

JURNAL INFORMATIKA

JURNAL ILMU PENGETAHUAN TEKNOLOGI DAN KEMAHASISWAAN

No.1, Vo.1, Januari - April 2010

M. Ichwan, Ir., MT.

Helmi F. Ocmry

Restrukturisasi Jaringan Komputer Kampus
Institut Teknologi Nasional (ITENAS)
Bandung

Dewi Rosmala, S.Si, M. IT.

Falahah, Ir., MT.

CASE Tools dalam Lingkungan Operasi *Open Source*
(Eksplorasi Fasilitas dan Fitur pada Together dan Poseidon)

Youllia Indrawaty N, Hendi

Handian R., Harry Riadityo

Perancangan Danrealisasi Sistem Komunikasi Keberangkatan Kereta Api
Dan Hubungannya Dengan Pintu Perlintasan

Ir. M. Ichwan, M.T.

Safitri Jaya

Analisis Dan Penerapan Model Metrik
Untuk Melakukan Estimasi Biaya Proyek Perangkat Lunak
Pada Studi Kasus Portal Akademik
Sub Sistem Pendaftaran

Dewi Rosmala, S.Si, M.IT.

Rizky Faissa Akbar S

Pengembangan Aplikasi Perkiraan Biaya Proyek IT Dengan
Menggunakan Metode COCOMO

RESTRUKTURISASI JARINGAN KOMPUTER KAMPUS INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL (ITENAS) BANDUNG

M. Ichwan, Ir., MT. (Jurusan Teknik Informatika, ITENAS Bandung)
Helmi F. Oemry. (Jurusan Teknik Elektro ITENAS Bandung)

ABSTRAK

Jaringan komputer bukanlah sesuatu yang baru saat ini. Hampir di setiap perusahaan maupun institusi terdapat jaringan komputer untuk memperlancar arus informasi. Teknologi informasi telah cukup lama dimanfaatkan ITENAS untuk menunjang kegiatan akademik, baik kegiatan belajar mengajar serta kegiatan yang bersifat administrasi. Dalam pelaksanaannya, ITENAS telah memiliki infrastruktur jaringan, yang telah menghubungkan seluruh gedung, dengan pusatnya terletak di UPT-PPKKE dan di Rektorat.

Dengan terus bertambahnya jumlah komputer di ITENAS dan keinginan untuk mengembangkan fitur-fitur teknologi informasi lainnya di ITENAS, seperti VoIP (*Voice over Internet Protocol*), *video streaming*, *radio streaming*, TV kampus, dan lain-lain. Kondisi jaringan yang ada pada saat itu (sebelum tahun 2007) dirasakan tidak layak, yaitu dengan melihat cakupan area yang luas dan banyaknya gedung-gedung yang letaknya terpisah dengan jarak yang cukup jauh (≥ 50 meter). Untuk itulah UPT-PPKKE merasa perlu adanya restrukturisasi jaringan komputer yang berada di lingkungan ITENAS.

Peningkatan kualitas jaringan di-implementasikan dengan penggantian perangkat keras penunjang jaringan dan media jaringan komputer berupa kabel serat optik. Topologi jaringan yang ideal bagi jaringan komputer adalah topologi *mesh*, dengan topologi ini setiap *node* dapat terkoneksi langsung dengan *node* lainnya tanpa melalui *node* perantara.

Dengan melihat kondisi lapangan di ITENAS, topologi *mesh* merupakan topologi yang paling ideal. Namun dengan pertimbangan kompleksitas dan mahalnya penerapan topologi *mesh* ini bagi ITENAS, maka dipilihlah topologi *hybrid* yang merupakan gabungan topologi *ring* dan *star* untuk jaringan komputer ITENAS.

Dengan restrukturisasi jaringan yang terjadi di ITENAS, penelitian difokuskan pada perancangan, implementasi dan analisis jaringan komputer di ITENAS melalui UPT-PPKKE selaku pelaksana teknis seluruh pelayanan teknologi informasi di ITENAS.

Hasil yang diharapkan pada penelitian ini adalah jaringan komputer dengan kemampuan *bandwidth* diatas 100Mbps, *loss* data 0%, dan *latency* yang sangat kecil (≤ 10 ms).

Kata kunci: *bandwidth*, *node*, topologi, *mesh*, *ring*, *star*, *loss*, *latency*, *fiber optic*, *jaringan*, *hybrid*, komputer.

ABSTRACT

Computer networks is not something new today. Almost in every company or institution have a computer network to facilitate the flow of information. Itenas has been using Information technology long enough to support academic activities, such as teaching, learning, and administrative activities. In its implementation, ITENAS already have a network infrastructure, which has linked the entire building, with its center located at - PPKKE Dept. and the Rector.

With the continued increase in the number of computers in ITENAS and the desire to develop technology features in ITENAS information, such as VoIP (Voice over Internet Protocol), video streaming, streaming radio, campus TV, and others. Existing network conditions at that time (before 2007) felt unworthy, that is by looking at a broad coverage area and many buildings are located separately from large distances (≥ 50 feet). For that UPT-PPKKE feel the need of restructuring the computer network in ITENAS environment.

Improvement in network quality is implementing with the replacement of hardware and network support computer network media in the form of fiber-optic cable. Network topology is ideal for a computer network is a mesh topology, with this topology each node can be connected directly with other nodes without going through intermediate nodes.

By looking at the field conditions in ITENAS, mesh topology is the most ideal topology. However, with consideration of the complexity and expense of application of this mesh topology for ITENAS, the chosen topology is a combination hybrid ring and star topologies for computer networks ITENAS.

With a network restructuring that occurred in ITENAS, research focused on the design, implementation and analysis of computer networks in ITENAS through UPT-PPKKE as all technical and operational information technology services in ITENAS.

Results are expected in this research is a computer network with over 100Mbps of bandwidth capacity, 0% of data loss, and latency is very small (≤ 10 ms).

Keywords: *bandwidth, nodes, topology, mesh, ring, star, loss, latency, fiber optic, network, hybrid, computer.*

PENDAHULUAN

Kondisi infrastruktur fisik dari jaringan komputer kampus ITENAS terdiri dari 3 (tiga) jenis, yaitu kabel (*coaxial* dan UTP), *server* dan *router*. Kabel *coaxial* digunakan karena jarak yang cukup jauh (≤ 100 meter), sehingga tidak cukup jika menggunakan kabel UTP (*Unshielded Twisted Pair*). Jika dilihat dari kondisi yang ada, jaringan kabel, *server* dan *router* yang digunakan oleh kampus ITENAS untuk melayani koneksi belum cukup memadai. Hal ini disebabkan banyaknya jaringan kabel, *server* dan *router* yang tidak memenuhi standar.

Penggunaan media kabel untuk *outdoor* masih menggunakan jenis UTP *indoor* yang pemakaiannya melebihi batas maksimum 100 meter, sehingga kondisi ini rentan terhadap gangguan petir. Akibat lain adalah pada beberapa titik banyak terjadi paket *data* yang hilang (*packet loss*) hingga mencapai 80% dan *delay* transmisi (*latency*) data cukup besar hingga mencapai 230 ms.

Jurnal penelitian kampus ini memberikan informasi tentang kondisi jaringan komputer yang layak dan optimal untuk kondisi kampus ITENAS saat ini

dan jangka panjang ke depan. Kondisi layak dan optimal ini harus realistis untuk di-implementasikan. Serta diharapkan restrukturisasi jaringan komputer ini berfungsi sebagai pondasi untuk perkembangan teknologi informasi lainnya di kampus ITENAS pada masa yang akan datang.

Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Perancangan infrastruktur jaringan komputer yang layak dan optimal bagi perkembangan kampus ITENAS;
2. Perancangan sistem pendukung yang dirancang hanya untuk aplikasi-aplikasi yang menunjang kegiatan akademik dan non-akademik di kampus ITENAS;
3. Lokasi penempatan infrastruktur *backbone* jaringan kampus ITENAS;
4. Bahasan penelitian tidak akan membahas secara detail mengenai:
 - Model referensi OSI secara detail;
 - Model TCP/IP secara detail;
 - Spesifikasi kabel serat optik (*fiber optic*) dan kabel UTP (*cat. 5e* dan *cat. 6*), serta kabel *coaxial* secara detail;
 - Proses terminasi *fiber optic*;
 - Analisa hasil OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*);
 - Sistem pendukung jaringan komputer kampus ITENAS
 - Sistem teknologi informasi yang dimiliki oleh kampus ITENAS secara detail;
 - Perancangan jaringan komputer mempergunakan *software* simulasi;
 - Berbagai aspek lain dalam perancangan sistem selain model proses yang digunakan.

DASAR TEORI

Internetworks

Internetworks adalah struktur komunikasi yang bekerja untuk mengikat LAN dan WAN bersama. Fungsi utama mereka adalah untuk memindahkan

informasi kemanapun dengan cepat, atas permintaan, dan dengan integritas yang utuh.

LAN di desain untuk beroperasi pada area geografis yang sangat terbatas, seperti satu lantai pada gedung atau pada sebuah gedung. Jaringan ini memang dirancang untuk koneksi kecil.

WAN jauh lebih besar dibandingkan dengan LAN, dipergunakan untuk menghubungkan jaringan-jaringan yang berlokasi di gedung-gedung yang berlainan, kota-kota, daerah-daerah, dan negara-negara.

Peralatan yang digunakan dalam koneksi LAN dan WAN adalah:

- *Repeater*;
- *Bridge*;
- *Hub*;
- *Switch*;
- *Router*;
- *Gateway*.

Model Referensi OSI

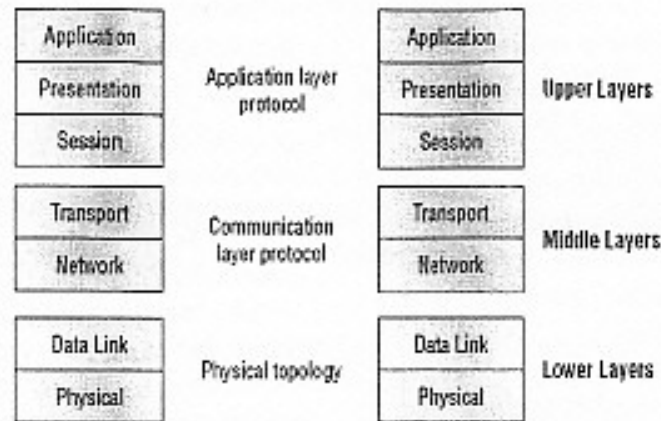
Model OSI adalah model utama untuk arsitektur jaringan. Model ini menjelaskan bagaimana *data* dan informasi jaringan dikomunikasikan dari aplikasi-aplikasi pada satu komputer, melalui media jaringan, hingga diterima oleh aplikasi pada komputer yang berlainan.

Model referensi OSI memecah pendekatan ini menjadi beberapa lapisan (*layers*). Model referensi adalah cetak biru dari konsep bagaimana komunikasi dapat terjadi.

Lapisan OSI

Model referensi OSI memiliki 7 lapisan, dan gambar 2.1 meng-gambarkan hubungan lapisan ini:

- *Application*;
- *Presentation*;
- *Session*;
- *Transport*;
- *Network*;
- *Data-link*;
- *Physical*.



Gambar 2.1. Lapisan dari model referensi OSI

Lapisan Aplikasi (*Application Layer*)

Lapisan aplikasi bertanggung jawab sebagai penghubung antara *user* dengan komputer.

Lapisan Presentasi (*Presentation Layer*)

Lapisan presentasi mempresentasikan *data* untuk lapisan aplikasi. Lapisan presentasi secara esensial adalah sebuah lapisan penerjemah. Teknik pengiriman *data* yang berhasil adalah mengadaptasikan *data* ke *format* standard sebelum ditransmisikan.

Lapisan Sesi (*Session Layer*)

Fungsi utama dari lapisan ini adalah kontrol dialog antara peralatan-peralatan, atau *nodes*. Lapisan sesi

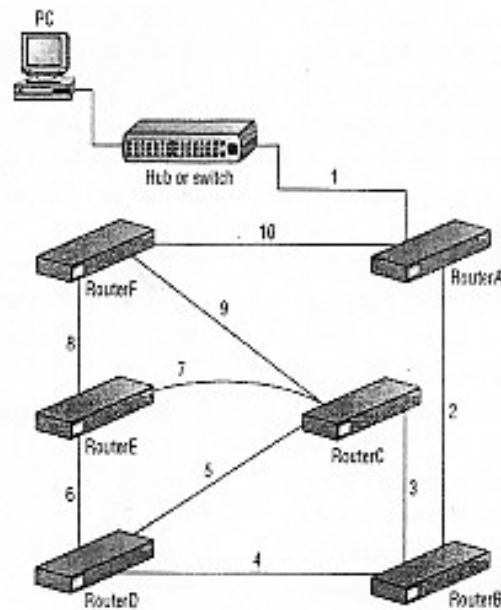
mengorganisasikan komunikasi dari sistem-sistem ini dengan menawarkan tiga macam mode: *simplex*, *half-duplex*, dan *full-duplex*.

Lapisan Pengangkut (*Transport Layer*)

Lapisan ini menyediakan layanan pengangkut *end-to-end* dan membangun koneksi logika antar *user* pengirim dengan *user* penerima pada *internetwork*.

Lapisan Jaringan (*Network Layer*)

Fungsi dari lapisan ini adalah penentuan tujuan, *routers* sebagai peralatan jaringan yang beroperasi pada lapisan ini mempergunakan informasi topologi jaringan.



Gambar 2.2. Komunikasi melalui internetwork

Lapisan Jalur Data (Data Link Layer)

Lapisan jalur *data* menjamin bahwa informasi-informasi dikirimkan ke peralatan yang tepat dan menterjemahkan informasi dari atas hingga ke bentuk *bit-bit* untuk dikirimkan oleh lapisan akses.

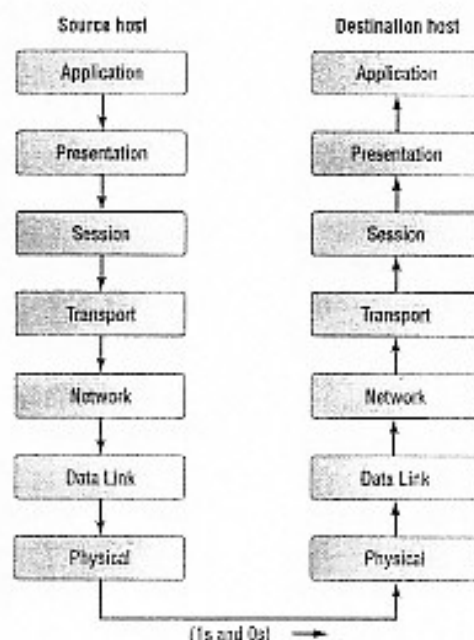
Lapisan Fisik (Physical Layer)

Lapisan fisik memiliki dua tanggung jawab utama, yaitu mengirimkan

dan menerima *bit-bit*.

Enkapsulasi Data (Data Encapsulation)

Enkapsulasi *data* adalah proses bagaimana informasi-informasi didalam protokol dibungkus (*wrapped*) atau disimpan. Gambar 2.3 menunjukkan bagaimana proses enkapsulasi terjadi.



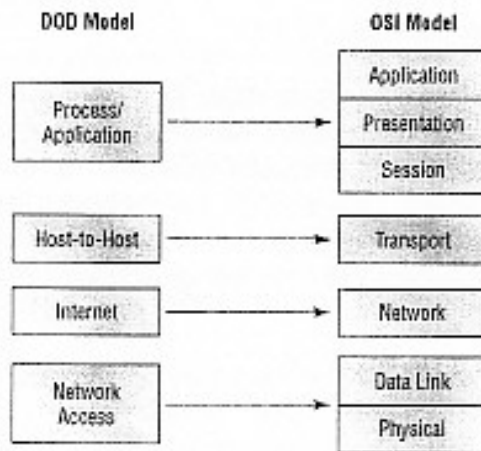
Gambar 2.3. Enkapsulasi data pada setiap lapisan dari model referensi OSI

Pada peralatan yang mentransmisikan informasi, metoda enkapsulasi *data* adalah sebagai berikut:

1. Informasi dari *user* dirubah menjadi *data*;
2. *Data* dirubah menjadi *segments*;
3. *Segments* dirubah menjadi *packets* atau *datagrams*;
4. *Packets* atau *datagrams* dirubah menjadi *Frames*;
5. *Frames* dirubah menjadi *bits*.

Model TCP/IP

TCP/IP merupakan sebutan yang lebih populer dari model DoD (*Department of Defence*), model ini terdiri dari 4 lapisan. Gambar 2.4 menunjukkan lapisan dari model ini.

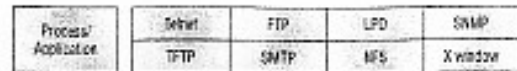


Gambar 2.4. Lapisan dari model TCP/IP

TCP/IP adalah protokol komunikasi yang secara luas dipakai di dalam teknologi jaringan dengan layanan aplikasi berorientasi *internetworking* dan *intranetworking*.

Lapisan Aplikasi (*Application Layer*)

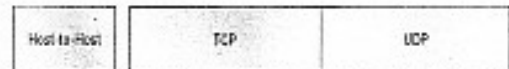
Lapisan aplikasi dari TCP/IP merupakan penggabungan 3 proses kerja dari lapisan-lapisan model referensi OSI, yaitu lapisan aplikasi, presentasi dan sesi. Gambar 2.5 me-nunjukkan contoh dari protokol komunikasi yang bekerja pada lapisan aplikasi dari TCP/IP.



Gambar 2.5. Protokol komunikasi dari lapisan aplikasi TCP/IP.

Lapisan *user-to-user* (*User-to-user Layer*)

Lapisan ini memiliki fungsi dan proses kerja yang identik dengan lapisan *transport* pada model referensi OSI. Gambar 2.6 menunjukkan protokol komunikasi yang bekerja pada lapisan ini.



Gambar 2.6. Protokol komunikasi dari lapisan *user-to-user* TCP/IP.

Model protokol TCP disebut sebagai *connection oriented protocol*. Sedangkan UDP (*User Datagram Protocol*) adalah kebalikan dari protokol ini dimana pada protokol komunikasi UDP tidak terjadi proses serumit dengan yang terjadi pada TCP, maka sering disebut bahwa protokol UDP sebagai *connectionless protocol*.

Lapisan *Internet* (*Internet Layer*)

Fungsi dari lapisan ini berkaitan erat dengan pengalaman secara logika dan penentuan jalur terbaik dari sumber ke tujuan untuk paket-paket *data* yang akan dikirimkan. Gambar 2.7 menunjukkan protokol komunikasi yang bekerja pada lapisan ini.



Gambar 2.7. Protokol komunikasi dari lapisan *internet* TCP/IP.

Internet Protocol (IP) menggunakan *IP-address* sebagai identitas. *IP address* terbagi dua (2) bagian, yaitu :

- *Network ID* (identitas jaringan);
- *User ID* (identitas komputer).

Penulisan IP *address* terbagi atas 4 bagian yang dipisahkan oleh titik. Tiap-tiap bagian terdiri dari 8 *bit* yang diwakilkan oleh nilai desimal, yang masing-masing mempunyai nilai maksimum 255 (nilai maksimum dari 8 *bit*).

IP *address* dirancang dan terbagi ke dalam beberapa kelas yang didefinisikan sebagai berikut :

- **Class A :**
Network *id* (8 *bit*) User *Id* (24 *bit*);
- **Class B :**
Network *Id* (16 *bit*) User *Id* (16 *bit*);
- **Class C :**
Network *Id* (24 *bit*) User *Id* (8 *bit*).

Sebuah alamat khusus di-definisikan dalam TCP/IP sebagai alamat *broadcast*, yaitu alamat yang dapat dikirim ke semua jaringan sebagai upaya *broadcasting*.

Broadcasting IP diperlukan untuk :

- Memberikan informasi kepada jaringan, bahwa layanan tertentu tersedia;
- Mencari informasi di jaringan.

Lapisan Akses Jaringan (*Network Access Layer*)

Network Access layer pada model referensi TCP/IP adalah gabungan dari *Data-link layer* dengan *Physical layer*.

Fungsi dari lapisan ini adalah:

- Menerima IP datagram dan merubahnya menjadi aliran bit-bit (1 dan 0) untuk pengiriman secara fisik;
- Menspesifikasikan MAC *address*;
- Memastikan aliran bit-bit yang diterima dapat dibuat menjadi frame yang benar dengan memeriksa seluruh frame yang diterima dengan CRC-nya.

Teknologi Ethernet

Ethernet adalah implementasi metoda CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*) yang dikembangkan tahun 1960 pada proyek jaringan ALOHA di Hawaii University diatas kabel koaksial.

Standarisasi sistem *ethernet* dilakukan sejak tahun 1978 oleh IEEE. Kecepatan transmisi *data* di *ethernet* sampai saat ini adalah 10 Gbps.

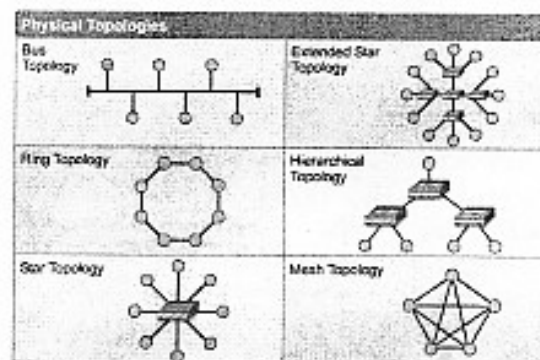
Pada metoda CSMA/CD, sebuah *user* komputer yang akan mengirim *data* ke jaringan pertama-tama memastikan bahwa jaringan sedang tidak dipakai untuk transfer dari dan oleh *user* lainnya. Jika pada tahap pengecekan ditemukan transmisi *data* lain dan terjadi tabrakan (*collision*), maka *user* tersebut diharuskan mengulang permohonan (*request*) pengiriman pada selang waktu berikutnya yang dilakukan secara acak (*random*). Dengan demikian maka jaringan efektif bisa digunakan secara bergantian.

Teknologi *Ethernet* yang dikenal saat ini adalah:

- *Ethernet* (10 Mbps);
- *FastEthernet* (100 Mbps);
- *GigabitEthernet* (1Gbps);
- *10GigabitEthernet* (10Gbps).

Desain Jaringan

Bentuk dari desain jaringan atau yang lebih dikenal dengan sebutan topologi jaringan yang ada hingga saat ini ditunjukkan oleh gambar 2.8.



Gambar 2.8. Topologi jaringan

Media Trasnisi

Media transmisi memegang peranan sangat penting dalam jaringan karena melalui media inilah data-data dapat ditransmisikan dari sumber ke tujuan. Jenis-jenis media transmisi yang dipergunakan dalam jaringan:

- Media tembaga;
- Media *optic*;
- Media nirkabel (*wireless*).

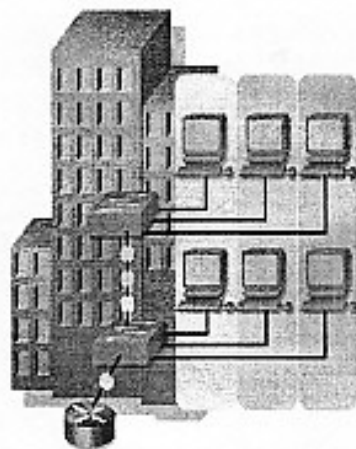
Segmentasi Jaringan

Pada saat men-desain sebuah jaringan hal-hal penting yang harus diperhatikan oleh seorang *Network Engineer* adalah:

- Proses pengiriman/transmisi data;
 - *Half-duplex*;
 - *Full-duplex*;
- *Collision* dan *Collision domain*;
- *Switching* dan *Routing*;
- Segmentasi jaringan.

Virtual Local Area Network (VLAN)

VLAN merupakan suatu model jaringan yang tidak terbatas pada lokasi fisik seperti LAN, hal ini mengakibatkan suatu *network* dapat dikonfigurasi secara *virtual* tanpa harus menuruti lokasi fisik peralatan (gambar 2.9).



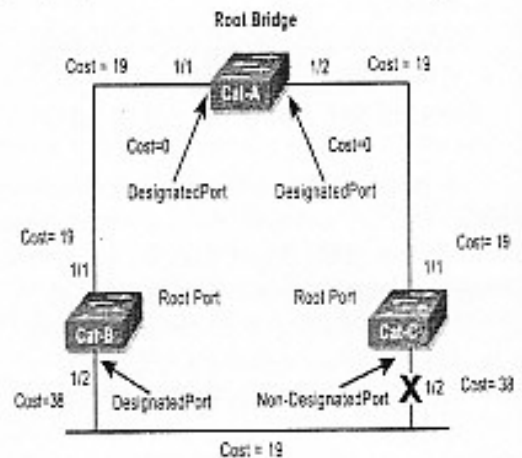
Gambar 2.9. Konsep jaringan komputer mempergunakan VLAN

Keanggotaan dalam suatu VLAN dapat di klasifikasikan berdasarkan *port* yang di gunakan, *MAC address*, dan tipe protokol yang digunakan.

Proses Spanning Tree Protocol (STP)

Tugas utama dari STP adalah mencegah *looping* di dalam jaringan komputer yang utamanya terjadi pada jaringan *layer 2* (*bridge* dan *switch*).

Proses ini memonitor untuk mencari seluruh *link* yang ada, memastikan tidak ada *loop* yang terjadi dengan cara men-*shutdown* seluruh *link* cadangan. *Spanning-Tree Protocol* (STP) meng-gunakan *Spanning-Tree Algorithm* (STA) untuk membuat *database* topologi jaringan yang ada, setelah itu algoritma ini mencari dan men-*shutdown* seluruh *link* cadangan. Selama STP berjalan, *frames* hanya di lewatkan pada *link-link* utama yang dipilih oleh STP (gambar 2.10).



Gambar 2.10. Proses STP pada *redundant network*

Aggregated Links

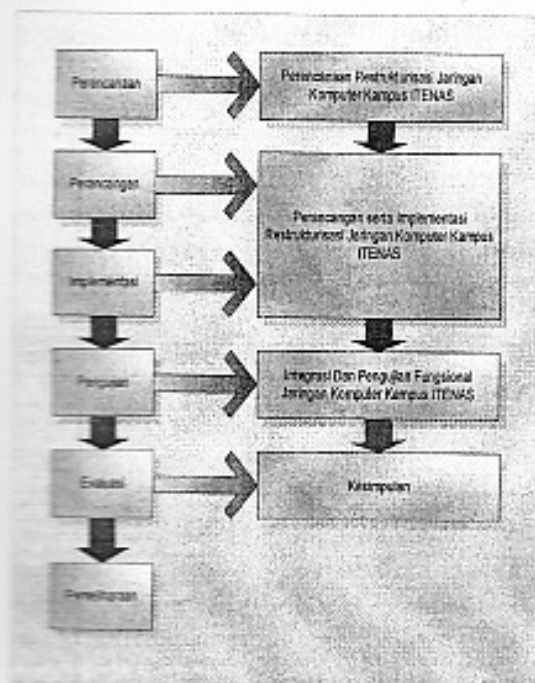
Aggregated links adalah koneksi yang mengizinkan peralatan-peralatan jaringan untuk berkomunikasi mempergunakan 2 jalur atau lebih secara paralel. *Aggregated links* menyediakan keuntungan sebagai berikut:

- *Aggregated links* secara potensial dapat meningkatkan *bandwidth* untuk koneksi yang terjadi. Kapasitas dari beberapa *link* ini akan dikombinasikan menjadi satu *link* logika;
- *Aggregated links* dapat menyediakan *redundancy*, jika salah satu *link* terputus maka *link* yang lainnya masih dapat melewati trafik.

HASIL PENGUJIAN

Model Penelitian Restrukturisasi Jaringan Komputer Kampus ITENAS.

Model proses rekayasa Sekuensial Linier dipilih pada proses penelitian ini dan struktur bahasan penelitian ini mengacu kepada model proses rekayasa tersebut, seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Model Proses Restrukturisasi Jaringan Komputer Kampus ITENAS

Kondisi Jaringan Komputer Institut Teknologi Nasional

Kampus ITENAS telah memiliki infrastruktur jaringan, yang telah menghubungkan seluruh gedung, dengan pusatnya terletak di UPT-PPKKE (Gedung 4) dan di Rektorat (Gedung 15). Pemeliharaan dan pengembangan infrastruktur jaringan di kampus ITENAS ditangani oleh UPT-PPKKE.

Infrastruktur jaringan yang ada di lingkungan kampus ITENAS antara lain:

- Infrastruktur Jaringan GUI;
- Infrastruktur Jaringan teks (*text*).

Identifikasi Masalah Pada Jaringan Komputer Kampus ITENAS

Banyak sivitas akademika yang mengalami kendala saat menggunakan akses jaringan baik *intranet* maupun *internet*. Di samping masalah jarak, jumlah *user* yang menggunakan layanan *intranet* dan *internet* di kampus ITENAS kurang lebih 300 - 400 *user* dan memiliki kecenderungan untuk terus bertambah.

Infrastruktur dan perangkat keras yang terdapat di UPT-PPKKE dan gedung-gedung lainnya di kampus ITENAS memiliki spesifikasi perangkat yang tidak memenuhi standar, sehingga kinerja jaringan tidak maksimal. Beberapa titik jaringan masih menggunakan teknologi *ethernet* berkapasitas 10Mbps.

Penggunaan media kabel untuk outdoor masih menggunakan jenis UTP *indoor* yang pemakaiannya melebihi batas maksimum 100 meter.

Pada beberapa titik banyak terjadi paket data yang hilang (*packet loss*) hingga mencapai 80% dan *delay* transmisi (*latency*) data cukup besar hingga mencapai 230 ms.

Kualitas jaringan yang ideal memiliki paket data yang hilang (*loss*) sebesar 0% dan *latency* lebih kecil dari 10 ms.

Perencanaan Restrukturisasi Jaringan Komputer Kampus ITENAS

Perencanaan jaringan komputer perguruan tinggi yang baik berdasarkan kebutuhan di lingkungan kampus ITENAS sedikitnya memenuhi beberapa hal berikut.

1. Kampus ITENAS memiliki *backbone* untuk mendukung sistem informasi dan kegiatan yang berbasis *internet*.
2. Kampus ITENAS memiliki infrastruktur jaringan komputer yang dapat memberikan *bandwidth* yang besar dan dengan *loss* data, serta *latency* yang sangat kecil.
3. Kampus ITENAS memiliki infrastruktur jaringan komputer yang dapat memberikan pondasi bagi berkembangnya teknologi sistem ke

- depan.
4. Kampus ITENAS memiliki perangkat penunjang infrastruktur jaringan komputer seperti *server*, *router* dan yang lainnya, dengan spesifikasi tinggi dan sesuai standar.
 5. Kampus ITENAS memiliki perangkat *Uninterruptable Power Supply* (UPS).
 6. Kampus ITENAS memiliki perangkat cadangan atau *back-up*.
 7. Kampus ITENAS memiliki sistem monitoring.
 8. Kampus ITENAS memiliki sistem *security*, baik berupa alat ataupun *policy* jaringan komputer yang baik.
 9. Kampus ITENAS memiliki dapat lebih meningkatkan pemanfaatan kegiatan berbasis *Internet* (termasuk fungsi *website*).
 10. Kampus ITENAS dapat memfasilitasi kegiatan INHERENT.

Perancangan Jaringan Komputer Kampus ITENAS

Perancangan Jaringan Komputer Fisik Untuk Kondisi Lapangan Kampus ITENAS

Dalam proses perancangan jaringan komputer dipergunakan media kabel serat optik (*fiber optic*). Alasan ini antara lain dengan melihat fitur dari kabel *fiber optic*, yaitu:

- Dapat mencapai jarak hingga 5 km atau lebih;
- Tahan terhadap masalah kelistrikan;
- Tahan terhadap masalah interferensi gelombang/*noise*;
- Dapat memberikan kapasitas *bandwidth* hingga 10 Gbps.

Kemudian, dirancang titik akses dari *user* untuk akses ke media transmisi tersebut. Titik akses di-pergunakan *fiber optic switch manageable* yang disimpan di dalam panel. Panel tempat penyimpanan ini berupa *rackmount* 8U. Titik akses ada 7 titik yang disebar di seluruh lokasi kampus.

Untuk memberikan akses ke seluruh gedung-gedung yang tidak memiliki

node fiber optic akan di-pergunakan media UTP *cat. 6*.

Topologi jaringan komputer yang dirancang jika dilihat secara fisik adalah topologi *ring*, namun sebenarnya topologi jaringan yang dipergunakan adalah topologi jaringan komputer *hybrid*, yaitu gabungan antara topologi jaringan *ring* dengan topologi jaringan *star*. Topologi *hybrid* ini dimungkinkan dengan penggunaan media *fiber optic* dengan 8 inti (*core*).

Perancangan Jaringan Komputer Logika Untuk Kondisi Lapangan Kampus ITENAS

Perancangan VLAN (*Virtual LAN*)

Poin manajemen jaringan menjadi kunci utama disamping skalabilitas dan keamanan jaringan komputer.

Penggunaan VLAN membuat seluruh segmen jaringan terpisah satu dengan lainnya. Hal ini dilakukan untuk menyatukan jaringan berbasis GUI dengan jaringan berbasis teks, dengan pertimbangan masing-masing *user* dari kedua jaringan yang berbeda tersebut tidak dapat saling berkomunikasi.

Komunikasi antar VLAN membutuhkan proses *routing* yang hanya bisa dilakukan oleh *router* menggunakan jalur *trunking*

Perancangan Proses STP (*Spanning-Tree Protocol*)

Dalam perancangan *backbone* jaringan komputer kampus ITENAS, ada 2 topologi yang dipergunakan dimana topologi cadangan akan aktif pada saat topologi utama mengalami gangguan.

Beberapa masalah akan muncul pada saat mempergunakan 2 topologi secara bersamaan seperti *broadcast storms*, *multiple frame transmission*, *looping*, dan lainnya.

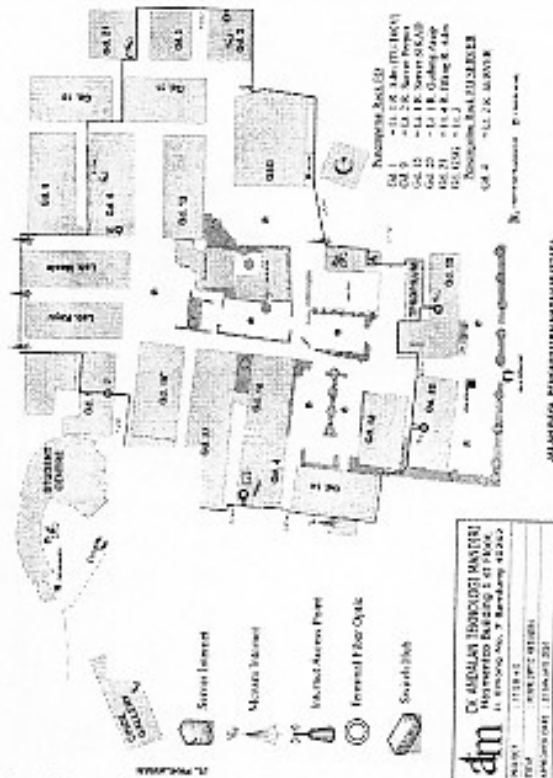
Untuk menjamin desain *backbone* jaringan komputer kampus ITENAS tidak mengalami masalah diatas, maka STP menjadi poin penting di dalam perancangan jaringan ini.

Implementasi Infrastruktur Jaringan Komputer Kampus ITENAS
Implementasi Node Fiber Optic

Dalam perancangan setiap akses dari dan ke media *fiber optic* yang digunakan dilakukan melalui *node* yang tersebar sebanyak 7 titik di kampus ITENAS. Pemilihan lokasi *node-node* ini berdasarkan berbagai pertimbangan antara lain masalah kelistrikan, keamanan dan kemudahan akses gedung, sehingga dalam

proses pe-masangan *node fiber optic* yang dilakukan, 7 titik yang ditentukan adalah:

- *Node* Utama, gedung 4
- *Node* 1, gedung 1
- *Node* 2,gedung 9
- *Node* 3, gedung 21
- *Node* 4, gedung 2
- *Node* 5, gedung 15
- *Node* 6, gedung 20



Gambar 4.1. Desain Jaringan Fiber Optic kampus ITENAS

Implementasi Media Fiber Optic

Media *fiber optic* dipasang dengan kondisi menggantung mengitari kampus ITENAS. Untuk menjamin keamanan (fisik maupun cuaca).

Media *fiber optic* yang akan dipasang dimasukkan ke dalam pipa galvanis.

Selanjutnya dilakukan terminasi di tiap-tiap *node* panel yang telah ditentukan. Terminasi adalah proses memasang konektor *fiber optic* (ST atau SC connector). Konektor SC adalah konektor

fiber optic dengan mekanisme *push-pull latching* yang dapat memberikan kemudahan dalam pemasangan, sedangkan konektor ST adalah konektor dengan tipe *plug* dan memerlukan soket yang umumnya berupa *patch panel*.

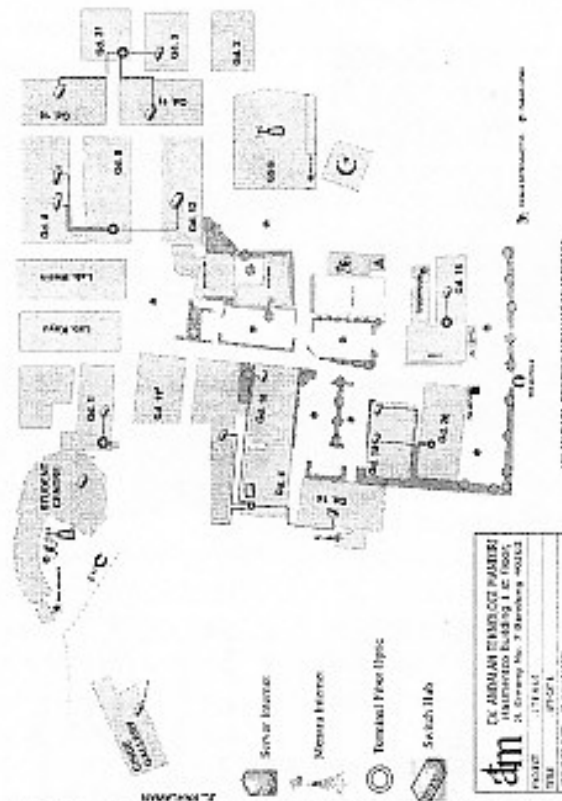
Proses terminasi dilakukan dengan *splasing*, proses *splasing* di-lakukan melalui sistem pengelasan dengan *laser* atau listrik. Proses *splasing* tidak dibahas dalam laporan ini.

Pengetesan media *fiber optic* dengan alat OTDR (*Optical Time Domain*

Reflectometer) dilakukan untuk mengecek apakah proses terminasi yang dilakukan sebelumnya mengalami cacat juga untuk mengecek cacat dari media *fiber optic* yang digunakan. Disamping itu juga proses ini untuk menjamin bahwa media *fiber optic* ini akan terhindar dari kesalahan-kesalahan untuk jangka waktu yang lama (≥ 10 tahun). Proses OTDR dan analisa hasilnya tidak dibahas lebih dalam laporan ini.

Implementasi Media UTP *cat. 6*

Untuk memberikan akses jaringan komputer yang merata ke setiap gedung yang ada dalam lingkungan kampus ITENAS, maka setiap gedung yang tidak dipasang *node fiber optic* digunakan media UTP *cat. 6* untuk memberikan akses ke jaringan *fiber optic*.



Gambar 4.2. Jalur Pemasangan media UTP *cat.6* di kampus ITENAS

Implementasi Infrastruktur Lainnya

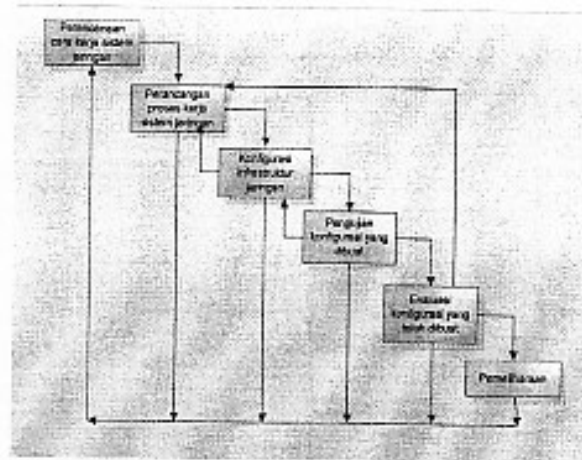
Perangkat-perangkat jaringan lainnya yang juga di-implementasikan untuk jaringan komputer adalah:

- Peralatan *Teleconference*;
- Peralatan *Firewall (UTM)*;
- *Bandwidth Management*;
- *Web Server* Utama;
- *Bandwidth Monitoring*;
- *Syslog Server*;
- *Router Jurusan/Gedung*;
- Peralatan UPS (*Uninterupable Power Supply*);

- *KVM Switch*.

Konfigurasi Infrastruktur Jaringan Komputer Kampus ITENAS

Dalam melakukan proses konfigurasi infrastruktur yang telah terpasang dilakukan melalui alur proses (*flowchart*). Sehingga proses konfigurasi dapat dilakukan dengan baik, dan kesalahan-kesalahan yang muncul selama proses konfigurasi infrastruktur jaringan komputer ini dapat diminimumkan.



Gambar 4.11. Proses kerja konfigurasi infrastruktur jaringan komputer kampus ITENAS

Konfigurasi Fiber Optic Switching

Switch 3Com SuperStack III 3812 adalah switch yang dipergunakan sebagai switch fiber optic. Switch ini terdiri dari 12 port 10/100/1000 (gigabit ethernet) dan 4 slot SFP.

Small Form-factor Pluggable (SFP) adalah compact optical transceiver yang digunakan dalam komunikasi optik baik untuk aplikasi telekomunikasi maupun komunikasi data, berfungsi sebagai interface untuk menghubungkan peralatan jaringan (switch, router dan sejenisnya) dengan media jaringan fiber optic atau unshielded twisted pair (UTP).

Untuk menjamin keamanan dan stabilitas koneksi jaringan baik untuk koneksi antar gedung itu sendiri maupun untuk koneksi dengan backbone kampus ITENAS, maka switch akan dikonfigurasi untuk mempergunakan VLAN (Virtual LAN). VLAN ini dimaksudkan untuk menjamin agar trafik broadcast dari satu jaringan tidak akan mengganggu jaringan lainnya.

Disamping itu juga untuk segmentasi jaringan menjadi jaringan yang lebih kecil untuk memudahkan manajemen jaringan dan juga untuk mencegah sebarannya virus dan worm secara luas dalam jaringan komputer.

Proses trunking dilakukan untuk komunikasi dengan semua switch yang ada karena dalam konfigurasi dipergunakan sistem jaringan VLAN.

Konfigurasi Routing

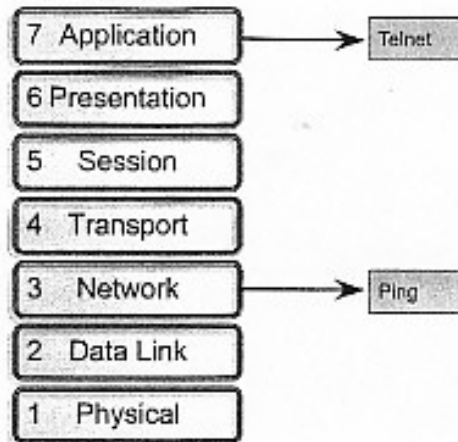
Untuk menjamin komunikasi antar gedung, maka diperlukan mekanisme routing untuk masing-masing VLAN. Dalam proses routing untuk trunking ini perlu di-pertimbangkan kemampuan switching dari router, hal ini berkaitan dengan teknologi gigabit ethernet yang dipergunakan, sehingga dapat diperkirakan lalu lintas data akan sangat cepat.

Dengan pertimbangan di atas, maka router untuk proses routing VLAN dan proses routing lainnya dipergunakan Cisco 2651XM sebagai router jaringan internal dan juga filter untuk paket-paket jaringan internal maupun untuk paket-paket data dari internet, serta berfungsi sebagai firewall utama untuk jaringan internal pada backbone kampus ITENAS.

Dasar Pengujian Jaringan

Pengujian dasar dari suatu jaringan harus dilakukan secara berurutan dari satu lapisan ke lapisan lainnya dari model referensi OSI. Baiknya pekerjaan ini di mulai dari lapisan pertama hingga ke lapisan ke tujuh (gambar 5.1).

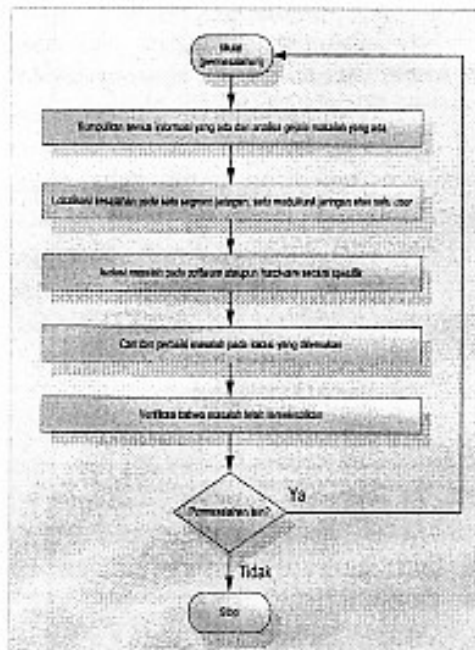
Setiap pengujian dari operasi jaringan difokuskan pada lapisan spesifik dari model referensi OSI. Perintah telnet dan ping adalah 2 (dua) perintah penting yang paling umum digunakan untuk pengujian dalam jaringan komputer



Gambar 5.1. Gambaran umum dari proses pengujian

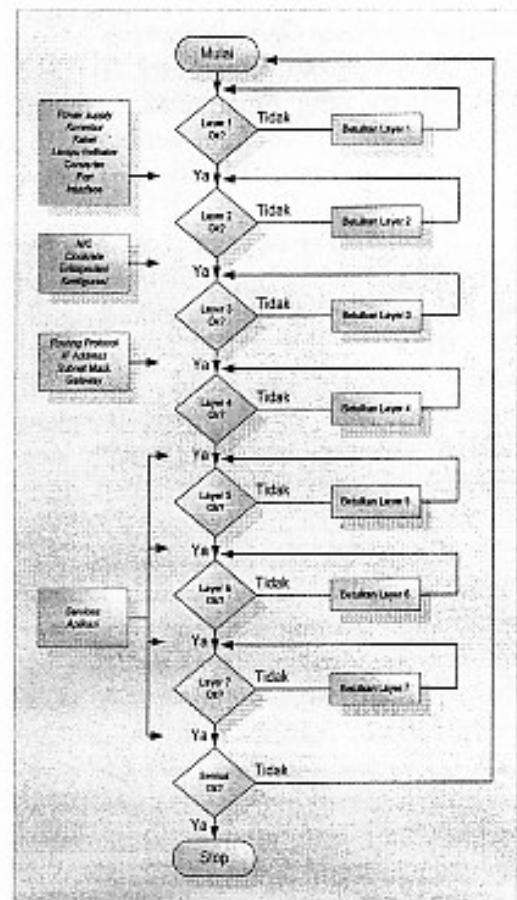
Flowchart troubleshooting pada pengujian jaringan

Troubleshooting adalah proses yang memungkinkan user menemukan permasalahan dalam jaringan. Proses troubleshooting harus dilakukan secara berurutan sesuai standar administrasi jaringan yang telah diatur. Langkah-langkah ini ditunjukkan oleh gambar 5.2.



Gambar 5.2. Flowchart proses troubleshooting 5 langkah pada pengujian jaringan

Gambar 5.3 memperlihatkan pendekatan lainnya dalam melakukan proses troubleshooting.



Gambar 5.3. Flowchart proses troubleshooting OSI layer pada pengujian jaringan

Pengujian harus selalu dilakukan mulai dari lapisan pertama dari model referensi OSI dan kemudian hingga ke lapisan ke tujuh jika diperlukan.

1. Kesalahan pada lapisan pertama dapat berupa:

- Terputusnya kabel;
- Rusaknya kabel;
- Kabel terkoneksi pada *port* yang salah;
- Koneksi kabel yang tidak stabil;
- Penggunaan standar kabel yang salah (*straight*, *cross-over*, atau *rollover*);
- Permasalahan pada *transceiver*;
- Permasalahan pada kabel DCE;
- Permasalahan pada kabel DTE;
- Peralatan dimatikan.

2. Kesalahan pada lapisan kedua:

- Kesalahan konfigurasi *interface serial*;
- Kesalahan konfigurasi *interface ethernet*;
- Kesalahan pengaturan enkapsulasi;
- Kesalahan pengaturan *clockrate* pada *interface serial*;
- Permasalahan pada NIC.

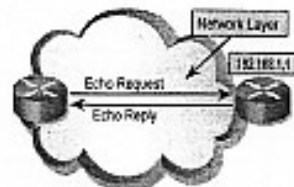
3. Kesalahan pada lapisan ketiga:

- Tidak diaktifkannya *routing protocol*;
- Kesalahan dalam mengaktifkan *routing protocol*;
- *IP address* yang salah;
- Subnet mask yang salah.

Perintah **ping** dipergunakan pada lapisan ketiga untuk menguji konektivitas. Pada lapisan ketujuh SNMP (*Simple Network Management Protocol*) dan perintah **telnet** dapat digunakan untuk men-verifikasi lapisan aplikasi antara sumber dengan tujuan.

Utiliti **ping** dipergunakan untuk menguji konektivitas jaringan. Perintah **ping** mempergunakan *Internet Control Message Protocol* (ICMP) untuk men-verifikasi koneksi antar perangkat keras dan alamat logika pada *network layer*.

Perintah **ping** akan mengirimkan paket ke *host* tujuan dan kemudian menunggu paket balasan dari *host* tersebut. Proses dari perintah **ping** ditunjukkan oleh gambar 5.4.



```
C:\>ping 192.168.1.1
Pinging 192.168.1.1 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\>
```

Gambar 5.4. Pengujian jaringan dengan perintah ping

Utiliti **telnet** adalah *virtual terminal protocol* yang merupakan bagian dari *TCP/IP protocol suite*. Utiliti ini memungkinkan verifikasi *application layer* dari perangkat lunak. Utiliti ini adalah mekanisme pengujian paling lengkap yang tersedia. Utiliti **telnet** umumnya

dipergunakan untuk menghubungkan *remote devices*, untuk mengambil informasi dan untuk menjalankan program-program tertentu.

Utiliti lain untuk pengujian ini adalah SNMP, protokol ini di-pergunakan untuk memonitor peralatan jaringan

ataupun *host* dan juga merupakan protokol yang bekerja pada *application layer* dari model referensi OSI. Protokol ini memiliki peran sangat penting dalam mengecek kondisi peralatan jaringan yang ada.

Pengujian Pra-integrasi Jaringan

Infrastruktur dikonfigurasi sesuai dengan data-data konfigurasi jaringan yang ada pada saat itu. Pada pengujian ini *router* dan *switch fiber optic* telah dikonfigurasi untuk dapat saling terkoneksi satu dengan lainnya.

Pada proses pengujian ini digunakan 1 buah PC untuk melakukan proses pengujian ini.

Perintah **ping** digunakan untuk mengecek seluruh koneksi yang ada. Perintah **ping** dipergunakan untuk menguji koneksi seluruh infrastruktur yang ada. Infrastruktur ini antara lain 1 buah Cisco *router*, dan 8 buah *switch* 3Com.

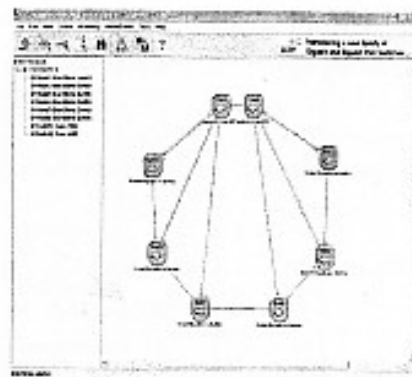
Data-data dari pengujian ini ditampilkan dalam tabel berikut

Tabel 15. Data pengujian infrastruktur backbone jaringan komputer kampus ITENAS

No.	Dari	Lokasi	VLAN ID	Ke	Lokasi	VLAN ID	Jumlah Paket	Besar paket data	Latency	TT L	Paket loss
1	PC	Ruang Network Dev. UPT-PPKKE	1	Router NOC Internal	NOC UPT-PPKKE	1	100	18kB	≤ 1 ms	255	0%
2	PC	Ruang Network Dev. UPT-PPKKE	1	NOC Core-Switch 1	NOC UPT-PPKKE	1	100	18kB	≤ 1 ms	64	0%
3	PC	Ruang Network Dev. UPT-PPKKE	1	NOC Core-Switch 2	NOC UPT-PPKKE	1	100	18kB	≤ 1 ms	64	0%
4	PC	Ruang Network Dev. UPT-PPKKE	1	Node 1 Backbone switch	Gedung 1	1	100	18kB	≤ 1 ms	64	0%
5	PC	Ruang Network Dev. UPT-PPKKE	1	Node 2 Backbone switch	Gedung 9	1	100	18kB	≤ 1 ms	64	0%
6	PC	Ruang Network Dev. UPT-PPKKE	1	Node 3 Backbone switch	Gedung 21	1	100	18kB	≤ 1 ms	64	0%
7	PC	Ruang Network Dev. UPT-PPKKE	1	Node 4 Backbone switch	Gedung 2	1	100	18kB	≤ 1 ms	64	0%
8	PC	Ruang Network Dev. UPT-PPKKE	1	Node 5 Backbone switch	Gedung 15	1	100	18kB	≤ 1 ms	64	0%
9	PC	Ruang Network Dev. UPT-PPKKE	1	Node 6 Backbone switch	Gedung 20	1	100	18kB	≤ 1 ms	64	0%

Selanjutnya dipergunakan *software* 3Com *Network Supervisor*, untuk pengujian konektivitas dari seluruh *switch backbone* yang ada (gambar 5.5).

Software ini mempergunakan SNMP untuk menampilkan informasi dari setiap peralatan jaringan yang dimonitor.



Gambar 5.5. Tampilan 3Com Network Supervisor mempergunakan SNMP untuk monitoring

Pengujian Pasca Integrasi Jaringan

Proses integrasi jaringan komputer baru dengan jaringan komputer yang lama dilakukan selama 1 (minggu) penuh, hal ini disebabkan banyaknya jaringan komputer di gedung-gedung yang mengalami kendala terutama kendala yang muncul akibat sedang dilakukannya renovasi gedung.

Dalam proses integrasi yang dilakukan, jaringan komputer setiap gedung yang ada di lingkungan kampus ITENAS dimatikan selama ± 20 menit.

Waktu ini dibutuhkan untuk perubahan konfigurasi *router* dan *switch* yang ada di

NOC UPT-PPKKE, *switch node fiber optic* untuk jalur koneksi gedung-gedung tersebut dan juga perubahan jalur kabel di gedung-gedung tersebut.

Pengujian kualitas koneksi jaringan seluruh jaringan komputer yang ada dilingkungan kampus ITENAS dilakukan dengan perintah **ping**, sedangkan untuk pengujian besarnya *bandwidth* untuk koneksi. Pada saat pengujian *user* diminta *men-download* file berukuran 3,6 GB yang berada di lokasi *download center* ITENAS (lokasi server berada di NOC UPT-PPKKE), proses *download* yang dilakukan *user* dari setiap gedung akan langsung dimonitor oleh UPT-PPKK

Tabel 2. Data Pengujian Kualitas Jaringan Kampus ITENAS

No.	Dari	Lokasi	VLAN ID	Ke	Lokasi	VLAN ID	Node Fiber Optic	Latency	Packet loss	Bandwidth
1	PC	UPT-PPKKE	27	Host Galeri Cinde	Galeri Cinde	71	Gedung 4	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
2	PC	UPT-PPKKE	27	Router Rektorat	Gedung 15	74	Gedung 15	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
3	PC	UPT-PPKKE	27	Router Fakultas	Gedung 14	77	Gedung 4	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
4	PC	UPT-PPKKE	27	Host MKDU	Gedung 3	92	Gedung 21	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
5	PC	UPT-PPKKE	27	Router UPT-Perpustakaan	Gedung 9	98	Gedung 9	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
6	PC	UPT-PPKKE	27	Host T. Elektro (Adm.)	Gedung 20	104	Gedung 20	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
7	PC	UPT-PPKKE	27	Router T. Elektro (Lab.)	Gedung 20	105	Gedung 20	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
8	PC	UPT-PPKKE	27	Router T. Mesin	Gedung 11	110	Gedung 9	2-6 ms	0%	40-80 Mbps

9	PC	UPT-PPKKE	27	Router T. Industri	Gedung 10	116	Gedung 9	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
10	PC	UPT-PPKKE	27	Host T. Kimia	Gedung 19	201	Gedung 4	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
11	PC	UPT-PPKKE	27	Host DKV	Gedung 19	201	Gedung 4	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
12	PC	UPT-PPKKE	27	Router T. Arsitektur	Gedung 17	134	Gedung 4	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
13	PC	UPT-PPKKE	27	Host T. Sipil	Gedung 12	140	Gedung 9	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
14	PC	UPT-PPKKE	27	Host T. Lingkungan	Gedung 8	152	Gedung 9	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
15	PC	UPT-PPKKE	27	Router T. Planologi	Gedung 8	152	Gedung 9	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
16	PC	UPT-PPKKE	27	Host Desain Produk	Gedung 1	201	Gedung 4	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
17	PC	UPT-PPKKE	27	Router Desain Interior	Gedung 16	164	Gedung 4	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
18	PC	UPT-PPKKE	27	Host T. Geodesi	Gedung 18	180	Gedung 20	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
19	PC	UPT-PPKKE	27	Router T. Informatika	Gedung 18	180	Gedung 20	2-6 ms	0%	40-80 Mbps
20	PC	UPT-PPKKE	27	Host Student Center	Student Center	201	Gedung 4	2-6 ms	0%	40-80 Mbps

Cat: Pengukuran dilakukan dengan mengirimkan paket icmp (ping) dengan paket sebesar 18kB dalam 100 hitungan pada tanggal 20 Maret 2007 jam 16.39 WIB.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian jaringan komputer kampus ITENAS yang telah dilakukan oleh penulis dapat disimpulkan bahwa:

1. Jaringan komputer kampus ITENAS dengan *backbone fiber optic* dapat memberikan *bandwidth* yang besar (40-80 Mbps), *latency* yang kecil ≤ 10 ms dan dengan *packet loss* sebesar 0%.
2. Infrastruktur jaringan komputer ITENAS dapat memberikan pondasi bagi perkembangan sistem teknologi informasi lainnya. Pada saat ini sistem teknologi informasi yang telah dikembangkan di kampus ITENAS antara lain:
 - Video streaming oleh UPT Perpustakaan;
 - e-Learning oleh UPT Perpustakaan;
 - e-Library oleh UPT Perpustakaan;
 - Teleconference dengan anggota INHERENT yang dikelola UPT PPKKE;

- TV Kampus oleh UJM ITENAS dan dikelola oleh UPT PPKKE;
- Sistem Absensi Sidik Jari untuk karyawan dan dosen;
- SMS Kampus oleh UPT PPKKE;
- VoIP oleh UPT PPKKE.
- dll.

3. Sistem monitoring infrastruktur yang ada saat ini, dapat membantu mengatasi masalah yang muncul dalam pengelolaan jaringan komputer di lingkungan ITENAS. Baik mempergunakan *web interface* dari setiap peralatan jaringan yang digunakan, maupun mem-pergunakan bantuan *software* yang di-*install* pada sebuah *server*.

SARAN

Terdapat beberapa saran untuk proses restrukturisasi jaringan komputer kampus ITENAS ke depan. Saran-saran tersebut antara lain:

1. *Backbone fiber optic* yang di-gunakan di kampus ITENAS dapat mencapai

- bandwidth* hingga 1 Gbps, namun penggunaan *switch FastEthernet* (100Mbps) me-nyebabkan penggunaan kapasitas *bandwidth* yang ada tidak maksimum sehingga untuk kedepannya perlu dilakukan pergantian *switch FastEthernet* (100Mbps) menjadi *switch GigabitEthernet* (1Gbps);
2. Sistem monitoring yang ada di-rasakan masih belum optimal karena beberapa sistem monitoring yang ada belum dilakukan secara terpusat, sehingga kedepannya perlu dibuat sistem monitoring terpusat untuk seluruh infrastruktur yang ada;
 3. *Routing* VLAN yang dilakukan masih mempergunakan *device router*, semestinya untuk menjamin kecepatan *switching* untuk *routing* VLAN digunakan L3 *Switch* (*Rapier Switch*), sehingga *routing* VLAN dapat terus berlangsung pada saat *router* di-*restart* ataupun dimatikan;
 4. Pendataan komputer berdasarkan MAC *address*, sehingga pendataan berapa banyak komputer yang terkoneksi ke dalam jaringan dapat di data dengan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cahyadi, Harsono. "Presentasi Kuliah Jaringan Komputer dengan Media Serat Optik". Bandung.
2. Cisco Press. "*Building Scalable Cisco Internetwork (BSCI) V2.0 Study Guide*". Indianapolis, USA: Cisco Press.
3. Cisco Press. "*Interconnecting Cisco Networking Device Study Guide*". Indianapolis, USA: Cisco Press.
4. Dunley, Kevin & Ian J. Brown. "Cisco Cookbook". California, USA: O'Reilly & Associates, Inc.
5. Gilbert, Held. "*Ethernet Networks. Design, Implementation, Organization, & Management*". Georgia, USA: John Wiley & Sons, Ltd.
6. Lammle, Todd dan Andy Barkl. "Cisco Certified Design Associate Study Guide". California, USA: Sybex Press.
7. Tanenbaum, Andrew S. "*Computer Networks, Fourth Edition*". New Jersey, USA: Prentice Hall Publish.