebarkan ke *drop point* yang telah direncanakan baru kemudian disalurkan ke seluruh rumah yang akan menggunakan jaringan FTTH ini.

b. Pembuatan Sket Area

Setelah dilaksanakan proses *planning* tahap pertama yaitu proses *plotting area*, kemudian dilaksanakan pembuatan proses sketsa area berdasarkan peta terbaru yang ada, baik peta yang berdasarkan hasil *survey* suatu badan yang diterbitkan dalam sebuah peta cetak maupun peta digital. Dalam sket area ini, pembuatannya langsung di spesifikasikan untuk pembuatan peta perkelurahan. Dan kemudian juga dibuat prediksi letak jalur *Backbone* serat optik, *Central Office*, Rumah Kabel, *Drop Point* hingga jumlah kabel yang diperlukan untuk area tersebut. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar pengerjaan instalasi jaringan FTTH dapat berjalan selancar dan secepat mungkin tanpa harus mengganggu sarana umum yang telah tersedia di area tersebut.

c. Survey Area

Survey biasanya akan dilakukan untuk mengetahui kondisi real di suatu area. Area yang akan diinstalasi akan diteliti dan dibandingkan dengan sket area yang telah dibuat sebelumnya, agar dapat diketahui apakah perkiraan sket yang telah dibuat sebelumnya sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Pada tahap ini biasanya akan muncul masalah dimana perkiraan yang telah dibuat dalam sket area tidak sesuai dengan kondisi nyata dilapangan.

Setelah itu baru akan dilakukan revisi terhadap sket yang telah dibuat dengan penyesuaian hasil survey pada area tersebut. Apabila revisi sket area telah dilakukan, maka pengerjaan pembangunan infrastruktur jaringan FTTH sudah dapat dilaksanakan.

d. Instalasi Awal

Pengerjaan awal dari jaringan FTTH ini dapat dibagi menjadi beberapa tahap, antara lain :

1. Pemasangan dan Instalasi *Optical Line Terminal* (OLT)

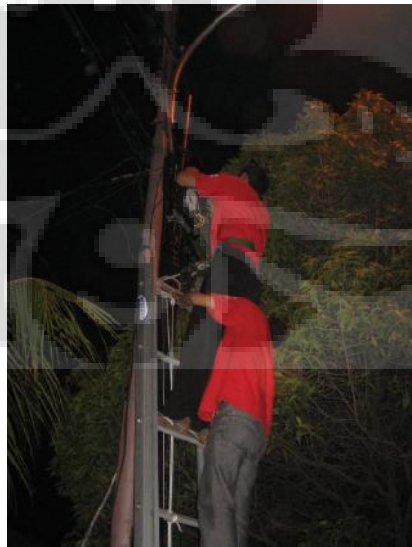
Pemasangan OLT ini biasanya dilakukan di Super PoP (*Point of Presence*). Pada OLT ini dilakukan pembagian atas tiap-tiap *core* yang digunakan diseluruh area yang telah terpasang jaringan FTTH ini.

2. Pemasangan dan Instalasi Rumah Kabel

Pemasangan Rumah Kabel ini secara fisik dilakukan sesuai dengan permintaan yang sesuai dengan plot area. Untuk pemasangannya dilakukan sesuai dengan *Job Order* yang telah diberikan.

3. Pemasangan dan instalasi Drop Point

Sama halnya dengan pemasangan dan instalasi Rumah Kabel, pada pemasangan *Drop Point* mulai dari pemasangan tiang pancang dan *Drop Point Box*. Pada *Drop Point* ini, instalasi dilakukan sesuai dengan pemesanan, jadi apabila ada pelanggan baru maka baru akan dilakukan instalasi pada *Splitter* yang ada di dalam *Drop Point Box* tersebut.



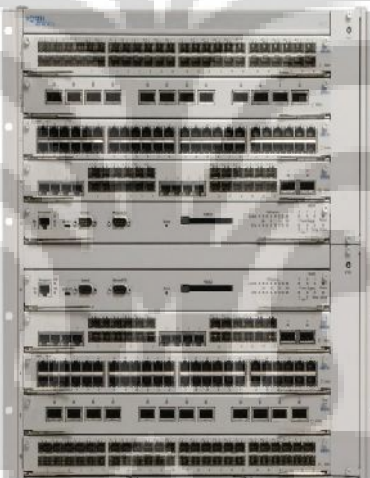
Gambar 3.9 Proses instalasi *Drop Point*

4. Pemasangan dan instalasi di *end user*

Pemasangan pada sisi pelanggan dikerjakan dengan melakukan penarikan kabel drop serat optik dari sisi *drop point* sampai ke tempat pelanggan yaitu dengan melakukan *splicing* kabel. Secara umum *splicing* adalah kegiatan untuk menyambung kabel serat optik dengan cara memadukan dua ujung kabel yang berukuran sangat tipis seukuran rambut secara presisi, dibakar pada suhu tertentu sehingga kaca meleleh tersambung tanpa bagian coated-nya ikut meleleh. Proses penyambungan ini dilakukan dengan menggunakan alat bernama *Fiber Optic Splicer*.

3.3 Infrastruktrur Jaringan Metro Ethernet

a. Core Metro Ethernet (*Metro Ethernet Routing Switch 8600*)



Gambar 3.10 Nortel Metro Ethernet Routing Switch 8600

Passport Nortel Metro Ethernet Routing Switch 8600 merupakan perangkat layer 3 (*Network Layer*) yang berfungsi untuk menyampaikan layanan berbasis Ethernet pada kawasan metro (Perkotaan). Perangkat ini mempunyai fungsi sebagai *core multi service* dengan kapasitas sistem *full duplex* 512 G dengan sistem *redundant*.

Perangkat ini sering disebut sebagai *service router* karena merupakan router yang dapat mengirimkan berbagai layanan (*multi service*) berbasis Ethernet. Perangkat ini biasanya ditempatkan pada lokasi super POP (*Point of Presence*) yang memiliki potensi traffic besar.

b. Ethernet Service Unit / Manageable Switch

Perangkat ini *Ethernet Service Unit 1800* berfungsi sebagai node akses di masing-masing *building* yang termasuk dalam ring Metro Ethernet. Dimana perangkat Ethernet Service Unit ini di desain untuk mengkonvergensi layanan *Triple Play*. Secara fisik perangkat ini di tempatkan pada lokasi agregasi antara ring serat optik di *High Rises Building* dan di sisi *subscriber* atau customer.

Perangkat Nortel *Ethernet Service Unit 1800* terdiri dari 24 10BASE-T/100BASE-TX (UTP) Fast Ethernet ports dan 2 Gigabit Ethernet (GE) trunk ports untuk interface *Small Form Factor Pluggable* (SFP) Gigabit Interface Converters (GBICs).



Gambar 3.11 Nortel Ethernet Service Unit 1800

3.4 Tahapan Pembangunan Infrastruktur *Ring Metro Ethernet*

Implementasi lainnya dari teknologi *Metro Ethernet* ini adalah pada area Gedung Bertingkat (Jaringan Metro Building) dimana menggunakan teknologi berbasis *Metro Ethernet* dengan konfigurasi "cincin". Jaringan ini mampu memperbaiki sendiri dalam 50 ms (*milisecond* atau seperseribu detik) apabila terdeteksi gangguan pada jaringan. Jaringan ini dapat melayani layanan *Triple Play* yang terdiri dari Data (Internet atau Intranet), Voice/Suara (VoIP) dan Video (Interactive TV dan Multimedia) pada jaringan yang sama tanpa menurunkan kecepatan dan kualitas layanan.

a. Melakukan Akuisisi dan Kerjasama Dengan Sebuah Gedung atau Area.

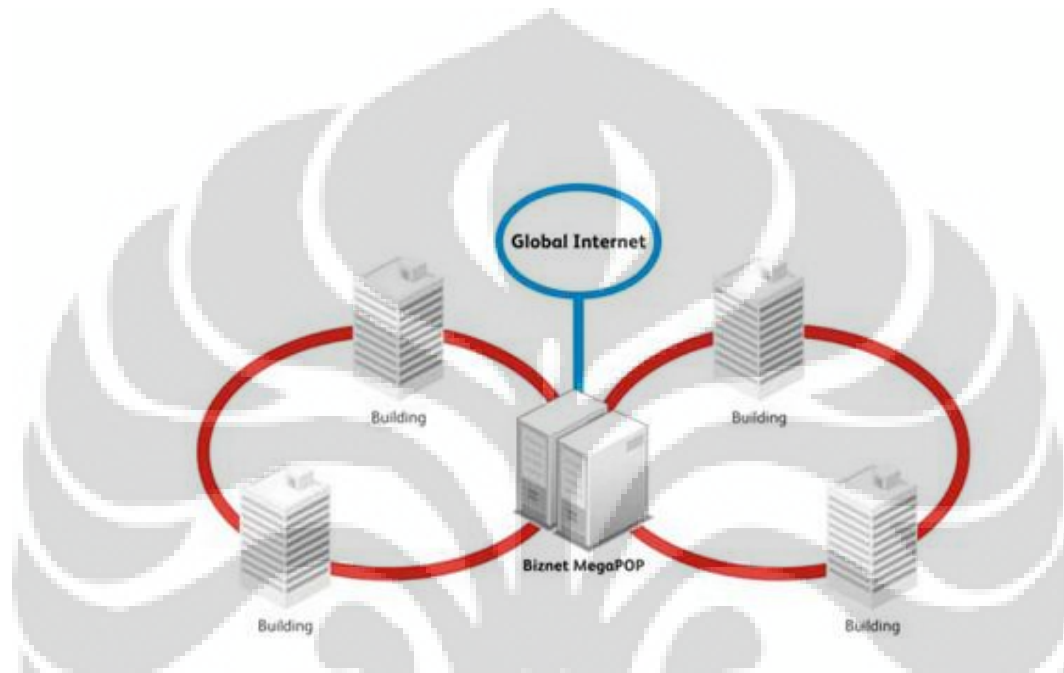
Sebagai salah satu penyedia jaringan telekomunikasi berbasis kabel (*fixed line*), provider harus memastikan layanan dapat tersedia di semua lokasi. Salah satu caranya adalah dengan melakukan akuisisi dan kerjasama dengan sebuah gedung atau area, sehingga Tim Sales bisa melakukan penetrasi lebih jauh. "Pada dasarnya, kami berhubungan dengan Building Management, Developer dan Pengurus Perumahan," ujar Ezy Fauziah, Property Relation Manager Biznet Networks.

Dengan lingkup pekerjaan tersebut dituntut memiliki kemampuan berkomunikasi dan bernegosiasi yang andal, apalagi orang yang dihadapi terdiri dari berbagai kalangan dan kepentingan. Dan hingga kini, Tim *Property Relation* Biznet Networks telah menjalin kerja sama dengan lebih dari 400 gedung dan area.

Tahapan pembangunan infrastruktur *Metro Ethernet* yang pertama-tama harus dilakukan adalah melakukan kerjasama dengan pihak Building Management di masing-masing *High Rises Building* (HRB) agar infrastruktur FTTH yang telah dibangun dapat masuk ke dalam infrastruktur dari masing-masing gedung tersebut. Yakni dengan peletakan salah satu perangkat *Metro Ethernet* yaitu *Ethernet Service Unit* (ESU) di salah satu lantai yang disediakan sebagai (*Point of Presence*) POP jaringan *Metro Ethernet Building*.

b. Melakukan Instalasi Perangkat Metro Building

Apabila kerjasama dengan pihak gedung tersebut berhasil maka tahap selanjutnya adalah mengkonfigurasi perangkat *Ethernet Service Unit* tersebut agar dapat terhubung ke jaringan Ring yang telah di rencanakan. Untuk topologi umumnya dapat terlihat pada Gambar 3.14 dibawah ini.



Gambar 3.12 Implementasi Metro-E pada FTTx (Gedung Bertingkat)

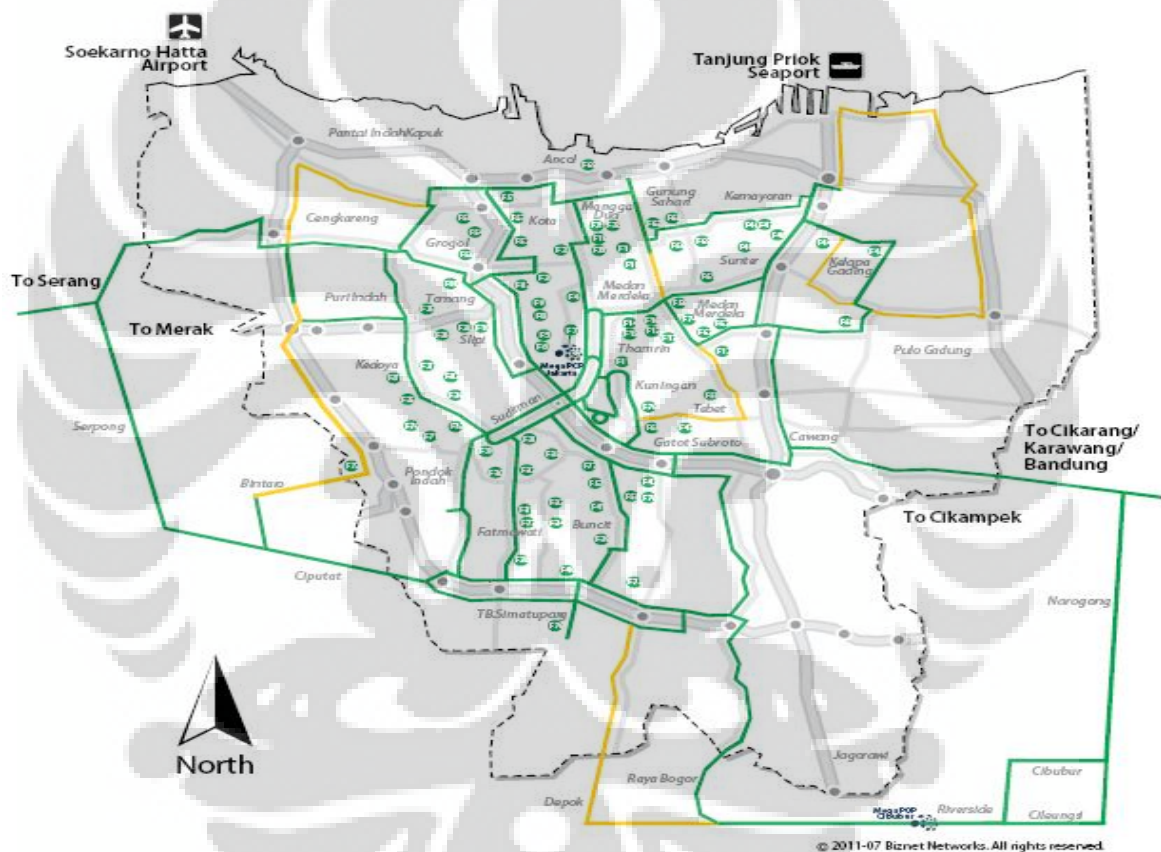
3.5 Kebutuhan kawasan pada area Sudirman s/d Tahun 2012

Kawasan Sudirman merupakan salah satu kawasan di pusat kota Jakarta yang memiliki jalur trafik terpadat baik dari sisi transaksi perdagangan, transaksi keuangan, bisnis, transportasi maupun telekomunikasi. Di area Sudirman ini berdiri beberapa gedung bertingkat atau *High Rises Building* seperti Apartemen, Hotel, Mall maupun *Office Building* yang merupakan pusat perekonomian dan perdagangan. Tentu saja kebutuhan akan akses dan infrastruktur Telekomunikasi yang cepat dan handal / *reliable* di daerah ini merupakan suatu kebutuhan dimana dituntut perencanaan yang baik dan membutuhkan perhitungan jangka panjang.

Melihat prospek kebutuhan yang besar tersebut maka salah satu perusahaan telekomunikasi dan *Internet Service Provider* yaitu Biznet Networks pada awal tahun 2005 mengembangkan jalur serat optik pertamanya di kawasan ini. Dengan

mengimplementasikan teknologi Metro Ethernet dan FTTH diharapkan kebutuhan akan infrastruktur jaringan yang andal terpenuhi di kawasan ini.

Saat ini menurut data yang ada untuk jaringan serat optik milik perusahaan ini yang sudah digelar baik di kawasan Sudirman dan seputar Jakarta sudah mencapai hampir 3000 KM dan bahkan sudah mulai memasuki beberapa kota diluar Jakarta. Berikut dibawah ini terlihat peta jalur serat optik yang sudah mengcover beberapa area di kawasan kota Jakarta.



Gambar 3.13 Peta jalur fiber optik di area Jakarta

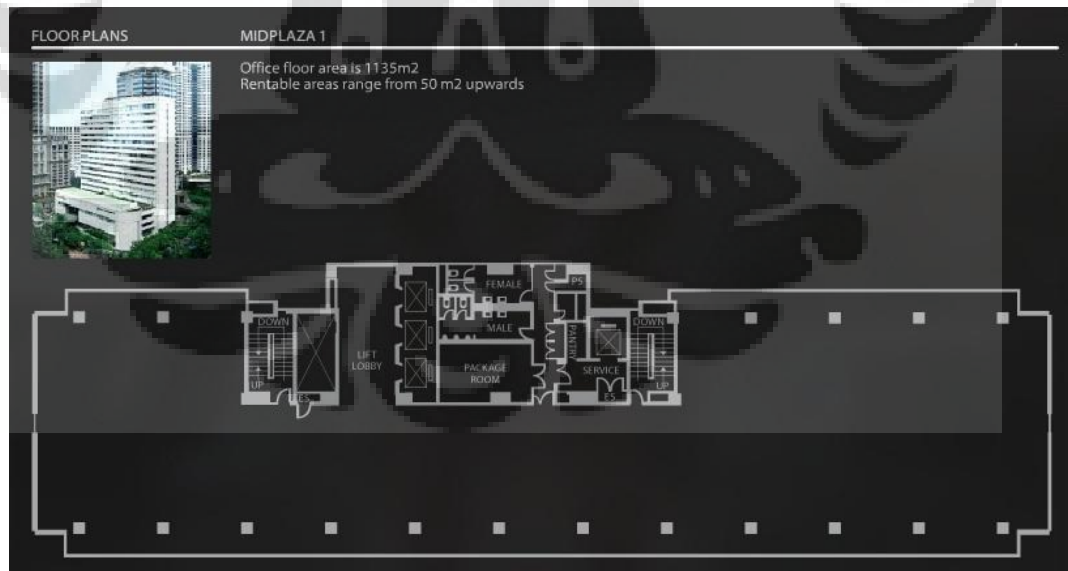
Sumber: Inspire, Quarterly Lifestyle & Technology Magazine Vol X /2 April 2012

Untuk area Sudirman sendiri saat ini sudah terhubung jalur serat optik yang sudah terkoneksi ke beberapa Apartment, Hotel, maupun Office Building. Berikut ini detail alokasi *High Rises Building* (HRB) pada Sudirman Area, Jakarta yang sudah memiliki akses serat optik didalamnya :

- Apartment : 7 Apartment
- Hotel : 1 Hotel
- Mall : 3 Mall
- Office Building : 44 Office Building

Sumber: Inspire, Quarterly Lifestyle & Technology Magazine Vol X /2 April 2012

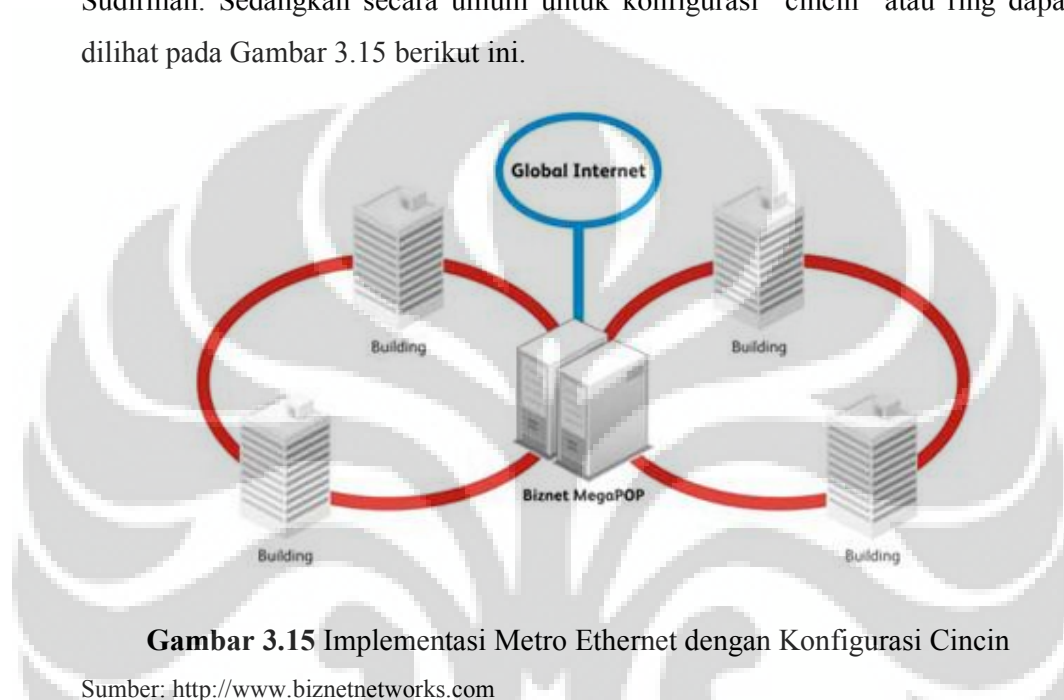
Pada Sub bab diatas diketahui bahwa topologi area di daerah Sudirman banyak terdapat Gedung-gedung perkantoran, Mall, Apartment maupun Hotel bertingkat. Pada penulisan skripsi ini akan di evaluasi dari awal pemilihan infrastruktur yang digunakan beserta implementasi yang sudah berjalan di salah satu *High Rises Building* yaitu MID Plaza 1. Latar belakang pemilihan gedung MID Plaza 1 ini dikarenakan lokasi ini merupakan *Head Quarter* atau Datacenter dari Biznet Network ini selaku penyedia jasa layanan telekomunikasi yang telah mengimplementasikan jaringan Metro FTTH di area Sudirman.



Gambar 3.14 Office Building MID Plaza 1, Sudirman

Sumber: <http://www.midplaza.com/>

Biznet Network menggelar jalur serat optik untuk area Sudirman yakni sepanjang kurang lebih 10 KM. Untuk menghubungkan koneksi serat optik yang berada di antara *High Rises Building* yang satu dengan yang lain digunakan konfigurasi “cincin” atau yang disebut Ring. Dikarenakan lokasi Ring tersebut berada di area Sudirman, maka untuk penamaannya disebut juga dengan Ring Sudirman. Sedangkan secara umum untuk konfigurasi “cincin” atau ring dapat dilihat pada Gambar 3.15 berikut ini.



Gambar 3.15 Implementasi Metro Ethernet dengan Konfigurasi Cincin

Sumber: <http://www.biznetnetworks.com>

Untuk membuat konfigurasi Ring tersebut dibutuhkan beberapa perangkat utama sebagai komponen penyusun jaringannya. Berikut ini adalah komponen-komponen yang dibutuhkan untuk membuat jaringan Metro Ethernet dengan konfigurasi cincin / ring :

1. Core Metro Ethernet / Router
2. Ethernet Service Unit / Manageable Switch
3. Media Transmisi serat optic

Metro Ethernet disusun dengan topologi Ring dengan tujuan apabila satu perangkat Metro-E yang berada pada topologi mengalami down, maka koneksi tidak akan putus begitu saja karena data dapat dilewatkan pada jalur lainnya. Alasan tersebut adalah logika yang menyangkut dari segi proteksi.

3.6 Bandwidth terpasang pada *High Rises Building* (HRB) di Sudirman

Pembangunan jaringan Metro FTTH dan Metro Ethernet ini diproyeksikan untuk pertimbangan jangka panjang. Dimulai dari awal dibangunnya infrastruktur serat optik di daerah Sudirman hingga saat ini terus mengalami perkembangan yang *significant*. Hal ini dapat diketahui dari jumlah peningkatan atau kebutuhan akan *Bandwidth* yang terus bertambah. Tabel 3.3 dibawah ini adalah hasil data yang didapat dari jumlah Bandwidth yang ada pada masing-masing *High Rises Building* yang termasuk dalam kawasan Ring Sudirman.

Tabel. 3.3 Jumlah bandwidth terpasang pada ring 1 sudirman

Ring 1		Total Bandwidth (Mbps)
ID	HIGH RISE BUILDING (HRB)	
1	Nugra Santana	175,624
2	Sona Topas	42,624
3	Daiwa Resona / Resona Perdania	10,752
4	Sentra Senayan 1	19,968
5	-	0
6	Plaza DM	50,416
7	Wisma Bumiputera	18,944
8	Graha Niaga	33,936

9	Sentra Senayan I	107,520
10	Toyota Astra Motor	1,536
11	-	0
12	Sentra Senayan II	138,752
13	The Energy (Medco)	112,568
14	Plaza Lippo	15,360
Total Bandwidth Keseluruhan		600,072

Sumber : Metro Update 2009

Dalam 1 Ring kapasitas maximum untuk Bandwitdh yang ada yaitu 1 Gbps. Berikut data perbandingan jumlah Bandwidth yang ada pada masing-masing Ring :

Tabel. 3.4 Perbandingan bandwidth terpasang dengan kapasitas bandwidth

Ring Network	Bandwidth Terpasang / Mbps	Kapasitas BW / Gbps
Ring 1	600,072	1 Gbps
Ring 2	458,248	1 Gbps
Ring 3	772,381	1 Gbps
Ring 4	1,141,632	1 Gbps
Ring 5	637,696	1 Gbps
Ring 6	1,030,378	1 Gbps
Ring 7	439,168	1 Gbps
Ring 8	411,119	1 Gbps
Ring 9	441,088	1 Gbps
Ring 10	458,496	1 Gbps
Ring 11	971,008	1 Gbps
Ring 12	254,592	1 Gbps
Ring 13	527,872	1 Gbps
Ring 14	423,936	1 Gbps
Ring 15	-	1 Gbps
Ring 16	67,840	1 Gbps
Total = 16 Ring	8595.526	16 Gbps

Sumber : Metro Update 2009

BAB 4

EVALUASI JARINGAN METRO FTTH PADA AREA SUDIRMAN

Berdasarkan pembahasan yang sudah di jelaskan sebelumnya dapat di buat evaluasi dari hasil studi lapangan dan literatur tersebut yaitu :

4.1 Aspek Pemilihan Teknologi

Dilihat dari aspek teknologi yang digunakan , implementasi dari teknologi *metro ethernet* pada jaringan akses FTTH ini merupakan teknologi yang *up-to-date* dimana dengan menggunakan konsep ini dapat memenuhi dan *deliver* kebutuhan layanan *triple-play* sampai ke sisi *end user* dalam hal ini yang terletak di area perumahan dan gedung bertingkat.

Pemilihan penggunaan GE-PON sebagai standar akses pada jaringan FTTH juga merupakan perkembangan kebutuhan layanan data dan aplikasi berbasis IP mendorong keperluan akan jaringan akses yang berkemampuan *broadband* yang memiliki kapasitas besar dan kecepatan tinggi. Teknologi GE-PON (*Gigabit Ethernet Passive Optical Network*) datang dengan menawarkan solusi atas kebutuhan tersebut.

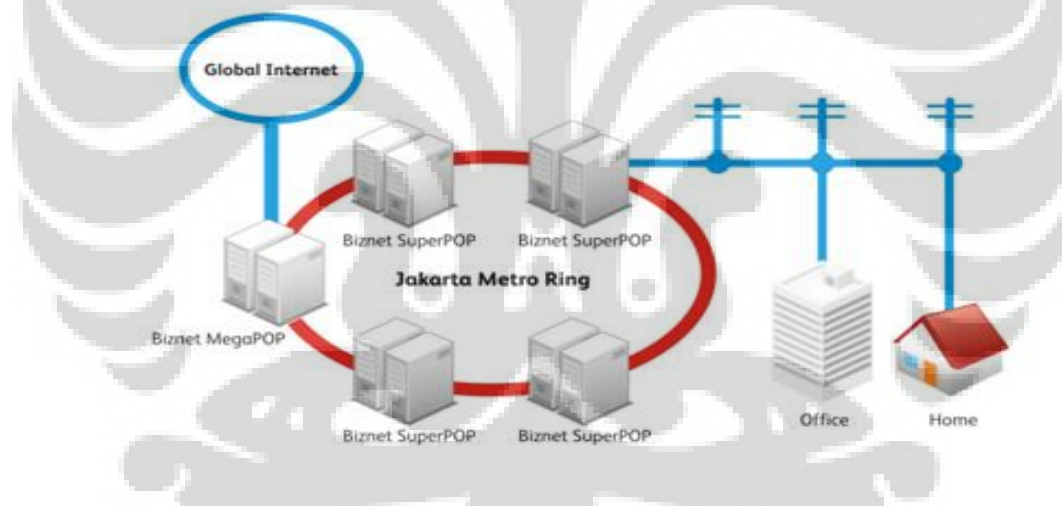
GE-PON merupakan jaringan serat optik *point-to-multipoint* yang cocok untuk diaplikasikan pada FTTH dan *Building*, di mana sebuah *fiber* optik digunakan untuk melayani beberapa pelanggan. Arsitektur PON sendiri terdiri dari OLT (*Optical Line Termination*) pada sisi *provider* dan satu atau beberapa ONU (*Optical Network Units*) pada sisi pelanggan.

Perusahaan-perusahaan besar dapat memanfaatkan teknologi tersebut untuk menghubungkan kantor-kantor cabang mereka ke dalam sistem *intranet* yang ada di dalam perusahaan tersebut. Jaringan *metro ethernet* umumnya didefinisikan sebagai *bridge* dari suatu jaringan atau menghubungkan wilayah yang terpisah juga menghubungkan LAN dan WAN atau *backbone network* yang umumnya dimiliki oleh *service provider*.

4.2 Implementasi *Metro Ethernet & Metro FTTH*

Dengan berkembangnya kebutuhan untuk layanan Internet dan aplikasi multimedia lainnya, Saat ini di Indonesia telah mulai bermunculan layanan *broadband* internet dengan menggunakan teknologi jaringan kabel *fiber* optik (*fixed line*) untuk market bisnis dan perumahan.

Salah satu implementasi dari teknologi *metro ethernet* yaitu pada area perumahan. Biasa disebut dengan jaringan Metro FTTH (*Fiber To The Home*) dimana menggunakan teknologi berbasis GE-PON yang dapat memberikan layanan *Triple Play* yang terdiri dari Data (Internet atau Intranet), Voice / Suara (VoIP) dan Video (Interactive TV dan Multimedia) didalam satu infrastruktur. Berikut contoh implementasi Metro FTTH yang sudah di aplikasikan di area Jakarta dan sekitarnya oleh salah satu provider Internet dan Telekomunikasi (ISP) Biznet Networks.



Gambar 4.1 Konfigurasi umum jaringan Metro FTTH

Sumber: <http://www.biznetnetworks.com>

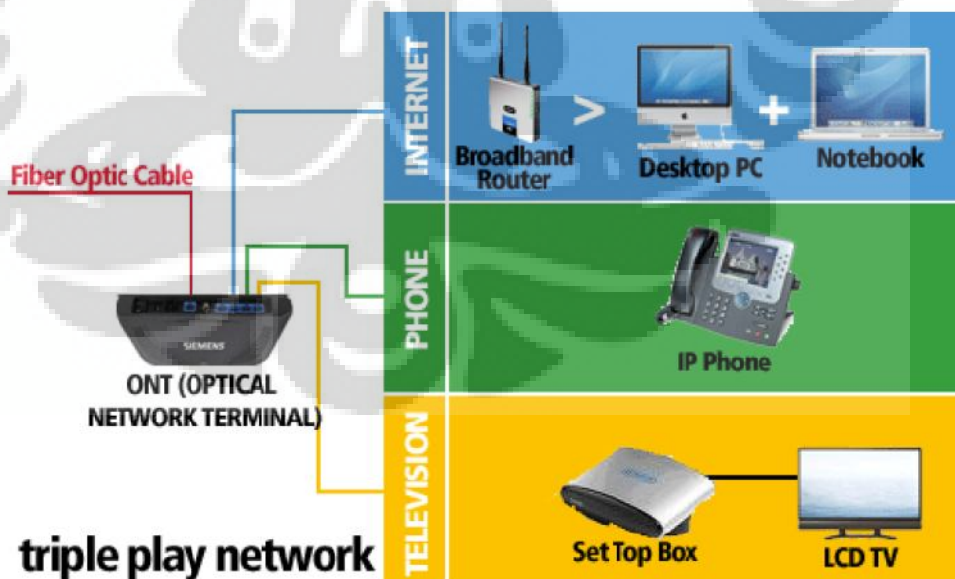
Topologi diatas menggabungkan 2 buah teknologi yaitu *Metro Ethernet* dan teknologi akses pada FTTx yaitu GE-PON untuk diaplikasikan pada area perumahan dan gedung bertingkat. Dimana secara teknis FTTH menggunakan konsep XWDM (*X – Wavelength Division Multiplexing*) dimana dalam 1 *core* serat optik terdapat 3 *lambda* (Panjang Gelombang) yang digunakan yaitu λ 1310, λ 1490 dan λ 1550). *Lambda* 1550 digunakan untuk *broadcast* TV

sedangkan λ 1310 digunakan untuk *upstream* data dan untuk λ 1490 digunakan untuk *downstream* data.

4.3 Aplikasi Layanan Metro FTTH

FTTH atau *Fiber To The Home* adalah teknologi jaringan komputer yang menggunakan serat optik sebagai media utamanya yang jaringannya dapat langsung menuju ke tempat atau kediaman pelanggan, karena pada umumnya media serat optik hanya digunakan sebagai media dalam *backbone* jaringan itu sendiri. Dengan penggunaan serat optik sebagai media utamanya, teknologi FTTH ini mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan teknologi jaringan yang masih menggunakan kabel tembaga atau bahkan teknologi *wireless*. Para pengguna FTTH ini dapat mendapatkan keunggulan antara lain :

1. Semua keunggulan yang dimiliki oleh media serat optik.
2. Data (Internet atau Intranet) dengan kualitas terbaik.
3. Layanan Voice atau suara dalam bentuk VoIP
4. Layanan Video (Interactive TV dan Multimedia) yang dikenal sebagai IPTV atau VoD (Video On Demand)



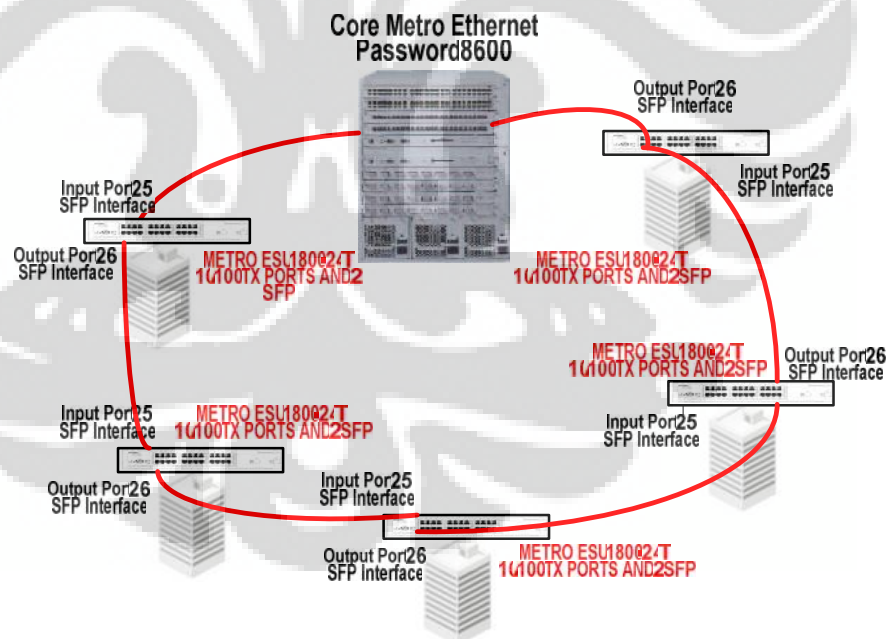
Gambar 4.2 Skema *triple play services* pada layanan Metro FTTH

Sumber: <http://www.biznetnetworks.com>

Semua kelebihan tersebut tersedia didalam satu infrastruktur. Nama FTTH atau *Fiber To The Home* sendiri yang dapat diartikan sebagai jaringan serat optik yang dikhususkan untuk rumah. Namun dalam kondisi tertentu, FTTH dapat digunakan juga untuk jaringan yang digunakan di dalam gedung. Teknologi jaringan FTTH ini sebenarnya sama dengan teknologi jaringan yang juga menggunakan serat optik sebagai medianya.

4.4 Perhitungan Kapasitas vs Kebutuhan *Bandwidth*

Dari jaringan *existing* yang ada saat ini dapat dibuat gambaran simpel jaringan beserta perhitungan kapasitas yang tersedia dengan kebutuhan *Bandwidth* hingga proyeksi beberapa tahun kedepan. Berikut ini evaluasi dari sisi banyaknya *subscriber* yang dapat di cover di dalam 1 Ring Metro Ethernet. Berikut gambaran konfigurasi Ring 1 Area sudirman yang coba penulisan gambarkan dalam bentuk topologi sederhana.

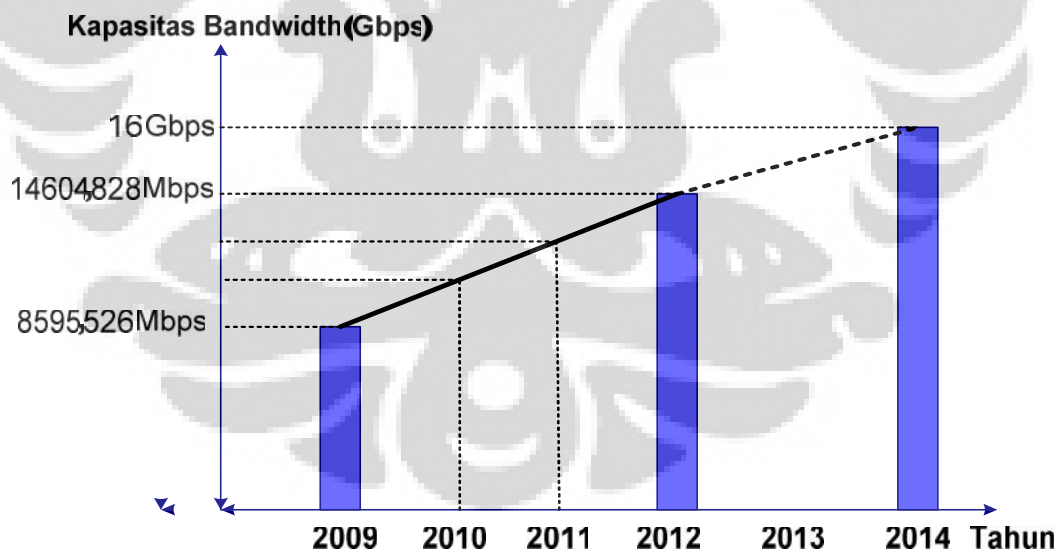


Gambar 4.3 Konfigurasi ring 1 jaringan Metro Ethernet

Dari data yang ada dapat di buat evaluasi perhitungan jumlah *subscriber* pada masing-masing *Ring Metro Ethernet*.

- Komponen di dalam 1 Ring Metro Ethernet :
 - 1 Core Metro Ethernet (Passport 8600)
 - Maximum banyaknya jumlah perangkat Ethernet Service Unit yang dapat terhubung dalam satu ring yaitu maximum 14 perangkat ESU
 - Masing-masing perangkat Ethernet Service Unit terdapat 24 port yang dalam digunakan untuk service ke subscriber
 - Sehingga total *subscriber* yang dapat tercover dalam 1 Ring yaitu :
 $24 \text{ port} \times 14 = \mathbf{336 \text{ Subscriber}}$

Mengacu pada Tabel 3.4 pada Bab sebelumnya dapat di buat grafik perkiraan pemenuhan Bandwidth hingga 2 tahun kedepan jika dilihat dari total kapasitas yang ada saat ini.



Gambar 4.4 Grafik perkiraan pemenuhan bandwidth hingga tahun 2014

Data dari grafik diatas didapat dari jumlah *Bandwidth* yang terpasang dari mulai akhir Tahun 2009 hingga awal Tahun 2012. Sedangkan dari awal tahun 2012 hingga tahun 2014 merupakan perkiraan kapasitas di perangkat yang ada saat ini akan terpasang sepenuhnya.



BAB 5

KESIMPULAN

Dari pembahasan sebelumnya terkait evaluasi jaringan *metro ethernet* dalam jaringan akses FTTH dapat di simpulkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Jaringan Metro FTTH & Metro Ethernet untuk kebutuhan kawasan di area sudirman diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan bandwidth Tahun 2014.
2. Pertumbuhan Bandwidth rata-rata pertahun dari awal 2005 hingga awal 2012 yaitu sebesar 1825 Mbps.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fujikura, Ltd.. 1982. *Introduction to Fiber Optic*. Tokyo. Japan.
- [2] Nugraha, Andi Rahman. 2006. *Serat Optik*. Jogjakarta : Penerbit Andi
- [3] Rafiudin, Rahmat. 2006. *Sistem Komunikasi Data Mutakhir*. Jogjakarta : Penerbit Andi
- [4] Metro FTTH
<http://www.biznetnetworks.com/Id/?menu=MetroFTTH>
- [5] DASAN Networks SURPASS hiX5430 Layer 3 Multi-Platform System
www.dasannetworks.com
- [6] Koonen, Ton, 2006, *Fiber to the Home/Fiber to the Premises: What, Where, and When?*, Proceedings of the IEEE 94(5): 911-934.
- [7] MATN ERTEBAT GOSTARESH, 2010
<http://www.matnertebat.com/telecom/en/introduction.html>
- [8] *Passive Optical Network*
http://en.wikipedia.org/wiki/Passive_optical_network
- [9] Green, P.E., 2006, *Fiber to the home: the new empowerment*, New Jersey: John Wiley & Sons Inc., ISBN 978-0-471-74247-0
- [10] Nortel Metro Ethernet Routing Switch 8600
www.nortel.com