

BAB II

KAJIAN TEORITIK

Kajian teoritik dalam proses penelitian merupakan salah satu tahapan yang penting untuk diperhatikan oleh para peneliti sebab kajian teoritik merupakan langkah awal dari proses penelitian dimana peneliti memikirkan masalah yang akan ditelitinya, mencari dan menemukan referensi yang relevan dengan topik kajiannya. Pada bab kajian teoritik ini akan menjelaskan tentang teori-teori yang mendukung dalam penelitian tugas akhir ini, seperti jaringan Metro Ethernet, router dan media transmisi serat optik.

2.1. Perancangan

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk. Dalam tahap perancangan tersebut dibuat keputusan-keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya. Di antara keputusan penting tersebut termasuk keputusan yang membawa akibat apakah industri dalam negeri dapat berantisipasi atau tidak dalam suatu pembangunan proyek. Hal tersebut menandakan betapa pentingnya keahlian merancang harus dikuasai oleh orang-orang Indonesia. Dalam melaksanakan tugas merancang, perancang memakai dan memanfaatkan ilmu pengetahuan, ilmu dasar teknik, pengetahuan empirik, hasil hasil penelitian, informasi dan teknologi, yang semuanya versi perkembangan dan kemajuan muthakhir (Darmawan, 1999:1).

Perancangan juga merupakan kegiatan menentukan bentuk spesifik hasil akhir bentuk, sifatnya serta mendefinisikan penekanan atau karakter spesifik dari upaya perencanaan yang relevan dengan situasinya, yaitu berapa banyak penelitian pendahuluan harus dilakukan, berapa banyak studi kelayakan. Selain itu, kegiatan perancangan dalam artian yang lebih luas juga mencakup penentuan sejauh mana upaya kita perlu dilakukan dalam setiap tahap perencanaan. Dengan demikian, upaya perencanaan dan perancangan seharusnya melengkapi (Dale,1985:3).

Perancangan pada dasarnya telah dideskripsikan sebagai proses banyak langkah dimana representasi-representasi data dan struktur program, karakteristik-karakteristik antar muka, dan rincian prosedural diikhtisarkan dari hal-hal yang berkaitan dengan kebutuhan-kebutuhan informasi.

Dapat disimpulkan bahwa perancangan adalah suatu kegiatan awal sebelum melaksanakan proses pembuatan produk, dimana tujuan dan sasaran ditentukan terlebih dahulu agar kegiatan yang akan dilaksanakan dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

Pada penelitian ini, peneliti bermaksud untuk melakukan perancangan backbone Metro Ethernet pada *node* Pluit sebelum kegiatan *dismantling node* Duta Mas dilaksanakan, agar *traffic* tetap berjalan dengan baik pada node yang terputus.

2.2. Jaringan Metro Ethernet

Jaringan Metro Ethernet merupakan *bridge*/jembatan dari suatu jaringan atau menghubungkan wilayah yang terpisah bisa juga menghubungkan LAN

dengan WAN atau *backbone network* yang umumnya dimiliki oleh *service provider*. Jaringan Metro Ethernet menyediakan layanan-layanan menggunakan Ethernet sebagai *core protocol* dan aplikasi *broadband* (Iwan,2013:20).

Dunia semakin membutuhkan komunikasi yang cepat dan tepat, namun tidak harus menjadi repot dan mahal. Semua jenis komunikasi, apapun itu suara, video, teks grafik, data, dapat dibawa dalam satu media pembawa. Media yang mampu melayani kebutuhan seperti inilah yang disebut *Next Generation Network* atau sering disingkat NGN.

Aplikasi *Next Generation Network* sangat membutuhkan sebuah jaringan yang dapat dilewati data dalam jumlah yang sangat besar, dapat melakukan transfer data dengan sangat cepat, lebih kebal terhadap masalah-masalah komunikasi, dan yang terpenting haruslah murah dan mudah dalam implementasinya. Salah satu teknologi yang mampu melayani kebutuhan ini adalah teknologi Jaringan Metro Ethernet.

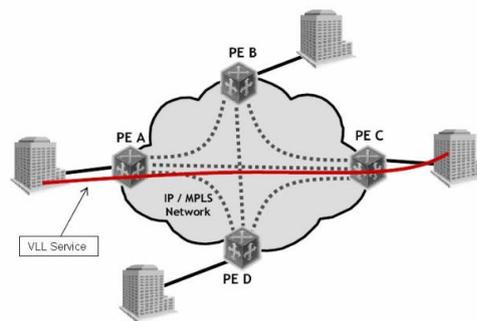
Triple Play atau yang secara harfiahnya dapat diartikan sebagai “tiga permainan” sebenarnya merupakan julukan bagi kebutuhan para pengguna teknologi komunikasi akan jalur komunikasi data yang cepat, lebar, dan dapat memainkan berbagai macam peranan bagi mereka. *Triple Play* merupakan bentuk kebutuhan akan komunikasi yang sangat tinggi. Kebutuhan komunikasi yang tinggi ini adalah komunikasi yang melibatkan komunikasi bentuk data, suara, dan video. Semua harus dapat bekerja dan berkonvergensi antara sesamanya dan yang terpenting semua itu harus dapat difasilitasi oleh satu *service* saja. Walaupun hanya melewati satu servis saja, namun kecepatan *transfer* dan lebarnya *bandwidth* telah mencukupi untuk semua itu.

Jaringan Metro Ethernet (ME) adalah jaringan telekomunikasi berbasis paket menggunakan serat optik sebagai *transport* sebagai layanan. Peran yang utama dari *node* ME adalah sebagai agregasi *trunk* Gigabit Ethernet dari perangkat akses seperti IP DSLAM, *Access Gateway*, dan MSAN. Topologi *network* ME dapat berupa Ring-Loop maupun Point-to-Point (PT.Telkom Network Design, 2015:1-2)

Jenis-jenis layanan yang dapat diberikan oleh jaringan Metro Ethernet ini adalah sebagai berikut :

1. Layanan E-Line (Point-to-Point)

Layanan ini juga disebut dengan Virtual Leased Line (VLL). Layanan ini memberikan koneksi dari satu titik ke satu titik yang lain seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1.

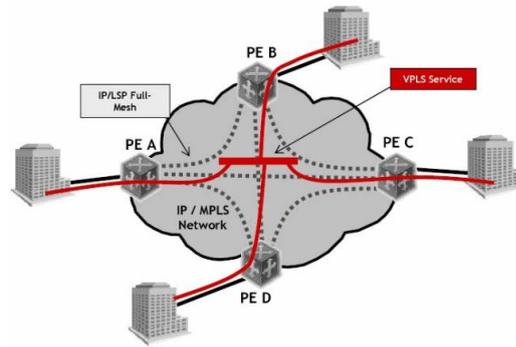


Gambar 2.1. Layanan Virtual leased Line (VLL)

(Sumber: Network Design- ME Paket 2 – 290308.pdf, PT. Telkom)

2. Layanan E-LAN (Point/Multipoint-to-Multipoint)

Layanan ini disebut dengan Virtual Private LAN Service (VPLS). Layanan ini merupakan layanan *layer 2* dan memberikan koneksi dari satu atau lebih titik ke beberapa titik yang lain, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Layer 2 dalam model TCP/IP berfungsi untuk melakukan *routing* dan pembuatan paket IP.

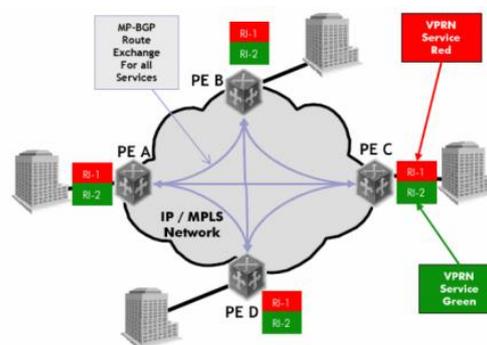


Gambar 2.2. Layanan Virtual Private LAN Service (VPLS)

(Sumber: Network Design- ME Paket 2 – 290308.pdf, PT. Telkom)

3. Layanan IP VPN (Point/Multipoint-to-Multipoint)

Layanan ini juga disebut dengan Virtual Private Routed Network (VPRN). Layanan ini merupakan layanan *layer 3* dan memberikan koneksi dari satu atau lebih titik ke beberapa titik yang lain, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Layanan Virtual Private Routed Network (VPRN)

(Sumber: Network Design- ME Paket 2 – 290308.pdf, PT. Telkom)

Metro Ethernet dapat dikelompokkan menjadi:

1. *Pure Metro Ethernet*

Pure Metro Ethernet merupakan salah satu perkembangan dari teknologi *Ethernet* yang dapat menempuh jarak yang luas berskala perkotaan dengan

dilengkapi berbagai filter yang seperti terdapat pada jaringan ethernet umumnya. Sehingga jaringan yang berskala Metro dapat dibentuk dengan menggunakan teknologi dengan menggunakan teknologi Ethernet bisa.

2. SDH-based Metro Ethernet

Jaringan transport SDH digunakan untuk melayani ethernet. Trafik kapasitas besar SDH digabungkan dengan potensi trafik yang dimiliki protokol IP. SDH adalah protokol *layer* fisik (*layer* 1) sedangkan IP adalah *layer network* (*layer* 3). Oleh karena itu dibutuhkan media perantara *layer* 2 (*layer* data link) Point-to-Point Protocol (PPP).

3. MPLS-based Metro ethernet

Ide dasar dari pengembangan MPLS penggunaan label untuk mekanisme *switching* di tingkat IP. Hal ini berbeda dengan jaringan IP yang menggunakan pengalamatan IP sebagai dasar mekanisme *switching* dan jaringan ATM yang menggunakan *Virtual Circuit Identifier* sebagai dasar mekanisme *switching*. Di dalam jaringan yang menggunakan protokol MPLS, paket yang masuk ke dalam jaringan MPLS terlebih dahulu diberi label. Label yang diberikan disusun dari berbagai variasi kriteria sesuai dengan yang diinginkan oleh *Service Provider*/pengguna.

Berdasarkan label yang diberikan tersebut maka jaringan yang menggunakan protokol MPLS akan memperlakukan paket tersebut sesuai dengan nilai yang melekat pada label tersebut (*high priority*, *low priority*, dan lainnya). Hingga saat ini belum ada standard MPLS yang berlaku atau yang dapat diacu, dikarenakan belum diselesaikannya penyusunan beberapa hal penting yang menjadi dasar penyusunan standar oleh organisasi yang berwenang. Kapasitas

maksimal yang dapat disalurkan oleh Metro Ethernet tiap *interface*-nya adalah 10 Gbps.

4. *Ethernet over DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)*

Ide dasar dari Metro Ethernet tipe ini adalah melewati Ethernet di jaringan *transport* optik yang menggunakan DWDM.

2.3. Router Metro Ethernet

Router adalah alat jaringan computer yang mengirimkan paket data melalui sebuah jaringan atau Internet menuju tujuannya, melalui sebuah proses yang dikenal sebagai *routing*. Proses *routing* terjadi pada lapisan 3 atau pada layer *Network* (Iwan, 2013:71).

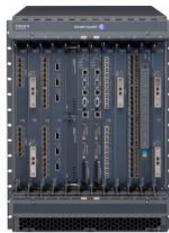
Router berfungsi sebagai penghubung antara dua atau lebih jaringan untuk menurunkan data dari satu jaringan ke jaringan lainnya. *Router* sangat banyak digunakan dalam jaringan berbasis teknologi protokol TCP/IP, dan *router* jenis itu disebut juga dengan IP Router. Internet merupakan contoh utama dari sebuah jaringan yang memiliki banyak *router* IP. *Router* dapat digunakan untuk menghubungkan banyak jaringan kecil ke sebuah jaringan yang lebih besar, yang disebut dengan *internetwork*, atau untuk membagi sebuah jaringan besar ke dalam beberapa *subnetwork* untuk meningkatkan kinerja.

Hirarki *router* pada *network router* yang menggunakan protokol MPLS:

1. Router CE : *router customer edge*, *router* milik pelanggan
2. Router PE : *router provider edge*, *router* yang memiliki koneksi langsung dengan *router* pelanggan (CE). Penamaannya menggunakan format PE D5-[Kode STO], misalnya PE-D5-KBL.

3. Router P : *router provider*, router yang memiliki koneksi ke beberapa router PE. Penamaannya menggunakan format P-D5-[Kode STO], misalnya P-D5-RKT.

Secara umum di PT. Telkom, Tbk Jakarta, perangkat Metro Ethernet yang digunakan adalah Router Alcatel-Lucent 7750 dan 7450. Router Alcatel-Lucent 7750 dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan Router Alcatel-Lucent 7450 dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4. Router Alcatel-Lucent 7750

(Sumber: Alcatel-Lucent-7750-Service-Router-Series-DataSheet.pdf)



Gambar 2.5. Router Alcatel-Lucent 7450

(Sumber: 7450-Datasheet.pdf)

2.4. Interface SFP dan XFP

Berdasarkan *datasheet interface SFP*, *interface* (antar muka) adalah suatu perangkat yang mempunyai fungsi terjadinya interkoneksi antara dua *sub system* yang mempunyai karakteristik berbeda.

Selain itu dijelaskan pada *datasheet interface SFP*, Small Form-Factor Pluggable (SFP) adalah suatu perangkat berupa suatu *transceiver* yang biasa

digunakan dalam aplikasi komunikasi dan telekomunikasi data. Perangkat SFP menjadi *interface* antara perangkat dengan jaringan serat optik. SFP dihubungkan ke port Gigabit Ethernet atau *slot*, dan menghubungkan *port* dengan jaringan. SFP didesain untuk mendukung standar SONET, Fast Gigabit Ethernet, *fiber channel*, dan standar lainnya.

Dengan memilih modul SFP yang sesuai, *port* kelistrikan yang sama pada *router* dapat terhubung ke serat optik dari berbagai jenis baik *multimode* atau *singlemode* dan panjang gelombang yang berbeda. Jadi sifatnya sangat praktis, jika harus meng-*upgrade* serat optik, maka modul SFP juga perlu diganti dengan yang sesuai. SFP mengubah sinyal listrik serial ke sinyal optik serial dan begitu juga sebaliknya. Modul SFP bersifat *hot swappable*, artinya perangkat ini akan otomatis mendeteksi saat dipasang di perangkat dan bisa diganti saat ON.

Untuk kapasitas yang lebih besar dari SFP ada yang disebut dengan XFP *transceiver*. Modul XFP ini bisa menangani *speed* sampai 10Gbps koneksi serat optik. SFP dibagi menjadi beberapa jenis, bergantung pada jarak kabel optik yang digunakan, serta tipe kabel optik tersebut. Berikut adalah tipe-tipe *interface* SFP dan XFP yang digunakan teknologi Metro Ethernet:

1. *Speed* 1 Gbps *minimum* 4 *ports* setiap *card* (TX, SX, LX) dengan menggunakan modul SFP, dapat dilihat pada gambar 2.6, 2.7, 2.8.



Gambar 2.6. Interface SFP jenis LX

(Sumber : <http://www.sfpex.com/alcatel-lucent>)



Gambar 1.7. Interface SFP jenis TX

(Sumber : <http://www.sfpex.com/alcatel-lucent>)



Gambar 2.8. Interface SFP Jenis SX

(Sumber : <http://www.sfpex.com/alcatel-lucent>)

2. Speed 10 Gbps minimum 1 ports setiap card (ER dan LR) dengan menggunakan modul XFP, dapat dilihat pada gambar 2.9 dan 2.10



Gambar 2.9. Interface XFP jenis ER

(Sumber : <http://www.sfpex.com/alcatel-lucent>)



Gambar 2.10. Interface XFP jenis LR

(Sumber : <http://www.sfpex.com/alcatel-lucent>)

Cara implementasi SFP sebenarnya cukup mudah. Namun sebelumnya, kita harus ketahui dulu kebutuhan jaringan yang akan kita bangun, misal jarak tiap *node* dan *throughput* yang akan dilewatkan. Dari kebutuhan tersebut, kita bisa

memilih jenis SFP dan kabel fiber yang kita butuhkan. Tiap SFP memiliki spesifikasi mode, jarak, dan *throughput*.

2.5. Media Transmisi Serat Optik

Serat optik merupakan salah satu media transmisi komunikasi optik yang cukup handal. Dipilihnya alternatif ini karena serat optik mempunyai beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh media transmisi yang lain. Sesudah tahun 1970, ketika mulai terdapat serat dengan susunan lebih kecil dari 20 dB/Km, perkembangannya semakin dipacu. Dengan bahan-bahan dasar yang makin murni dan teknik pembuatan yang makin teliti, koefisien susutan dapat mencapai kurang dari 5 dB/km (Iwan, 2013:465)

Dibandingkan dengan sistem konvensional menggunakan kabel logam (tembaga) biasa, fiber optic memiliki keunggulan antara lain (Iwan, 2013:467):

1. *Less expensive*

Beberapa mil kabel optik dapat dibuat lebih murah dari kabel tembaga dengan panjang yang sama.

2. *Thinner*

Fiber optic dapat dibuat dengan diameter lebih kecil (ukuran diameter kulit dari serat sekitar 100 μm dan total diameter ditambah dengan jaket pelindung sekitar 1-2 mm) daripada kabel tembaga, dan juga karena *fiber optic* membawa *light* (cahaya) maka tentunya memiliki *light weight* (berat yang ringan). Sehingga kabel *fiber optic* memerlukan tempat yang lebih kecil di dalam tanah.

3. *Higher Carrying Capacity*

Karena *fiber optic* lebih tipis dari kabel tembaga maka kebanyakan *fiber optic* dapat dibundel kedalam sebuah kabel dengan diameter tertentu. Fiber optic juga memiliki *bandwidth* yang besar (1 dan 100 GHz, untuk *multimode* dan *single-mode* sepanjang 1 km).

4. *Less Signal degradation*

Sinyal yang *loss* pada *fiber optic* lebih kecil (kurang dari 1 dB/km pada rentang panjang gelombang yang lebar) dibandingkan dengan kabel tembaga.

5. *Light Signals*

Tidak seperti sinyal listrik pada kabel tembaga, sinyal cahaya dari satu *fiber optic* tidak berinterferensi dengan sinyal cahaya pada *fiber optic* yang lainnya didalam kabel yang sama. Juga tidak ada interferensi elektromagnetik.

6. *Low Power*

Karena sinyal pada *fiber optic* mengalami *loss* yang rendah, *transmitter* dengan daya yang rendah dapat digunakan dibandingkan dengan sistem kabel tembaga yang membutuhkan tegangan listrik yang tinggi, hal ini jelas dapat mengurangi biaya yang dibutuhkan.

7. *Digital Signals*

Fiber optic secara ideal cocok untuk membawa informasi digital yang sangat berguna bagi jaringan komputer.

8. *Non-flammable*

Karena tidak ada arus listrik yang melalui *fiber optic*, maka tidak ada risiko bahaya api.

9. *Flexible*

Fiber Optic sangat fleksibel dan dapat mengirim dan menerima cahaya.

Sedangkan kekurangan *fiber optic* dibandingkan kabel tembaga antara lain:

1. Konstruksi fiber optik lemah sehingga dalam pemakaiannya diperlukan lapisan penguat sebagai proteksi.
2. Karakteristik transmisi dapat berubah bila terjadi tekanan dari luar yang berlebihan.
3. Tidak dapat dialiri arus listrik, sehingga tidak dapat memberikan daya pada pemasangan *repeater*.
4. Tidak seperti kawat logam, penyambungan serat harus menggunakan teknik serta ketelitian yang tinggi.

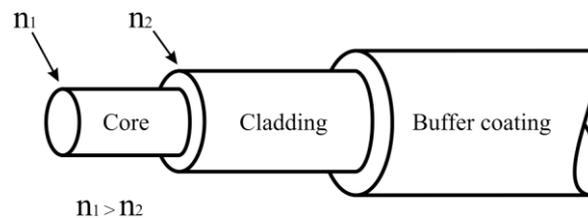
2.5.1. Struktur Dasar Kabel Serat Optik

Serat optik adalah pandu gelombang dielektrik atau media transmisi gelombang cahaya yang terbuat dari bahan silica atau plastik berbentuk silinder. Serat Optik adalah sebuah bahan transparan yang sangat jernih, atau kabel yang terbuat dari bahan semacam ini, yang dapat digunakan untuk menstransmisikan gelombang cahaya (John, 2006:10).

Bahan kaca awal, yang terletak di bagian dalam disebut sebagai inti (*core*). Bagian *core* merupakan jalur utama pemanduan gelombang cahaya yang mempunyai indeks bias terbesar n_2 .

Inti (*core*) diselubungi oleh lapisan kaca yang disebut mantel (*cladding*). Bahan kaca awal yang digunakan untuk untuk serat optik kini memiliki lapisan pembungkus di luarnya yang disebut sebagai mantel (*cladding*). *Cladding* berfungsi sebagai cermin yaitu memantulkan cahaya agar dapat merambat ke

ujung lainnya. Dengan adanya *cladding* ini cahaya dapat merambat dalam *core* serat optik. Bagian *cladding* mempunyai indeks bias n_2 yang nilainya sedikit lebih rendah daripada n_1 (Gerd, 1991:26). Bagan lengkap serat optik dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Bagan lengkap serat optik

(Sumber : Iwan, 2013:465)

Lapisan plastik yang sangat lembut ditambahkan di bagian luar lapisan mantel. Lapisan pembungkus tambahan ini disebut sebagai *buffer primer* (atau terkadang juga *coating* atau *buffer* saja), dan penggunaannya ditujukan untuk sekedar memberikan perlindungan mekanis semata, tanpa sedikit pun mempengaruhi proses transmisi cahaya didalam serat optik (John, 2006:31).

2.5.2. Prinsip kerja Serat Optik

Sistem transmisi serat optik pada prinsipnya sangat sederhana yaitu sebuah sinyal digunakan untuk menimbulkan perubahan-perubahan pada (atau memodulasi) cahaya yang dibangkitkan oleh suatu sumber tertentu, biasanya berupa sebuah *laser* atau sebuah LED (*Light Emitting Diode*). Kilatan-kilatan cahaya yang berubah-ubah ini merambat di dalam serat optik, dan di ujung penerima dikonversikan kembali menjadi sinyal listrik yang merupakan replika sinyal aslinya dengan menggunakan sel foto elektris. Dengan cara ini sinyal

informasi yang dikirimkan dapat diperoleh kembali di ujung penerima (Iwan, 2013:5).

2.5.3 Jenis Serat Optik

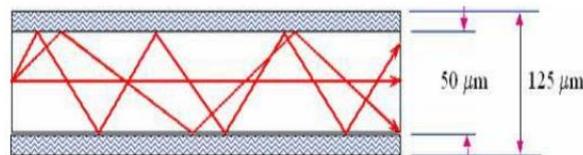
Jenis-jenis Serat Optik menurut perambatannya ada 2 bagian yaitu, *Single-mode fibers* dan *Multi-mode fibers*:

1. Multimode Fibers

Berdasarkan susunan indeks biasanya, serat optik *multimode* memiliki dua profil yaitu:

1. *Step Index* dimana berkas cahaya melewati core dengan dipantulkan secara patah, digunakan untuk jarak pendek seperti pada kabel LAN antar komputer dalam satu gedung.
2. *Graded Index* dimana berkas cahaya melewati core dengan dipantulkan tetapi secara melengkung, digunakan untuk jarak menengah (contoh: pada kabel WAN dalam kota atau antar gedung). Pada Graded Index, indeks bias cahaya yang merupakan fungsi dari jarak terhadap sumbu/poros serat optik, sehingga cahaya yang menjalar melalui beberapa lintasan pada akhirnya akan sampai pada ujung lainnya pada waktu yang bersamaan.

Perambatan gelombang pada multimode fiber dapat dilihat pada gambar 2.12.

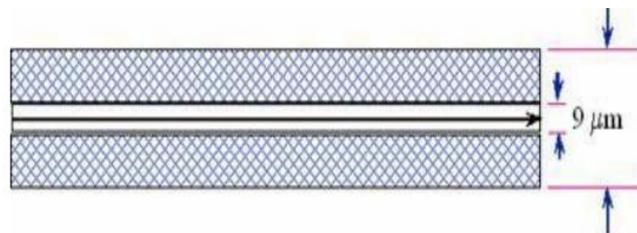


Gambar 2.12. Perambatan gelombang pada multimode fiber

(Sumber : Tegar, 2012:8)

2. Single Mode Fibers

Pada Single-mode hanya terjadi satu jenis mode pambatan berkas cahaya saja, sehingga tidak akan terjadi pelebaran pulsa (dispersi) di tingkat keluarannya. Ukuran *cover* sangat kecil, diameternya mendekati panjang gelombang sehingga cahaya yang masuk kedalamnya tidak dipantulkan ke dinding cladding. Perambatan gelombang pada single-mode fiber dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Perambatan gelombang pada single-mode fiber

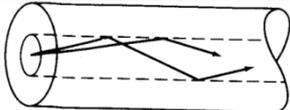
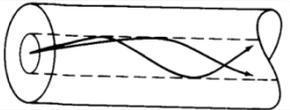
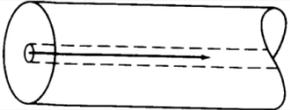
(Sumber : Tegar, 2012:8)

Pada serat optik *single mode* terdapat empat macam tipe yang sering digunakan berdasarkan ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector) yaitu:

- a) G.652 - Standar Single Mode Fiber
- b) G.653 – Dispersion-Shifted Single Mode Fiber
- c) G.653 – Characteristics of Cut-Off Shifted Mode Fiber Cable
- d) G.655 – Dispersion-Shifted Non Zero Dispersion Fiber.

Perbedaan Tiga mode Serat Optik dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perbedaan Tiga Mode Serat Optik

Sifat	Step-Index	Graded-Index	Single Mode
Sumber Chaya	LED / Laser	LED / Laser	Laser
Lebar Jalur	Lebar (sampai 200 Mhz)	Sangat lebar (200 MHz – 3 GHz)	Sangat lebar (200 MHz – 50 GHz)
Aplikasi yang umum	Jalur data komputer. Jarak Maksimum 200 meter	Jalur telepon, cukup jauh, Jarak maksimum : 200 Km	Jalur telekomunikasi jarak jauh.
Biaya	Paling Murah	Agak Mahal	Sangat mahal
Diameter	50 – 125 μm	50 – 125 μm	2 – 8 μm
Diameter Cladding	125 – 440 μm	125 – 440 μm	15 – 60 μm
Arah Chaya			

Sumber: Metafasita, 2015:13

2.6. Power Link Budget

Pertimbangan yang penting untuk sistem transmisi serat optik adalah power link budget. Dengan mengurangi seluruh redaman optik sistem daya yang dikirimkan oleh *transmitter*, perencanaan sistem serat optik memastikan bahwa sistem mempunyai daya yang cukup untuk mengemudikan *receiver* pada *level* yang diinginkan. Daya input yang diizinkan oleh receiver disebut dengan *sensitivitas receiver*. Perhitungan power link budget untuk mengetahui batasan redaman total yang diijinkan antara daya keluaran pemancar dan sensitivitas penerima.

Beberapa komponen yang terkait dalam perhitungan power link budget adalah daya, *loss*, dan parameter margin. Berikut beberapa hal yang mempengaruhi perhitungan power link budget:

a) Kabel serat optik

Penggunaan kabel serat optik merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pengiriman data dari *transmitter* menuju ke *receiver*. Dalam kenyataannya kabel serat optik juga memiliki *loss*. Serat optik yang digunakan sebagai media transmisi memiliki fiber *loss* berbanding lurus dengan jarak yang ditempuh (km) dari sinyal optik.

Loss Fiber dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1, sebagai berikut:

Loss Fiber (α_f)

$$\alpha_f = L * L_f \dots\dots\dots(2.1)$$

L_f : Rugi yang terjadi pada serat optik (dB/km)

L : Panjang saluran (Km)

b) Konektor

Konektor merupakan alat yang digunakan sebagai penghubung antara transmitter ke serat optik dan sebaliknya dari serat optik dan *receiver*. Jenis-jenis dari konektor kabel *fiber optic* ini tersedia dalam beberapa bentuk yang berbeda beda tergantung kebutuhan implementasinya. Jenis-jenis konektor sebagai berikut (John, 2006:142) :

1. Konektor ST (*straight tip*): bentuknya seperti bayonet berkunci sehingga sambungan tidak lagi menjadi longgar ketika terkena getaran yang cukup keras dan sering. Sangat umum digunakan baik untuk kabel *multi mode* maupun *single mode*. Konektor tipe ST mudah digunakan baik dipasang maupun dicabut.

2. Konektor FC-PC (*Fiber Connector, Physical Contact*) adalah model konektor berkualitas tinggi yang dirancang untuk sistem-sistem transmisi jarak jauh dengan serat modus tunggal, dan karenanya dapat menghasilkan rugi daya yang sangat rendah.
3. Konektor SC (*Subscriber connector*) kini menjadi andalan utama bagi jaringan-jaringan komunikasi data. Ukurannya yang kecil dan bentuknya yang persegi empat menjadikannya dapat dimuatkan dalam jumlah banyak pada kotak panel yang sempit.
4. Konektor LC adalah salah satu dari model-model konektor optik generasi terbaru, yang berupaya menggabungkan dua buah kabel serat optik di dalam sebuah konektor tunggal. Konektor-konektor semacam ini memiliki tipe generik SFF (Small Form Factor).
5. Konektor MT-RJ

Menyesuaikan persambungan dua buah serat optik merupakan sebuah permasalahan yang cukup rumit. Apalagi jika persambungan itu harus secara berulang kali dipasang dan dilepaskan sementara tetap mempertahankan kinerja yang optimal. Sangat sulitnya mendapatkan penyambungan yang sempurna menyebabkan *loss* yang terdapat pada konektor. Hal ini menyebabkan terjadinya degradasi atau penurunan sinyal, baik itu dari *transmitter* ke serat optik atau dari serat optik ke *receiver*. *Connector loss* yang timbul pada kenyataannya sering menimbulkan nilai *loss* yang sangat besar, hal itu disebabkan oleh cara *install* yang salah atau kontruksi konektor yang digunakan.

Loss Konektor dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2, sebagai berikut:

Loss Konektor (α_c) :

$$\alpha_c = N_c * L_c \dots\dots\dots(2.2)$$

N_c : Jumlah konektor (buah)

L_c : Loss konektor (dB)

c) *Splice*

Splice merupakan penyambungan antara dua buah kabel serat optik yang menghantarkan cahaya. Teknik penyambungan serat optik disebut *splicing*. Loss yang dihasilkan oleh *splice* ini lebih kecil dibandingkan dengan loss yang terjadi pada konektor. Ini disebabkan oleh sifat penyambungan yang lebih permanen dibandingkan dengan penyambungan oleh konektor. Semakin banyak *splice* yang dilakukan maka semakin besar pula loss yang terjadi.

Loss *Splice* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3, sebagai berikut:

Loss Splice (α_s)

$$\alpha_s = N_s * L_s \dots\dots\dots(2.3)$$

N_s : Jumlah sambungan (buah)

L_s : Loss sambungan (dB)

d) Margin

Margin sebagai komponen dari sistem digunakan untuk menunjukkan batas maksimum dan minimum dari jumlah daya dan redaman yang terdapat dalam sistem komunikasi optik. Apabila nilai margin telah diketahui maka perkiraan untuk mendapatkan spesifikasi alat yang digunakan dapat diketahui pula. Margin yang digunakan PT. Telkom sebesar 6~8 dB.

Dalam melakukan perhitungan power link budget PT. Telkom memiliki standar untuk membatasi *loss* yang boleh ada pada suatu link transmisi. Standar tersebut merupakan acuan yang dipergunakan oleh PT. Telkom pada saat awal perencanaan dan pembangunan jaringan. Selain itu, standar tersebut menentukan batas maksimum untuk *fiber loss*, *splice loss* dan *connector loss*.

Standar batas maksimum PT. Telkom untuk tiap jenis *loss* adalah sebagai berikut.

1. *Fiber loss* :
 - a. 0,4 dB/km untuk kabel 1310 nm
 - b. 0,35 dB/km untuk kabel 1550 nm
2. *Splice Loss* : 0,5 dB
3. *Connector Loss* : 0,5 dB
4. *Margin Loss* : 6~8 dB

Dengan menggunakan persamaan loss fiber (2.1), persamaan loss konektor (2.2) dan persamaan loss splice (2.3) dan margin, power link budget dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4.

$$P_R = P_T - (\alpha_f + \alpha_s + \alpha_c + M) \dots\dots\dots(2.4)$$

P_R = Daya sinyal yang diterima (dBm)

P_T = Daya optik yang dipancarkan dari sumber cahaya (dBm)

α_f = Loss fiber (dB)

α_s = Loss sambungan/splice (dB)

α_c = Loss konektor (dB)

M = Margin merupakan kompensasi nilai redaman serat optik (PT. Telkom menggunakan margin berkisar 6~8 dbm).

2.7. Rise Time Budget

Rise Time Budget merupakan metoda untuk menentukan batasan dispersi (keterlambatan) pada saluran transmisi. Dengan perhitungan rise time budget dapat ditentukan batasan dispersi maksimum suatu jaringan transmisi dan dapat diketahui kemungkinan terjadinya degradasi (penurunan) sinyal digital sepanjang jaringan transmisi yang disebabkan oleh komponen yang digunakan. Data dapat menjadi rusak karena dispersi. Dispersi dapat dibagi oleh tiga jenis yakni (Iwan, 2013:531) :

1. Dispersi Ragam (*Intermodal Dispersion*)

Untuk sistem dengan menggunakan pemancar laser single mode, dispersi antar ragam tidak memberikan kontribusi atas keterlambatan penerimaan, sehingga untuk system single mode hanya dipengaruhi oleh dispersi bahan dan dispersi *intramodal*.

2. Dispersi Bahan (*Chromatic Dispersion*)

Dispersi bahan dapat diketahui dengan melihat spesifikasi teknis kabel yang digunakan.

3. Dispersi *Waveguide* (*Intramodal Dispersion*)

Berbagai komponen panjang gelombang pada spektrum cahaya merambat dengan kecepatan cahaya yang sedikit berbeda di dalam serat optik. Akibatnya pulsa cahaya akan memuai.

Rise Time Budget sistem secara keseluruhan diberikan dengan persamaan

2.5.

$$t_{sistem} = \sqrt{t_{TX}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{RX}^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

t_{sistem} = total rise time sistem

t_{TX} = rise time pengirim

t_{RX} = rise time penerima

$t_{intermodal}$ = rise time yang disebabkan karena dispersi intermodal
= 0 (untuk Single Mode Fiber)

$t_{intramodal}$ = rise time yang disebabkan karena dispersi intramodal

Dispersi intramodal ($t_{intramodal}$) dapat dihitung dengan persamaan 2.6.

$$t_{intramodal} = D \cdot \sigma\lambda \cdot L \dots \dots \dots (2.6)$$

D = Dispersi kromatik

$\sigma\lambda$ = Lebar spektral

L = panjang serat optik

Sedangkan rise time total sistem dihitung dengan persamaan 2.7 atau 2.8, tergantung dengan format modulasi yang digunakan yaitu NRZ atau RZ:

$$t_r = \text{rise time total sistem} = \frac{0,7}{\text{Bit rate}} \text{ (NRZ format) } \dots \dots \dots (2.7)$$

$$= \frac{0,35}{\text{Bit Rate}} \text{ (RZ format) } \dots \dots \dots (2.8)$$

$$t_{sistem} \leq t_r$$

Rise time budget (t_{sistem}) harus kurang dari atau sama dengan rise time total sistem (t_r) agar sistem dapat berkerja dengan baik.

2.8. Prosedur Re-engineering

Robert Janson dalam *Institute of industrial Engineers* (1993:49) mendefinisikan *re-engineering* sebagai pembaharuan proses dalam organisasi secara radikal yang banyak digunakan perusahaan untuk memperbaharui komitmen mereka terhadap pelayanan kepada pelanggannya.

Michael Hammer dan James Champy menyatakan bahwa *Re-engineering Process* adalah "Pemikiran dan perancangan ulang suatu sistem secara mendasar (*fundamental*) dan radikal untuk mendapatkan perbaikan secara dramatis pada saat kritis, dengan mengukur kinerja saat ini melalui elemen-elemen biaya, kualitas, pelayanan dan kecepatan."

Keseluruhan definisi di atas menekankan pada penataan ulang/ perancangan/ petaan ulang proses yang bertujuan untuk mendapatkan perbaikan / peningkatan kinerja yang signifikan.

Adapun *Method Operation Prosedur Re-engineering* node Pluit-Duta Mas yang akan dilakukan oleh PT. Telkom sebagai berikut:

1. Perencanaan
2. Memilih *route routing* terbaik dengan melihat *trunk metro existing*. Selain itu melihat konfigurasi fiber optik *existing*. Parameter kelayakan hasil perancangan adalah Power Link Budget dan Rise Time Budget.
3. Membuat trunk yang telah direncanakan.
4. Memindahkan pelanggan-pelanggan Duta Mas ke node Slipi.
5. Memindahkan trafik dari Pluit-Duta Mas ke jalur baru, yaitu pada node Cideng.
6. Memindahkan trafik dari Slipi-Duta Mas ke Cideng
7. Mematikan atau *Shutdown* trunk Pluit-Duta Mas dan Slipi-Duta Mas
8. *Dismantle* node Duta Mas.

2.9. Definisi Masalah

PT. Telekomunikasi Indonesia, sebagai tulang punggung dibidang ICT dan operator terbesar di Indonesia harus memperhatikan kebutuhan *customer* dengan selalu berusaha untuk meningkatkan efisiensi perangkat sehingga jaringan yang sudah dibeli dapat dimanfaatkan se-optimal mungkin.

Router Metro Ethernet merupakan alat core bisnis Telkom paling utama bagi penyelenggara telekomunikasi. Router sebagai perangkat berbasis internet protokol untuk merutingkan paket dari sumber ketujuan . Router metro membawa semua jenis layanan dari one-play, two-play dan tripleplay.

Pengguna tersebar disuatu sentra bisnis, gedung perkantoran dan *residential*. Namun terkadang pertumbuhan layanan disuatu lokasi tidak sama, ada yang cepat berkembang dan ada yang lambat. Hal ini ditandai dengan banyak jumlah pengguna dan yang melakukan komunikasi baik voice, data dan gambar. Penggunaan alat komunikasi tersebut dapat dilihat melalui traffic yang tumbuh.

Pada backbone metro ethernet Jakarta Utara masih terdapat node berkapasitas besar tetapi beban traffic yang lewat sangat sedikit. *Re-engineering* memerlukan analisa jaringan dengan memperhatikan parameter jarak, *arah traffic*, Power Link Budget dan Rise Time Budget.

Untuk perencanaan *re-engineering* pada *node* Pluit ini dapat dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap-tahap ini dilakukan agar *proyek re-engineering* sesuai dengan perancangan yang diharapkan sehingga dapat dilaksanakan dengan efektif dan efisien. Karena kesalahan pada perancangan akan menimbulkan proses perbaikan dan biaya yang tinggi pula, seperti biaya ulang untuk perbaikan instalasi pada penggunaan media serat optik.

Perangkat pada *node* Duta Mas tidak optimal dilihat dari *traffic* yang tumbuh, karena itu diperlukan *dismantling* pada *node* tersebut. Namun sebelum kegiatan *dismantling* perangkat dilaksanakan, butuh perancangan re-engineering agar *traffic* pada *node* Pluit yang terputus tetap berjalan dengan baik.

Method Operation Prosedur Re-engineering node Pluit-Duta Mas yang akan dilakukan oleh PT. Telkom telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya. Pada penelitian ini, peneliti hanya akan melakukan perancangan re-engineering, yaitu merancang *trunk Metro Ethernet* dengan menghitung Power Link Budget dan Rise Time Budget, sehingga para *engineer* PT. Telkom dapat memilih jalur mana yang paling tepat untuk membangun *trunk* baru dari *node* Pluit yang terputus.