



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS UNJUK KERJA ETHERNET VS NEXT
GENERATION SDH UNTUK JARINGAN METRO MASA DEPAN**

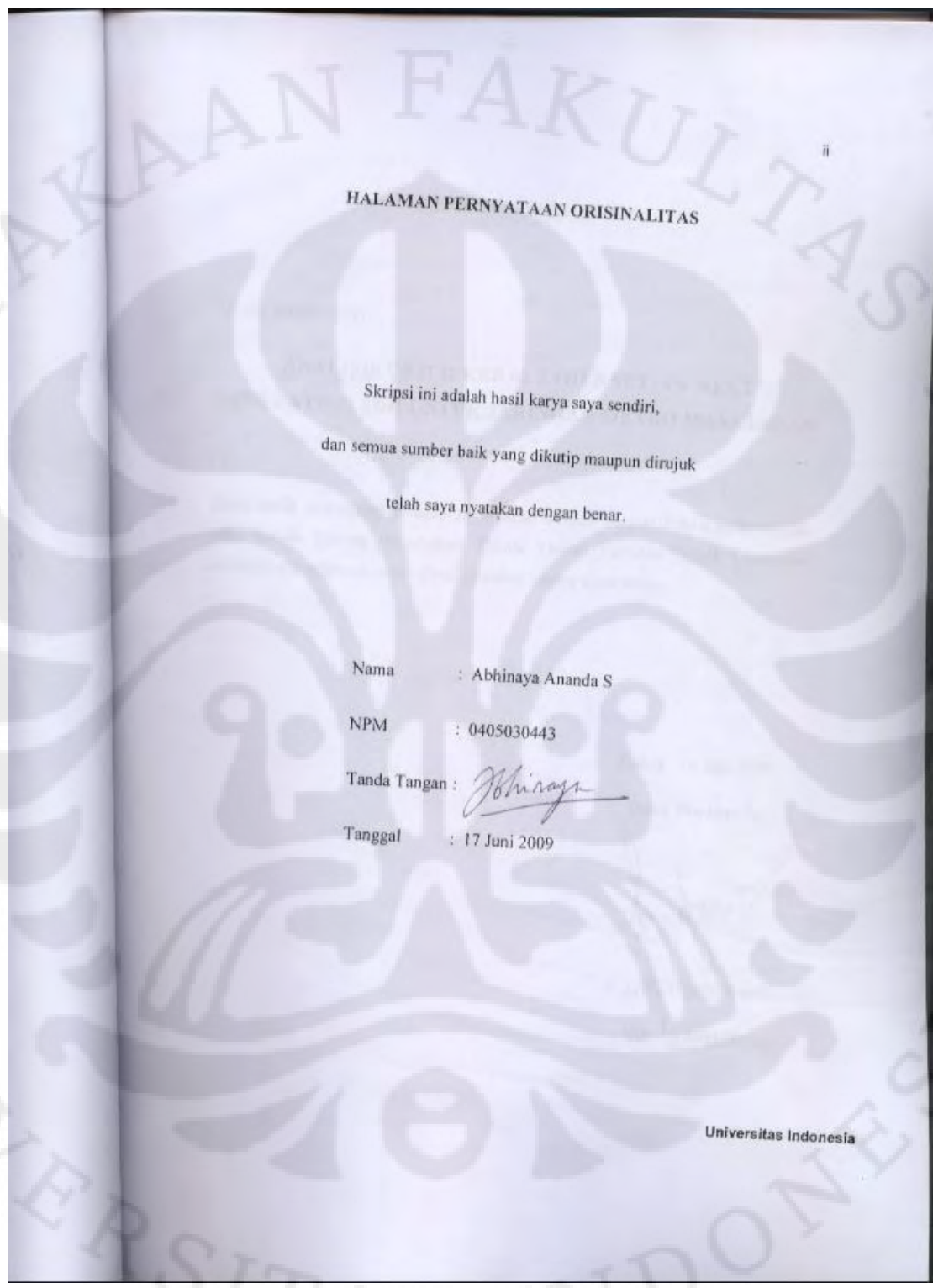
SKRIPSI

ABHINAYA ANANDA S.

04 05 03 0028

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

AGUSTUS, 2009



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Abhinaya Ananda S
NPM : 0405030443
Tanda Tangan : *Abhinaya*
Tanggal : 17 Juni 2009

Universitas Indonesia

HALAMAN PENGESAHAN

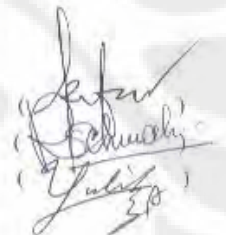
Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Abhinaya Ananda S
NPM : 0405030028
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : ANALISIS UNJUK KERJA ETHERNET VS NEXT
GENERATION SDH UNTUK JARINGAN METRO MASA
DEPAN

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 Djaubari, MT
Penguji : Ir. Rochmah N. Sukardi, M.Sc
Penguji : Fitri Yuli Zulkifli, ST, M.Sc



Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 6 Juli 2009

Universitas Indonesia

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya laporan Skripsi berjudul "Ethernet vs SDH untuk Jaringan Metro Masa Depan" ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah turut membantu dalam proses penyelesaian laporan ini, yaitu Bapak Arifin Djauhari selaku dosen pembimbing, dosen-dosen di Departemen Elektro, para pegawai di PT. TELKOM Jatinegara khususnya di Divisi Transmisi dan Divisi Multimedia yang telah membantu selama studi lapangan, teman-teman mahasiswa, orang tua, dan berbagai pihak yang turut membantu dalam penulisan laporan ini.

Penyusunan laporan Skripsi selain bertujuan untuk memenuhi persyaratan studi di Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, juga bertujuan untuk memperkenalkan 2 teknologi jaringan yang akan menjadi pembahasan bagi jaringan Metro masa mendatang. Teknologi yang akan dibandingkan adalah Ethernet dan Next Generation SDH. Teknologi Ethernet adalah teknologi yang saat ini menjadi penopang jaringan Metro sedangkan Next Generation SDH adalah teknologi baru yang masih dipertimbangkan untuk dipakai di jaringan Metro. Bagaimana perbandingan kedua teknologi jaringan tersebut?

Sebagaimana pepatah yang mengatakan, "tak ada gading yang tak retak", demikian pula penulis menyadari bahwa pada laporan Skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan dan belum sempurna sehingga kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian sangat diharapkan penulis demi kemajuan dan kebaikan bersama di masa mendatang.

Depok, Mei 2009

Penulis

Universitas Indonesia

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala Karunia dan Rahmat-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Ir. Arifin Djauhari, MT

Sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan dan diskusi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orangtua dan adik-adikku tercinta atas dukungannya selama proses penulisan skripsi ini.
2. PT. TELKOM Jatinegara yang telah memberikan kesempatan menimba ilmu sekaligus inspirasi untuk tema skripsi ini.
3. Bpk. Budhi Siswanto, Bpk. Riyanto, dan Bpk. Firman selaku Officer Divisi Multimedia PT. TELKOM JATINEGARA yang telah bersedia membagi pengetahuan dan informasi yang berkaitan dengan skripsi ini.
4. Rekan-rekan mahasiswa yang membantu terselesaikannya skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung: Hermanto Sitinjak, Wahyu Adiguna, Eman Susaka, Welman Hasiholan, Shimon Kana, Himawan Sidharta, Darius Yanthony, Ajib Setyo Arifin, FX Ferdinand, Ryan Novel, Fenny (FKUI'05), dan Natasha Pangestu (FKUI'04)
5. Teman-teman Teknik Elektro UI 2005 yang turut membantu terselesaikannya skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

vi

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Abhinaya Ananda S
NPM : 0405030028
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 :

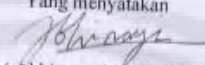
**ANALISIS UNJUK KERJA ETHERNET VS NEXT GENERATION SDH
UNTUK JARINGAN METRO MASA DEPAN**

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

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 17 Juni 2009

Yang menyatakan


(Abhinaya Ananda S)

Universitas Indonesia

ABSTRAK

Nama : Abhinaya Ananda S.

Program Studi : Teknik Elektro

Judul : ANALISIS UNJUK KERJA ETHERNET VS NEXT

GENERATION SDH UNTUK JARINGAN METRO MASA DEPAN

Skripsi ini membahas tentang perbandingan kedua teknologi jaringan pada jaringan Metro untuk masa mendatang. Kedua teknologi tersebut adalah : Metro ethernet, teknologi yang sekarang menjadi dasar implementasi jaringan, dan Next Generation SDH, teknologi yang diproyeksikan untuk digunakan berdampingan dengan Metro ethernet di jaringan Metro untuk masa mendatang. Ada beberapa aspek yang dibandingkan di antara kedua teknologi ini dan masing-masing teknologi memiliki kelebihan dan kekurangan pada aspek tertentu. Jaringan Ethernet menawarkan biaya instalasi dan pemeliharaan yang lebih murah serta memberikan layanan data yang lebih baik dibandingkan dengan jaringan network existing seperti SDH/SONET. Namun demikian, bukan berarti peranan jaringan SDH/SONET sudah habis, Saat ini telah dikembangkan teknologi baru yang berbasis SDH yang disebut Next Generation SDH, dimana menyediakan layanan-layanan Ethernet diatas jaringan SDH/SONET. Untuk saat ini, Ethernet masih mendominasi jaringan Metro sedangkan Next Generation SDH belum banyak diimplementasikan Namun melihat kebutuhan komunikasi di masa mendatang, bukan tak mungkin Next Generation SDH akan mulai banyak diimplementasikan.

Kata Kunci :

Metro Ethernet, Next Generation SDH, perbandingan, jaringan Metro

ABSTRACT

Name : Abhinaya Ananda S.

Study Program : Electrical Engineering

Title : PERFORMANCE ANALYSIS OF ETHERNET VS NEXT
GENERATION SDH FOR THE FUTURE METRO NETWORK

This final project talks about the comparison between two technologies used on Metro network in the future. They are : Metro ethernet, a technologies which becomes a basic implementation on the Metro area network, and Next Generation SDH, a technologies planned to be used together with Metro ethernet on Metro area network in the future. There are several aspects compared between this two technologies and each of them has strengths and weaknesses in certain aspects. Ethernet network offers low installation and high quality data service than existing network like SDH/SONET. But, this doesn't mean that the role of SDH/SONET is over. Nowadays, we have a new technologies based on SDH network called Next Generation SDH. This new technology provides ethernet services on the SDH?SONET network. For today, ethernet still dominates Metro network , however, Next Generation SDH is still not implemented yet. However, considering the need of communication in the future, it is not impossible that Next Generation SDH will be considered as a new strategy for Metro area network.

Keywords :

Metro Ethernet, Next Generation SDH, comparison, Metro area network

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Metode Penelitian	3
1.4. Batasan Penelitian	4
1.5. Sistematika Penulisan	4
2. ETHERNET DAN SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY (SDH)	5
2.1. Ethernet	5
2.1.1. Sejarah Perkembangan Ethernet	5
2.1.2. Jenis-jenis Ethernet	7
2.1.3. Cara Kerja Ethernet	8
2.1.4. Frame Ethernet	10
2.1.5. Topologi Jaringan Ethernet	11
2.2. Implementasi Ethernet Di Metro Area	15
2.2.1. Metro Ethernet	15
2.2.2. Layanan- layanan Ethernet	17
2.3.1. Gigabit Ethernet	17
2.3.2. Resilent Packet Ring	17
2.3.3. Ethernet Access Services	18
2.3.4. Ethernet Transport Services	18
2.3.5. Point to Point Services	19
2.3.6. Multipoint to Multipoint Services	19

2.3. Synchronous Digital Hierarchy (SDH)	20
2.3.1. Keunggulan dan kekurangan SDH	21
2.3.2. Bit Rate dan struktur frame SDH	22
2.3.3. Perangkat-perangkat dalam hierarki SDH	23
2.3.4. Sistem Jaringan Berbasis SDH	27
2.4. Next Generation SDH	28
3. ETHERNET VS NEXT SDH : ANALISIS EFISIENSI TRANSPORT, BIAYA, DAN KEMAMPUAN UPDATE	23
3.1. Efisiensi Transport Data	30
3.2. Biaya Operasional Jaringan	35
3.3. Kemampuan Update	36
4. KESIMPULAN	39
5. DAFTAR PUSTAKA	40
6. DAFTAR REFERENSI	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. Jenis-jenis Ethernet

Tabel 3.1 Perbandingan *Network Delay*

Tabel 3.2. Perbandingan *Throughput*

Tabel 3.3. Perbandingan Proteksi

Tabel 3.4. Perbandingan Efisiensi Transport Data

Tabel 3.5. Perbandingan Biaya Pembangunan

Tabel 3.6. Perbandingan Kemudahan Update

Tabel 3.7. Perbandingan Performa Total Ethernet vs Next SDH

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Koneksi Perangkat Ethernet

Gambar 2.2. Topologi Bus

Gambar 2.3. Topologi Star

Gambar 2.4. Topologi Ring

Gambar 2.5. Ruangan yang Dipenuhi Perangkat Metro Ethernet

Gambar 2.6. Konfigurasi Metro Ethernet Jakarta 2007

Gambar 2.7. Point to Point Services

Gambar 2.8. Multipoint to multipoint Services

Gambar 2.9. Perangkat SDH

Gambar 2.10. Frame SDH

Gambar 2.11. Frame Structure STM-1

Gambar 2.12. Tingkatan STM dalam SDH

Gambar 2.13. Perangkat-perangkat SDH yang menyusun STM-1

Gambar 2.14. Struktur Tingkatan Jaringan SDH

Gambar 2.15. Next Generation SDH

DAFTAR SINGKATAN

AU	: Administrative Unit
AUG	: Administrative Unit Group
DWDM	: Dense Wavelength Division Multiplexing
ELS	: Ethernet Line Services
EMS	: Ethernet Multipoint Services
ERMS	: Ethernet Relay Multipoint Service
ERS	: Ethernet Relay Services
ESCON	: Enterprise Systems Connection
EWS	: Ethernet Wire Services
HOVC	: High Order Virtual Container
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	: International Organization for Standardization
OSI	: Open System Interconnection
LOVC	: Low Order Virtual Container
MPLS	: Multiprotocol Label Switching
OTN	: Open Transport Network
PARC	: Palo Alto Research Center
PDH	: Plesiochronous Digital Hierarchy
POP	: Post Office Protocol
SDH	: Synchronous Digital Hierarchy
STM	: Synchronous Transport Module
TU	: Tributary Unit
TUG	: Tributary Unit Group
VLAN	: Virtual Local Area Network
WAN	: Wide Area Network

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada era globalisasi ini, perkembangan dunia komunikasi semakin pesat. Hal ini disebabkan kebutuhan masyarakat akan komunikasi juga semakin meningkat. Pada zaman dahulu, kegiatan komunikasi dapat dilakukan hanya dengan peralatan sederhana, misalnya telepon benang atau kentongan. Namun seiring perkembangan zaman, kegiatan komunikasi dilakukan dengan peralatan yang semakin kompleks, semakin modern, dan tentunya semakin mahal. Kegiatan komunikasi pada masa kini umumnya melibatkan peralatan listrik sehingga disebut telekomunikasi. Secara harfiah telekomunikasi berarti kegiatan komunikasi atau penyampaian informasi dari tempat yang satu ke tempat lain dengan menggunakan peralatan listrik.

Namun, seiring berkembangnya perkembangan teknologi, telekomunikasi juga terkena imbasnya. Hal ini bisa dilihat dari kegiatan komunikasi yang sudah memakai perangkat-perangkat digital. Selain itu, manajemen dan pengelolaan pelanggan juga sudah dilakukan lewat komputer sehingga bisa dikatakan sekarang ini kita sedang memasuki era komunikasi digital.

Sistem jaringan yang dipakai dalam komunikasi digital pada awalnya adalah Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH). Namun sistem ini memiliki kelemahan antara lain bit rate input dan output yang tidak sinkron serta keterbatasan area yang dapat di-cover. Oleh karena itu, mulai diperkenalkan sistem jaringan baru yaitu Synchronous Digital Hierarchy (SDH). SDH memiliki beberapa kelebihan yang dianggap bias menggantikan PDH. Oleh karena itu, saat ini semua penyelenggara telekomunikasi menggunakan SDH sebagai basis sistem jaringannya.

Hal lain yang menjadi ciri khas dalam komunikasi digital adalah penggunaan komputer dalam proses manajemen, pengelolaan, dan monitoring baik untuk sistem maupun pelanggan. Penggunaan komputer dalam jumlah cukup banyak ini biasanya terpusat di ruang sentral dalam suatu Sentral Telepon. Ruang sentral bisa dikatakan sebagai pusat operasional dalam suatu sentral telepon karena dari ruang sentral inilah kegiatan komunikasi, khususnya kegiatan transmisi, dilakukan.

Untuk menghubungkan perangkat pada ruang sentral ke seluruh bagian dalam sentral telepon dibutuhkan suatu system perkabelan yang sangat baik. Tidak hanya di dalam sebuah sentral telepon saja, untuk konfigurasi transmisi antar sentral telepon pun dibutuhkan suatu system perkabelan yang baik. Pada awalnya, system perkabelan ditangani secara manual sehingga seringkali terjadi kerumitan pada sambungan akibat kabel yang saling berbelit atau crosstalk yang terjadi pada kabel.

Pada awal tahun 1972, Robert Metcalfe dan David Boggs dari Xerox Palo Alto Research Center mulai mengembangkan Ethernet sebagai suatu skenario system perkabelan dan pemrosesan sinyal untuk data jaringan komputer. Penggunaan Ethernet dimaksudkan untuk menggantikan system perkabelan secara manual yang memiliki banyak kelemahan antara lain kerumitan dalam instalasi, kabel-kabel yang saling berbelit, dan sulitnya membereskan kabel jika terjadi gangguan seperti kebakaran. Di sisi lain, perangkat Ethernet sudah mengalami modifikasi sedemikian rupa sehingga dapat menjalankan fungsi perangkat lain dalam sistem telekomunikasi antara lain sebagai *router* dan *switching*. Dengan penggunaan Ethernet, penyelenggara telekomunikasi bisa lebih menghemat biaya perangkat dan juga biaya instalasi karena dengan satu perangkat kita bias menjalankan 2 fungsi perangkat.[1]

Untuk ke depannya, pihak penyelenggara telekomunikasi mulai merencanakan untuk membuat sebuah teknologi baru pada jaringan transmisi di area Metropolitan (Metro area) yakni Next Generation SDH. Pada teknologi ini, pihak penyelenggara telekomunikasi akan menyediakan layanan-layanan Ethernet di atas jaringan SDH/SONET. Pengembangan solusi Next Generation SDH utamanya didorong operator-operator yang telah memiliki infrastruktur SDH. Mereka

menginginkan jalan yang lebih efisien untuk menyediakan layanan data lewat jaringan existing tanpa memerlukan biaya besar dan masih memanfaatkan *network existing*. Pro kontra implementasi Metro dengan Ethernet atau *Next-Generation SDH* selalu muncul terutama menyangkut masalah interoperability, penggelaran dan pemeliharaan. Berdasarkan parameter tersebut, diharapkan dapat menjawab dua pertanyaan. Apakah Ethernet memang benar-benar superior dan akan menggantikan jaringan SDH di Metropolitan data transfer?

1.2. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan laporan skripsi ini adalah untuk membandingkan 2 teknologi yang akan diterapkan pada jaringan Metro untuk ke depannya, yaitu : Metro Ethernet dan Next Generation SDH. Perbandingan kedua teknologi tersebut dilakukan terhadap 3 parameter yaitu : efisiensi transport data, biaya operasional, dan kemudahan kemampuan update. Pada bagian akhir laporan, penulis juga memberikan rekomendasi tentang Next Generation SDH sebagai suatu solusi yang layak dipertimbangkan untuk diimplementasikan pada jaringan Metro di masa mendatang.

1.3. Metode Penulisan

Metode yang digunakan penulis dalam penulisan laporan skripsi ini adalah melalui metode survey lapangan dan pengumpulan referensi. Penulis telah melakukan survey secara langsung di lapangan, dalam hal ini di Sentral Telepon Otomatis, melalui kegiatan kerja praktek di PT. Telkom Jatinegara pada periode 1 Juli s/d 1 Agustus 2008. Kemudian, penulis mengumpulkan referensi dari berbagai sumber untuk melengkapi bahan laporan skripsi ini.

1.4. Batasan Penelitian

Studi ini akan membahas tentang perbandingan 2 teknologi jaringan yang akan diimplementasikan pada jaringan Metro masa depan, yaitu : Ethernet dan Next Generation SDH. Adapun aspek-aspek yang dibandingkan dari kedua teknologi tersebut adalah : efisiensi transport data, biaya operasional jaringan, dan kemampuan update.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

- **BAB 1 PENDAHULUAN**
Bab ini berisi tentang latar belakang masalah yang dihadapi sekaligus proses awal penulisan skripsi ini.
- **BAB 2 ETHERNET dan SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY (SDH)**
Bab ini membahas tentang Ethernet dan Synchronous Digital Hierarchy (SDH) sebagai 2 teknologi yang diimplementasikan pada jaringan telekomunikasi saat ini. Pada bab ini juga akan dibahas layanan-layanan yang ditawarkan oleh Ethernet, dua di antaranya yang paling utama adalah Gigabit Ethernet dan Resilient Packet Ring. Terakhir, pada bab ini dibahas mengenai Next Generation SDH.
- **BAB 3 ETHERNET vs NEXT SDH: ANALISIS EFISIENSI TRANSPORT, BIAYA, DAN KEMAMPUAN UPDATE**
Pada bab ini akan dibahas perbandingan kedua teknologi tersebut pada beberapa aspek yang diakhiri analisis penulis terhadap kelebihan dan kekurangan masing-masing teknologi.
- **BAB 4 KESIMPULAN**
Bagian ini berisi kesimpulan yang penulis buat tentang skripsi ini, sekaligus saran yang diberikan penulis mengenai penggunaan kedua teknologi tersebut.

BAB 2

ETHERNET DAN SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY (SDH)

2.1. ETHERNET

Ethernet merupakan sebuah teknologi yang sudah dikenal oleh masyarakat luas sebagai *interface* yang digunakan untuk konektivitas perangkat computer maupun *laptop*, hampir di setiap jaringan *LAN (Local Area Network)* di seluruh dunia. Selain karena harganya yang sangat terjangkau, teknologi Ethernet sangat mudah diadaptasi oleh perangkat seperti modem, *printer*, *scanner*, *faksimile*, *VoIP phone*, serta perangkat teknologi informasi lainnya

2.1.1. Sejarah Perkembangan Ethernet

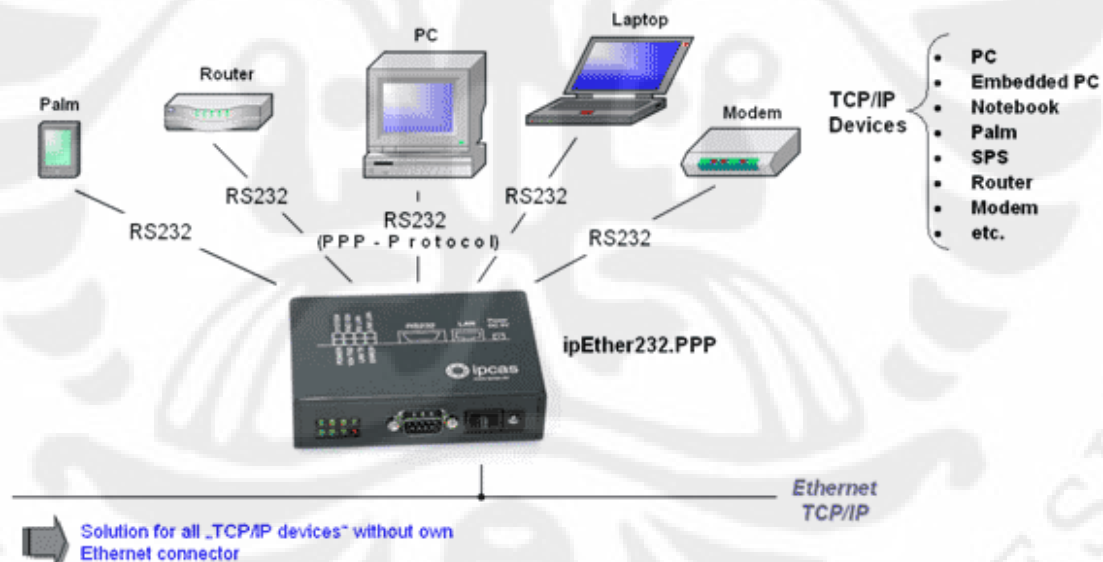
Ethernet adalah jenis skenario perkabelan dan pemrosesan sinyal untuk data jaringan komputer yang dikembangkan oleh Robert Metcalfe dan David Boggs di Xerox Palo Alto Research Center (PARC) pada tahun 1972. Ethernet awalnya didasarkan pada ide komunikasi dengan komputer melalui pembagian kabel coaxial yang menjadi medium transmisi broadcast. Metode yang digunakan mempunyai sedikit persamaan dengan system radio, meskipun ada sedikit perbedaan yang cukup fundamental seperti fakta bahwa lebih mudah mendeteksi adanya pelilitan pada kabel system broadcast dibanding pada radio broadcast. Kabel yang biasa digunakan untuk kanal komunikasi sedikit mirip dengan ether dan dari istilah tersebut nama “Ethernet” mulai dikemukakan. [1]

Versi awal Xerox Ethernet dikeluarkan pada tahun 1975 dan di desain untuk menyambungkan 100 komputer pada kecepatan 2,94 megabit per detik melalui kabel

sepanjang satu kilometer. Disain tersebut menjadi sedemikian sukses di masa itu sehingga Xerox, Intel dan *Digital Equipment Corporation* (DEC) mengeluarkan standar Ethernet 10 Mbps yang banyak digunakan pada jaringan komputer saat ini. Selain itu, terdapat standar Ethernet dengan kecepatan 100Mbps yang dikenal sebagai Fast Ethernet. [1]

Asal Ethernet bermula dari sebuah pengembangan WAN di University of Hawaii pada akhir tahun 1960 yang dikenal dengan nama "ALOHA". Universitas tersebut memiliki daerah geografis kampus yang luas dan berkeinginan untuk menghubungkan komputer-komputer yang tersebar di kampus tersebut menjadi sebuah jaringan komputer kampus.

Pada gambar 2.1. dapat dilihat bagaimana koneksi sebuah perangkat Ethernet dengan berbagai perangkat multimedia.



Gambar 2.1. Koneksi Perangkat Ethernet [2]

Sejak periode awal Ethernet yang masih dikonsep secara sederhana, Ethernet terus berkembang menjadi teknologi jaringan yang semakin kompleks yang sekarang mendasari kebanyakan Local Area Network (LAN). Jaringan yang dulunya menggunakan kabel coaxial telah digantikan oleh Ethernet hubs atau switch untuk mengurangi biaya instalasi, meningkatkan reabilitas, dan memampukan manajemen dan troubleshooting secara point-to-point. StarLAN merupakan langkah awal evolusi Ethernet dari kabel coaxial menjadi system jaringan yang berpusat pada hub. Penerapan system seperti ini secara drastic menurunkan biaya instalasi dibanding dengan teknologi lainnya termasuk teknologi Ethernet terdahulu. [1]

Proses standardisasi teknologi Ethernet akhirnya disetujui pada tahun 1985 oleh Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), dengan sebuah standar yang dikenal dengan Project 802. Standar IEEE selanjutnya diadopsi oleh International Organization for Standardization (ISO), sehingga menjadikannya sebuah standar internasional dan mendunia yang ditujukan untuk membentuk jaringan komputer. Karena kesederhanaan dan keandalannya, Ethernet pun dapat bertahan hingga saat ini, dan bahkan menjadi arsitektur jaringan yang paling banyak digunakan. [1]

2.1.2. Jenis – jenis Ethernet

Jika dilihat dari kecepatannya, Ethernet terbagi menjadi empat jenis, yakni sebagai berikut:

- 10 Mbit/detik, yang sering disebut sebagai Ethernet saja (standar yang digunakan: 10Base2, 10Base5, 10BaseT, 10BaseF)
- 100 Mbit/detik, yang sering disebut sebagai Fast Ethernet (standar yang digunakan: 100BaseFX, 100BaseT, 100BaseT4, 100BaseTX)

- 1000 Mbit/detik atau 1 Gbit/detik, yang sering disebut sebagai Gigabit Ethernet (standar yang digunakan: 1000BaseCX, 1000BaseLX, 1000BaseSX, 1000BaseT).
- 10000 Mbit/detik atau 10 Gbit/detik. Standar ini belum banyak diimplementasikan.

Tabel 2. Jenis-jenis Ethernet [1]

Kecepatan	Standar	Spesifikasi IEEE	Nama
10 Mbit/detik	10Base2, 10Base5, 10BaseF, 10BaseT	IEEE 802.3	Ethernet
100 Mbit/detik	100BaseFX, 100BaseT, 100BaseT4, 100BaseTX	IEEE 802.3u	Fast Ethernet
1000 Mbit/detik	1000BaseCX, 1000BaseLX, 1000BaseSX, 1000BaseT	IEEE 802.3z	Gigabit Ethernet
10000 Mbit/detik			

2.1.3. Cara Kerja Ethernet

Spesifikasi Ethernet mendefinisikan fungsi-fungsi yang terjadi pada lapisan fisik dan lapisan data-link dalam model referensi jaringan tujuh lapis OSI, dan cara pembuatan paket data ke dalam frame sebelum ditransmisikan di atas kabel.

Ethernet merupakan sebuah teknologi jaringan yang menggunakan metode transmisi Baseband yang mengirim sinyalnya secara serial 1 bit pada satu waktu. Ethernet beroperasi dalam modus half-duplex, yang berarti setiap *station* dapat menerima atau mengirim data tapi tidak dapat melakukan keduanya secara sekaligus. Fast Ethernet serta Gigabit Ethernet dapat bekerja dalam modus *full-duplex* atau *half-duplex*.^[1]

Ethernet menggunakan metode kontrol akses media Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection untuk menentukan *station* mana yang dapat mentransmisikan data pada waktu tertentu melalui media yang digunakan. Dalam jaringan yang menggunakan teknologi Ethernet, setiap komputer akan "mendengar" terlebih dahulu sebelum "berbicara", artinya mereka akan melihat kondisi jaringan apakah tidak ada komputer lain yang sedang mentransmisikan data. Jika tidak ada komputer yang sedang mentransmisikan data, maka setiap komputer yang mau mengirimkan data dapat mencoba untuk mengambil alih jaringan untuk mentransmisikan sinyal. Sehingga, dapat dikatakan bahwa jaringan yang menggunakan teknologi Ethernet adalah jaringan yang dibuat berdasarkan basis First-Come, First-Served, daripada melimpahkan kontrol sinyal kepada Master Station seperti dalam teknologi jaringan lainnya.^[1]

Jika dua *station* hendak mencoba untuk mentransmisikan data pada waktu yang sama, maka kemungkinan akan terjadi *collision* (kolisi/tabrakan), yang akan mengakibatkan dua *station* tersebut menghentikan transmisi data, sebelum akhirnya mencoba untuk mengirimkannya lagi pada interval waktu yang acak (yang diukur dengan satuan milidetik). Semakin banyak *station* dalam sebuah jaringan Ethernet, akan mengakibatkan jumlah kolisi yang semakin besar pula dan kinerja jaringan pun akan menjadi buruk. Kinerja Ethernet yang seharusnya 10 Mbit/detik, jika dalam jaringan terpasang 100 node, umumnya hanya menghasilkan kinerja yang berkisar antara 40% hingga 55% dari bandwidth yang diharapkan (10 Mbit/detik). Salah satu

cara untuk menghadapi masalah ini adalah dengan menggunakan Switch Ethernet untuk melakukan segmentasi terhadap jaringan Ethernet ke dalam beberapa collision domain.[1]

2.1.4. Frame Ethernet

Ethernet mentransmisikan data melalui kabel jaringan dalam bentuk paket-paket data yang disebut dengan **Ethernet Frame**. Sebuah Ethernet frame memiliki ukuran minimum 64 byte, dan maksimum 1518 byte dengan 18 byte di antaranya digunakan sebagai informasi mengenai alamat sumber, alamat tujuan, protokol jaringan yang digunakan, dan beberapa informasi lainnya yang disimpan dalam *header* serta *trailer (footer)*. Dengan kata lain, maksimum jumlah data yang dapat ditransmisikan (*payload*) dalam satu buah frame adalah 1500 byte.[1]

Ethernet menggunakan beberapa metode untuk melakukan enkapsulasi paket data menjadi Ethernet frame, yakni sebagai berikut:

- **Ethernet II** (yang digunakan untuk TCP/IP)
- **Ethernet 802.3** (atau dikenal sebagai **Raw 802.3** dalam sistem jaringan Novell, dan digunakan untuk berkomunikasi dengan Novell NetWare versi 3.11 atau yang sebelumnya)
- **Ethernet 802.2** (juga dikenal sebagai **Ethernet 802.3/802.2 without Subnetwork Access Protocol**, dan digunakan untuk konektivitas dengan Novell NetWare 3.12 dan selanjutnya)
- **Ethernet SNAP** (juga dikenal sebagai **Ethernet 802.3/802.2 with SNAP**, dan dibuat sebagai kompatibilitas dengan sistem Macintosh yang menjalankan TCP/IP)

Sayangnya, setiap format frame Ethernet di atas tidak saling cocok/kompatibel satu dengan lainnya, sehingga menyulitkan instalasi jaringan yang bersifat heterogen. Untuk mengatasinya, lakukan konfigurasi terhadap protokol yang digunakan via sistem operasi.[1]

2.1.5. Topologi Jaringan Ethernet

Ethernet dapat menggunakan topologi jaringan fisik apa saja (bisa berupa topologi bus, topologi ring, topologi star atau topologi mesh) serta jenis kabel yang digunakan (bisa berupa kabel koaksial (bisa berupa *Thicknet* atau *Thinnet*), kabel tembaga (kabel UTP atau kabel STP), atau kabel serat optik). Meskipun demikian, *topologi star* lebih disukai. Secara umum, semua jaringan Ethernet menggunakan topologi bus sehingga satu *node* akan menaruh sebuah sinyal di atas bus dan sinyal tersebut akan mengalir ke semua node lainnya yang terhubung ke bus.

Berikut ini akan dibahas 3 macam topologi jaringan yang ada yaitu :

2.1.5.1. Bus

Topologi bus ini merupakan topologi yang banyak digunakan di awal penggunaan jaringan telekomunikasi karena topologi yang paling sederhana dibandingkan dengan topologi lainnya. Jika sentral dihubungkan antara satu dengan lainnya dengan membentuk seperti barisan melalui satu single kabel maka sudah bisa disebut menggunakan topologi bus.

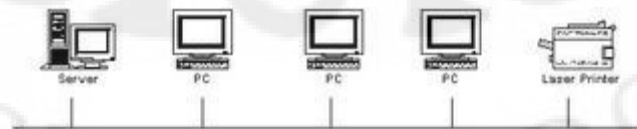
Dalam topologi ini dalam satu saat, hanya satu sentral yang dapat mengirimkan data yang berupa sinyal elektronik ke semua telekomunikasi dalam jaringan tersebut dan hanya akan diterima oleh sentral yang dituju. Karena hanya satu sentral saja yang dapat mengirimkan data dalam satu saat, maka jumlah sentral sangat berpengaruh

dalam unjuk kerja karena semakin banyak jumlah sentral maka semakin banyak sentral yang akan menunggu giliran untuk bisa mengirim data dan dampaknya pada jaringan adalah unjuk kerja jaringan akan menjadi lambat. Sinyal yang dikirimkan oleh satu sentral akan dikirim ke seluruh sentral dari ujung satu sampai ujung lainnya.

Jika sinyal diperbolehkan untuk terkirim terus menerus tanpa bisa di-interrupt atau dihentikan, dalam arti jika sinyal sudah sampai di ujung maka dia akan berbalik arah, hal ini akan mencegah sentral lain untuk bisa mengirim data, karena untuk bisa mengirim data jaringan bus harus bebas dari sinyal-sinyal. Untuk mencegah sinyal bisa terus menerus aktif (bouncing) diperlukan adanya terminator, di mana ujung dari kabel yang menghubungkan titik-titik tersebut harus di-terminate untuk menghentikan sinyal dari bouncing (berbalik) dan menyerap (absorb) sinyal bebas sehingga membersihkan kabel tersebut dari sinyal-sinyal bebas dan telekomunikasi lain bisa mengirim data.

Dalam topologi bus ada satu kelemahan yang sangat mengganggu kerja dari semua sentral yaitu jika terjadi masalah dengan kabel dalam satu sentral (ingat topologi bus menggunakan satu kabel menghubungkan sentral) misalnya kabel putus maka semua jaringan telekomunikasi akan terganggu dan tidak bisa berkomunikasi antar satu dengan lainnya atau istilahnya 'down'. Begitu pula jika salah satu ujung tidak diterminasi, sinyal akan berbalik (bounce) dan seluruh jaringan akan terpengaruh meskipun masing-masing sentral masih dapat berdiri sendiri (stand alone) tetapi tidak dapat berkomunikasi satu sama lain.

Pada gambar 2.2. dapat dilihat bagaimana berbagai station terhubung satu sama lain dalam topologi bus



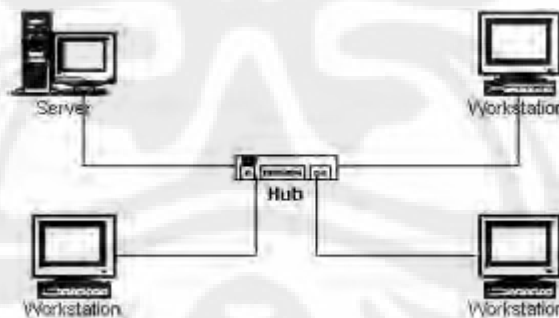
Gambar 2.2. Topologi Bus [1]

2.1.5.2. Star

Topologi ini paling banyak digunakan dalam jaringan telekomunikasi saat ini. Untuk jenis star ini semua sentral dihubungkan ke satu alat yang dinamakan hub. Semua sentral saling berkirim data berupa sinyal elektronik melalui hub ini. Topologi ini awalnya digunakan dalam sistem mainframe. Jaringan star memberikan manajemen sumber daya (resource) secara sentral, namun dibandingkan dengan jenis bus, star ini memerlukan lebih banyak kabel karena tiap sentral dihubungkan ke hub, semakin banyak jumlah sentral yang akan dihubungkan ke jaringan maka semakin banyak pula kabel dan port yang ada di hub.

Kelemahan dari star ini juga adalah jika terjadi masalah dengan hub maka seluruh aktivitas jaringan akan ikut terganggu. Namun jika salah satu kabel terputus yang menghubungkan sentral dengan hub, maka yang mengalami masalah hanyalah pada sentral tersebut saja, sentral lain tetap dapat saling berkirim data (bandingkan dengan bentuk bus di atas).

Pada gambar 2.3. dapat dilihat bagaimana beberapa station yang dihubungkan dengan sebuah hub sehingga membentuk topologi star.



Gambar 2.3. Topologi Star [1]

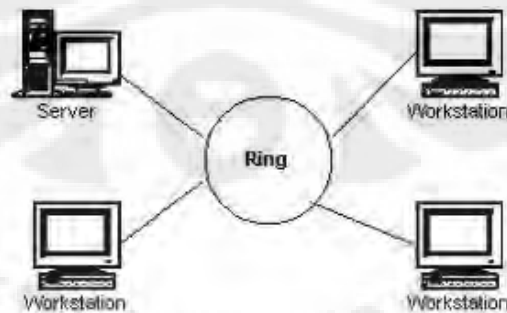
2.1.5.3. Ring

Topologi ring menghubungkan sentral dalam satu bentuk lingkaran kabel. Sinyal yang dikirim akan berkeliling dalam satu arah dan melalui tiap sentral. Tiap sentral dalam topologi ring ini akan berfungsi juga sebagai repeater (penguat sinyal) dan mengirimkan sinyal ke sentral di sebelahnya. Karena tiap sinyal melalui tiap sentral, maka jika satu sentral mengalami masalah dapat berpengaruh ke seluruh jaringan.

Metode yang digunakan dalam mengirim data dalam ring dinamakan "token passing". Token ini dikirim dari sentral satu ke yang lain sampai ke sentral yang dituju. Sentral yang mengirimkan token akan memodifikasi token tersebut, menambahkan alamat pada data dan mengirimkannya. Sentral yang dituju atau yang menerima akan mengirimkan pesan bahwa data telah diterima setelah diverifikasi dengan membuat token baru dan dikirim ke jaringan.

Walaupun terlihat proses pengiriman token ini akan memakan waktu yang lama, sebenarnya tidak karena token ini bekerja dengan kecepatan cahaya. Sebuah token dapat berkeliling lingkaran (ring) sejauh 200 meter sebanyak 10,000 kali dalam satu detik.

Pada gambar 2.4. dapat dilihat bagaimana beberapa station terhubung secara melingkar membentuk topologi cincin.



Gambar 2.4. Topologi Ring [1]

2.2. IMPLEMENTASI ETHERNET DI METRO AREA

2.2.1. Metro Ethernet

Sejalan dengan perkembangan teknologi dan semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan layanan komunikasi data, teknologi Ethernet juga digunakan sebagai *interface* dari layanan *broadband data communication*, yang lebih dikenal dengannama Metro Ethernet. Ditinjau dari definisinya, Metro Ethernet merupakan teknologi jaringan Ethernet yang diimplementasikan di sebuah *Metropolitan area*. Perusahaan-perusahaan besar dapat memanfaatkan teknologi tersebut untuk menghubungkan kantor-kantor cabang mereka ke dalam sistem *intranet* yang ada. [2]

Pada gambar 2.5. dapat dilihat kondisi sebuah ruangan yang dipenuhi oleh perangkat Ethernet



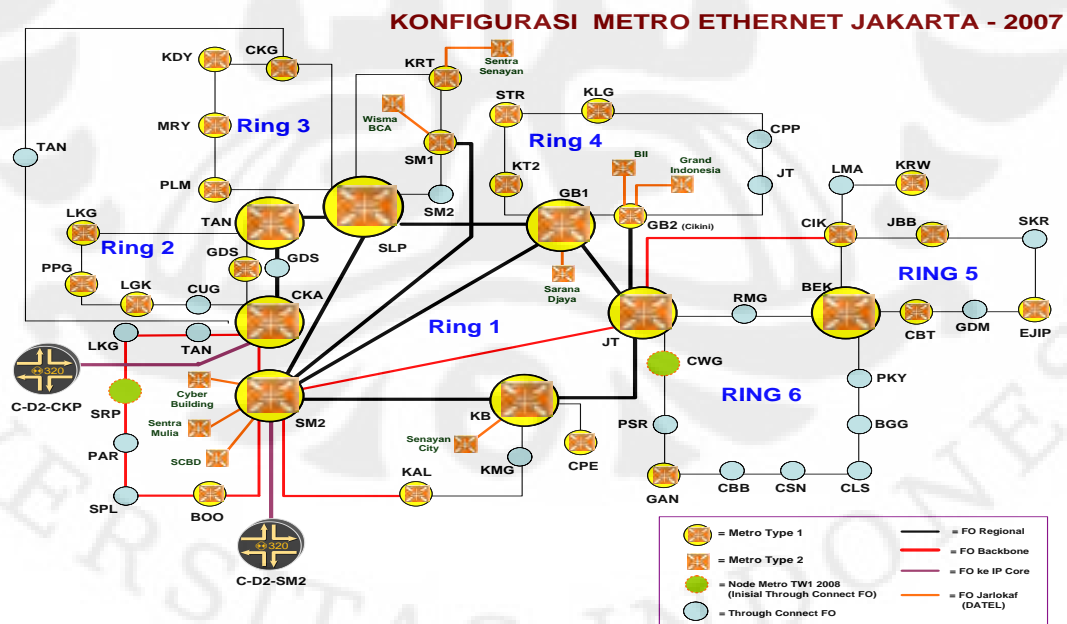
Gambar 2.5. Ruangan yang Dipenuhi Perangkat Metro Ethernet [2]

Jaringan penyedia layanan Metro Ethernet secara umum merupakan kumpulan switch atau router berlapis dua atau tiga yang dihubungkan dengan fiber optic. Bentuk topologinya dapat berupa ring, hub-and-spoke (bintang), mesh penuh atau

sebagian. Jaringan Metro Ethernet juga memiliki hierarki, yaitu: core, distribusi dan akses. Bentuk core dalam kebanyakan kasus merupakan backbone IP/MPLS, tetapi juga dapat berubah ke bentuk yang lebih baru dari Ethernet Transport dalam bentuk kecepatan 10G atau 100G.

Ethernet dalam MAN dapat digunakan sebagai Ethernet murni, Ethernet melalui SDH, Ethernet melalui MPLS atau Ethernet melalui DWDM. Penyebaran Ethernet secara murni lebih murah tetapi kurang dapat diandalkan dan tidak dapat direpresentasikan melalui skala, dan oleh karena hal tersebut penggunaannya dibatasi hanya pada penyebaran berskala kecil atau bersifat eksperimen. Penyebaran secara SDH berfungsi efektif ketika infrastruktur SDH telah tersedia pada area tersebut, tetapi kekurangan cara ini ialah kurangnya fleksibilitas dalam pengaturan bandwidth karena hierarki yang rumit dalam jaringan SDH. Penyebaran secara MPLS membutuhkan investasi lebih besar tetapi dapat diandalkan dan direpresentasikan melalui skala, dan umumnya digunakan oleh service provider yang berskala besar.[3]

Pada gambar 2.6. dapat dilihat konfigurasi jaringan Metro Ethernet di kota Jakarta pada tahun 2007.



2.2.2. Layanan-layanan Ethernet

Sebelumnya, pada jaringan Metro, Ethernet umumnya digunakan dalam teknologi akses, yaitu: menyediakan akses internet atau *interface user* ke *network*. Sampai saat ini kondisi tersebut masih berjalan tetapi standar ethernet-nya sendiri dikembangkan untuk mampu melayani layanan data pada jaringan transport. Fungsi-fungsi layanan pada teknologi Ethernet sebagai jaringan transport merupakan hasil pengembangan yang terus-menerus. Berikut adalah beberapa layanan dari teknologi Ethernet :

2.2.2.1. Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet (GbE) merupakan standar teknologi pada layer data link dan physical. Gigabit Ethernet mendukung *point to point connections* dan dapat diatur dengan berbagai cara dari beberapa struktur *network* yang biasanya menggunakan topologi *ring* atau *hub and spoke*. Dalam konfigurasi *hub and spoke*, *switch Ethernet* biasanya ditaruh di basement gedung yang berdekatan dengan POP terdekat atau *Central Office*. Model ini merupakan pendekatan yang mahal untuk implementasi Metro mengingat harga dari fiber, namun akan memberikan kelebihan dari sisi survivabilitas dan scalabilitas dibandingkan dengan model ring. Topologi model ring merupakan model yang umum diimplementasikan dan menghemat biaya. Namun akan terjadi ketidakefisienan dikarenakan adanya algoritma untuk routing tabel dan pembatasan bandwidth. [4]

2.2.2.2. Resilient Packet Ring (RPR)

Resilient Packet Ring (RPR) adalah protokol *Media Access Control* (MAC) yang didesain untuk melakukan optimalisasi pengelolaan *bandwidth* dan memfasilitasi penggelaran layanan data melalui *network ring*. RPR beroperasi di atas teknologi transport seperti GbE atau SDH. RPR menyediakan proteksi (dibawah 50ms) dengan dua methoda yang berbeda, *steering* dan *wrapping*. RPR node dapat memilih paket yang dialamatkan kepada RPR dari ring dengan fungsi DROP, dan dapat melakukan

insert data ke dalam ring dengan ADD function. RPR menjawab persyaratan *Quality of Service* (QoS) dengan tiga tingkatan QoS. Paket yang dikirimkan melalui ring diberi label dengan prioritas *High, Medium* atau *Low*. [4]

2.2.2.3. Ethernet Access Services :

Ethernet Access Services merupakan evolusi logical untuk data akses. Menyediakan konfigurasi bandwidth yang fleksibel (lebih fleksibel dibandingkan dengan T1 atau DS-3), dapat berjalan diatas *fiber* atau *copper, interface* ke perangkat pelanggan cukup simple dan dapat digunakan untuk memadukan layanan voice dan data. Yang paling penting dalam *Ethernet Access Services* adalah menyediakan model *revenue* yang *scalable* untuk operator dengan cara mengatur bandwidth. Operator dapat menjual bandwidth mulai 1.5 mbps sampai 1 Gbps dan banyak tipe layanan dapat disediakan ke customer melalui koneksi fisik yang sama. Satu yang harus dipastikan bahwa untuk menyediakan layanan *Ethernet Access Services* harus didukung oleh jaringan transport yang support *Ethernet Transport Services*. [4]

2.2.2.4. Ethernet Transport Services :

Ethernet Transport Services disebut juga *Ethernet WAN services*. Tidak ada nama yang baku dalam *Ethernet Transport Services*, beda badan standardisasi maka nama yang diberikan berbeda pula, tetapi dari sisi services dapat diidentifikasi sebagai layanan point to point dan layanan multipoint to multipoint. Namun demikian skalabilitas dan reliabilitas masih menjadi tantangan dalam semua Jaringan Metro Ethernet.

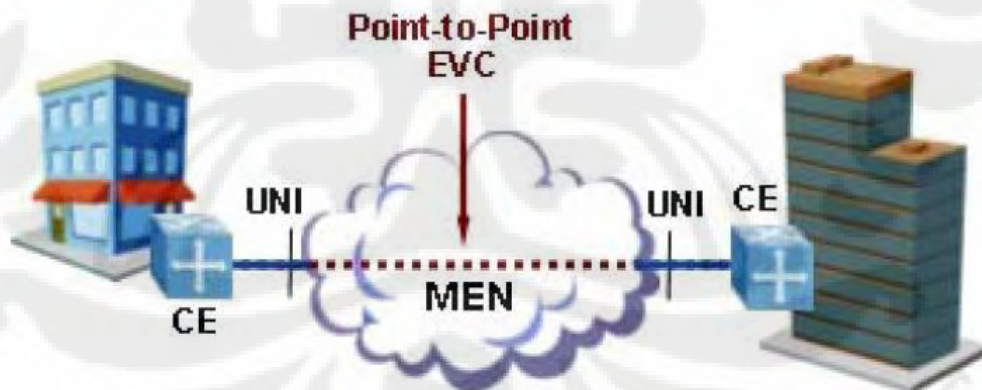
- Jumlah customer terbatas – VLAN ID yang digunakan untuk identifikasi trafik hanya 12 bits, sehingga jumlah customer terbatas 4096.
- Service Monitoring – Ethernet tidak mempunyai layanan *service monitoring* yang *embedded* dalam sistem.

- *Interworking* dengan perangkat *existing* – *Frame Relay* saat ini masih banyak digunakan customer, diperlukan fungsi agar layanan Ethernet dan *frame relay* dapat berjalan bersamaan. [4]

2.2.2.5. Point to Point Services

Point to Point Services disebut juga *Ethernet Line Services (ELS)* dapat dibagi dalam dua tipe layanan yang berbeda, *Ethernet Wire Services (EWS)* dan *Ethernet Relay Services (ERS)*. EWS dapat dianalogikan sebagai *private line* atau *private wire service*, dimana *single physical connection* menghubungkan dua sites dan trafik diantara dua site adalah transparan. ERS dapat dianalogikan seperti *Frame Relay*, dimana menghubungkan multiple point to point diantara dua site. ERS membutuhkan koordinasi dari ID Ethernet VLAN dan *enable* layanan multiplexing antara dua tempat. Contoh layanan ini adalah koneksi customer ke ISP provider. [4]

Pada gambar 2.7. dapat dilihat bagaimana koneksi *point to point* yang difasilitasi oleh Ethernet.

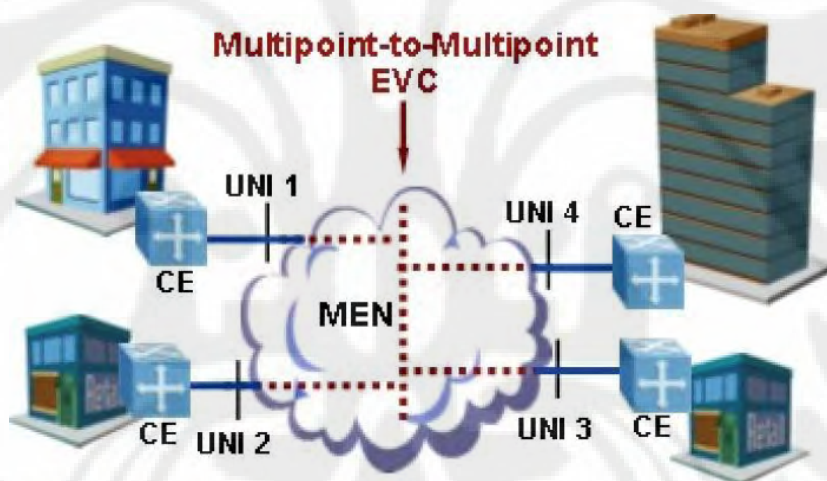


Gambar 2.7. Point to Point Services [2]

2.2.2.6. Multipoint to Multipoint Service

Multipoint to Multipoint Service disebut juga *Ethernet LAN (E-LAN)* juga dapat dibagi dalam dua kategori yang berbeda yaitu *Ethernet Multipoint Services (EMS)* dan *Ethernet Relay Multipoint Service (ERMS)*. EMS sama seperti WAN yang mempunyai kemampuan multipoint Ethernet LAN dan cocok untuk menghubungkan multiple campus (LAN) secara bersama. ERMS adalah gabungan antara EMS dan ERS. Ini memungkinkan penggunaan layanan multipoint layer 2 dan internet akses melalui UNI (*user to network interface*) yang sama. [4]

Pada gambar 2.8. dapat dilihat bagaimana koneksi *multipoint to multipoint* yang difasilitasi oleh Ethernet.



Gambar 2.8. Multipoint to multipoint Services [2]

2.3. SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY (SDH)

Jaringan transmisi yang digunakan oleh pihak penyelenggara telekomunikasi (PT Telkom) untuk memenuhi kebutuhan transmisi di semua daerah adalah sistem transmisi berbasis Synchronous Digital Hierarchy (SDH). SDH merupakan salah satu

jenis jaringan transmisi yang sinkron dengan adanya clock acuan. Pada awalnya, sistem transmisi yang digunakan oleh penyelenggara telekomunikasi adalah PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy). Namun, sistem transmisi ini terbatas pada jaringan yang jaraknya saling berdekatan. Di samping itu, sistem PDH tidak sinkron karena bit rate output seringkali lebih besar daripada bit rate input.

Pada gambar 2.9. nampak sebuah ruangan transmisi dalam suatu STO yang dipenuhi oleh perangkat SDH.



Gambar 2.9. Perangkat SDH

2.3.1. Keunggulan dan kekurangan SDH

Keunggulan:

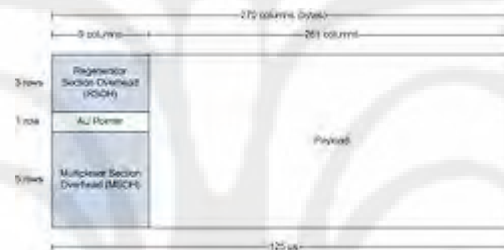
- Standar internasional untuk bitrate diatas 140 Mbit/s
- Struktur yang modular dari bitrate dasar (155,52 Mbit/s) dapat disusun tingkatan multiplexer yang lebih tinggi dengan bitrate kelipatan bilangan bulat dari bitrate sinyal STM-1. Struktur Frame untuk STM-N (N=1, 4, 16) identik, tidak didefinisikan seperti pada PDH.
- Adanya byte-byte Overhead untuk keperluan supervisi, kontrol dan manajemen.
- Dimungkinkannya transmisi sinyal PDH melalui teknik SDH

Kekurangan:

- Sistem yang kompleks
- Metode justifikasi (stuffing) byte-per-byte menimbulkan Jitter yang lebih tinggi dibandingkan justifikasi bit-per-bit.
- Sinyal clock harus di-supply dari luar (dengan perangkat tersendiri).

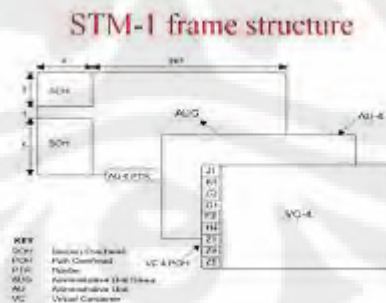
2.3.2 Bitrate dan struktur frame SDH

Pada gambar 2.10. di bawah ini ditampilkan bentuk frame dalam sebuah SDH.



Gambar 2.10. Frame SDH

Pada gambar 2.11. ditunjukkan gambar struktur frame dalam sebuah STM-1 (Synchronous Transport Module level-1)



Gambar 2.11. Frame Structure STM-1

Bitrate dasar: 155,52 Mbit/s (STM-1)

Bitrate untuk tingkatan multipleks yang lebih tinggi (STM-N)

$N \times 155,52 \text{ Mbit/s}$ (STM-1)

$N = 4, 16, 64$

Bitrate sinyal dasar dari SDH sebesar 155,52 Mbit/s merupakan bitrate terendah yang ditransmisikan oleh SDH melalui fiber optik atau microwave. Bitrate sinyal SDH yang telah ada hingga saat ini ialah:

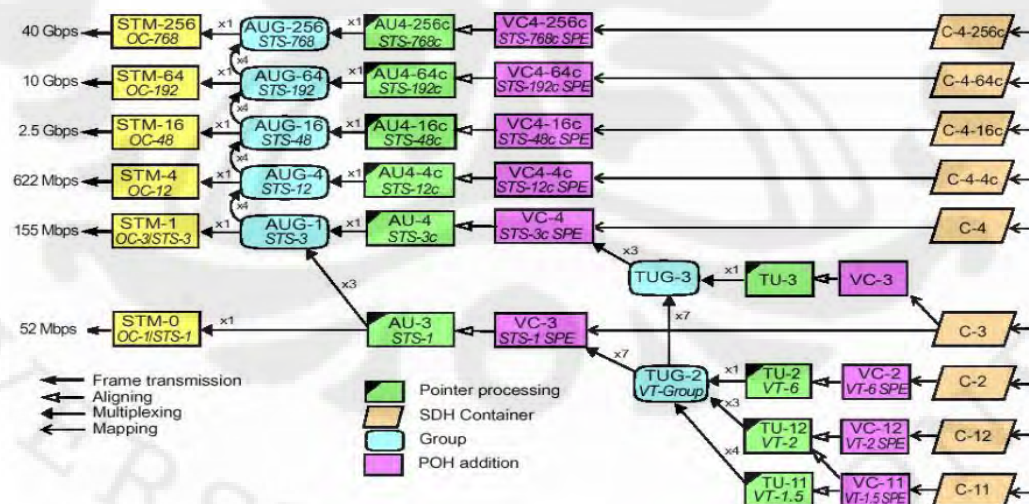
STM-1 : 155,52 Mbit/s

STM-4 : $4 \times 155,52 \text{ Mbit/s} = 622,08 \text{ Mbit/s}$

STM-16 : $16 \times 155,52 \text{ Mbit/s} = 2,48832 \text{ Gbit/s}$

STM-64 : $64 \times 155,52 \text{ Mbit/s} = 9.953.280 \text{ kbps}$

Pada gambar 2.12. dapat dilihat tingkatan STM-1 sampai STM-256 yang menyusun suatu jaringan SDH :



Gambar 2.12. Tingkatan STM dalam SDH [5]

2.3.3. Perangkat-perangkat yang terdapat dalam hirarki SDH

1. Container

Container merupakan suatu kapasitas transmisi yang besarnya sudah ditentukan yang digunakan untuk keperluan transmisi sinyal tributary ke dalam jaringan sinkron. Besarnya container diberikan dalam byte. Setiap container memiliki selang waktu 125 μ s. Setiap sinyal tributary akan disusun ke dalam container terlebih dahulu sebelum ditransmisikan dalam struktur frame STM-1.

Jenis container adalah sebagai berikut:

Simbol	Untuk mentransmisikan sinyal
C-11	1544 kbit/s
C-12	2048 kbit/s
C-2	6312 kbit/s
C-3	34368 atau 44736 kbit/s
C-4	139264 kbit/s

Container berisi:

- a) Blok informasi (misalnya sinyal PDH)
- b) Fixed stuff bytes/bits, yaitu byte-byte atau bit-bit yang hanya dipakai untuk memenuhi satu container yang sifatnya tetap (fixed stuffing) dan tidak berisi informasi. Byte-byte atau bit-bit ini berfungsi untuk menyesuaikan bitrate dari sinyal PDH ke dalam bitrate dari Container.

- c) Justification opportunity bits, yaitu bit-bit yang digunakan untuk penyesuaian yang lebih akurat. Bit-bit ini dapat berisi informasi atau hanya bit-bit kosong, tergantung kebutuhan.
- d) Justification control bits, yaitu bit-bit pengontrol stuffing untuk memberitahu penerima apakah justification opportunity bit berisi informasi atau hanya stuffing bit.

Setiap Container akan diberi byte-byte tambahan untuk keperluan pengawasan Container didalam suatu path (Path Overhead). Gabungan antara Container dengan POH-nya dinamakan Virtual Container (VC). VC merupakan struktur informasi yang tidak berubah selama transmisinya didalam suatu path tertentu. Didalam POH terdapat byte-byte yang fungsinya memonitor dan mengendalikan Container yang bersangkutan selama proses transmisi sinyal dari pengirim ke penerima. Virtual Container dibedakan menjadi dua tingkatan yaitu High Order (HO-VC) dan Low Order (LO-VC). Virtual Container yang harus disusun lagi kedalam VC yang lebih tinggi tingkatannya termasuk dalam kategori LO-VC sedangkan VC yang langsung disusun dalam Frame STM-1 termasuk jenis HO-VC.

2. *Administrative Unit (AU)*

AU merupakan bagian dari Frame STM-1 dimana posisi HO-VC bersifat fleksibel. Ada dua jenis AU: AU-4 dan AU-3. Dalam satu Frame STM-1 bisa terdapat : 1 X AU-4 atau 3 X AU-3. Selain itu, AU juga merupakan struktur informasi yang memberikan fungsi adaptasi antara **higher order path layer** dan **multiplex section layer**.

3. *Administrative Unit Group (AUG)*

Beberapa AU dapat disusun (secara byte interleaved) menjadi satu AUG. AUG bisa dikatakan STM-1 tanpa SOH. Satu AUG bisa terdiri dari 1 x AU-4 atau 3 x AU-3

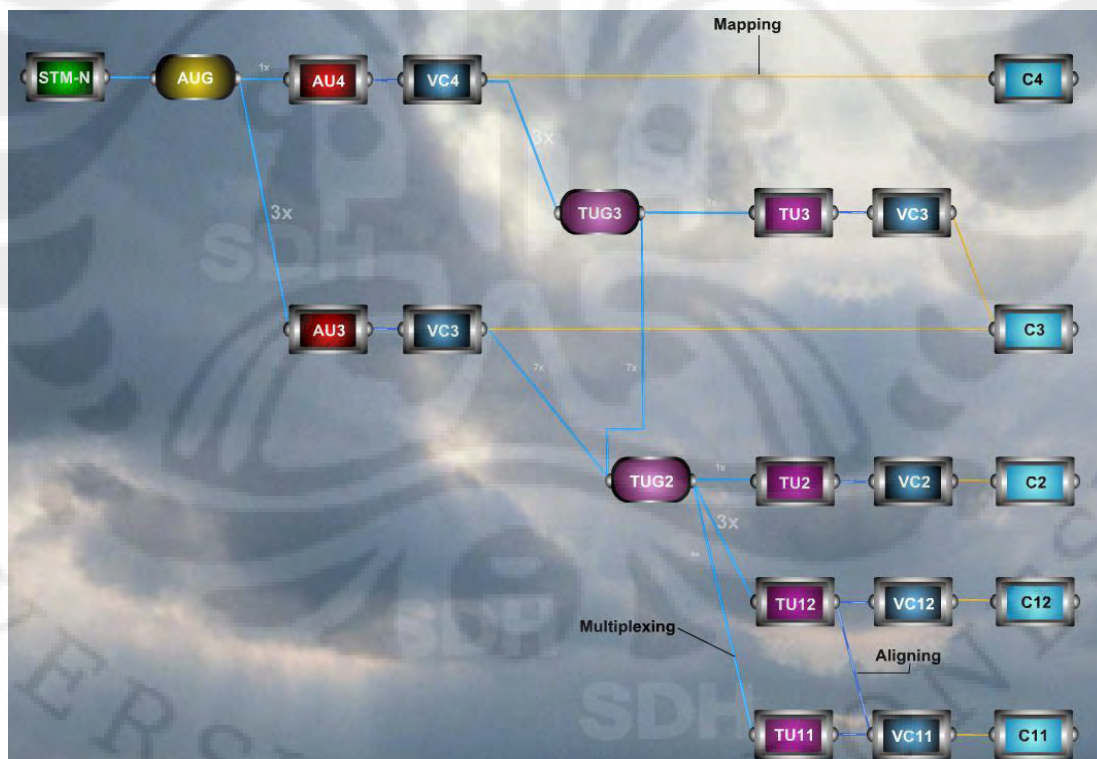
4. Tributary Unit (TU)

Semua VC kecuali VC-4, bisa digabungkan ke dalam satu VC yang lebih besar. Posisi VC yang kecil (LO-VC) didalam VC yang lebih besar (HO-VC) sifatnya fleksibel. Untuk itu diperlukan pointer. Isi dari TU adalah LO-VC plus pointernya (TU-pointer). TU sendiri merupakan bagian dari HO-VC. Terdapat empat jenis TU: TU-11, TU-12, TU-2, TU-3.

5. Tributary Unit Group (TUG)

Sebelum digabungkan ke dalam HO-VC, beberapa TU terlebih dahulu digabungkan menjadi satu (multiplexing byte-per-byte) dan dinamakan TUG. Ada dua jenis TUG : TUG-2 dan TUG-3.

Dalam STM-1, kelima perangkat yang dibahas di atas akan disusun seperti gambar di bawah ini :

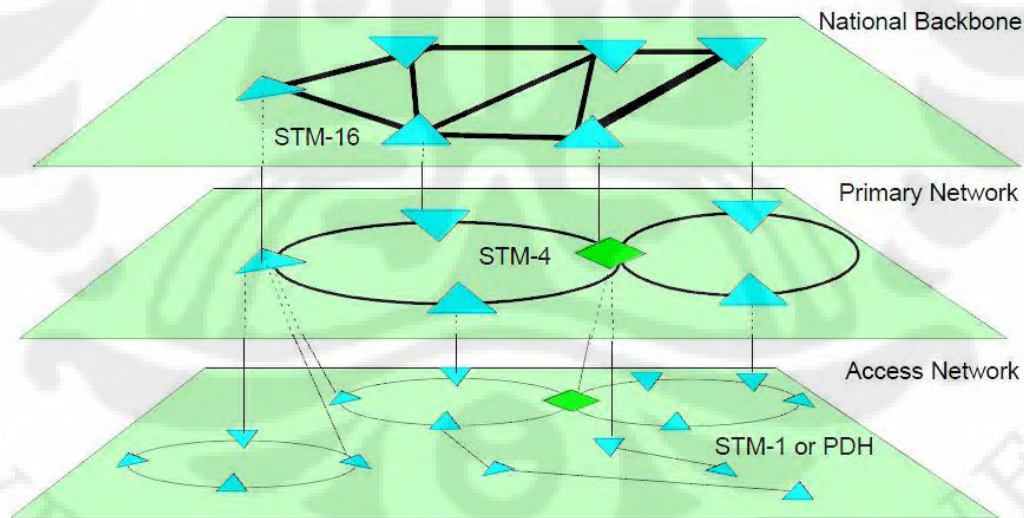


Gambar 2.13. Perangkat-perangkat SDH yang menyusun STM-1

2.3.4. Sistem Jaringan Berbasis SDH

Dalam suatu system jaringan berbasis SDH, biasanya terdapat tingkatan transport module sesuai banyaknya pelanggan yang harus ditangani dalam wilayah tersebut. Pada tingkatan terendah adalah jaringan akses (access network) yang merupakan daerah dengan tingkat penanganan jumlah pelanggan yang paling kecil. Daerah ini biasanya merupakan kota-kota kecil. Pada daerah ini, tingkatan transport module yang digunakan adalah STM-1. Tingkatan di atas jaringan akses adalah jaringan primer. Daerah ini adalah kawasan kota Metropolitan seperti kota Jakarta yang mempunyai tingkat kebutuhan pelanggan yang sangat tinggi. Oleh karena itu, transport module yang digunakan juga lebih tinggi yaitu STM-4. Tingkatan tertinggi dari hirarki ini adalah jaringan backbone nasional yang menggunakan transport module STM-16.

Pada gambar 2.14. di bawah ini dapat dilihat struktur tingkatan jaringan SDH yang digunakan dalam regional yang berbeda.



Gambar 2.14. Struktur Tingkatan Jaringan SDH [5]

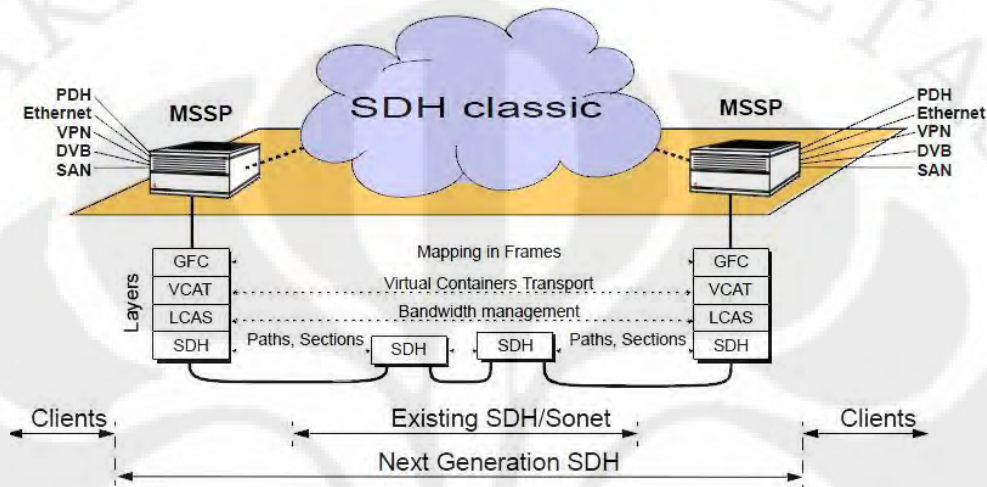
2.4. NEXT GENERATION SDH

Sebelumnya SDH hanya dioptimalkan untuk *transport voice*, namun dengan berkembangnya trafik data maka SDH juga diarahkan dapat dilalui trafik data. Sebagaimana telah diperkirakan sebelumnya bahwa perusahaan-perusahaan dalam beberapa tahun ke depan akan memindahkan layanan *voice* melalui data dimana akan menawarkan biaya yang lebih rendah. Ini berarti bahwa kedepan SDH tidak support terhadap pertumbuhan layanan data. Namun perlu diingat bahwa perubahan itu bukan sulap yang akan terjadi dalam satu malam. *Next Generation* SDH memiliki mekanisme transport yang memungkinkan layanan-layanan existing dan baru dapat dilewatkan dalam network yang sama tanpa saling mengganggu.

Pada umumnya, Next Generation SDH diketahui sebagai konsep *Data over SDH* (DoS). DoS adalah mekanisme transport yang mengakomodasi berbagai macam data interface ke dalam SDH secara efisien. Yang penting adalah alokasi bandwidth antara berbagai teknologi dapat dilakukan tanpa mengganggu trafik SDH yang telah ada, mampu melewatkan layanan-layanan yang telah ada bersama dengan layanan-layanan baru yang disediakan oleh DoS. Sebagai tambahan diperlukan QoS yang cukup untuk layanan-layanan baru dan transfer data yang fleksible dari berbagai macam teknologi didalam media yang sama. Skema DoS terdiri dari tiga teknologi: *Generic Framing Procedur* (GFP), *Virtual Concatenation* (VC) dan *Link Capacity Adjustment Scheme* (LCAS), semua distandarkan oleh ITU-T dan *Standards Committee T1 Telecommunication* (T1X1). [4]

- - *Generic Framing Procedur* (GFP) dengan metode *encapsulation* yang sederhana untuk *frame* yang berbasis *traffic data* (Ethernet, IP/PPP, RPR, ESCON) ke dalam koridor TDM Transport (SDH or OTN). [5]
- - *Virtual Concatenation* (VC) menyediakan alokasi bandwidth yang lebih fleksibel dari sebelumnya. [5]

- - *Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS)* dengan *end to end signaling* untuk melakukan *capacity adjustment* saat menggunakan VC dalam link SDH. [5]



Gambar 2.15. Next Generation SDH [5]

Dengan demikian, secara fisik, perangkat Next Generation SDH dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{NG SDH} = \text{SDH} + (\text{GFP} + \text{VC} + \text{LCAS})$$

Next Generation SDH mengakomodasi layanan-layanan *SDH existing* bersama dengan layanan-layanan data yang baru. Karena hampir semua teknologi transport data dapat secara efisien dimaping ke dalam SDH dengan DoS. Manfaat lain dibandingkan dengan Ethernet transport adalah mapping blok kode data yang efisien.

BAB III

ETHERNET vs NEXT SDH:

ANALISIS EFISIENSI TRANSPORT, BIAYA, DAN KEMAMPUAN UPDATE

Teknologi yang populer di area Metro adalah teknologi Ethernet dan SDH. Teknologi selain Ethernet masih dalam proses pengembangan. *Next-generation SDH* telah distandardkan oleh ITU-T (*International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Section*) dan itu merupakan solusi yang kompetitif bagi jaringan Metropolitan. Berikut adalah perbandingan terhadap penerapan kedua teknologi tersebut di jaringan Metro.

3.1. Efisiensi Transport data

Efisiensi network adalah salah satu target utama bagi operator network. Dan efisiensi terjadi dari berbagai faktor, diantaranya *network delay*, *throughput*, dan *protection*. Perbandingan faktor-faktor tersebut dalam Ethernet dan next Generation SDH terangkum dalam penjelasan dibawah.

- **Network Delay** : *Network delay* dalam konteks ini adalah *delay protection and recovery* dan minimum maksimum *transport delay* di dalam network yang berbeda. Topologi dan ukuran network termasuk jumlah trafik mempunyai dampak yang besar dalam *delay network*.

Tabel 3.1. di halaman berikut menunjukkan perbandingan *recovery delay* dan *transport delay* dari kedua teknologi tersebut.

Tabel 3.1. Perbandingan *Network Delay*

Technology	Recovery Delay	Transport Delay	Availability
GbE	1 s	Greatest	99,9% - 99,999%
RPR over GbE	50 ms	Smallest	99,999%
RPR over next-gen SDH	50 ms	Smallest	99,999%
Next-Gen SDH	50 ms	middle	99,999%

(Source : VTT Technical Research Center of Finland)

Nilai yang ditampilkan pada tabel 3.1. adalah nilai pada umumnya network. *Recovery delay* dan *delay transport GbE* yang besar datang dari karakteristik dan fungsi dari *Rapid Spanning Tree Protocol* yang digunakan sebagai set up network. Didalam RPR transport delay bisa lebih kecil dibandingkan pada next generation SDH karena RPR secara fungsi sebagai *packet forwarding*. Membandingkan network availability bukan perkara mudah, tetapi dari semua teknologi bukan tidak mungkin kemampuan availability 99,999% dapat dicapai. Bagaimanapun GbE membutuhkan menggunakan konfigurasi *Hub and Spoke* dengan *dual connections* dan bandwidth yang cukup, dan tentunya akan menambah biaya. [6]

Kenapa availability 99,999% dalam Metro memang diperlukan? Padahal kalau kita lihat banyak user yang sudah cukup puas dengan *availability* yang lebih kecil, apalagi kalau harganya lebih murah. *Availability* yang premium juga berakibat pada harga yang premium. Dalam teknologi Ethernet penyediaan tipe layanan yang berbeda tidak mudah diterapkan.

- **Throughput** : Dalam konteks ini *throughput* berarti jumlah data yang dapat dikirim oleh aplikasi tanpa menghitung *transport frames* dan *network management messages*. Jumlah overhead dan control bervariasi tergantung dari teknologi yang digunakan, dan biasanya maksimal 15 persen tergantung pada ukuran paket data.

Ketika membandingkan teknologi transport yang berbeda, hal yang perlu diingat adalah bahwa line rate tidak harus sama dengan transfer speed atau bandwidth dari teknologi. Di GbE, level voltage dari link, bit patterns dan link kontrol dibawa dengan 8/10 blok code. Ini berarti bahwa line rate untuk 1 GbE sebenarnya adalah 1,25 Gbps. Di SDH framing dan scrambling data memerlukan hanya 3% dari *extra overhead*. Efek dari *line rate* dapat dilihat dalam tabel dibawah. Dalam perhitungan ini hanya overhead transport yang dihitung sedangkan *extra traffic* yang diperlukan untuk network management tidak dipertimbangkan. Dalam perhitungan ini ukuran paket yang digunakan adalah 500 bytes. [6]

Tabel 3.2. menunjukan perbandingan *throughput* yang melalui *bandwidth* dan *line rate* pada Ethernet dan Next Generation SDH.

Tabel 3.2. Perbandingan *Throughput*

Teknologi \ Throughput	ETHERNET	NEXT GENERATION SDH
% TP of Bandwidth	89% - 93%	87% - 88%
% TP of Line Rate	71% - 74%	87% - 88%

(Source : VTT Technical Research Center of Finland)

Network Management menyediakan beberapa *extra traffic*, khususnya dalam kondisi gangguan. Namun demikian dalam kondisi *traffic* normal, *network management* tidak mempunyai dampak yang signifikan terhadap nilai *throughput*.

- **Protection:** Kemampuan proteksi dari suatu teknologi sangat penting dan tergantung pada topologi network yang digunakan. RPR dan *next generation SDH* menyediakan proteksi di *ring network* yang efisien, namun topologi yang sama tidak bisa digunakan di teknologi yang lain. GbE di satu sisi menyediakan proteksi yang *excellent* di jaringan *mesh*, tetapi tidak baik di dalam *network ring*. Hasil perbandingan dapat dilihat dalam tabel dibawah. Untuk ke depannya ada beberapa pilihan, *core network* dapat dibangun dengan menggunakan *mesh* dimana akan menyediakan proteksi yang baik, dan tentu saja biayanya akan lebih mahal dibandingkan dengan *network ring*.

Tabel 3.3 menunjukkan perbandingan kemampuan proteksi yang dimiliki oleh Ethernet dan Next Generation SDH.

Tabel 3.3. Perbandingan Proteksi

Technology	Protease
GbE hub and Spoke	Excellent but Expensive
GbE Ring	Not too well but cheaper
RPR over GbE	Very well and not too expensive
RPR over next gen SDH	Very well and normal price
Next Gen. SDH	Very well and normal price

(Source : VTT Technical Research Center of Finland)

Inefisiensi dalam GbE disebabkan oleh *Spanning Tree Protokol* yang tidak dapat diubah untuk *network ring* namun berjalan baik dalam *network mesh*. Next Generation SDH mempunyai proteksi yang sama dengan SDH yang sudah ada. RPR mempunyai dua metode proteksi, yaitu *steering* dan *wrapping*, dimana dapat digunakan dalam metode *single* atau *dual ring* proteksi SDH. [6]

Pada Tabel 3.4. dapat dilihat perbandingan secara menyeluruh untuk parameter efisiensi transport data yang meliputi *network delay*, *throughput*, dan *protection* dari Ethernet dan Next Generation SDH.

Tabel 3.4. Perbandingan Efisiensi Transport Data

Teknologi Parameter	ETHERNET	Next Generation SDH
Network Delay	Greatest or smallest	Middle
Throughput	Very Great	Great
Protection	Very well and quite expensive	Good and normal price

Pada Tabel 3.4 nampak bahwa teknologi Ethernet menawarkan kualitas yang sangat baik untuk ketiga parameter : *network delay*, *throughput*, dan *protection*. Namun, harga yang harus dikeluarkan terbilang cukup mahal sehingga pihak penyelenggara telekomunikasi harus mempertimbangkan baik-baik kondisi keuangan jika ingin tetap menggunakan teknologi ini pada jaringan Metro di masa mendatang mengingat bukan tak mungkin terjadi kenaikan harga. Di sisi lain, next generation SDH menawarkan layanan dengan kualitas yang cukup baik (terlihat dari nilai *throughput* pada *bandwidth* dan *linerate* yang berkisar antara 87%-88%), meski tidak sebaik Ethernet (maksimal mencapai angka 94%), dan harga yang terjangkau. Oleh karena itu, pihak penyelenggara telekomunikasi mungkin mulai bisa mempertimbangkan next generation SDH sebagai teknologi yang dipakai di jaringan Metro masa depan.

3.2. Biaya Operasional Jaringan

Komponen biaya jaringan bagi operator adalah biaya pembangunan dan pemeliharaan. Untuk *network* yang telah lama, saat ini operator dihadapkan pada

masalah yaitu melakukan *upgrade* atau tetap memelihara jaringan yang telah ada, dan kedua-duanya membawa konsekuensi masing-masing. Operator lama dengan network lama dan pendaatang baru yang tentunya tanpa dibebani *network* lama tentunya mempunyai skenario yang berbeda untuk menghemat biaya. Bagian paling mahal dalam membangun jaringan adalah penggelaran fiber, khususnya apabila diperlukan *dug* untuk melindungi fiber. Dan akan banyak uang yang dihemat apabila *link fiber* sudah tergelar. Dalam kasus perbandingan biaya ini dianggap menggunakan *link network* yang sudah tergelar.

Tabel 3.5. menunjukan perbandingan biaya pembangunan antara Ethernet dan Next Generation SDH.

Tabel 3.5. Perbandingan Biaya Pembangunan

Technology	Development Costs
GbE	cheap
RPR Over GbE	Not too expensive
RPR over next-gen SDH (SDH baru)	Most expensive
Next-Gen SDH (SDH baru)	expensive
RPR over next-gen SDH (SDH lama)	Not too expensive
Next-Gen SDH (SDH lama)	Not too expensive

(Source : VTT Technical Research Center of Finland)

Secara umum perbandingan cost dapat dilihat dalam tabel diatas, dan bagaimanapun juga pembangunan sangat tergantung dengan kondisi *existing* dan tidak bisa di generalisir.

Pemeliharaan juga menjadi komponen biaya, faktor penting didalamnya adalah OMAP (*Operation, Maintenance, Administration dan Protection*). Pada SDH fungsi-fungsi OMAP sudah terintegrasi dengan perangkat SDH, ini akan sangat

memudahkan dan mengurangi biaya. Sedangkan dalam Ethernet perangkat OMAP belum *embedded* dalam perangkat Ethernet sehingga diperlukan perangkat tambahan untuk memonitoring dan melakukan kontrol terhadap Ethernet. Sedangkan untuk operasi dan pemeliharaan fiber dimonitor secara terpusat dan perbaikannya masih dilakukan secara manual. [6]

3.3. Kemampuan Update

Salah satu faktor penting yang perlu dipertimbangkan ketika membangun network adalah kemampuan update di masa yang akan datang. *Requirement network* terus bertambah dan itu membuat jaringan yang telah kita bangun dalam waktu yang tidak lama akan kelihatan tua dan perlu segera diupdate. Isu utama biaya update adalah seberapa banyak infrastruktur lama masih dapat dipakai.

Satu lagi yang perlu diperhatikan adalah karakteristik dari update itu sendiri, apakah hanya menambah kemampuan bandwidth atau memang menawarkan fitur baru. Mengacu pada hal tersebut semua teknologi yang dibahas menawarkan kemampuan update dimasa depan. Dan saat ini perangkat GbE memiliki kemampuan update yang lebih mudah dan murah dibandingkan dengan teknologi yang lain. [6]

Tabel 3.6. menunjukkan perbandingan kemampuan update yang dimiliki oleh Ethernet dan Next Generation SDH.

Tabel 3.6. Perbandingan Kemudahan Update

Technology	Update
GbE	Easy and cheap
RPR over GbE	Easy and not too expensive
RPR over next gen SDH	more difficult and more expensive
Next Gen. SDH	Difficult and expensive

(Source : VTT Technical Research Center of Finland)

Setelah membandingkan ketiga parameter yang dibandingkan antara ethernet dengan next generation SDH pada jaringan Metro, penulis membuat sebuah kesimpulan secara menyeluruh dari perbandingan Ethernet dengan next generation SDH dalam tabel 3.7. berikut ini :

Tabel 3.7. Perbandingan Performa Total Ethernet vs Next SDH

Teknologi Parameter	ETHERNET	Next Generation SDH
Efisiensi Transport Data	Baik dengan harga cukup mahal	Cukup baik dengan harga normal
Biaya Operasional	Murah utk biaya pembangunan Tapi untuk biaya perawatan cukup mahal	Tidak terlalu mahal utk biaya pembangunan dan untuk biaya perawatan terbilang murah
Kemampuan Update	Mudah dan harganya murah	Sulit dan harganya mahal

Berdasarkan Tabel 3.7 di atas, dapat dilihat bahwa Ethernet memiliki keunggulan dalam kualitas yang sangat baik dalam efisiensi transport data (nilai throughput pada bandwidth dan line rate dapat mencapai 94%) selain itu biaya yang dikeluarkan untuk pembangunannya juga cukup murah. Keunggulan lainnya adalah kemudahan meng-update Ethernet di masa mendatang dengan fitur-fitur atau layanan-layanan baru sesuai kebutuhan pelanggan. Namun Ethernet memiliki kelemahan dari segi biaya transport data dan biaya perawatan.

Di sisi lain, Next Generation SDH memiliki kemampuan untuk transport data yang cukup baik meski tidak sebaik Ethernet (nilai throughput pada bandwidth dan line rate sebesar 87%-88%), namun demikian kualitas Next Generation SDH sudah lebih dari cukup untuk melayani pelanggan. Selain itu biaya yang dikeluarkan pun merupakan harga yang normal dan jauh lebih murah dari Ethernet. Biaya pembangunannya juga tidak terlalu mahal dan proses perawatan/maintenance-nya juga sangat mudah dan terbilang murah. Kelemahan mendasar dari Next Generation SDH adalah kemampuan update-nya yang sulit dan harganya mahal sehingga jika ada

fitur-fitur/ layanan-layanan baru yang ingin ditambahkan, prosesnya akan memakan waktu yang lama dan biaya yang cukup besar.

Sebagai penutup, kebutuhan akan komunikasi yang semakin meningkat membuat pihak penyelenggara telekomunikasi harus pandai-pandai menyasati sistem jaringan telekomunikasi yang dipakai agar bisa menampung dan melayani semua kebutuhan pelanggan untuk jangka waktu yang lama, khususnya di jaringan Metropolitan atau Metro area yang merupakan daerah dengan tingkat kebutuhan pelayanan komunikasi yang cukup tinggi.

Dua solusi yang dibahas sebelumnya, mempertahankan jaringan Ethernet yang sudah ada atau menggunakan jaringan Next Generation SDH, masing-masing mempunyai keunggulan dan kelemahan di aspek tertentu. Untuk masa kini, Ethernet mungkin jauh lebih superior dan mendominasi jaringan Metro area namun seiring kebutuhan pelanggan yang akan semakin “membengkak” di masa mendatang, sistem jaringan yang digunakan juga harus semakin bertambah untuk menampung seluruh permintaan pelanggan. Hal ini akan membuat biaya transport data dan biaya perawatan yang dikeluarkan semakin mahal. Oleh karena itu, pihak penyelenggara telekomunikasi bisa mulai mempertimbangkan Next Generation SDH sebagai solusi terhadap masalah tersebut mengingat teknologi ini bisa memberikan layanan dengan kualitas yang hamper sebaik Ethernet dengan harga yang jauh lebih murah. Hal yang mungkin harus menjadi “PR” bagi pihak penyelenggara telekomunikasi adalah bagaimana mempermudah kemampuan update layanan-layanan dan fitur-fitur di teknologi ini.

BAB IV

KESIMPULAN

1. Ethernet adalah jenis skenario perkabelan dan pemrosesan sinyal untuk data jaringan telekomunikasi dan computer. Jaringan Ethernet yang diimplementasikan di area metropolitan disebut Metro Ethernet. Metro Ethernet mempunyai 2 layanan utama yang dapat saling diimplementasikan satu sama lain atau bersama dengan Next Generation SDH, yaitu : Gigabit Ethernet dan Resilient Packet Ring.
2. Dalam teknologi Next Generation SDH, pihak penyelenggara telekomunikasi akan melewatkan teknologi Ethernet pada jaringan SDH/SONET. Atau secara formula dapat dirumuskan : **NG SDH = SDH + (GFP + VC + LCAS)**
3. Metro Ethernet menawarkan layanan dengan kualitas yang sangat baik namun memiliki biaya operasional yang sangat besar. Sementara, Next Generation SDH menawarkan layanan yang cukup baik kualitasnya dan biaya operasional yang terjangkau.
4. Secara umum, Next Generation SDH sudah cukup untuk menggantikan peranan Ethernet. Namun, Next Generation SDH masih memiliki kelemahan di dalam mengupdate fitur-fitur atau layanan-layanan baru sehingga penyelenggara telekomunikasi harus mencari suatu solusi untuk mengatasi masalah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Divlat PT. Telkom Center of Human Resources Development. *Dasar Multiplex Digital PDH & Synchronous Digital Hierarchy (S.D.H)*. Jakarta: Telkom, 1996.

Divlat PT. Telkom Center of Human Resources Development. *Layanan Metro Ethernet OSN 1500/2500/3500*. Jakarta: Telkom.

SDH Transmission. (1998). Lucent Technologies Bell Lab Innovation

DAFTAR REFERENSI

1. *Ethernet*. (n.d.). February 4, 2009
<http://id.wikipedia.org/wiki/Ethernet>
2. Santitoro, Ralph. (2001, August 23). *Metro Ethernet Services-A Technical Overview*. May 29, 2009. <http://www.metroethernetforum.org/>
3. *CBN Metro Ethernet Solusi Jaringan WAN*. (2007, November 5). November 11, 2008.
<http://www.cbn.net.id/UserFilesCBN/CBNWeb/Newsletter/>
4. Budiono, Karno. (2005, October 28). *Teknologi Jaringan Metro : Ethernet atau Next Generation SDH*. January 11, 2009.
<http://www.ristinet.com/index>
5. Caballero, Jose . (n.d.). *Migration to Next Generation SDH*. May 29, 2009.
<http://www.trendcomms.com>
6. VTT Technical Research Center of Finlad. *The Future in the Metro*. (n.d.). January 11, 2009.
<http://www.ristinet.com/index.php?ch=8&lang=&s=0d2642f40bd46e2d0476fa4>