

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Adapun dalam pembuatan sistem jaringan *Wireless Metropolitan Area Network* untuk *Integrasi IP Camera* dan *Sharing Internet* di Dinas Perdagangan Kota Salatiga, ada beberapa penelitian yang terkait sebagai dasar dari penelitian ini sebagai berikut :

Penelitian pertama yang dilakukan oleh Hatim Husyaini dan Rudy (2015), tentang Perencanaan *Wireless Metropolitan Area Network* Kota Tarakan. Pada penelitian ini menggunakan metode topologi jaringan bintang pada jaringan backhaul. Pada jaringan backhaul ini menggunakan teknologi *WiMAX* 5,8 GHz hal ini dikarenakan agar dapat menghantarkan *bandwidth* dengan kecepatan tinggi sehingga dapat menyediakan koneksi *internet* yang baik dan cepat. Kemudian jaringan *WiMAX* 5,8 GHz ini dikonversi ke jaringan 2,4 GHz yang kemudian disalurkan ke daerah-daerah dengan metode *point to multipoint*.

Penelitian kedua yang dilakukan oleh Azhari (2010) tentang Analisis Perancangan *Metropolitan Area Network* Menggunakan *WiMax* Studi Kasus Kabupaten Batu Bara. Pada penelitian ini diketahui bagaimana tahap – tahap perancangan sistem jaringan komputer seperti analisa *Bit Rate*, *Receive Signal Level*, *Free Space Zone*, daya pancar, dan kebutuhan perangkat.

Penelitian ketiga yang dilakukan oleh Iqbal Maulana Mustaqim (2016) tentang Perancangan dan Implementasi Jaringan *WMAN* Studi Kasus di BAPUSIPDA Bandung. Pada penelitian ini dilakukan perancangan jaringan *WMAN point to point* antara gedung BAPUSIPDA Jabar dengan BAPUSIPDA Bandung Perangkat yang digunakan dalam perancangan dan implementasi *WMAN* ini menggunakan antenna *grid* sebagai pemancar dan antenna *sectoral* pada penerima. Komunikasi *point to point* antara kedua antena tersebut dilakukan secara *line of sight* tanpa adanya *obstacle*.

Penelitian keempat yang dilakukan oleh Arifin (2012) tentang *Wireless Outdoor* sebagai Solusi Koneksi *Internet* di Daerah Terpencil Pada PT. ABC. Pada

penelitian ini membangun jaringan yang menggunakan *wireless outdoor* untuk menghubungkan daerah terpencil tersebut dengan lokasi terdekat yang memiliki jaringan *internet*. Dari lokasi tersebut, *internet* akan diteruskan dengan *wireless outdoor* hingga ke daerah terpencil, sehingga data, file dan informasi dapat dipertukarkan secara mudah lewat jaringan *internet* tersebut.

Penelitian kelima yang dilakukan oleh Purwanto (2019) tentang Rancang Bangun Jaringan LAN Menggunakan Router Mikrotik Dalam Rangka Menunjang Koneksi Internet dan Sharing Data di Kantor Desa Kaliombo Bojonegoro. Pada penelitian ini membangun jaringan LAN dan manajemen *bandwidth* menggunakan *simple queue* sedangkan untuk penelitian yang dikerjakan menggunakan *queue tree*.

2.2 Kerangka Berpikir

Tahapan kerangka pemikiran dalam rancang bangun *Wireless Metropolitan Area Network* untuk *Integrasi IP Camera* dan *Sharing Internet* pada Dinas Perdagangan Kota Salatiga dapat disajikan pada Gambar 2.1. Penjelasan dari kerangka pemikiran tersebut di atas adalah :

1. Latar belakang masalah

Dinas Perdagangan Kota Salatiga memiliki *IP Camera* beberapa pasar yang belum terhubung dengan kantor induk. Kantor Unit Pelaksana Teknis Dinas yang belum terhubung dengan *internet*.

2. Rumusan masalah

Bagaimana merancang dan membangun *Wireless Metropolitan Area Network* pada Dinas Perdagangan Kota Salatiga.

3. Penguasaan dasar

Pemahaman konsep infrastruktur jaringan komputer, *IP Camera*, *protocol TCP/IP*. Pemahaman konsep jaringan *wireless*, topologi jaringan *wireless* agar lebih menguasai kebutuhan peralatan dan program yang digunakan.

4. Pengumpulan data

Tahap pengumpulan data pada penelitian ini melalui observasi, wawancara dan studi literatur. Pengumpulan data bertujuan untuk mengetahui permasalahan

dan kebutuhan jaringan *Wireless Metropolitan Area Network* di Dinas Perdagangan Kota Salatiga.

5. Observasi sistem jaringan *Wireless Metropolitan Area Network*

Merupakan tahap pengamatan contoh perancangan dan implementasi *Wireless Metropolitan Area Network* yang telah ada, jurnal, buku, maupun karya ilmiah untuk kajian yang dapat dijadikan referensi untuk pembangunan jaringan *Wireless Metropolitan Area Network* di Dinas Perdagangan Kota Salatiga.

6. Analisis dan perancangan

Merupakan tahap menganalisa sistem jaringan yang sudah ada, membuat perancangan topologi jaringan dan menentukan kebutuhan untuk pembangunan *Wireless Metropolitan Area Network* di Dinas Perdagangan Kota Salatiga.

7. Implementasi

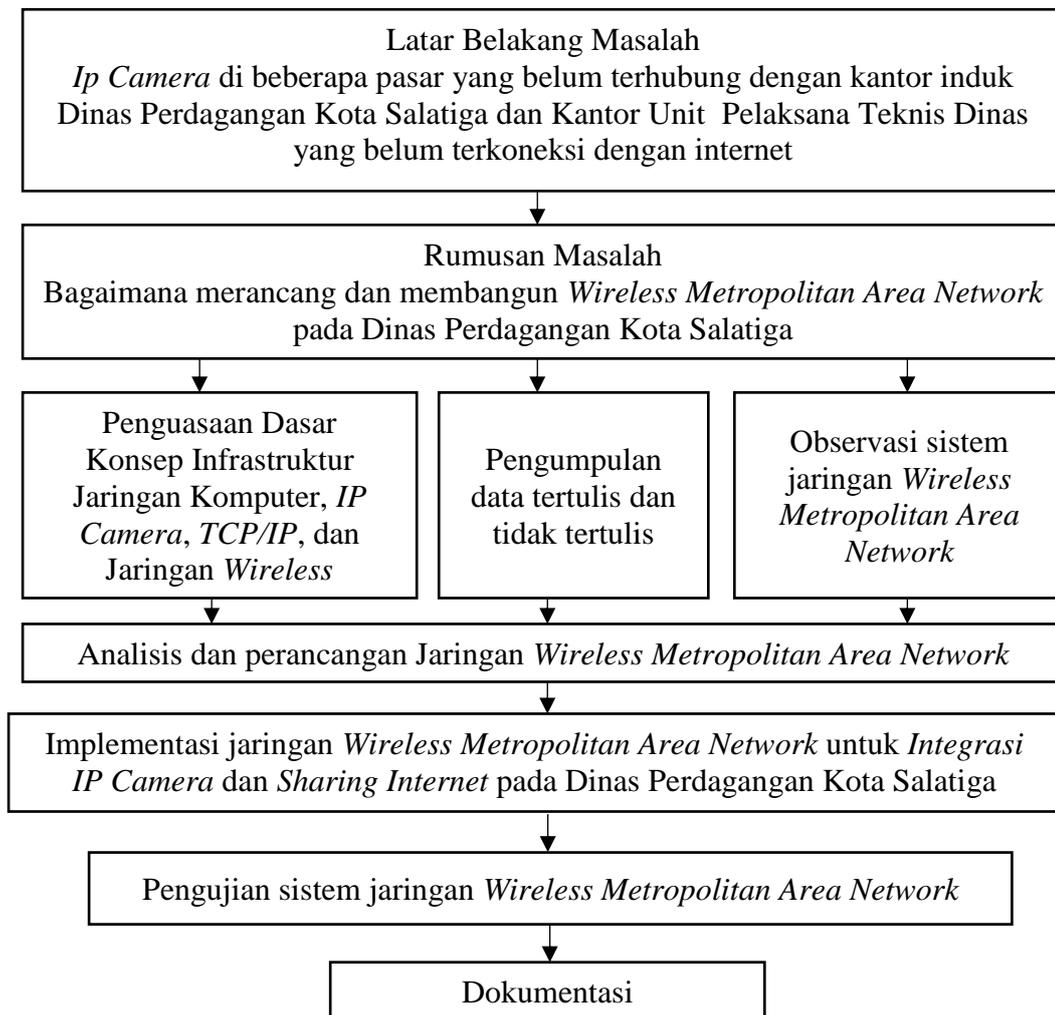
Tahap implementasi adalah langkah-langkah atau prosedur-prosedur yang dilakukan dalam menyelesaikan desain jaringan yang telah disetujui, untuk menginstal, menguji dan memulai sistem jaringan baru atau sistem jaringan yang diperbaiki. Lingkungan implementasi *Wireless Metropolitan Area Network* ini meliputi kebutuhan perangkat lunak, perangkat keras, pengujian jaringan *Wireless Metropolitan Area Network* yang telah dirancang sesuai dengan kebutuhan dalam pembuatan jaringan *Wireless Metropolitan Area Network* ini.

8. Pengujian sistem jaringan

Pengujian sistem jaringan adalah prosedur yang dilakukan untuk menyelesaikan rancangan sistem jaringan yang telah disetujui, menguji jaringan, menginstal serta memulai penggunaan sistem jaringan baru atau sistem jaringan yang telah diperbaiki.

9. Dokumentasi

Dokumentasi adalah suatu cara yang digunakan untuk memperoleh data dan informasi dalam bentuk buku, arsip, dokumen, tulisan angka dan gambar yang berupa laporan serta keterangan yang dapat mendukung penelitian.



Gambar 2. 1 Kerangka Pemikiran

2.3 Teori Pendukung

2.3.1 Jaringan Komputer

Menurut I Putu A.E.P (2014:12) terdapat banyak definisi oleh para ahli mengenai jaringan komputer. Penulis menggunakan referensi utama dari buku karya Forouzan. Sehingga definisi jaringan komputer disepakati sesuai dengan Forouzan. Menurut Forouzan di dalam bukunya yang berjudul *Computer Network A Top Down Approach*, disebutkan bahwa jaringan komputer adalah hubungan dari sejumlah perangkat yang dapat saling berkomunikasi satu sama lain (*a network is a interconnection of a set of devices capable of communication*).

2.3.2 Sifat – Sifat Dasar Jaringan Komputer

Menurut I Putu A.E.P (2014:14-16) jaringan komputer memiliki empat buah sifat dasar utama.

1. *Scalability*

Scalability memiliki arti kemampuan untuk dapat diskalakan. Ini berarti bahwa jaringan komputer dapat diskalakan (diukur, disesuaikan) dengan kebutuhan pengguna jaringan komputer. Jaringan komputer dapat berkembang lebih luas, lebih besar namun dapat juga diperkecil disempitkan, sesuai dengan kebutuhan pengguna.

2. *Resource Sharing*

Resource Sharing diartikan sebagai berbagai sumber daya. Dalam hal ini berarti jaringan komputer dapat digunakan untuk saling berbagi dan memakai bersama-sama segala sumber daya yang ada. Sumber daya yang meliputi seluruh perangkat keras komputer (*hardware*) dan perangkat lunak komputer (*software*).

3. *Connectivity*

Connectivity memiliki arti mudah terhubung dan dihubungkan. Hal ini berarti bahwa jaringan komputer memiliki sifat untuk mudah dihubungkan ke semua pengguna komputer (dalam hal ini ke semua komputer dan ke semua perangkat) serta pengguna komputer itu sendiri juga dapat dengan mudah terhubung ke dalam jaringan komputer yang tersedia. Untuk menciptakan hubungan ini, terdapat sejumlah perangkat penghubung didalamnya.

4. *Reliability*

Reliability memiliki arti keandalan. Hal ini berarti bahwa jaringan komputer memiliki kemampuan untuk dapat diandalkan di dalam jaringan komputer. Keandalan disini dapat diartikan bahwa paket data yang dikirimkan oleh pengirim (*sender*) akan sampai dengan baik di sisi penerima (*receiver*). Keandalan yang makin tinggi dan makin baik pada jaringan komputer akan memberikan kualitas layanan yang lebih baik bagi para pengguna jaringan komputer.

2.3.3 Jaringan Komputer Berdasarkan Media Transmisi

Menurut I Putu A.E.P (2014:16-17) berdasarkan media transmisi yang digunakan, jaringan komputer dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu jaringan komputer berkabel (*wired network*) dan jaringan komputer tanpa kabel (*wireless network*).

2.3.3.1 Jaringan komputer berkabel (*wired network*)

Jaringan komputer berkabel (*wired network*) menggunakan sarana kabel jaringan (misalkan dengan menggunakan kabel jaringan UTP, RG 45, dan proses konfigurasi atau *crimping*), untuk kemudian dihubungkan dengan perangkat penghubung berupa hub maupun *switch*. Jaringan komputer berkabel dengan *physical layer*. Jaringan *wired* memiliki kestabilan tersendiri dan kecepatan yang relative lebih tinggi/baik dibandingkan *wireless*. Hal ini yang menjadi salah satu kelebihan jaringan *wired*.

Namun beberapa hal yang menjadi kelemahan jaringan *wired* adalah jangkauan yang terbatas (sesuai dengan panjang kabel), tidak praktis (harus selalu menggunakan kabel dan tidak bias di mana-mana layaknya jaringan *wireless*), serta kemungkinan jaringan terganggu apabila kabel bermasalah. Jaringan *wired* masih tetap digunakan hingga saat ini. Jaringan komputer berkabel (*wired network*) menggunakan media kabel jaringan berupa UTP, *coaxial*, maupun kabel *fiber optic*.

2.3.3.2 Jaringan komputer tanpa kabel (*wireless network*)

Jaringan komputer tanpa kabel (*wireless network*) merupakan jaringan komputer yang tidak menggunakan kabel jaringan (UTP, Coaxial, maupun *Fiber Optic*), namun memanfaatkan sinyal elektromagnetis. Saat ini sangat banyak yang menggunakan jaringan *wireless*. Misalkan saja layanan *internet* dari operator (*provider*), *Public Hotspot* dan *Free Wifi* di sejumlah tempat – tempat publik, fitur *Thethering* pada *Smartphone* untuk berbagi koneksi *internet* secara cepat dan mudah, koneksi *Bluetooth* dan *Infra Red* untuk transfer data, pemanfaatan RFID (*Radio Frequency IDentifiier*) untuk transaksi elektronik, pemanfaatan NFC (*Near Field Communication*). Satu hal utama yang menjadi kelebihan jaringan *wireless*

adalah kemudahan dan praktis. Pengguna cukup mengaktifkan fitur *wireless* pada perangkat komputer dan *mobile*, lalu menghubungkan ke *wireless* yang ada. Namun tentu saja *wireless* menyimpan sejumlah kekurangan, antara lain:

1. Ancaman *interferensi* dengan gelombang lainnya (misalnya dengan sinyal radio dan sinyal lainnya) yang akan mengganggu koneksi jaringan.
2. Kemungkinan untuk diserang oleh *attacker* secara *remote*.
3. Penghalang fisik berupa tembok bangunan, pepohonan, dan benda-benda lainnya yang mengganggu sinyal yang digunakan jaringan *wireless*.

Saat ini, kedua jenis jaringan ini (*wired network* dan *wireless network*) banyak diimplementasikan secara bersama - sama, sehingga disebut dengan jaringan *hibrida* (*Hybrid Network*). Hal ini bertujuan untuk menggabungkan kelebihan masing-masing serta penyesuaian dengan kondisi dan keperluan. Ilustrasi *hybrid network* seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 *Wired Network dan Wireless Network*

Sumber: <http://mutiaraayu.web.ugm.ac.id/2014/12/02/internet-media-wired-dan-wireless/>

2.3.4 Jaringan Komputer Berdasarkan Jangkauan Geografis

Menurut I Putu A.E.P (2014:32-36) Jaringan komputer bersifat Scalable, yaitu dapat membesar dan mengecil sesuai dengan kebutuhan. Ini berarti bahwa sebuah jaringan komputer dapat diperluas untuk menjangkau sebanyak mungkin pengguna di berbagai wilayah geografis hingga dipersempit untuk dapat digunakan

sebagai pribadi oleh satu pengguna atau beberapa pengguna pada satu lokasi saja. Berdasarkan cakupan lokasi geografis inilah jaringan komputer dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok.

2.3.4.1 LAN (*Local Area Network*)

LAN (*Local Area Network*) merupakan jaringan komputer terkecil untuk pemakaian pribadi. LAN (*Local Area Network*) memiliki skala jangkauan mencakup 1 KM hingga 10 KM, dalam bentuk koneksi *wired*, *wireless*, maupun kombinasi keduanya. Umumnya LAN (*Local Area Network*) lebih banyak di implementasikan di dalam sebuah ruangan maupun sebuah Gedung. Sebagai contoh jaringan lokal di perpustakaan untuk penyediaan *repository ebook* dan layanan sistem informasi perpustakaan, jaringan lokal pada laboratorium untuk sarana penelitian dan bertukar informasi, jaringan lokal pada kantor swasta, instansi pemerintah, perguruan tinggi, dan sekolah untuk sistem informasi dan pertukaran data. Ilustrasi dari LAN (*Local Area Network*) dapat disajikan melalui Gambar 2.3.



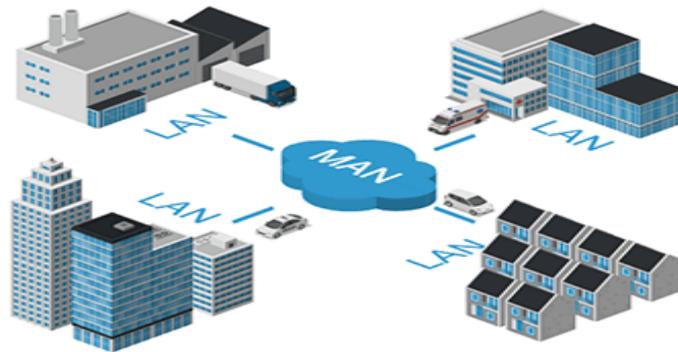
Gambar 2. 3 LAN (*Local Area Network*)

Sumber: <https://www.monitorteknologi.com/jenis-jenis-jaringan-komputer-dan-pengertiannya/>

2.3.4.2 MAN (*Metropolitan Area Network*)

MAN (*Metropolitan Area Network*) merupakan jaringan komputer yang memiliki cakupan area dan luas yang lebih besar dibandingkan LAN (*Local Area Network*). MAN (*Metropolitan Area Network*) memiliki jarak jangkauan antara 10 KM hingga 50 KM. Wilayah jangkauan MAN (*Metropolitan Area Network*) dapat

mencangkup sebuah wilayah kota, yang didalamnya terdapat banyak Gedung dan pemukiman. Ini berarti di dalam sebuah MAN (*Metropolitan Area Network*) telah terintegrasi banyak LAN yang berasal dari berbagai Gedung dan pemukiman yang ada. . Ilustrasi dari MAN (*Metropolitan Area Network*) dapat disajikan melalui Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 MAN (*Metropolitan Area Network*)

Sumber: <https://www.monitorteknologi.com/jenis-jenis-jaringan-komputer-dan-pengertiannya/>

2.3.4.3 WAN (*Wide Area Network*)

WAN (*Wide Area Network*) merupakan jaringan komputer yang lebih luas dari MAN (*Metropolitan Area Network*), dengan jangkauan area seluas sebuah negara atau benua. WAN (*Wide Area Network*) terdiri atas dua atau lebih MAN (*Metropolitan Area Network*) didalamnya. Setiap MAN (*Metropolitan Area Network*) terdiri atas dua atau lebih LAN (*Local Area Network*) di dalamnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa WAN (*Wide Area Network*) ini merupakan gabungan dari sejumlah jaringan komputer yang berada dalam satu Kawasan seluas sebuah negara ataupun benua. Ilustrasi dari WAN (*Wide Area Network*) dapat disajikan melalui Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 WAN (*Wide Area Network*)

Sumber: <https://www.monitorteknologi.com/jenis-jenis-jaringan-komputer-dan-pengertiannya/>

2.3.4.4 Internet

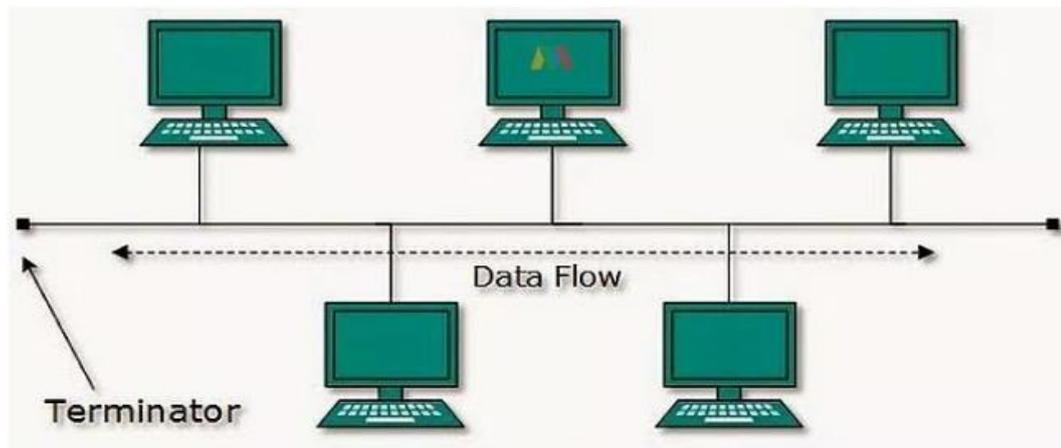
Internet atau *Interconnection Networking* (keterhubungan antar jaringan komputer merupakan jaringan komputer terluas, dengan jangkauan seluruh planet bumi ini. Internet menghubungkan semua WAN (*Wide Area Network*), MAN (*Metropolitan Area Network*) dan LAN (*Local Area Network*) di dalamnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa internet terdiri atas semua komputer dan perangkat lainnya ke dalam satu jaringan komputer terbesar di dunia, yang menghubungkan setiap geung, setiap tempat, setiap pengguna komputer, dari berbagai daerah, kota, negara, pulau, benua, di dalam kesatuan alam bumi ini.

2.3.5 Topologi Jaringan Komputer

Menurut I Putu A.E.P (2014:18-32) Topologi Jaringan Komputer didefinisikan sebagai suatu teknis, cara, dan aturan di dalam merangkai dan menghubungkan berbagai komputer dan perangkat terhubung lainnya ke dalam sebuah jaringan komputer, sehingga membentuk sebuah hubungan yang bersifat geometris. Topologi ini bersifat sebuah rancangan (desain), yang kemudian dapat diimplementasikan secara langsung melalui sejumlah perangkat keras penghubung pada jaringan komputer.

2.3.5.1 Topologi Bus

Topologi *Bus* merupakan topologi yang paling awal digunakan di dalam model topologi pada jaringan komputer, terutama di masa-masa awal jaringan komputer dikembangkan. Topologi bus hanya menggunakan sebuah jalur koneksi, yang kemudian digunakan secara bersama-sama oleh beberapa buah komputer dan perangkat jaringan komputer terhubung lainnya. Ilustrasi dari topologi jaringan bus dapat disajikan pada Gambar 2.6.

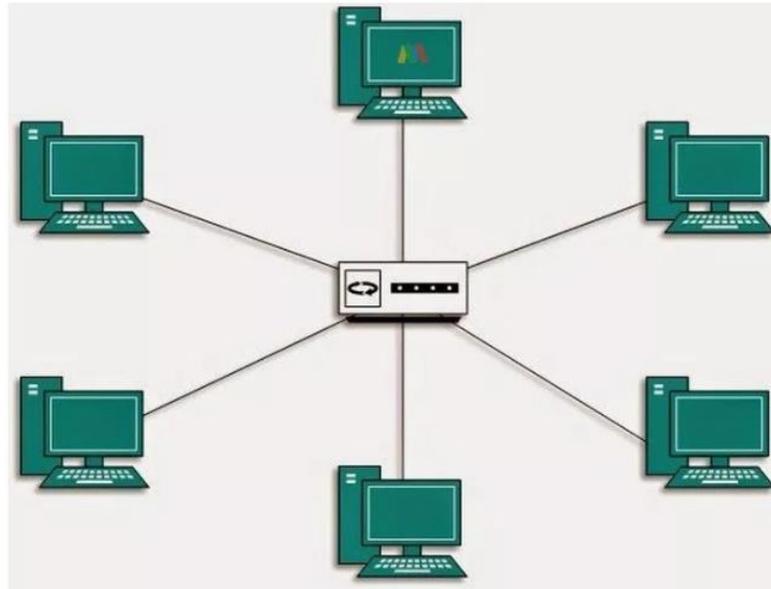


Gambar 2. 6 Topologi Bus

Sumber: <https://www.maxmanroe.com/vid/teknologi/komputer/pengertian-topologi-bus.html>

2.3.5.2 Topologi Star

Topologi *Star* adalah topologi di dalam jaringan komputer, di mana terdapat sebuah komputer (ataupun perangkat jaringan komputer berupa *hub* atau *switch*) yang menjadi pusat dari semua komputer yang terhubung ke dalamnya. Komputer pusat ini bertindak sebagai *server*. Komputer-komputer lainnya, yang dalam hal ini bertindak sebagai *client*, tidak dapat berkomunikasi satu sama lain. Mereka harus melalui komputer pusat (ataupun berupa *hub* dan *switch*) terlebih dahulu, untuk dapat bertukar data dengan sesama komputer *client* lainnya. Ilustrasi dari topologi star dapat disajikan pada Gambar 2.7.

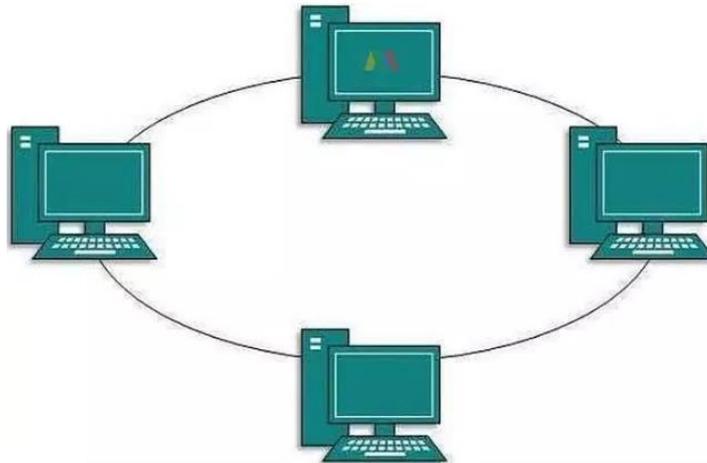


Gambar 2. 7 Topologi Star

Sumber: <https://www.maxmanroe.com/vid/teknologi/komputer/pengertian-topologi-star.html>

2.3.5.3 Topologi Ring

Topologi *Ring* merupakan salah satu topologi yang relatif sederhana pada jaringan komputer. Topologi jaringan ini hanya menghubungkan setiap komputer (atau disebut juga sebagai *node*) satu per satu, sehingga membentuk sebuah rangkaian menyerupai cincin (*ring*). Rangkaian berbentuk ring ini merupakan satu kesatuan. Sinyal dan paket data berjalan searah melewati kesatuan rangkaian tersebut dan melewati setiap komputer yang terhubung pada rangkaian *ring* ini. Topologi *ring* hampir mirip dengan topologi *bus*, hanya saja pada topologi *ring* tidak terdapat titi henti dalam bentuk terminal (*terminator*), sehingga membentuk lingkaran atau cincin (*ring*). Ilustrasi topologi ring dapat disajikan pada Gambar 2.8.

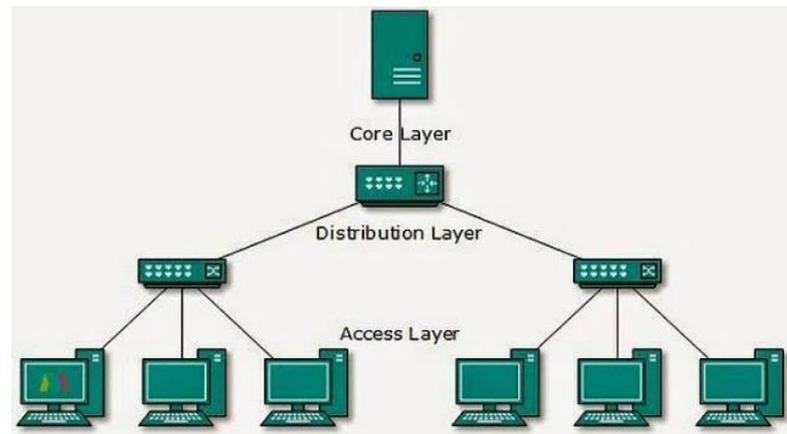


Gambar 2. 8 Topologi Ring

Sumber: <https://www.maxmanroe.com/vid/teknologi/komputer/pengertian-topologi-ring.html>

2.3.5.4 Topologi Tree

Topologi *Tree* merupakan salah satu topologi yang paling banyak diterapkan di dalam jaringan komputer, dengan bentuk geometris menyerupai pohon (*tree*). Pada topologi Tree terdapat sebuah komputer (atau perangkat jaringan komputer berupa *hub* ataupun *switch*) pada level teratas (disebut dengan *root*) yang menjadi pusat utama komunikasi bagi semua komputer lain yang terhubung dengannya. Kemudian pada level dibawahnya (disebut dengan *central*) terdapat satu atau lebih komputer di level bawahnya, yang membentuk topologi seperti topologi star. *Central* menjadi penghubung antara *root* dengan semua komputer yang ada di bawah *central*. Ilustrasi topologi tree dapat disajikan pada Gambar 2.9.

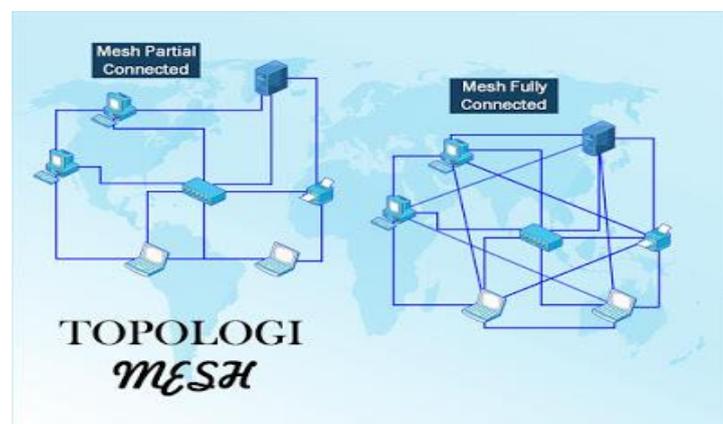


Gambar 2. 9 Topologi Tree

Sumber : <https://www.maxmanroe.com/vid/teknologi/komputer/topologi-tree.html>

2.3.5.5 Topologi Mesh

Topologi *Mesh* adalah salah satu jenis topologi pada jaringan komputer yang menghubungkan semua komputer secara penuh (*Fully Connected*). Topologi *Mesh* merupakan topologi yang paling kompleks dan paling banyak digunakan pada penyedia layanan akses internet (*Internet Service Provider*), sebab Topologi *Mesh* mampu menjaga agar kerusakan atau gangguan yang terjadi pada salah satu komputer tidak akan mempengaruhi komputer lain atau jaringan keseluruhan. Secara umum , dilihat keterhubungan antar komputer di dalamnya, jenis koneksi pada Topologi *Mesh* yaitu Topologi *Mesh Fully Connected* dan Topologi *Mesh Partial Connected*. Ilustrasi topologi mesh dapat disajikan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Topologi Mesh

Sumber : <https://www.belajarjaringan.com/2019/10/belajar-topologi-jaringan.html>

2.3.6 Jenis *Wireless Network*

2.3.6.1 *Wireless Personal Area Network (WPAN)*

Menurut Supriyanto (2013:3-4) WPAN (*wireless personal area network*) adalah jaringan area pribadi untuk jaringan yang terpusat di sekitar perangkat *interconnecting* perorangan dari kerja di mana sambungan nirkabel. Umumnya, personal area jaringan *nirkabel* menggunakan beberapa teknologi yang memungkinkan komunikasi dalam waktu sekitar 10 meter dengan kata lain, yang sangat jarak dekat. Salah satu teknologi *Bluetooth*, yang digunakan sebagai dasar untuk sebuah standar baru, IEEE 802.15. Ilustrasi *Wireless Personal Area Network* dapat disajikan pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 *Wireless Personal Area Network*

Sumber : <https://www.kursuswebsite.org/tipe-tipe-wireless-network/>

2.3.6.2 *Wireless Local Area Network*

Menurut Iwan Sofana (2012:441) sejarah kemunculan WLAN dimulai pada tahun 1997. Lembaga IEEE membuat spesifikasi/standar WLAN pertama diberi kode 802.11. Peralatan yang sesuai standar 802.11 dapat bekerja pada *frekuensi* 2,4 Ghz dengan kecepatan transfer data (*throughput*) maksimal 2 Mbps. Kemudian pada bulan Juli 1999, IEEE kembali mengeluarkan spesifikasi baru yang diberi kode 802.11b secara teoritis, kecepatan transfer data maksimal yang dapat dicapai yaitu 11 Mbps. Ilustrasi *Wireless Local Area Network* dapat disajikan pada Gambar 2.12.

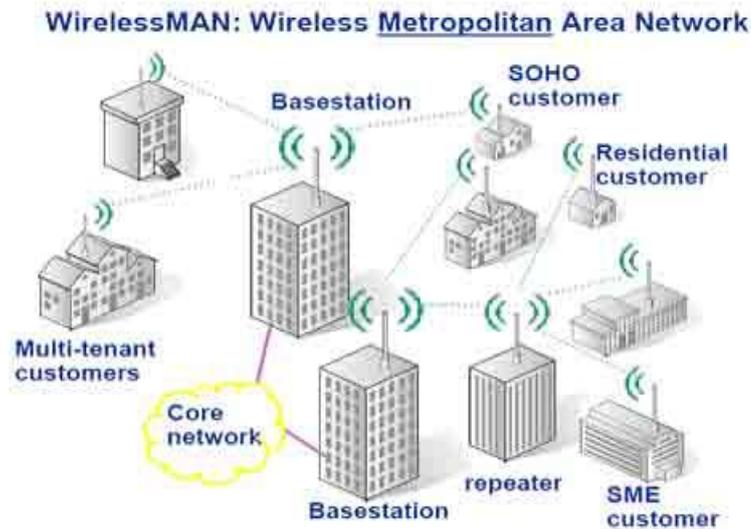


Gambar 2. 12 *Wireless Local Area Network*

Sumber : <https://techterms.com/definition/wlan>

2.3.6.3 Wireless Metropolitan Area Network

Menurut Supriyanto (2013:24) pada awalnya rangkaian MAN dihubungkan dengan menggunakan kabel LAN untuk menghubungkan kantor yang satu ke kantor cabang yang lainnya yang jaraknya beberapa KM, dengan hadirnya WIMAX maka pengguna layanan internet semakin tertarik pada *Wireless* yang berskala MAN. Peralatan *pre-Wimax* (IEEE 802.16) merupakan suatu perangkat yang didesain khusus untuk *wireless* berskala MAN, contoh peralatan ini adalah Redline AN-50 AN-30, *Alvarion Link Blaster*. *Wireless* MAN dapat bekerja pada beberapa frekuensi yaitu 900 Mhz, 1,5 Ghz, 2 Ghz, 2.5 Ghz, 3.3 Ghz, 5.8 Ghz. Ilustrasi *Wireless Metropolitan Area Network* dapat disajikan pada Gambar 2.13.

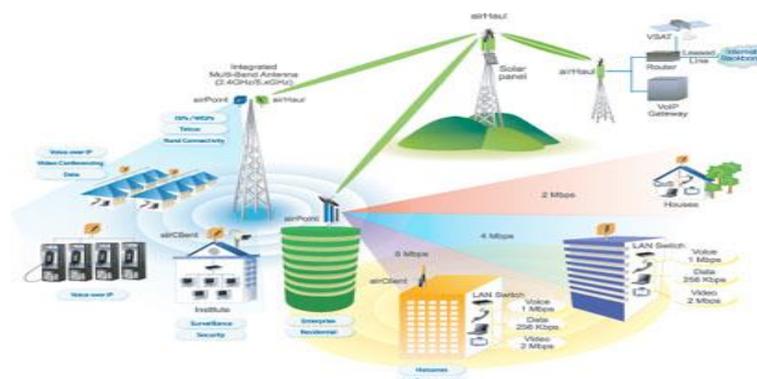


Gambar 2. 13 *Wireless Metropolitan Area Network*

Sumber : http://www.united.com.mu/solutions/w_wirelessol.php

2.3.6.4 *Wireless Wide Area Network*

Menurut Iwan Sofana (2012:445) Wireless WAN relatif baru dan berbeda dibandingkan WLAN. WWAN menggunakan teknologi *network seluler* seperti WiMAX, UMTS, GPRS, EDGE, CDMA2000, GSM, CDPD, MOBITEX, HSDPA, 3G untuk komunikasi data. Teknologi *seluler* memungkinkan akses internet dimanapun secara fleksibel. Ilustrasi *Wireless Wide Area Network* dapat disajikan pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 *Wireless Wide Area Network*

Sumber : <https://www.kursuswebsite.org/tipe-tipe-wireless-network/>

2.3.7 Protokol

Menurut Rifkie Primartha (2019:113-117) pada jaringan komputer, protokol adalah sekumpulan aturan/prosedur atau standar yang digunakan untuk mengirimkan data antara perangkat elektronik. Protokol mengatur atau mengizinkan terjadinya hubungan, komunikasi, dan perpindahan data anantara dua atau lebih komputer. Berikut beberapa protokol yang terkait dengan TCP/IP :

1. *Ethernet*

Ethernet merupakan protokol untuk jaringan lokal yang melibatkan komputer dan perangkat jaringan lain (*Hub, Switch, dan sebagainya*). Protokol *Ethernet* ini lebih populer dengan istilah CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*), saat ini ethernet didefinisikan melalui standar IEEE yang disebut 802.3.

2. ARP

ARP atau *Address Resolution Protocol* bertanggung jawab dalam melakukan *translasi* alamat ip ke alamat *hardware (MAC address)*. Protokol ARP ini terkait dengan *IP address* yang digunakan oleh TCP/IP.

3. RARP

RARP atau *Reverse Address Resolution Protocol* adalah protokol yang bekerja sebagai kebalikan dari ARP. Jadi RARP bertanggung jawab melakukan translasi dari *MAC address* ke *IP address*.

4. DHCP

DHCP atau *Dynamic Host Configuration Protocol* bertugas mengalokasikan dan memberikan *IP address* secara otomatis kepada komputer-komputer yang terhubung dengan *server* DHCP.

5. DNS

DNS atau *Domain Name System* adalah sistem yang mengatur penamaan publik dari sebuah situs *web* atau *domain internet*. Sistem ini dapat menyimpan informasi nama host atau nama domain dalam bentuk *database* terdistribusi (*distributed database*).

6. SNMP

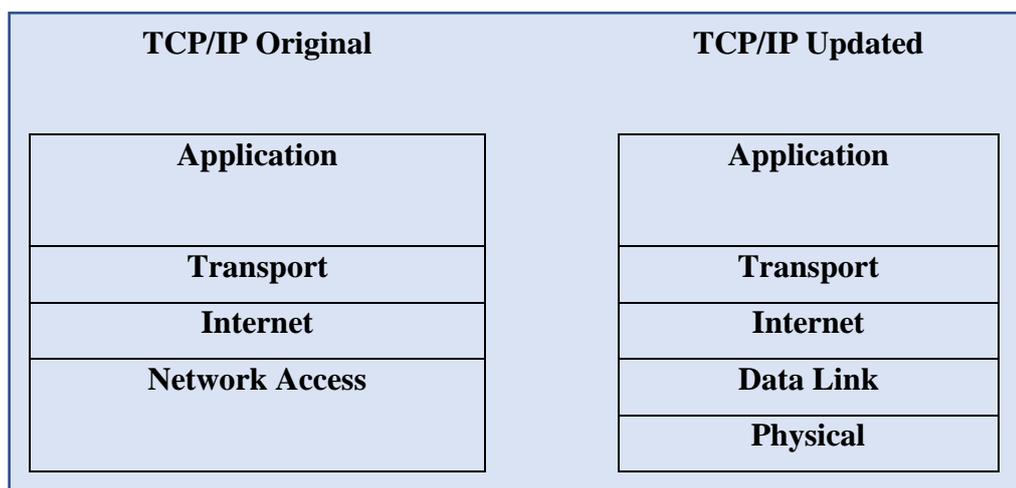
SNMP atau *Simple Network Management Protocol* adalah protokol yang dirancang untuk memonitor dan mengelola berbagai perangkat di jaringan *internet*. Dengan SNMP pengguna dapat memantau jaringan dari jarak jauh.

7. ICMP

ICMP atau *Internet Control Message Protokol* merupakan protokol yang berfungsi untuk memberikan *messages* seperti mengirimkan pesan *error*, pesan diterima, *connection lost*, dan sebagainya.

2.3.7.2 TCP/IP

Menurut Rifkie Primartha (2019:118-121) Model TCP/IP merupakan model komunikasi data yang dikembangkan oleh US *Department of Defense* atau DOD (sekarang bernama DARPA), yang merepresentasikan komunikasi data antar peralatan jaringan dan antar jaringan. Saat ini sudah ada revisi model TCP/IP terbaru, sehingga model TCP/IP menjadi 5 lapisan yaitu:



Gambar 2. 15 Perbandingan model TCP/IP lama (*original*) dan baru (*updated*)
 Sumber : Manajemen Jaringan Komputer Teori dan Praktik Halaman 119 Penerbit Informatika

1. *Physical Layer*

Physical Layer berkaitan dengan *encode* dan *decode* sinyal yang akan ditransmisikan pada jaringan. Fungsi utama layer ini :

1. Penentuan jenis *encoding*
2. Pensinyalan (*signaling*)
3. Pengaturan *Speed* (kecepatan) *Half Duplex* dan *Full Duplex*

2. *Data Link Layer*

Data Link Layer bertanggung jawab pada pembentukan *frame – frame* yang akan melalui *network*. Layer ini melakukan *encapsulation* paket-paket dan menggunakan *MAC Address* untuk mengidentifikasi asal *frame* dan tujuan *frame*. Fungsi utama layer ini yaitu :

1. *Error Detection* (Deteksi *Error* pada *Frame*)
2. Menentukan Metode *Link*
3. Pengalamatan Fisik

3. *Network Layer*

Network Layer bertanggung jawab pada pembentukan paket-paket yang melalui *network*. Layer ini menggunakan *IP address* untuk mengidentifikasi asal paket dan tujuan paket. Fungsi utama layer ini :

1. Mengatur *fragmentasi* dan *de-fragmentasi* paket
2. Mengatur pengurutan (*sequencing*)
3. Pengalamatan IP

4. *Transport Layer*

Transport Layer menjalin koneksi antara aplikasi yang berjalan pada node yang berbeda. Layer ini menggunakan protokol TCP/IP untuk membentuk *reliable connections*. Layer ini juga dapat menggunakan protokol UDP untuk membentuk *fast connections (unreliable connections)*. Layer ini akan mengamati proses yang *running* pada aplikasi, menentukan nomor *port (port address)* untuk aplikasi tersebut, dan menggunakan *Network Layer* untuk mengakses *network TCP/IP*. Fungsi utama layer ini:

1. Melakukan *segmentasi* data

2. Menentukan jenis protokol *transport*
 3. Mengatur nomor *port*
5. *Application Layer*

Application Layer adalah *layer* dimana berbagai aplikasi *network* TCP/IP berjalan. Contoh aplikasi adalah email, web browser, FTP, SSH, dan sebagainya. Aplikasi tersebut akan menggunakan *Transport Layer* ketika mengirim *request* untuk melakukan koneksi ke *node* lain. Fungsi utama *layer* ini :

1. Mengatur tentang jenis protokol aplikasi
2. Mengatur tentang format data
3. Mengatur tentang *enkripsi* dan *dekripsi* data
4. Mengatur tentang sesi komunikasi data

2.3.7.3 Model OSI Layer

Menurut Iwan Sofana (2012:16-20) *OSI Layer* merupakan model referensi yang digunakan untuk memahami jaringan komputer secara umum. Model referensi OSI terdiri atas lapisan berjumlah tujuh. Ketujuh *layer* ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Model Referensi OSI

Layer	Fungsi	Contoh Protokol
<i>Application</i>	Menyediakan servis bagi berbagai aplikasi <i>network</i>	NNTP, HL7, Modbus, SIP, SSI, DHCP, FTP, Gopher, HTTP, NFS, NTP, RTP, SMPP, SMTP, SNMP, Telnet
<i>Presentation</i>	Mengatur <i>konversi</i> dan translasi berbagai format data, seperti <i>kompresi</i> data dan <i>enkripsi</i> data	TDI, ASCII, EBCDIC, MIDI, MPEG, ASCII7
<i>Session</i>	Mengatur sesi (<i>session</i>) yang meliputi <i>establishing</i> (memulai sesi), <i>maintaining</i>	SQL, X Window, Named Pipes (DNS), NetBIOS, ASP, SCP, OS Scheduling, RPC, NFS, ZIP

	Lanjutan Tabel 2.1 (mempertahankan sesi), dan <i>terminating</i> (mengakhiri sesi) antar entitas yang dimiliki oleh <i>presentation layer</i>	
<i>Transport</i>	Menyediakan <i>end-to-end communication protocol</i> . <i>Layer</i> ini bertanggung jawab terhadap “keselamatan data” dan “segmentasi data”, seperti: mengatur <i>flow control</i> (kendali aliran data), <i>error detection</i> (deteksi error) and <i>correction</i> (koreksi), <i>data sequencing</i> (urutan data), dan <i>size of the packet</i> (ukuran paket)	TCP, SPX, UDP, SCTP, IPX
<i>Network</i>	Menentukan rute yang dilalui oleh data. <i>Layer</i> ini menyediakan <i>logical addressing</i> (pengalamatan logika) dan <i>path determination</i> (penentuan rute tujuan)	IPX, IP, ICMP, IPsec, ARP, RIP, IGRP, BGP, OSPF, NBF, Q.931
<i>Data Link</i>	Menentukan pengalamatan fisik (<i>hardware address</i>), <i>error notification</i> (pendeteksi error), <i>frame flow control</i> (kendali aliran frame), dan topologi <i>network</i> .	802.3 (ethernet), 802.11a/b/g/n MAC/LLC, 802.1Q (VLAN), ATM, CDP, HDP, FDDI, Fibre Channel, Frame Relay, SDLC, HDLC, ISL, PPP, Q.921, Token Ring

	<p>Lanjutan Tabel 2.1</p> <p>Ada dua <i>sublayer</i> pada data link, yaitu: <i>Logical Link Control (LLC)</i> dan <i>Media Access Control (MAC)</i>.</p> <p><i>LLC</i> mengatur komunikasi, seperti <i>error notification</i> dan <i>flow control</i>.</p> <p>Sedangkan <i>MAC</i> mengatur pengalamatan fisik yang digunakan dalam proses komunikasi antar <i>adapter</i></p>	
<i>Physical</i>	<p><i>Layer</i> ini menentukan masalah kelistrikan / gelombang / medan dan berbagai prosedur / fungsi yang berkaitan dengan <i>link</i> fisik, seperti besar tegangan / arus listrik, panjang maksimal media <i>transmisi</i>, pergantian fasa, jenis kabel dan konektor.</p>	<p>RS-232, V.35, V.34, 1.430, 1.431, T1, E1, 10Base-T, Base-Tx, POTS, SONET, DSL, 802.11a/b/g/n, PHY, Hub, repeater, fibre optics.</p>
Network Interface	<p>Berfungsi meletakkan frmae- frmae data yang akan dikirim ke media jaringan.</p>	<p>Ethernet, Token Ring, POTS, ISDN, Frame Relay, ATM</p>

2.3.8 Teknologi *Wireless*

Menurut Iwan Sofana (2017:229-232) Frekuensi yang digunakan *wireless network* adalah 2.4 Ghz dan 5.8 Ghz. Sedangkan penggunaan *infrared* dan *laser* umumnya hanya terbatas untuk jaringan yang hanya melibatkan dua buah titik (disebut *point to point* atau P2P). Sejarah kemunculan *wireless LAN (WLAN)* dimulai pada tahun 1997, yang manakala IEEE (sebuah lembaga *independent*)

membuat spesifikasi/standar WLAN yang pertama diberi kode 802.11. Peralatan yang sesuai standar 802.11 dapat bekerja pada frekuensi 2,4 Ghz dengan kecepatan *transfer data (throughput)* maksimal 2 mbps.

Pada bulan Juli 1999, IEEE kembali mengeluarkan spesifikasi baru yang diberi kode 802.11b. Secara teoritis, kecepatan *transfer data* maksimal yang dapat dicapai yaitu 11 Mbps. Kecepatan *transfer data* sebesar ini sebanding dengan *card ethernet* tradisional (IEEE 802.3 dengan kecepatan 10 Mbps atau disebut juga 10Base-T). Peralatan yang menggunakan standar 802.11b juga bekerja pada frekuensi 2,4 Ghz. Peralatan *wireless* yang bekerja pada frekuensi ini sering terganggu (terjadi *interferensi*) oleh sinyal yang berasal dari *cordless phone*, *microwave oven* atau peralatan lain yang menggunakan frekuensi yang sama. Pada saat hampir bersamaan, IEEE mengeluarkan spesifikasi 802.11a yang bekerja pada frekuensi 5 Ghz dan mendukung kecepatan *transfer data* teoritis maksimal 54 Mbps. Gelombang radio yang berasal dari peralatan 802.11a sukar menembus dinding atau penghalang lainnya. Jangkauan gelombang radio atau *coverage area* tidak sejauh peralatan yang mendukung spesifikasi 802.11b.

Pada tahun 2002, IEEE membuat spesifikasi baru yang dapat menggabungkan kelebihan 802.11b dengan 802.11a. Spesifikasi tersebut diberi kode 802.11g. Bekerja pada frekuensi 2,4 Ghz dengan kecepatan *transfer data* maksimal 54 Mbps. Peralatan 802.11g *kompatibel* dengan 802.11b. Sebagai contoh, komputer yang menggunakan *network card* 802.11g dapat memanfaatkan *access point* 802.11n dan sebaliknya. Untuk mengetahui perbedaan masing-masing spesifikasi dan informasi yang lebih detail dapat melihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Spesifikasi 802.11

Spesifikasi	Keterangan
802.11	Spesifikasi WLAN yang pertama, dibuat pada tahun 1997. Kecepatan <i>transfer data</i> maksimal yang dapat dicapai sebesar 2 Mbps
802.11a	Dibuat pada tahun 1999. Menggunakan frekuensi 5 Ghz, <i>bandwidth</i> 20 MHz, dan kecepatan transfer data maksimal 54 Mbps.

Lanjutan Tabel 2.2	
802.11b	Dibuat pada tahun 1999. Menggunakan frekuensi 2,4Ghz, <i>bandwidth</i> 22 Mhz dan kecepatan transfer data maksimal 11 Mbps.
802.11c	Merupakan spesifikasi yang dipakai untuk keperluan koneksi <i>bridge</i> . Sekarang 802.11c telah diubah menjadi 802.1.
802.11d	Dibuat pada tahun 2001. Spesifikasi ini dipakai untuk pengaturan spektrum sinyal.
802.11e	Dukungan QoS (<i>Quality of Service</i>) pada protokol WLAN.
802.11f	Dibuat pada tahun 2003. Merupakan standar bagi protokol komunikasi antar <i>access point</i> .
802.11g	Dibuat pada tahun 2003. Menggunakan frekuensi 2,4Ghz, <i>bandwidth</i> 22 Mhz, dan kecepatan <i>transfer</i> data maksimal 54 Mbps.
802.11h	Dibuat pada tahun 2003. Merupakan pengembangan 802.11a dan dibuat untuk mengantisipasi persoalan regulasi yang diterapkan negara-negara di benua Eropa dan Asia Pasifik.
802.11i	Dibuat pada tahun 2004. Pengembangan 802.11 dengan dukungan <i>security</i> .
802.11j	Dibuat pada tahun 2004. Pengembangan sinyal 5 Ghz dan mendukung regulasi yang diterapkan oleh negara Jepang.
802.11k	Masih dalam tahap pengembangan. Merupakan spesifikasi yang digunakan untuk <i>system manajemen</i> WLAN.
802.11l	Dukungan kemampuan <i>security</i> pada WLAN. Spesifikasi ini akhirnya dibatalkan oleh IEEE, karena dapat menimbulkan kebingungan (sudah didefinisikan pada 802.11i)
802.11m	Untuk kepentingan pemeliharaan dokumentasi seluruh keluarga 802.11
802.11n	Ditujukan untuk WLAN dengan kecepatan <i>transfer</i> data hingga 108 s/d 300 Mbps. Dipasar dapat dijumpai dengan merk dagang MIMO atau Pre 802.11n

2.3.8.1 *Wireless Security*

Menurut Rifkie Primartha (2019:69-71) beberapa metode enkripsi yang bertujuan untuk mengamankan data yang mengalir pada jaringan agar tidak mudah dibaca oleh orang yang tidak berhak. Berikut penjelasan beberapa fitur *security* yang disediakan oleh WLAN :

1. WEP

WEP atau *Wired Equivalent Privacy* merupakan metode pengamanan WLAN yang disebut dengan *Shared Key Authentication*. WEP merupakan fitur keamanan/security standar untuk peralatan *wireless*. Standar ini memiliki kelemahan-kelemahan dan kemudian digantikan *Wi-Fi Protected Access (WPA)*.

2. WPA

WPA singkatan dari *Wi-Fi Protected Access*. WPA menggunakan protokol enkripsi yang lebih ampuh dibandingkan WEP. Dengan WPA, *network key* akan diubah secara otomatis dan kemudian diotentikasi secara teratur. Perangkat Wi-Fi yang ada saat ini umumnya sudah mendukung WPA.

3. WPA2

WPA2 singkatan dari *Wi-Fi Protected Access 2* atau dikenal sebagai 802.11i. WPA2 menggunakan protokol enkripsi yang lebih ampuh dibandingkan WEP maupun WPA. WPA2 menggunakan algoritma enkripsi AES dan otentikasi 802.1X. Sehingga menjamin keamanan data dan kontrol akses jaringan lebih baik dibandingkan WEP dan WPA.

4. EAP

EAP atau *Extensible Authentication Protocol* adalah protokol otentikasi yang digunakan pada jaringan *wireless*. EAP disebut juga 802.1x authentication. Setiap pengguna *wireless network* harus mengetikkan login dan password sebelum diizinkan mengakses *wireless network*. Beberapa pengembangan protokol otentikasi yang banyak digunakan diantaranya: EAP-TLS, *Protected EAP (PEAP)* dengan EAP-TLS, dan *Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol version 2 (MS-CHAPv2)*.

Menurut Iwan Sofana (2017:239) untuk keperluan security, Mikrotik sudah menyertakan fitur enkripsi standar yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Fitur Ekripsi Standar

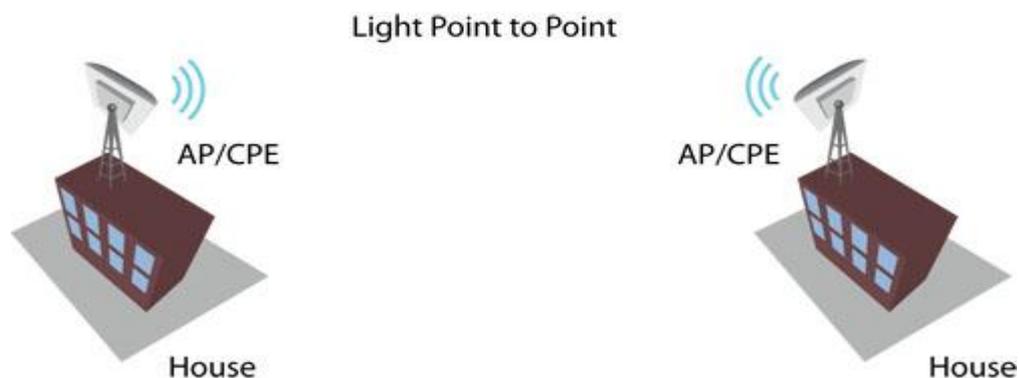
Protokol	Perbandingan
WEP	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan algoritma RC4 yang lemah - Menggunakan CRC32 untuk integritas - <i>Network key</i> bersifat statis - Umumnya telah didukung oleh semua AP/Card/Driver
WPA	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan PSK (pre Shared key): Algoritma + Temporal Key (TKIP) - Menggunakan RADIUS : RC4 + Temporal Key (TKIP) + 802.1X + better ICV (MIC) - Umumnya telah didukung oleh AP/Card, namun butuh upgrade aplikasi, <i>driver</i> atau <i>firmware</i>
WPA2	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan algoritma enkripsi AES dan TKIP - Umumnya didukung oleh <i>hardware</i> baru (<i>hardware</i> keluaran 2003 atau yg lebih baru)
WPA – Personal	<ul style="list-style-type: none"> - Lazim disebut sebagai WPA-PSK, yang didisain untuk <i>small home office</i> - Tidak memerlukan <i>authentication server</i> - Menggunakan enkripsi 256-bit key PSK, dapat berupa password atau <i>passphrase</i>
WPA-Enterprise	<ul style="list-style-type: none"> - Lazim disebut sebagai WPA-802.1X mode dan didisain untuk <i>enterprise networks</i> - Menggunakan otentikasi <i>model EAP</i> - Memerlukan RADIUS <i>authentication server</i> - Lebih sulit diimplementasikan namun menyediakan fitur proteksi yang lebih baik (misal proteksi <i>password dictionary attacks</i>)

2.3.8.2 Konfigurasi *Wireless Router*

Menurut Menurut Iwan Sofana (2017:248) perangkat *wireless router* atau *access point* dapat dikonfigurasi secara :

1. *Point-to-Point*

Konfigurasi ini umumnya diterapkan untuk menghubungkan dua buah *access point* yang lokasinya berjauhan. Perangkat *wireless* harus diletakkan di luar (*outdoor*) dan antenna luar diarahkan sedemikian rupa sehingga membentuk garis lurus di antara dua buah perangkat *wireless*. Ilustrasi *Point-to-Point* dapat disajikan pada Gambar 2.16.

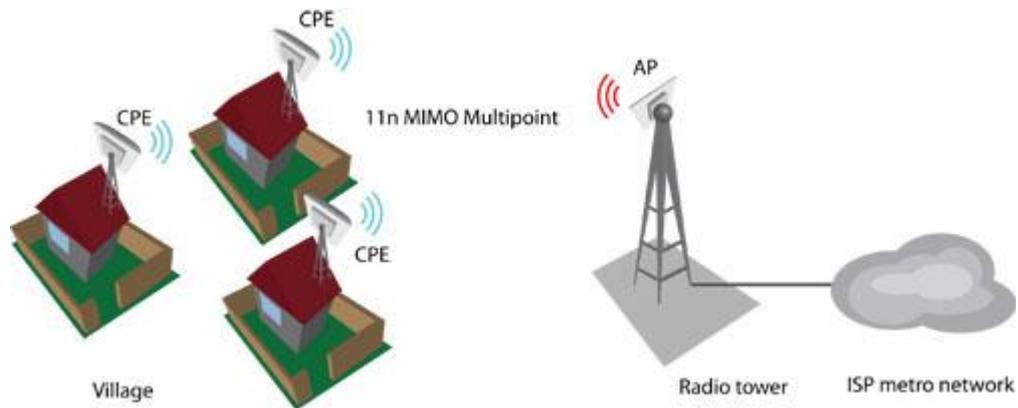


Gambar 2. 16 Ilustrasi *Point to Point*

Sumber : <http://www.deliberant.com/point-to-point>

2. *Point-to-Multipoint*

Umumnya digunakan pada *access point* yang akan digunakan untuk melayani banyak *client*. Contohnya yang umum adalah konfigurasi untuk keperluan *hotspot area*. Ilustrasi *Point-to-Multipoint* dapat disajikan pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 17 Ilustrasi *Point to Multipoint*

Sumber : <http://www.deliberant.com/point-to-multi-point>

2.3.9 IP Address

Menurut Rifkie Primartha (2019:141-152) *IP Address* versi 4 dibentuk dari 32 bit bilangan *biner*, yang dibagi atas empat bagian. Setiap bagian panjangnya 8 bit. *IP address* yang digunakan untuk keperluan LAN/Intranet disebut sebagai jaringan *private IP Address*. Sedangkan *IP Address* yang digunakan untuk internet disebut *public IP address* (IP Publik). Daftar *private IP address* ditunjukkan pada tabel berikut :

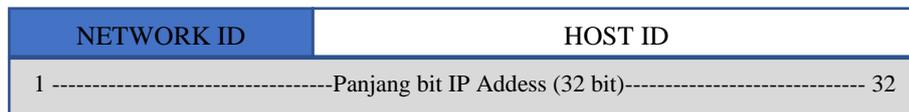
Kelas	IP address
A	10.0.0.0 – 10.255.255.255
B	172.16.0.0 – 172.31.255.255
C	192.168.0.0 – 192.168.255.255

IP private hanya digunakan untuk keperluan jaringan lokal (LAN). Sehingga komputer-komputer yang ada di LAN tidak bisa berkomunikasi dengan komputer-komputer yang ada di internet. Jika komputer yang ada di LAN ingin berkomunikasi dengan komputer lain di luar LAN, misalnya internet, maka dibutuhkan router yang memiliki sekurang-kurangnya sebuah IP Publik. Proses pertukaran informasi antara LAN dengan “dunia luar” akan ditangani oleh router ini. Teknik yang digunakan adalah NAT (*Network Address Translation*).

2.3.9.1 Kelas IP address

Secara umum, *IP address* dapat dibagi menjadi 5 kelas. Kelas A, B, C, D, dan E. Namun dalam praktiknya hanya kelas A, B, dan C yang digunakan untuk keperluan umum. Ketiga kelas ini disebut *unicast IP address*. *IP address* kelas D dan E digunakan untuk keperluan khusus. *IP address* kelas D disebut juga *multicast IP address*. Sedangkan *IP address* kelas E digunakan untuk keperluan riset.

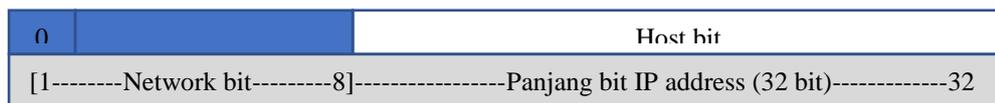
IP address (kelas A, B, dan C) dapat dipisahkan menjadi 2 bagian, yakni bagian *network (bit-bit network/network bits)* dan bagian *host (bit-bit host/host bits)*. *Network bit* berperan sebagai pembeda antar *network* atau identifikasi (ID) *network*. Sedangkan *host bit* berperan sebagai identifikasi (ID) *host*.



Kelas *IP address* yang digunakan untuk jaringan umum adalah kelas A, B, C, D, dan E berikut penjelasan masing-masing kelas *IP address* :

1. Kelas A

Bagan *IP address* kelas sebagai berikut :



Bit pertama bernilai 0. *Bit* ini dan 7 *bit* berikutnya (8 *bit* pertama) merupakan *bit-bit network (network bit)* dan boleh bernilai berapa saja (kombinasi angka 1 dan 0). Sisanya, yaitu 24 *bit* terakhir merupakan *bit-bit* untuk *host*. *IP address* kelas A dapat dituliskan sebagai :

nnnnnnnn.hhhhhhhh.hhhhhhhh.hhhhhhhh

n menyatakan *network*, sedangkan h menyatakan *host*. Jangkauan *IP address* kelas A dimulai dari 1.xxx.xxx.xxx hingga 126.xxx.xxx.xxx

2. Kelas B

Bagan *IP address* kelas B sebagai berikut :



Dua *bit* pertama bernilai 10. Dua *bit* ini dan 14 *bit* berikutnya (16 *bit* pertama) merupakan *bit network* dan boleh bernilai berapa saja (kombinasi angka 1 dan 0). Sisanya, yaitu 16 *bit* terakhir merupakan *bit-bit host*. *IP address* kelas B dapat dituliskan sebagai:

nnnnnnnn.nnnnnnnn.hhhhhhh.hhhhhhh

Jangkauan *ip address* kelas B dimulai dari 128.0.xxx.xxx hingga 191.255.xxx.xxx.

3. Kelas C

Bagan *IP address* kelas C sebagai berikut :



Tiga *bit* pertama bernilai 110. Tiga *bit* ini dan 21 *bit* berikutnya (24 *bit* pertama) merupakan *bit network* dan boleh bernilai apa saja (kombinasi angka 1 dan 0). Sisanya, yaitu 8 *bit* terakhir merupakan *bit-bit host*.

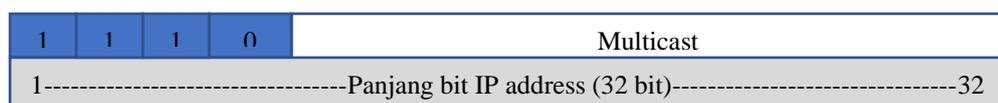
IP address kelas C dapat dituliskan sebagai:

nnnnnnnn.nnnnnnnn.nnnnnnnn.hhhhhhhh

Jangkauan *IP address* kelas C dapat dimulai dari 192.0.0.xxx hingga 223.255.255.xxx

4. Kelas D

Bagan *IP address* kelas D sebagai berikut :



Empat *bit* pertama bernilai 1110. *IP address* kelas D merupakan *multicast address*. Salah satu aplikasi yang memanfaatkan *multicast address* adalah *real time video conferencing*. Pada *IP address* kelas D tidak dikenal *bit-bit network* dan *host*.

Pada jenis *traffic multicast*, sebuah paket yang dikirim ke alamat *multicast* akan diterima oleh semua *host* pada group yang sama. Identifikasi bagi setiap *host* pada group tersebut cukup ditandai oleh sebuah *IP address* yang sama.

Jangkauan *IP address* kelas D dimulai dari 224.0.0.0 hingga 239.255.255.255. *IP address* 224.0.0.0 hingga 224.0.0.255 dicadangkan untuk digunakan oleh protokol *network* pada sebuah *segmen network* lokal. Artinya, paket dengan *address* ini tidak akan di *forward* oleh *router*. *Time-to-live* (TTL) paket akan diset 1 sehingga tidak akan di *forward* oleh *router*. Sedangkan *IP address* dari 239.0.0.0 hingga 239.255.255.255 disebut *Administratively Scoped Address* yang dapat dianalogikan dengan *private address* 10.0.0.0/8 (kelas A).

5. Kelas E

Bagan *IP address* kelas E sebagai berikut :



Empat *bit* pertama adalah 1111. *IP address* kelas E dicadangkan untuk kegiatan riset atau eksperimental. Pada *IP address* kelas E juga tidak dikenal *bit-bit network* dan *host*.

2.3.9.2 Network Address

Sebuah *host* tidak pernah berdiri sendiri namun memerlukan *host* lain dan bergabung membentuk sebuah *network*. Setiap *network* yang tergabung di internet haruslah memiliki ID yang unik, yang disebut alamat *network* atau *network address*. *Network address* ini didapat dengan membuat seluruh *bit host* menjadi 0.

2.3.9.3 Broadcast address

Broadcast address adalah *IP address* khusus yang digunakan untuk mengirim/menerima informasi ke seluruh *host* pada suatu *network*. Setiap datagram IP memiliki *header* berisi *IP address* alamat tujuan. Dengan adanya ini, maka hanya *host* tujuan saja yang memproses datagram tersebut, sedangkan *host* lain akan mengabaikannya. *Broadcast address* diperoleh dengan membuat *bit-bit host*

menjadi 1, hal ini kebalikan dengan *network address*, dimana seluruh *bit host* menjadi 0.

2.3.9.4 Netmask address

Netmask address merupakan *IP address* khusus yang digunakan untuk menentukan “pembagian” Panjang *bit network* dengan *bit host*. *Netmask* juga digunakan untuk mencari *network address*. *Netmask address* dibentuk dengan cara mengganti semua *bit network* dengan 1 dan mengganti semua *bit host* dengan 0.

2.3.9.5 Multicast address

Broadcast address dapat digunakan untuk pengiriman datagram satu kali dan diterima oleh seluruh *host* yang ada pada *network* yang sama. Apabila *host-host* berada pada *network* yang berbeda-beda maka *broadcast address* tidak dapat digunakan. Disinilah *multicast address* akan bermanfaat. *Host-host* yang berbeda *network* dapat bergabung menjadi sebuah group dengan menggunakan *multicast address* yang sama. Apabila sebuah datagram dikirim ke *multicast address* maka semua komputer dalam satu group akan menerima datagram tersebut, sedangkan *host* lain tidak akan terpengaruh.

2.3.9.6 Loopback address

Merupakan *IP address* yang digunakan oleh setiap sistem operasi untuk pemrosesan internal *software*. *Loopback address* tidak terkait dengan *physical interface*, namun terkait dengan *interface virtual*. *IP address loopback* adalah 127.0.0.1. *IP address* ini disebut sebagai alamat *localhost*.

2.3.10 Perangkat Jaringan Komputer

Jaringan komputer terdiri dari beberapa perangkat atau komponen yang saling terhubung, komponen/perangkat tersebut antara lain :

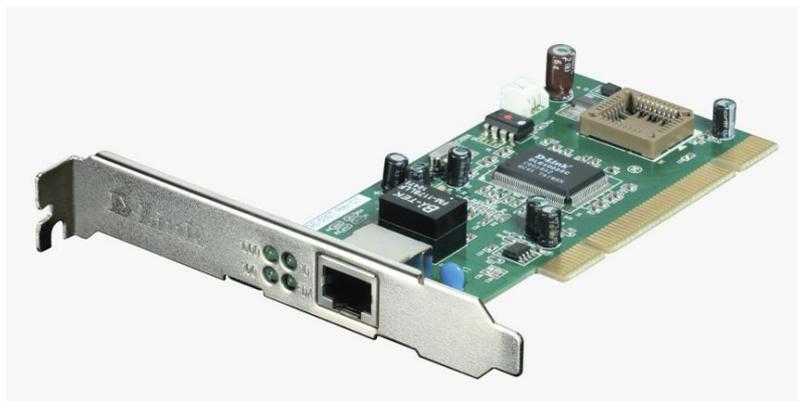
2.3.10.1 Network Interface Card

Menurut Rifkie Primartha (2019:99) sebuah komputer harus dipasang *adapter* khusus berbentuk *card* sebelum dapat dikoneksikan dengan jaringan. NIC

sudah ditanamkan pada *motherboard* komputer dan sudah siap pakai. Beberapa jenis *network adapter* antara lain:

1. *Ethernet Card*
2. *Token Ring Card*
3. *FDDI Card*
4. *ARCnet Card*
5. *WiFi Card*
6. *WAN Interface Card*
7. *WWAN Card*

NIC memiliki alamat hardware atau MAC (*Media Access Control*) *address* yang bersifat unik. *MAC address* ini berupa bilangan hexadecimal sepanjang 6 *byte* (48 *bit*) yang sudah ditanamkan pada ethernet card dan tidak bisa diubah. Ilustrasi *Network Interface Card* dapat disajikan pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 18 *Network Interface Card*

Sumber : <https://dosenit.com/jaringan-komputer/hardware-jaringan/pengertian-nic>

2.3.10.2 Kabel *Twisted Pairs*

Menurut Rifkie Primartha (2019:54-58) Kabel *Twisted Pairs* yang digunakan untuk jaringan ada 2 jenis, UTP (*Unshielded Twisted Pairs*) dan STP (*Shielded Twisted Pairs*). UTP adalah jenis kabel jaringan yang menggunakan bahan dasar tembaga, dan tidak dilengkapi dengan *shield* internal. Dalam kabel UTP terdapat insulasi satu lapis yang melindungi kabel dari kerusakan. Tidak

seperti kabel *Shielded Twisted Pairs* (STP), insulasi tersebut tidak melindungi kabel dari *interferensi elektromagnetik*. UTP memiliki impedansi kira-kira 100 ohm dan tersedia dalam beberapa jenis/kategori. Ada cukup banyak jenis kabel UTP dan STP. Bahkan saat ini muncul jenis baru yang diberi nama S/FTP, F/UTP, dan sebagainya. Berikut beberapa kategori UTP dan STP yang banyak digunakan pada jaringan seperti pada tabel 2.4 .

Tabel 2. 4 Kategori Kabel UTP

UTP Category	Data Rate	Max. Length	Cable Type
CAT 1	Up to 1 Mbps	-	Twisted Pair
CAT 2	Up to 4 Mbps	-	Twisted Pair
CAT 3	Up to 10 Mbps	100 m	Twisted Pair
CAT 4	Up to 16 Mbps	100 m	Twisted Pair
CAT 5	Up to 100 Mbps	100 m	Twisted Pair
CAT 5e	Up to 1 Gbps	100 m	Twisted Pair
CAT 6	Up to 10 Gbps	100 m	Twisted Pair
CAT 6e	Up to 10 Gbps	100 m	Twisted Pair
CAT 7	Up to 10 Gbps	100 m	Twisted Pair

Penjelasan :

1. CAT3 UTP

Category 3 (CAT3) didesain untuk mendukung komunikasi data dan suara pada kecepatan hingga 10 Mbps. Kabel UTP Cat3 menggunakan kawat-kawat tembaga 24 gauge dalam konfigurasi 4 pasang kawat yang dipilin (*twisted-pair*) yang dilindungi oleh insulasi. Cat3 telah digunakan pada jaringan 10BaseT dan IBM Token Ring 4 Mbps.

2. CAT4

Category 4 (CAT4) didesain untuk mendukung komunikasi data dan suara hingga kecepatan 16 Mbps. Kabel ini menggunakan kawat tembaga 22 gauge atau 24 gauge dalam konfigurasi empat pasang kawat yang dipilin (*twisted-pair*) yang dilindungi insulasi. Cat4 mendukung jaringan ethernet 10BaseT dan IBM Token Ring 16 Mbps.

3. CAT5 dan CAT5e

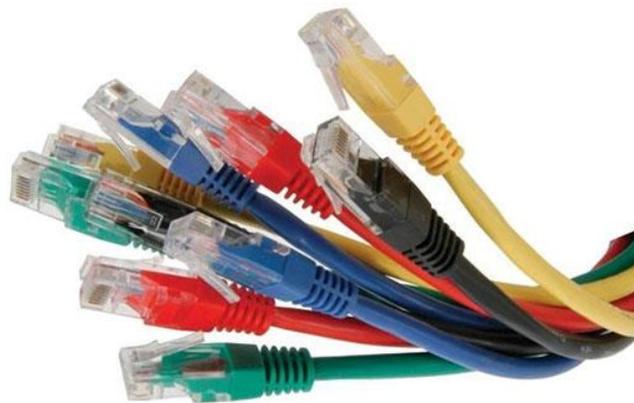
Cat5 didesain untuk mendukung komunikasi data serta suara pada kecepatan hingga 100 Mbps. Kabel ini menggunakan kawat tembaga dalam konfigurasi empat pasang kawat yang dipilin (*twisted pair*) yang dilindungi insulasi. Kabel ini distandardisasi oleh *Electronic Industries Alliance (EIA)* dan *Telecommunication Industry Association (TIA)*. Cat5 mendukung jaringan *Ethernet (10BaseT)* dan *Fast Ethernet (100BaseT)*, termasuk juga IBM Token Ring. *Enhanced Category 5 (Cat5e)* merupakan versi peningkatan dari Cat5. Kabel ini mendukung hingga 1 Gbps atau *Gigabit Ethernet*.

4. CAT6 dan CAT6e

Cat6 dan Cat6e jauh lebih mahal dibandingkan dengan Cat5 dan Cat5e. Cat6 ini memiliki waktu *delay* nyaris 0 saat mengirimkan data. Kabel ini didisain untuk mendukung jaringan dengan kecepatan 10 Gbps.

5. CAT7 dan CAT7e

Cat7 dan Cat7e didisain untuk mendukung kecepatan antara 40 Gbps hingga 100 Gbps. Namun kecepatan sebesar ini akan berbanding terbalik dengan Panjang kabel. Kabel UTP/STP rata-rata panjangnya sekitar 100 meter. Agar mencapai kecepatan 40Gbps maka panjang Cat7 harus dikurangi menjadi 50 meter. Sedangkan untuk mencapai 100 Gbps harus dikurangi menjadi 15 meter.



Gambar 2. 19 Kabel UTP

Sumber : <https://mentari.net.id/fungsi-warna-dan-fungsi-kabel-utp.html>

2.3.10.3 Hub

Menurut Rifkie Primartha (2019:101-102) *Hub* merupakan sebuah perangkat yang dapat menghubungkan berbagai perangkat lainnya pada sebuah jaringan. *Hub* banyak digunakan pada jaringan topologi Star. Pada topologi Star ini *Hub* berfungsi sebagai sentral yang menghubungkan satu komputer dengan komputer lainnya. *Hub* bekerja pada *layer 1*. *Hub* cukup bermanfaat pada jaringan dengan jumlah komputer tidak terlalu banyak. Manakala jumlah komputer sudah semakin banyak maka *Hub* akan menampakkan kelemahannya. Karena setiap paket yang dikirim oleh *Hub* akan disebar ke semua komputer yang terhubung pada *Hub*. Kondisi ini akan menyebabkan performa jaringan menurun. Ilustrasi *Hub* dapat disajikan pada Gambar 2.20.



Gambar 2. 20 HUB

Sumber : <https://www.indoworx.com/cara-kerja-hub/>

2.3.10.4 Switch

Menurut Rifkie Primartha (2019:103) *Switch* didisain untuk mendukung kecepatan *transfer* data di atas 100 Mbps. Sedangkan *Hub* sampai detik ini hanya mendukung *transfer* data maksimal 100 Mbps. Bahkan saat ini sudah ada *Switch* yang mendukung kecepatan hingga 10 Gbps. Dalam jaringan besar beberapa *Switch* digabungkan dengan *Switch* yang lain membentuk tumpukan *Switch* atau *Stackable Switch*. Sehingga seolah-olah dihasilkan sebuah *Switch* dengan jumlah *port* sangat banyak. *Switch* ada yang dapat langsung digunakan tanpa perlu dikonfigurasi. *Switch* Semacam ini disebut *Unmanaged Switches*. Sedangkan *Switch* yang perlu dikonfigurasi sebelum dapat digunakan secara maksimal *Switches Managed*.

Switch bekerja pada *layer 2* OSI. *Switch* dapat mempelajari *MAC address*, sehingga *Switch* mampu menyeleksi lalulintas *frame* yang melaluinya. *Switch* dapat memblokir *frame* yang tidak diperlukan dan meneruskan *frame* ke *MAC address* yang tepat. Ilustrasi *Switch* dapat disajikan pada Gambar 2.21.



Gambar 2. 21 Switch

Sumber : <https://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/catalyst-9200-series-switches/index.html>

2.3.10.5 Router

Router adalah sebuah perangkat yang berfungsi untuk menghubungkan dua jaringan atau lebih. *Router* dapat menghubungkan jaringan dengan topologi fisik dan topologi logika yang berbeda. *Router* merupakan perangkat penting pada jaringan sebesar internet. Dengan adanya *router* ini maka jaringan-jaringan yang berbeda dapat saling terhubung. Paket data diteruskan dari satu jaringan ke jaringan yang lain berkat keberadaan protokol routing yang ditanamkan pada *Router*. *Router* juga memiliki kemampuan untuk memblokir lalu lintas data yang dikirim melalui alamat broadcast. Hal itu mencegah terjadinya *broadcast storm* yang mengakibatkan kinerja jaringan menurun. Ilustrasi *Router* dapat disajikan pada Gambar 2.22.



Gambar 2. 22 Router

Sumber : http://www.mikrotik.co.id/produk_lihat.php?id=608#ajaxpic/0/

2.3.10.6 Modem

Menurut Rifkie Primartha (2019:110) Modem (*Modulator Demodulator*) merupakan perangkat yang digunakan untuk melakukan konversi sinyal digital menjadi sinyal analog, atau sebaliknya. Umumnya modem digunakan jika kita ingin menghubungkan komputer dengan *internet* via *line* telepon atau jaringan seluler (GSM/CDMA). Ilustrasi *Modem* dapat disajikan pada Gambar 2.23.



Gambar 2. 23 Modem

Sumber : <https://www.ilotte.com/Huawei-Modem-Wifi-E5573-4G-000000517322.do>

2.3.10.7 Access Point

Menurut Rifkie Primartha (2019:67) *Access Point* bertugas mengatur dan menghubungkan beberapa perangkat *Wi-Fi*. AP ini dianalogikan sebagai *switch* -nya *wireless LAN*. Setiap jaringan *Wi-Fi* akan diberi SSID. SSID (*Service Set Identifier*) ini harus unik (berbeda) dengan SSID jaringan lain . AP bertugas mengatur SSID masing-masing jaringan. Selain itu AP juga memiliki fungsi lain, seperti fungsi *firewall*, menghubungkan *wireless LAN* dengan *wired LAN*, dan sebagainya. Ilustrasi *Access Point* dapat disajikan pada Gambar 2.24.



Gambar 2. 24 *Access Point / Wireless Outdoor*

Sumber : http://mikrotik.co.id/produk_lihat.php?id=417

2.3.10.8 IP Camera

Menurut Mahmud Aryanto bin Amir (2013:6) *IP Camera* atau ada juga yang menyebutnya *Netcam (Network Camera)* merupakan perangkat peng-*capture* dan *recording* objek terkini yang memiliki kemampuan memproses visual dan audio serta dapat diakses *Personal Computer* secara langsung, atau melalui LAN, *internet*, dan jaringan telepon seluler. Ilustrasi *IP Camera* dapat disajikan pada Gambar 2.25.



Gambar 2. 25 IP Camera

(Sumber : <http://www.elpcctv.com/ir-led-waterproofvandal-resist-varifocal-dome-ip-camera-support-smart-phone-p-51.html>)

2.3.10.9 Network Video Recorder (NVR)

Menurut (<http://www.stealth.co.id/nvr/>) *Network Video Recorder* (NVR) adalah perangkat yang merekam video dalam format digital ke *disk drive*, *flash drive USB*, kartu memori SD atau perangkat penyimpanan massal lainnya. NVR biasanya berjalan di perangkat khusus dengan sistem operasi. Untuk membantu mendukung peningkatan fungsionalitas dan kemampuan servis, sistem operasi standar digunakan dengan prosesor standar dan *video management software*. Perangkat NVR biasanya dipasang di sistem pengawasan video IP. Perekam video jaringan atau NVR berbeda dengan DVR karena inputnya berasal dari jaringan dan bukan dari koneksi langsung ke *video capture card* atau *tuner*. Video pada DVR di *encode* dan diproses di DVR, sementara video pada NVR di *encode* dan diproses di kamera, kemudian dikirimkan ke NVR untuk penyimpanan atau pengamatan jarak jauh. Proses tambahan dapat dilakukan di NVR, seperti kompresi lebih lanjut atau *tagging* dengan meta data. Sistem pengawasan NVR / DVR *Hybrid* ada yang menggabungkan fungsi NVR dan DVR dan dianggap sebagai bentuk NVR. Sistem pengawasan rumah dengan NVR pada umumnya melalui jaringan nirkabel, cenderung mudah dipasang, dapat diakses melalui *browser web*, dan memungkinkan notifikasi ke pengguna melalui email jika alarm berbunyi. Ilustrasi *Network Video Recorder* dapat disajikan pada Gambar 2.26.



Gambar 2. 26 Network Video Recorder

Sumber : <https://netviewcctv.co.uk/ds-7732ni-i4-24p-nvr>

2.3.11 Mikrotik

Menurut Rifkie Primartha (2019:637-644) Mikrotik pada mulanya adalah sebuah perusahaan kecil (kini sudah menjadi perusahaan besar) yang berkantor pusat di Riga Latvia, sebuah negara di Eropa. Mikrotik mula-mula dibangun oleh John Trully dan Arnis Riekstins pada tahun 1995.

Sejarah mikrotik dimulai pada tahun 1996 di Moldova, yaitu saat John dan Arnis mulai menggabungkan sistem linux dan MS DOS dengan teknologi Wireless LAN (W-LAN) AERONET yang berkecepatan 2 Mbps. Kernel Linux yang digunakan pertama kali adalah Kernel versi 2.2.

Proses pengembangan melibatkan 5 hingga 15 orang staf R&D Mikrotik. Setelah berhasil melakukan pengembangan, mikrotik melayani 5 pelanggan yang semuanya ada di Latvia. Usaha mereka tidak hanya berhenti sampai disini. Mereka berambisi untuk membuat software router yang reliable dan dapat dipasarkan ke seluruh dunia.

Saat ini banyak orang yang mengenal Mikrotik sebagai sebuah perangkat router, dan bukan perusahaan. Mengingat Mikrotik telah memproduksi berbagai perangkat router yang cukup reliable dan harganya pun terjangkau.

2.3.11.1 Mikrotik RouterOS™

Mikrotik RouterOS™ merupakan sistem operasi yang diperuntukan sebagai network router. Mikrotik RouterOS sendiri adalah sistem operasi dan perangkat lunak yang dapat membuat komputer biasa menjadi sebuah router network yang andal.

Mikrotik RouterOS didesain untuk memberikan kemudahan bagi penggunaannya. Administrasi bias dilakukan melalui aplikasi windows yang disebut WinBox. Bagi mereka yang menyukai CLI (command line interface), mikrotik juga menyediakan console yang dapat digunakan untuk mengetikkan perintah-perintah. Secara umum pemakaian perintah-perintah Mikrotik mirip dengan perintah Linux. Mikrotik RouterOS juga dapat diakses melalui web browser. Sehingga pengguna dapat mengontrol RouterOS dari perangkat apapun. Sepanjang perangkat tersebut memiliki akses jaringan dan web browser yang sesuai. Untuk keperluan beban yang besar (networks yang kompleks, routing yang rumit) sebaiknya menggunakan PC dengan resource yang memadai.

2.3.11.2 Mikrotik License

Mikrotik RouterOS merupakan sebuah sistem operasi berlisensi. Namun file image Mikrotik RouterOS bisa diunduh dari website resmi mikrotik. File image ini merupakan versi trial yang hanya dapat digunakan dalam waktu 24 jam. Untuk dapat menggunakan penuh, kita harus membeli lisensi. Satu lisensi hanya valid untuk satu buah harddisk.

Mikrotik RouterOS terdiri atas beberapa level, mulai dari level 0 hingga level 6. Penjelasan singkat masing-masing level sebagai berikut:

1. Level 0, merupakan lisensi versi trial dimana RouterOS dapat digunakan secara gratis selama 24 jam sejak RouterOS diinstall.
2. Level 1, merupakan versi demo dan hanya dapat digunakan oleh 1 pengguna.
3. Level 3, hanya untuk client dan hanya ada pada perangkat RouterBoard.
4. Level 4, dapat digunakan sebagai router dengan semua fitur umum sebuah router, seperti OSPF, BGP, RIP dan juga untuk wireless client atau serial interface.
5. Level 5, mirip dengan level 4 namun jumlah pengguna lebih banyak.
6. Level 6 tanpa Batasan apapun.

2.3.11.3 Mikrotik Router

Mikrotik Router adalah perangkat keras (hardware router buatan Mikrotik yang menjalankan sistem RouterOS. Secara umum ada dua kelompok Mikrotik Router, yaitu :

1. Integrated, merupakan router yang lengkap dengan casing dan power supply. Kita dapat membandingkannya dengan perangkat router buatan vendor lain yang sudah siap pakai.
2. Routerboard, merupakan motherboard tanpa power supply, sehingga interface, dan casing. Router jenis ini dapat di customize dan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

2.3.12 Pengujian Sistem Berdasarkan QoS dan Bandwidth

Menurut Rifkie Primartha (2019:206-214) *Quality of Service* atau QoS (mutu layanan) di definisikan sebagai kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan *bandwidth*, mengatasi *jitter* dan *delay*. Manfaat adanya QoS antara lain :

1. Penggunaan QoS membantu user menjadi lebih produktif
2. Melalui QoS, seorang *network administrator* dapat memberikan prioritas trafik tertentu

3. Fitur *Quality of Service* (QoS) ini dapat menjadikan *bandwidth*, *latency*, dan *jitter* dapat diprediksi dan dicocokkan dengan kebutuhan aplikasi yang digunakan di dalam jaringan.

Ada 3 tingkatan QoS yang lazim digunakan, yaitu :

1. *Best-Effort Service*
Melakukan semua usaha agar dapat mengirimkan sebuah paket ke suatu tujuan
2. *Integrated Service*
Menyediakan aplikasi dengan tingkat jaminan layanan melalui negosiasi parameter-parameter jaringan secara end-to-end
3. *Differentiated Service*
Menyediakan suatu set perangkat klasifikasi dan mekanisme antrian terhadap protokol-protokol atau aplikasi-aplikasi dengan prioritas tertentu di atas jaringan yang berbeda.

Parameter QoS antara lain :

1. *Bandwidth*
2. *Throughput*
3. *Latency/Delay*
4. *Jitter*
5. *Pakcet Loss*

2.3.12.2 Bandwidth

Pada jaringan komputer, *bandwidth* diartikan sebagai jumlah maksimum data yang dapat ditransfer dari satu titik ke titik lain dalam jangka waktu tertentu. *Bandwidth* biasanya ditentukan dalam satuan *Bit Per Second* (bps).

2.3.12.3 Throughput

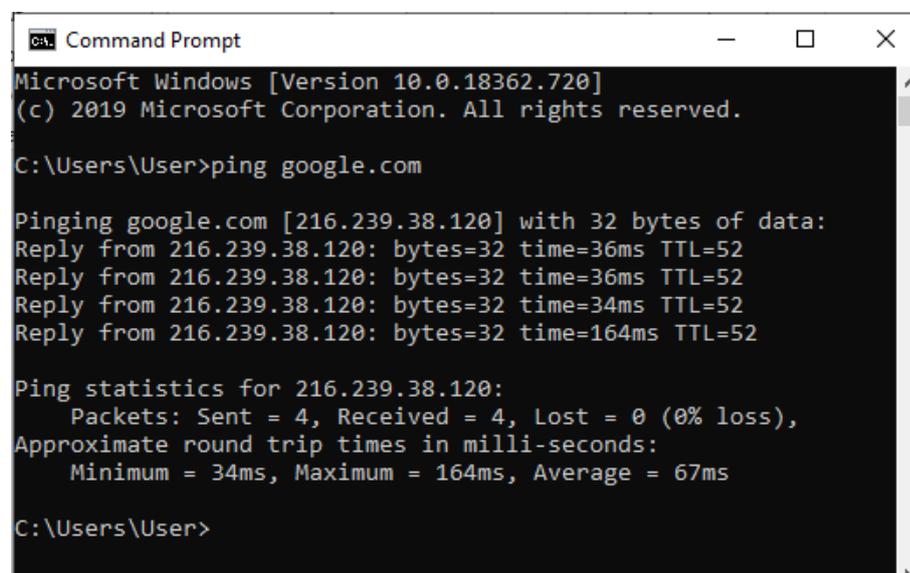
Konsep *bandwidth* ini memiliki banyak kelemahan, yaitu *bandwidth* tidak dapat menghitung kondisi jaringan yang sesungguhnya. Sehingga digunakan konsep lain yang disebut *throughput*. *Throughput* adalah *bandwidth actual*. *Throughput* diukur dengan satuan waktu tertentu dan pada kondisi jaringan tertentu

yang digunakan untuk melakukan transfer file dengan ukuran tertentu. Beberapa faktor yang mempengaruhi throughput :

1. Perangkat jaringan
2. Topologi jaringan
3. Tipe data yang ditransfer
4. Jumlah pengguna jaringan
5. Pengaruh lingkungan.

2.3.12.4 Latency, Delay, Jitter, Packet Loss

Waktu yang dibutuhkan oleh suatu paket yang ditransmisi dari sumber ke tujuan disebut *One Way Delay* (OWD). Waktu yang dibutuhkan oleh suatu paket yang ditransmisi dari sumber ke tujuan dan mengirim respon (*ACK/Responder*) kembali ke sumber disebut *Round Trip Time* (RTT). Delay atau *Round Trip Delay* (RTD) identic dengan *Round Trip Time* (RTT) atau *Latency*. Perintah *ping* dapat menampilkan RTT, kadang disebut *ping time*.



```
Command Prompt
Microsoft Windows [Version 10.0.18362.720]
(c) 2019 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\User>ping google.com

Pinging google.com [216.239.38.120] with 32 bytes of data:
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=36ms TTL=52
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=36ms TTL=52
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=34ms TTL=52
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=164ms TTL=52

Ping statistics for 216.239.38.120:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 34ms, Maximum = 164ms, Average = 67ms

C:\Users\User>
```

Gambar 2. 27 Perintah Ping

Jitter merupakan variasi *delay* antarpaket yang terjadi pada jaringan. Besarnya nilai *jitter* akan sangat dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya *collision* (tumbukan antarpaket) yang ada dalam jaringan.

Packet loss adalah perbandingan seluruh paket yang hilang dengan seluruh paket yang dikirimkan antara *source* dan *destination*. Salah satu penyebab paket *loss* adalah antrian yang melebihi kapasitas *buffer* pada setiap *node*.