

BAB III

TEORI PENUNJANG

3.1. KONSEP DASAR JARINGAN KOMPUTER

Menurut Sutedjo (2006:7) jaringan komputer adalah sekelompok komputer otonom yang saling menggunakan protokol komunikasi melalui media komunikasi sehingga dapat berbagi data informasi program aplikasi dan perangkat keras seperti *printer*, *scanner*, *CD-Driver* ataupun *hardisk*, serta memungkinkan untuk saling berkomunikasi elektronik. Adapun sejumlah potensi jaringan komputer, antara lain:

1. Mengintegrasikan dan berbagi pakai peralatan

Jaringan komputer memungkinkan penggunaan bersama peralatan komputer berbagai merek, yang semula tersebar di berbagai ruangan, unit, dan departemen sehingga meningkatkan efektivitas dari penggunaan sumber daya tersebut.

2. Komunikasi

Jaringan komputer memungkinkan terjadinya komunikasi antar pemakai komputer. Selain itu tersedia aplikasi *teleconference* yang memungkinkan dilakukannya rapat atau pertemuan tanpa harus meninggalkan meja kerja.

3. Mengintegrasikan data

Jaringan komputer diperlukan untuk mengintegrasikan data antar komputer-komputer *client* sehingga dapat diperoleh suatu jaringan relevan.

4. Perlindungan data dan informasi

Jaringan komputer memudahkan upaya perlindungan data yang terpusat pada server, melalui pengaturan hak akses dari para pemakai serta penerapan sistem *password*.

5. Sistem terdistribusi

Jaringan komputer dimanfaatkan pula untuk mendistribusikan proses dan aplikasi sehingga dapat mengurangi terjadinya *bottleneck* atau tumpukan pekerjaan pada suatu bagian.

6. Keterangan aliran informasi

Jaringan komputer mampu mengalirkan data-data komputer *client* dengan cepat untuk di integrasikan dalam komputer server. Selain itu, jaringan mampu untuk mendistribusikan informasi secara kontinu keada pihak-pihak terkait yang membutuhkannya.

Secara umum jaringan komputer terdiri atas lima jenis yaitu *Local Area Network* (LAN), *Metropolitan Area Network* (MAN), *Wide Area Network* (WAN) Internet, *Wireless*. Berikut penjelasan dibawah ini:

a) Local Area Network (LAN)

Merupakan jaringan milik pribadi di dalam sebuah gedung atau kampus yang berukuran sampai beberapa kilometer. LAN seringkali digunakan untuk menghubungkan komputer-komputer pribadi dan *workstation* dalam kantor suatu perusahaan atau pabrik pabrik untuk memakai bersama sumberdaya (*resouce*, misalnya *printer*) dan saling bertukar informasi.

b) Metropolitan Area Network (MAN)

Metropolitan Area Network (MAN), pada dasarnya merupakan versi LAN yang berukuran lebih besar dan biasanya menggunakan teknologi yang sama dengan LAN. MAN dapat mencakup kantor-kantor perusahaan yang letaknya berdekatan atau juga sebuah kota dan dapat dimanfaatkan untuk keperluan pribadi (swasta) atau umum. MAN mampu menunjang data dan suara, bahkan dapat berhubungan dengan jaringan televisi kabel.

c) Wide Area Network (WAN)

Jangkauannya mencakup daerah geografis yang luas, seringkali mencakup sebuah negara bahkan benua. WAN terdiri dari kumpulan mesin-mesin yang bertujuan untuk menjalankan program-program (aplikasi) pemakai.

d) Internet

Sebenarnya terdapat banyak jaringan di dunia ini, seringkali menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak yang berbeda-beda. Orang yang terhubung ke jaringan sering berharap untuk bisa berkomunikasi dengan orang lain yang terhubung ke jaringan lainnya. Keinginan seperti ini memerlukan hubungan antar jaringan yang seringkali tidak kompatibel dan berbeda. Biasanya untuk melakukan hal ini diperlukan sebuah mesin yang disebut *gateway* guna melakukan hubungan dan melaksanakan terjemahan yang diperlukan, baik perangkat keras maupun perangkat lunaknya. Kumpulan jaringan yang terinterkoneksi inilah yang disebut dengan internet.

e) Wireless (Jaringan tanpa kabel)

Jaringan tanpa kabel merupakan suatu solusi terhadap komunikasi yang tidak bisa dilakukan dengan jaringan yang menggunakan kabel. Misalnya orang yang ingin mendapat informasi atau melakukan komunikasi walaupun sedang berada diatas mobil atau pesawat terbang, maka mutlak jaringan tanpa kabel diperlukan karena koneksi kabel tidaklah mungkin dibuat di dalam mobil atau pesawat. Saat ini jaringan tanpa kabel sudah marak digunakan dengan memanfaatkan jasa satelit dan mampu memberikan kecepatan akses yang lebih cepat dibandingkan dengan jaringan yang menggunakan kabel.

3.1.1. IP ADDRESS

IP address adalah alamat yang diberikan pada jaringan komputer dan peralatan jaringan yang menggunakan protokol TCP/IP. *IP address* terdiri atas 32 bit angka biner yang dapat dituliskan sebagai empat kelompok angka desimal yang dipisahkan oleh tanda titik seperti 193.160.5.1.

Tabel 3.1 Tabel bagian dari IP Address

Network ID			Host ID
193	160	5	1

IP address terdiri atas dua bagian yaitu *network ID* dan *host ID*, dimana *network ID* menentukan alamat jaringan komputer, sedangkan *host ID* menentukan alamat host (komputer, *router*, *switch*). Oleh sebab itu *IP address* memberikan alamat lengkap suatu *host* beserta alamat jaringan di mana *host* itu berada.

- **Kelas-kelas IP Address**

Untuk mempermudah pemakaian, bergantung pada kebutuhan pemakai, IP *address* dibagi dalam tiga kelas seperti diperlihatkan pada tabel dibawah:

Tabel 3.2 Tabel kelas IP Address

Kelas	Network ID	Host ID	Default Subnet Mask
A	xxx.0.0.1	xxx.255.255.254	255.0.0.0
B	xxx.xxx.0.1	xxx.xxx.255.254	255.255.0.0
C	xxx.xxx.xxx.254	xxx.xxx.xxx.254	255.255.255.0

IP *address* kelas A diberikan untuk jaringan dengan jumlah *host* yang sangat besar. *Range* IP 1.xxx.xxx.xxx. – 126.xxx.xxx.xxx, terdapat 16.777.214 (16 juta)

IP *address* pada tiap kelas A. Pada IP *address* kelas A, network ID ialah 8 bit pertama, sedangkan *host* ID ialah 24 bit berikutnya. Dengan demikian, cara membaca IP *address* kelas A, misalnya 113.46.5.6 ialah:

Network ID = 113

Host ID = 46.5.6

IP *address* di atas berarti *host* nomor 46.5.6 pada *network* nomor 113. IP *address* kelas B biasanya dialokasikan untuk jaringan berukuran sedang dan besar. Pada IP *address* kelas B, *network* ID ialah 16 bit

Pertama, sedangkan *host* ID ialah 16 bit berikutnya. Dengan demikian, cara membaca IP *address* kelas B, misalnya 132.92.121.1 :

Network ID = 132.92

Host ID = 121.1

IP *address* di atas berarti *host* nomor 121.1 pada *network* nomor 132.92. Dengan panjang *host* ID 16 bit, *network* dengan IP *address* kelas B dapat menampung

sekitar 65000 *host*. *Range* IP 128.0.xxx.xxx –191.155.xxx.xxx. IP *address* kelas C awalnya digunakan untuk jaringan berukuran kecil (LAN). *Host* ID ialah 8 bit terakhir. Dengan konfigurasi ini, bisa dibentuk sekitar 2 juta *network* dengan masing-masing *network* memiliki 256 IP *address*. *Range* IP 192.0.0.xxx – 223.255.255.x. Pengalokasian IP *address* pada dasarnya ialah proses memilih *network* ID dan *host* ID yang tepat untuk suatu jaringan. Tepat atau tidaknya konfigurasi ini tergantung dari tujuan yang hendak dicapai, yaitu mengalokasikan IP *address* seefisien mungkin.

3.1.2. HUB DAN SWITCH (KONSENTRATOR)

Konsentrator adalah perangkat lunak untuk kabel-kabel jaringan dari tiap *workstation*, server, atau perangkat lainnya. Konsentrator biasa dipakai pada topologi *star*. *Hub* dan *switch* umumnya mempunyai *port* RJ-45 sebagai tempat menghubungkan komputer.

Perbedaannya, *switch* merupakan konsentrator yang memiliki kemampuan manajemen trafik data lebih baik dibandingkan *hub*.

3.1.3. REPEATER

Berfungsi untuk memperkuat sinyal dengan cara menerima sinyal dari suatu segmen kabel lain. Dengan demikian, jarak antara kabel dapat diperpanjang.

3.1.4. BRIDGE

Fungsi dari perangkat ini hampir sama dengan fungsi *repeater*, tetapi *bridge* mampu menghubungkan antar jaringan yang menggunakan transmisi berbeda. Misalnya, jaringan *ethernet baseband* dengan *Ethernet broadband*.

3.1.5. ROUTER

Router merupakan perangkat yang dikhususkan untuk menangani koneksi antara dua atau lebih jaringan yang terhubung melalui *packet switching*.

Router bekerja dengan melihat alamat asal dan alamat tujuan yang melewatinya dan memutuskan *route* yang akan dilewati paket tersebut untuk sampai ke tujuan.

Router mengetahui alamat masing-masing komputer di lingkungan jaringan lokalnya, mengetahui alamat *bridge*, dan *router* lainnya.

3.2. PROTOKOL TCP / IP

Salah satu isu terpenting di Internet adalah penerapan Standar Komputasi Terbuka karena *Internetworking* dan Internet mengintegrasikan semua sistem, jenis dan tipe komputer yang ada di dunia, maka harus ada standar yang menjamin komputer dapat saling berbicara satu sama lain dalam bahasa yang sama. Menurut Drew Heywood (1996): standar bahasa komputer *universal* telah dikembangkan sejak 1969, terdiri dari serangkaian protokol komunikasi disebut *Transfer Control Protocol (TCP)* yang bertugas mengendalikan transmisi paket data, koreksi kesalahan dan kompresi data dan *Internet Protocol (IP)* yang bertugas sebagai pengenal (*identifier*) dan pengantar paket data ke alamat yang dituju. Protokol TCP/IP menyatukan bahasa dan kode berbagai komputer di dunia sehingga

menjadi standar utama jaringan komputer. TCP/IP berkembang cepat dan kaya fasilitas karena bersifat terbuka, bebas digunakan, ditambahkan kemampuan baru oleh siapapun dan gratis karena tidak dimiliki oleh siapapun. Menurut Khoe Yao Tung (1996), Drew Heywood (1996) dan Andrew S.Tanenbaum (1996) fungsi utama protokol TCP/IP adalah :

1. *File Transfer Protocol (FTP)* yaitu fasilitas transfer file antar komputer.
2. Surat elektronik (*E-mail*) atau fasilitas surat menyurat antar komputer yang terdiri atas *Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)* sebagai dasar komunikasi email, *Multi Purpose Internet Mail Extensions (MIME)* yaitu standar format biner grafik, dan suara agar dapat ditransmisikan melalui e-mail, *Post Office Protocol (POP)* yaitu sistem penerima e-mail, *Network News Transfer Protocol (NNTP)* sarana pertukaran berita, artikel dan diskusi melalui e-mail.
3. Emulasi terminal jarak jauh (*Telnet, Remote Login*) yang memungkinkan suatu komputer (*client*) untuk masuk dan mengendalikan host yang terletak jauh darinya, misalnya pada network yang lain atau di Internet.
4. *Simple Network Management Protocol (SNMP)* yaitu protokol pengendalian peralatan network jarak jauh. Drew Heywood (1996) menyebutkan : fungsi utama itu masih diikuti dengan fasilitas *Domain Name System (DNS)* yaitu metode penamaan dan pengalamatan suatu network berdasarkan kelompoknya.

Sedang Andrew S. Tanenbaum (1996) memberi pengertian fungsi secara singkat : aplikasi TCP/IP menghasilkan 4 fasilitas penting E-mail, *News*, *Remote Login* dan *Transfer File*. Semula tampilan Internet masih berupa teks murni, revolusi terjadi ketika WWW diperkenalkan.

3.3. PROTOKOL – PROTOKOL APLIKASI

Protokol – protokol aplikasi merupakan aplikasi yang digunakan dalam protokol seperti :

3.3.1. FTP

FTP singkatan dari *File Transfer Protocol*. FTP merupakan mekanisme standar yang dimiliki protokol TCP/IP untuk keperluan penyalinan file dari satu host ke host yang lain. FTP ini memanfaatkan layanan protokol TCP (lapisan 4) untuk melakukan operasinya.

Sebagai proses, FTP memanfaatkan alamat *port* 21 (untuk kontrol) dan 20 (untuk transfer data). Perintah-perintah yang dipergunakan untuk mengirim dan menerima file pada FTP amatlah sederhana namun cukup efektif :

1. *OPEN* – Memulai sebuah sambungan antara dua buah komputer host untuk file transfer.
2. *CLOSE* – Mengakhiri sambungan file transfer DIR. Menampilkan daftar direktori dari komputer remote host.
3. *GET* – Memulai proses transfer file dari komputer remote host ke komputer local host.
4. *SEND* – Mengirim file dari komputer local host ke komputer remote host.

3.3.2. TELNET

TELNET singkatan dari *Terminal Network*. Dalam tugas utamanya protokol TCP/IP dalam internet adalah menyediakan layanan-layanan kepada pengguna seperti layanan FTP, TFTP, SMTP, dst. Namun apabila telah terjadi suatu komunikasi yang spesifik diluar standar protokol TCP/IP seperti FTP, TFTP, SMTP, DNS, dst, maka TELNET memberikan solusi bagi pengguna untuk melakukan proses aplikasi secara *client – server*. TELNET ini juga disebut sebagai *general - purpose client atau server application program*.

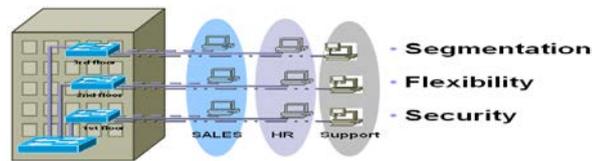
3.3.3. SMTP

SMTP singkatan dari *Simple Mail Transfer Protocol*. SMTP adalah suatu protokol aplikasi yang merupakan sistem pengiriman pesan atau email. SMTP dapat mendukung tiga jenis pengiriman pesan :

1. Pengiriman pesan pada satu atau lebih pengguna.
2. Pengiriman pesan yang termasuk didalamnya teks, suara, video atau gambar.
3. Pengiriman pesan ke pengguna-pengguna yang diluar jaringan atau internet.

3.3.4. VLAN

VLAN (*virtual LAN*): Sekelompok node pada satu atau beberapa segmen LAN secara *logic* (dikonfigurasi melalui *software*), yang memungkinkan suatu perangkat dapat berkomunikasi jika terletak pada media *physic* yang sama jika berada dalam nomor VLAN yang sama. Contohnya seperti pada Gambar 3.1.



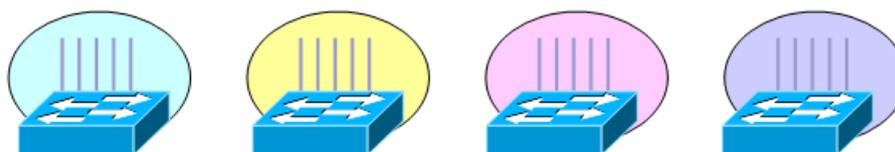
Gambar 3.1 VLAN Segmentation.

Gambar 3.1. jika ingin berkomunikasi antar VLAN maka diperlukan sebuah perangkat yaitu router. Umumnya suatu LAN hanya mempunyai satu broadcast domain dimana setiap komputer dalam broadcast domain yang sama dapat menerima broadcast yang disiarkan oleh salah satu komputer di dalam domain tersebut. Hal ini baik adanya karena broadcast memang telah didesain sebagai salah satu sarana yang dapat dipakai oleh peralatan komputer untuk saling memperkenalkan VID agar kemudian dapat berkomunikasi satu dengan lainnya. Namun jika jumlah peralatan komputer bertambah banyak, broadcast menimbulkan masalah karena broadcast menggunakan bandwidth jaringan yang sebenarnya dapat digunakan untuk keperluan lainnya, jadi penggunaan bandwidth menjadi tidak efektif.

Dengan mengelompokkan *port-port* switch menjadi beberapa segmen VLAN yang memiliki broadcast domain sendiri-sendiri, penggunaan bandwidth menjadi lebih efektif karena segmen VLAN yang satu tidak mengganggu segmen lain.

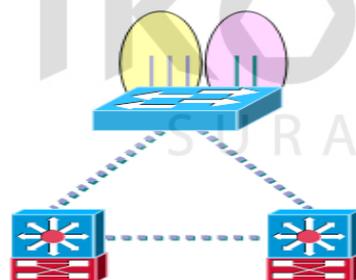
3.3.5. TYPE LINK

Type Link memiliki 2 macam link yaitu : *access link* dan *Trunk Link*. *Access link* digunakan untuk menghubungkan perangkat (*host*) menuju *switch* dan hanya membawa informasi VLAN yang bersangkutan. Sebuah *access Link* adalah *link* yang hanya mempunyai satu VLAN.



Gambar 3.2 Type Access Link.

Sebuah *trunk link* adalah *link* yang mampu membawa banyak VLAN. *Trunk link* yang digunakan antara *switch* dan dari beberapa server menuju ke *switch*. *Trunk link* membawa trafik menuju beberapa VLAN.



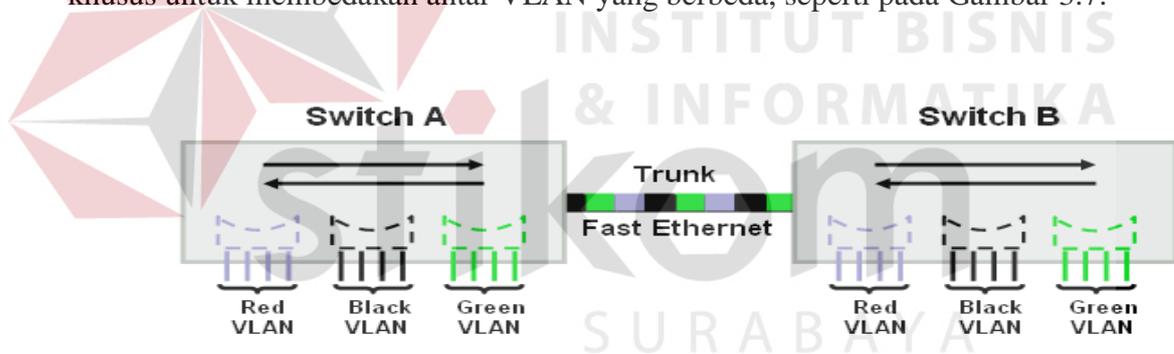
Gambar 3.3 Type Trunk Link.

Setiap *port* pada *switch* dapat ditetapkan sebagai sebuah VLAN. Secara *default*, semua *port* berada pada VLAN1. Red VLAN hanya dapat berkomunikasi secara langsung diantara station yang berada dalam *red* VLAN. Begitu juga



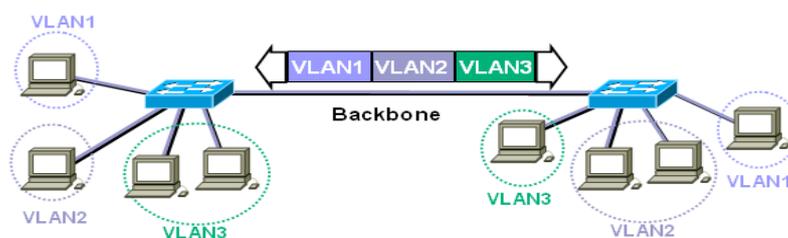
Gambar 3.6 VLAN Tagging.

Sebuah *trunk* digunakan untuk menghubungkan dua buah *switch*. Sebuah *trunk* dapat membawa *traffic* untuk beberapa VLAN. Setiap *logical* VLAN seperti *physical bridge* yang terpisah. VLAN bekerja melintasi beberapa *switches*. *Trunk* membawa *traffic* untuk *multiple* VLAN. *Trunk* menggunakan enkapsulasi khusus untuk membedakan antar VLAN yang berbeda, seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Operasi VLAN Dengan Trunk

Khusus dikembangkan untuk multi-VLAN, komunikasi antar *switch*. Terdapat *unique identifier* dalam *header* pada setiap *frame*. VLAN ID menyatakan identitas *frame* dikirimkan, seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Identifikasi Frame VLAN.

Dari operasi VLAN diatas terdapat dua pilihan tagging yang dapat digunakan, yaitu : ISL (*Cisco proprietary*), IEEE 802.1Q (*industry standard*). Untuk Identifikasi VLAN menggunakan IEEE 802.1Q terdapat 4-byte tag header berisi tag protocol identifier (TPID) dan tag control information (TCI), yaitu :

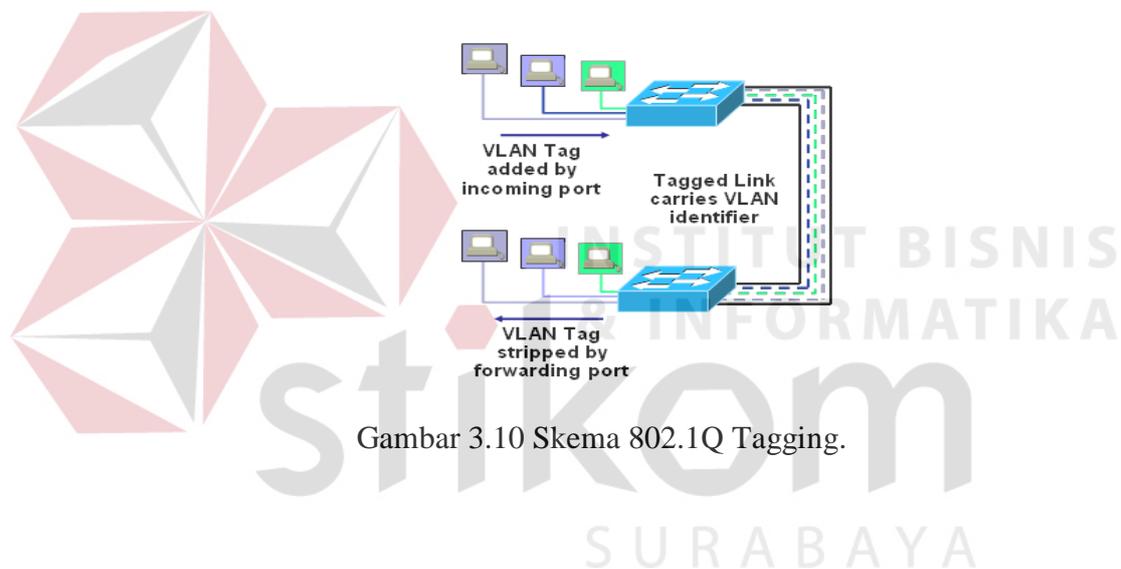
1. TPID, 2-byte TPID dengan nilai tetap 0x8100. Nilai ini menunjukkan bahwa frame membawa informasi tag 802.1Q atau 802.1p.
2. TCI, TCI berisi : tiga bit prioritas user (8 level prioritas , 0 sampai 7), satu bit canonical format (CFI indicator), 0 = canonical, 1 = noncanonical, untuk signal bit order dalam encapsulated frame (www.faqs.org/gaataurfc/sataurfc2469.html - "A Caution On the Canonical Ordering of Link-Layer Addresses"), Dua belas bit VLAN identifier (VID)- Identitas VLAN secara unik untuk, didefinisikan terdapat 4,096 VLAN, dengan nilai 0 sampai dengan 4095.

SA and DA MACs	802.1q Tag	Type/Length Field	Data (max 1500 bytes)	New CRC
-------------------	---------------	----------------------	--------------------------	------------

2-byte TPID Tag Protocol Identifier
2-byte TCI Tag Control Information (termasuk
VLAN ID)

Gambar 3.9 Identifikasi VLAN menggunakan IEEE 802.1Q.

VID, VLAN ID adalah identifikasi dari VLAN, yang digunakan dalam standar *802.1Q*, terdiri dari 12 bit. Jumlah identifikasi VLAN adalah 4096 (2^{12}) VLANs. Dari 4096 VID yang mungkin, VID 0 digunakan untuk identify *priority frames* dan nilai 4095 (FFF) dicadangkan, sehingga jumlah maksimum konfigurasi VLAN adalah 4,094. *Frame check sequence (FCS)*- 4 bytes. Berisi nilai CRC (*cyclic redundancy check*) sebanyak 32-bit. Trunk *802.1Q* memungkinkan VLAN melalui *backbone*.



Gambar 3.10 Skema 802.1Q Tagging.

3.4. MIKROTIK

MikroTik (dengan *trade name* MikroTik®) didirikan tahun 1995 bertujuan mengembangkan sistem ISP dengan wireless. MikroTik saat ini telah mendukung sistem ISP dengan wireless untuk jalur data internet di banyak negara, antara lain Iraq, Kosovo, Sri Lanka, Ghana dan banyak negara lainnya.

Berbagai pengembangan telah dilakukan hingga saat ini tersedia perangkat lunak sistem operasi router versi 2 yang menjamin kestabilan, kontrol, dan fleksibilitas pada berbagai media antar muka dan sistem routing dengan

menggunakan komputer standart sebagai hardware. Perangkat lunak ini mendukung berbagai aplikasi ISP, mulai dari RADIUS modem pool, hingga sirkuit backbone dengan DS3.

MikroTik berlokasi di tiga, ibukota Latvia, dengan 50 orang karyawan. Mikrotik juga menjalankan sebuah ISP kecil, sebagai media percobaan untuk pengembangan routerOS software. Ada 2 jenis mikrotik, yaitu:

3.4.1. Mikrotik routerOS

Adalah versi Mikrotik dalam bentuk perangkat lunak yang dapat diinstall pada komputer rumahan(PC) melalui CD. OS dapat di unduh pada website resmi www.mikrotik.com. Namun file image mikrotik merupakan versi *trial* Mikrotik yang hanya dapat digunakan dalam waktu 24 jam. Untuk dapat digunakan secara *full time*. Anda harus membeli lisensi *key* hanya untuk satu hardisk.

3.4.2. BUILT IN HARDWARE MIKROTIK

Merupakan Mikrotik dalam bentuk perangkat keras yang khusus dikemas dalam board router yang didalamnya sudah terinstal Mikrotik RouterOS. Untuk versi ini, lisensi sudah termasuk dalam harga router board Mikrotik. Dan fitur yang terdapat didalamnya:

Penanganan Protokol TCP/IP:

- a. *Firewall and NAT - stateful packet filtering; Peer-to-Peer protocol filtering; source and destination NAT; classification by source MAC, IP addresses, ports, protocols, protocol options, interfaces, internal marks, content, matching frequency*

- b. *Routing - Static routing; Equal cost multi-path routing; Policy based routing (classification by source and destination addresses and/or by firewall mark); RIP v1 / v2, OSPF v2, BGP v4*
- c. *Data Rate Management - per IP / protocol / subnet / port / firewall mark; HTB, PCQ, RED, SFQ, byte limited queue, packet limited queue; hierarchical limitation, CIR, MIR, contention ratios, dynamic client rate equalizing (PCQ)*
- d. *HotSpot - HotSpot Gateway with RADIUS authentication/accounting; data rate limitation; traffic quota; real-time status information; walled-garden; customized HTML login pages; iPass support; SSL secure authentication*
- e. *Point-to-Point tunneling protocols - PPTP, PPPoE and L2TP Access Concentrators and clients; PAP, CHAP, MSCHAPv1 and MSCHAPv2 authentication protocols; RADIUS authentication and accounting; MPPE encryption; compression for PPPoE; data rate limitation; PPPoE dial on demand*
- f. *Simple tunnels - IPsec tunnels, EoIP (Ethernet over IP)*
- g. *IPsec - IP security AH and ESP protocols; Diffie-Hellman groups 1,2,5; MD5 and SHA1 hashing algorithms; DES, 3DES, AES-128, AES-192, AES-256 encryption algorithms; Perfect Forwarding Secrecy (PFS) groups 1,2,5*
- h. *Web proxy - FTP, HTTP and HTTPS caching proxy server; transparent HTTP caching proxy; SOCKS protocol support; support*

*for caching on a separate drive; access control lists; caching lists;
parent proxy support*

- i. Caching DNS client - name resolving for local use; Dynamic DNS Client; local DNS cache with static entries*
- j. DHCP - DHCP server per interface; DHCP relay; DHCP client; multiple DHCP networks; static and dynamic DHCP leases*
- k. Universal Client - Transparent address translation not depending on the client's setup*
- l. VRRP - VRRP protocol for high availability*
- m. UPnP - Universal Plug-and-Play support*
- n. NTP - Network Time Protocol server and client; synchronization with GPS system*
- o. Monitoring/Accounting - IP traffic accounting, firewall actions logging*
- p. SNMP - read-only access*
- q. M3P - MikroTik Packet Packer Protocol for Wireless links and Ethernet*
- r. MNDP - MikroTik Neighbor Discovery Protocol; also supports Cisco Discovery Protocol (CDP)*
- s. Tools - ping; traceroute; bandwidth test; ping flood; telnet; SSH; packet sniffer*

Layer 2 connectivity

- a. *Wireless - IEEE802.11a/b/g wireless client and Access Point; Wireless Distribution System (WDS) support; virtual AP; 40 and 104 bit WEP; access control list; authentication on RADIUS server; roaming (for wireless client); Access Point bridging*
- b. *Bridge - spanning tree protocol; multiple bridge interfaces; bridge firewalling*
- c. *VLAN - IEEE802.1q Virtual LAN support on Ethernet and WLAN links; multiple VLANs; VLAN bridging*
- d. *Synchronous - V.35, V.24, E1/T1, X.21, DS3 (T3) media types; sync-PPP, Cisco HDLC, Frame Relay line protocols; ANSI-617d (ANDI or annex D) and Q933a (CCITT or annex A) Frame Relay LMI types*
- e. *Asynchronous - serial PPP dial-in / dial-out; PAP, CHAP, MSCHAPv1 and MSCHAPv2 authentication protocols; RADIUS authentication and accounting; onboard serial ports; modem pool with up to 128 ports; dial on demand*
- f. *ISDN - ISDN dial-in / dial-out; PAP, CHAP, MSCHAPv1 and MSCHAPv2 authentication protocols; RADIUS authentication and accounting; 128K bundle support; Cisco HDLC, x75i, x75ui, x75bui line protocols; dial on demand*
- g. *SDSL - Single-line DSL support; line termination and network termination modes*