



**LOAD BALANCING DAN FAILOVER
PADA DUA JALUR KONEKSI ISP MENGGUNAKAN
METODE BANDWIDTH BASED LOAD BALANCING**

Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi
Medan

SKRIPSI

OLEH

NAMA : NOOR ABDILLAH
NPM : 1724370532
PROGRAM STUDI : SISTEM KOMPUTER

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2019**

ABSTRAK

NOOR ABDILLAH

**Load Balancing Dan Failover
Pada Dua Jalur Koneksi ISP Menggunakan
Metode Bandwidth Based Load Balancing
2019**

Penggunaan lebih dari satu ISP kadang memberikan solusi untuk memenuhi kebutuhan *bandwidth* internet yang semakin besar, untuk mengatasi masalah ini, timbul solusi untuk menggunakan *router* Mikrotik sebagai *router gateway* (GW) untuk melakukan *load balancing* dan *failover* pada dua jalur koneksi ISP dengan metode *bandwidth based load balancing*. *Load balancing* adalah teknik untuk membagi beban jaringan (*traffic*) melalui beberapa *link network* yang tersedia untuk meningkatkan *throughput*, mengurangi *response time* maupun menghindari penumpukan *traffic* yang berlebihan, sedangkan teknik *failover* ini memungkinkan dialihkannya sekumpulan *traffic* dari satu *link* yang mengalami masalah, ke *link* yang masih dapat berfungsi.

Pada metode *bandwidth based load balancing*, sistem akan bekerja secara otomatis untuk membuat jalur koneksi internet utama diarahkan ke ISP-B, apabila kondisi *traffic* di *interface* ISP-A sudah *overloaded* atau melewati nilai ambang batas yang telah ditentukan (*threshold*), tetapi tidak akan memutus koneksi *client* yang sedang terhubung ke internet menggunakan ISP-A. Sebaliknya apabila kondisi *traffic* di *interface* ISP-A sudah kembali normal atau dibawah nilai ambang batas yang telah ditentukan (*threshold*), sistem secara otomatis untuk membuat jalur koneksi internet utama diarahkan kembali ke ISP-A, tetapi tidak akan memutus koneksi *client* yang sedang terhubung ke internet menggunakan ISP-B.

Kata Kunci : *Load Balancing, Failover, Bandwidth, Router, MikroTik*

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Load Balancing	6
2.2 Failover	7
2.3 Metode Load Balancing	8
2.3.1 Policy-Based Routing (PBR)	8
2.3.2 Equal-Cost Multiple Path (ECMP)	10
2.3.3 NTH	12
2.3.4 Per-Connection Classifier (PCC).....	13
2.3.5 Bandwidth Based	16
2.4 Terminologi Pengukuran Kinerja Jaringan.....	18
2.4.1 Kecepatan.....	18
2.4.2 Bandwidth	19
2.4.3 Pengertian bit dan Byte.....	19
2.4.4 Throughput.....	20
2.5 Parameter Kinerja Jaringan.....	21
2.5.1 Delay (Latency)	21
2.5.2 Packet Loss	21
2.5.3 Jitter.....	22
2.5.4 Throughput.....	22
2.6 Jaringan Komputer	23
2.6.1 Local Area Network (LAN).....	23
2.6.2 Wireless LAN (WLAN).....	24
2.6.3 Wide Area Network (WAN).....	25
2.6.4 Internet	26
2.7 Internet Service Provider (ISP).....	27
2.7.1 4G LTE	27
2.8 Perangkat Jaringan	28
2.8.1 Network Interface Card (NIC).....	28
2.8.2 Access Point (AP).....	29

2.8.3	Mobile Wi-Fi (MiFi).....	30
2.8.4	Router.....	30
2.8.5	Gateway	31
2.9	TCP/IP.....	31
2.10	IP Address Versi 4 (IPv4).....	33
2.11	MikroTik.....	35
2.12	Jenis-jenis MikroTik.....	36
2.12.1	MikroTik RouterOS.....	36
2.12.2	MikroTik Router.....	38
2.13	Diagram Packet Flow RouterOS v6.....	39
2.13.1	Packet Melewati Router.....	44
2.13.2	Packet Menuju Router.....	44
2.13.3	Packet Dari Router.....	45
2.14	Fitur-fitur MikroTik.....	46
2.14.1	Bridge.....	46
2.14.2	Wireless.....	47
2.14.3	Firewall NAT.....	56
2.14.4	Firewall Mangle.....	57
2.14.5	Routing.....	60
2.14.6	Domain Name System (DNS) Server.....	62
2.14.7	Traffic Monitor.....	63
2.14.8	Check Gateway.....	63
2.14.9	Scope/Target Scope.....	64
2.14.10	Scheduler.....	67
2.15	Winbox.....	67
2.16	VirtualBox.....	68
2.17	Aplikasi Pengukuran Kinerja Jaringan.....	69
2.17.1	Ping.....	69
2.17.2	Traceroute.....	70
2.17.3	iPerf.....	71
2.17.4	Speedtest.net.....	72
2.17.5	Google Drive.....	73
2.17.6	WinSCP.....	74
2.17.7	inSSIDer.....	75
BAB III METODE PENELITIAN.....		77
3.1	Tahapan Penelitian.....	77
3.1.1	Analisa Sistem.....	78
3.1.2	Desain Sistem.....	78
3.1.3	Implementasi.....	78
3.1.4	Pengujian.....	79
3.2	Metode Pengumpulan Data.....	79
3.2.1	Penelitian Kepustakaan.....	79
3.2.2	Penelitian Lapangan.....	80
3.2.3	Penelitian Laboratorium.....	80
3.3	Analisis Sistem Sedang Berjalan.....	81

3.4	Kondisi Kinerja Jaringan	83
3.4.1	Delay	84
3.4.2	Packet loss.....	85
3.4.3	Jitter.....	86
3.4.4	Throughput Download	88
3.5	Kelemahan-kelemahan Sistem Sedang Berjalan	91
3.6	Analisa Kebutuhan Sistem.....	93
3.6.1	Spesifikasi Sistem	93
3.6.2	Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak dan Aplikasi.....	94
3.6.3	Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Keras	95
3.7	Rancangan Penelitian.....	97
3.7.1	Perancangan Topologi Fisik	97
3.7.2	Perancangan Topologi Logic	98
3.7.3	Anggaran Biaya	101
3.8	Tahapan Implementasi Sistem	101
3.9	Konfigurasi Perangkat MiFi	102
3.10	Konfigurasi Perangkat Wireless Station	103
3.11	Konfigurasi Perangkat Router GW	104
3.11.1	Konfigurasi IP Address.....	107
3.11.2	Konfigurasi DNS Server	108
3.11.3	Konfigurasi Firewall Address List.....	108
3.11.4	Konfigurasi Firewall Mangle.....	108
3.11.5	Konfigurasi Traffic Monitor	119
3.11.6	Konfigurasi Scheduler	120
3.11.7	Konfigurasi Firewall NAT	121
3.11.8	Konfigurasi Routes dan Failover	122
3.12	Konfigurasi Perangkat Wireless Access Point.....	123
3.13	Konfigurasi Perangkat Komputer Admin/Host dan Client.....	123
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN		124
4.1	Implementasi.....	124
4.2	Konfigurasi Perangkat MiFi	125
4.2.1	Konfigurasi MiFi ISP-A	125
4.2.2	Konfigurasi MiFi ISP-B.....	128
4.3	Konfigurasi Perangkat Wireless Station	132
4.3.1	Wireless Station ISP-A	132
4.3.2	Wireless Station ISP-B	138
4.4	Konfigurasi Perangkat Perangkat Router GW	145
4.5	Konfigurasi Perangkat Wireless Access Point.....	155
4.6	Konfigurasi Perangkat Komputer Admin/Host dan Client.....	163
4.7	Pengujian.....	166
4.7.1	Pengujian Load Balancing	167
4.7.2	Pengujian Failover	188
4.7.3	Pengukuran Kinerja Jaringan.....	201
BAB V PENUTUP.....		219

5.1	Kesimpulan	219
5.2	Saran	220

DAFTAR PUSTAKA
BIOGRAFI PENULIS
LAMPIRAN-LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan *bandwidth* internet dari hari ke hari semakin besar, ini disebabkan oleh beragamnya aplikasi yang digunakan sekarang ini membutuhkan *bandwidth* internet yang besar dan stabil seperti video dan audio *streaming*, *voice* dan video *call*, *games online*, *browsing*, *download* dan *upload file*, *cloud* dan sebagainya, untuk memenuhi kebutuhan *bandwidth* internet tersebut terkadang kita membutuhkan lebih dari satu *Internet Service Provider* (ISP).

Penggunaan lebih dari satu ISP kadang memberikan solusi untuk memenuhi kebutuhan *bandwidth* internet yang semakin besar, biasanya penambahan ISP ini menggunakan metode dengan cara membagi *user* menjadi 2 (dua) *subnet*, *subnet-A* menggunakan koneksi ISP-A dan *subnet-B* menggunakan koneksi ISP-B dengan pengelolaan manajemen masing-masing. Cara ini dinilai kurang efektif karena suatu saat akan terjadi ketimpangan dalam penggunaan *bandwidth*. Bila ISP-A memiliki *bandwidth* yang kecil tapi digunakan oleh banyak user dan ISP-B memiliki *bandwidth* yang besar tapi digunakan oleh lebih sedikit user, sehingga akses internet di ISP-A akan lebih lambat daripada ISP-B.

Untuk mengatasi masalah ini, timbul solusi untuk menggunakan *router* Mikrotik sebagai *router gateway* (GW) untuk melakukan *load balancing* 2 (dua) ISP, *router* Mikrotik digunakan karena harganya lebih murah, fiturnya banyak

dan memiliki fleksibilitas dalam mengupgrade, kemudahan manajemen dan pemeliharaan dibandingkan *router* dari produsen lainnya.

Metode *load balancing* adalah sebuah konsep yang berfungsi untuk menyeimbangkan beban bandwidth dari dua ISP atau lebih melalui parameter kinerja jaringan yaitu *delay*, *packet loss*, *jitter* dan *throughput* sehingga koneksi internet dimanfaatkan secara maksimal (Utami, Lindawati, & Suzanzeffi, 2017).

Penerapan *load balancing* berarti menambah *bandwidth* dari sumber ISP yang berbeda tetapi dengan pengelolaan manajemen tetap menjadi satu (Haryanto & Riadi, 2014).

Ada beberapa metode *load balancing* yang bisa digunakan oleh *router* Mikrotik antara lain *Policy-Based Routing* (PBR), *Equal-Cost Multiple Path* (ECMP), *NTH*, *Per-Connection Classifier* (PCC) dan *Bandwidth Based*. Metode *bandwidth based* dapat digunakan pada kondisi apabila kedua ISP yang digunakan untuk *load balancing* memiliki kualitas *bandwidth throughput* yang berbeda.

Metode *bandwidth based load balancing* bekerja dengan cara, apabila ada dua ISP yaitu ISP-A dan ISP-B yang digunakan sebagai koneksi internet, maka metode ini bekerja dengan cara memantau kondisi *traffic* di *interface* ISP-A yang menjadi jalur koneksi internet utama. Apabila kondisi *traffic* di *interface* ISP-A sudah *overloaded* atau melewati nilai ambang batas yang telah ditentukan (*threshold*), maka secara otomatis akan membuat jalur koneksi internet utama diarahkan ke ISP-B, tetapi tidak akan memutuskan koneksi *client* yang sedang terhubung ke internet menggunakan ISP-A.

Apabila kondisi *traffic* di *interface* ISP-A sudah kembali normal atau dibawah nilai ambang batas yang telah ditentukan (*threshold*), maka secara otomatis akan membuat jalur koneksi internet utama diarahkan kembali ke ISP-A, tetapi tidak akan memutus koneksi *client* yang sedang terhubung ke internet menggunakan ISP-B. Metode ini juga dapat melakukan teknik *failover*.

Failover adalah kemampuan sebuah sistem untuk dapat berpindah secara manual maupun otomatis jika salah satu sistem mengalami kegagalan sehingga menjadi *backup* untuk sistem yang mengalami kegagalan (Sukendar, 2017).

Diharapkan dengan penggunaan metode *bandwidth based load balancing* dan *failover* ini dapat memaksimalkan *throughput* dan meminimalkan *delay*, *packet loss* dan *jitter*. Maka dari itu, penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul skripsi “***Load Balancing Dan Failover Pada Dua Jalur Koneksi ISP Menggunakan Metode Bandwidth Based Load Balancing***”.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang masalah di atas, maka dapat dibuat beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengimplementasikan *load balancing* pada dua jalur koneksi ISP menggunakan metode *bandwidth based load balancing pada router Mikrotik*?
2. Bagaimana perbandingan kondisi *delay*, *packet loss*, *jitter* dan *throughput* masing-masing jalur koneksi ISP sebelum dan sudah penggunaan metode *bandwidth based load balancing*?

3. Bagaimana penggunaan teknik *failover* jika salah satu jalur koneksi ISP terjadi masalah seperti terputus atau mati?

1.3 Batasan Masalah

Agar pokok pembahasan tidak meluas, maka penulis membuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan *load balancing* dan *failover* dengan metode *bandwidth based load balancing*.
2. Menggunakan *router* Mikrotik sebagai *router* GW untuk melakukan *load balancing* dan *failover*.
3. Jaringan yang dipakai menggunakan jaringan *Wireless LAN* (WLAN).
4. Jumlah jalur koneksi ISP yang akan di *load balancing* sebanyak 2 (dua) ISP dari *provider* 4G LTE yang berbeda.
5. Host yang dipakai untuk pengujian sebanyak 4 (empat) unit.
6. Kondisi yang dimonitoring adalah *delay*, *packet loss*, *jitter* dan *throughput*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah :

1. Mengimplementasikan *load balancing* dan *failover* pada dua jalur koneksi ISP menggunakan metode *bandwidth based load balancing* pada *router* Mikrotik.

2. Melakukan perbandingan kondisi *delay*, *packet loss*, *jitter* dan *throughput* masing-masing jalur koneksi ISP sebelum dan sudah penggunaan metode *bandwidth based load balancing*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Menambah wawasan penulis tentang *load balancing* dan *failover* khususnya metode *bandwidth based load balancing*.
2. Sebagai metode alternatif untuk melakukan *load balancing* dan *failover* pada dua jalur koneksi ISP menggunakan metode *bandwidth based load balancing* pada *router* Mikrotik.
3. Sebagai bahan referensi bagaimana mengimplementasikan *load balancing* dan *failover* pada dua jalur koneksi ISP menggunakan metode *bandwidth based load balancing* pada *router* Mikrotik.

BAB II

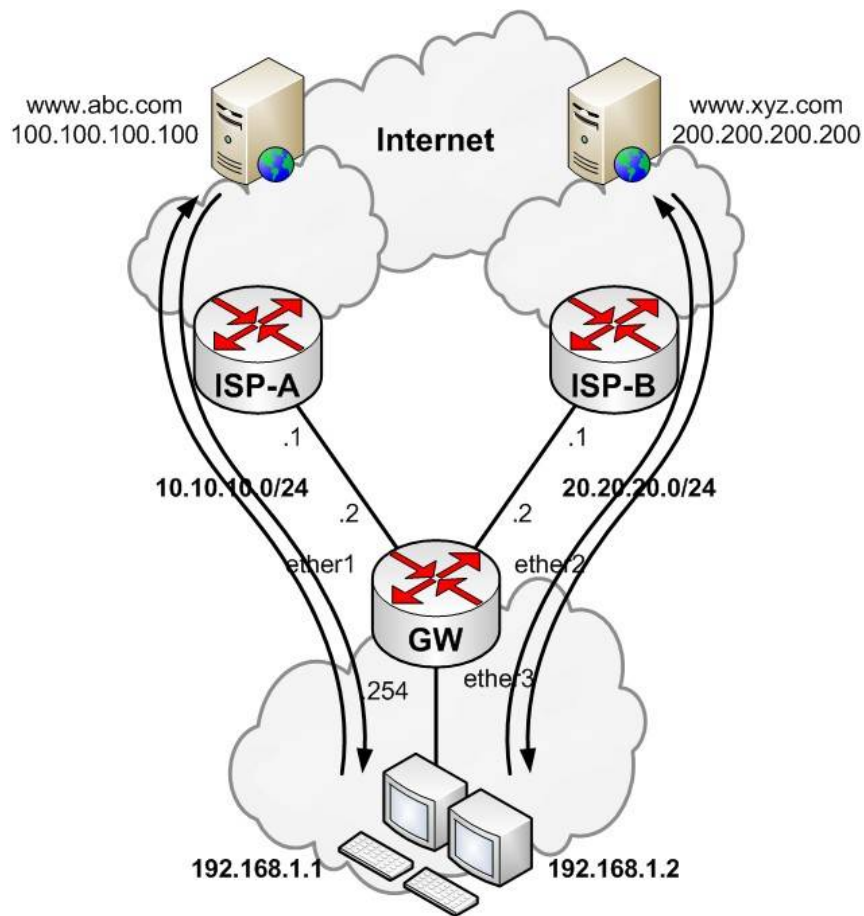
LANDASAN TEORI

2.1 Load Balancing

Load balancing adalah teknik untuk membagi beban jaringan (*traffic*) melalui beberapa *link network* yang tersedia untuk meningkatkan *throughput*, mengurangi *response time* maupun menghindari penumpukan *traffic* yang berlebihan. Teknik *load balancing* dapat diterapkan jika *router* memiliki beberapa *link* untuk mencapai suatu *network* tujuan (Towidjodo, 2016c).

Misalnya saja, *router* terhubung ke internet melalui 2 (dua) ISP. Ini berarti *router* memiliki 2 (dua) *link* untuk menuju ke internet, dan diharapkan pula bahwa *traffic* yang datang dari internet tersebut juga dapat melalui kedua *link* tadi secara seimbang (*balance*). Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.1.

Selama ini banyak yang beranggapan salah, bahwa dengan menggunakan *load balancing* pada 2 (dua) jalur koneksi ISP, maka besar *bandwidth* yang akan didapatkan menjadi dua kali lipat dari *bandwidth* sebelum menggunakan *load balancing* (akumulasi dari kedua *bandwidth* ISP tersebut). Hal ini perlu diperjelas dahulu, bahwa *load balancing* tidak akan menambah besar *bandwidth* yang diperoleh, tetapi hanya bertugas untuk membagi *traffic* melalui kedua jalur koneksi ISP sehingga *bandwidth* kedua ISP tersebut dapat terpakai secara seimbang. Bahwa dalam penggunaan *load balancing* $1 + 1 \neq 2$, $1 + 1 = 1 + 1$ dan $1 + 1 = 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5$.



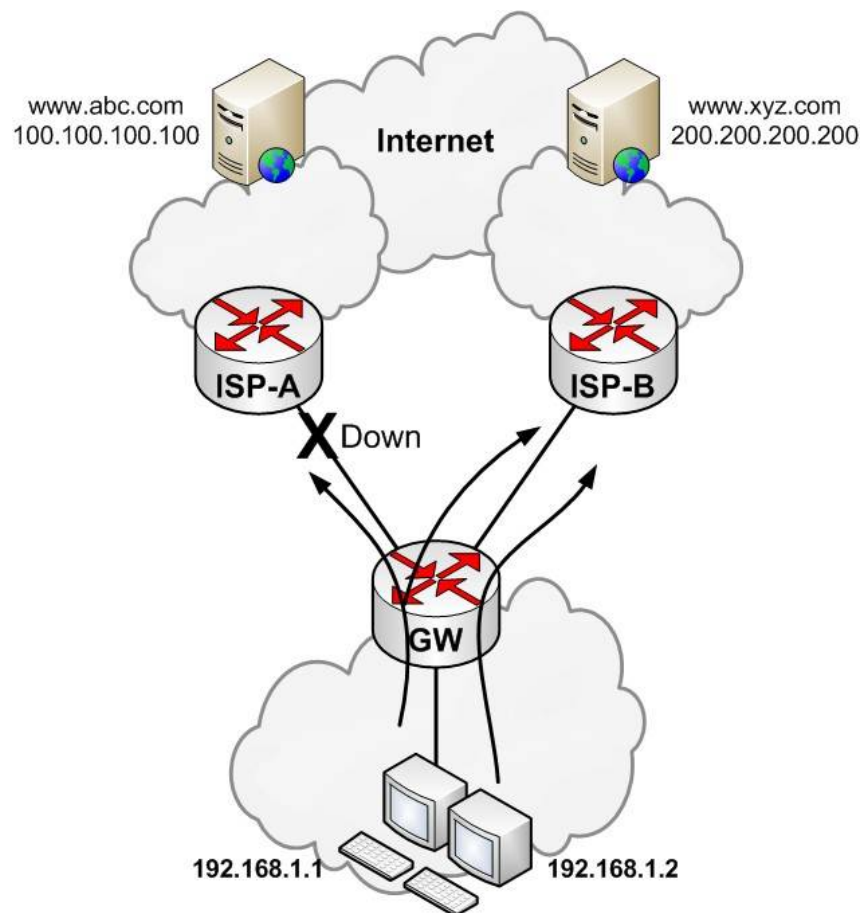
Gambar 2.1 Router GW Memiliki 2 (dua) Link ISP untuk Menuju Internet
 Sumber : (Towidjodo, 2016c)

2.2 Failover

Karena diterapkan dengan menggunakan beberapa *link*, maka teknik *load balancing* akan disertai dengan teknik *failover*. Teknik *failover* ini memungkinkan dialihkannya sekumpulan *traffic* dari satu *link* yang mengalami masalah, ke *link* yang masih dapat berfungsi (Towidjodo, 2016c).

Dari ilustrasi pada gambar 2.2, dapat dijelaskan bahwa *client* 192.168.1.1 sedang menggunakan *link* ISP-A untuk menuju internet, suatu ketika *link* ISP-A mengalami masalah (*down*), maka *router* GW akan mengalihkan *traffic* dari *client*

192.168.1.1 untuk menggunakan *link* ISP-B untuk menuju internet. Disisi lain terlihat juga bahwa *client* 192.168.1.2 sedang menggunakan *link* ISP-B untuk menuju internet.



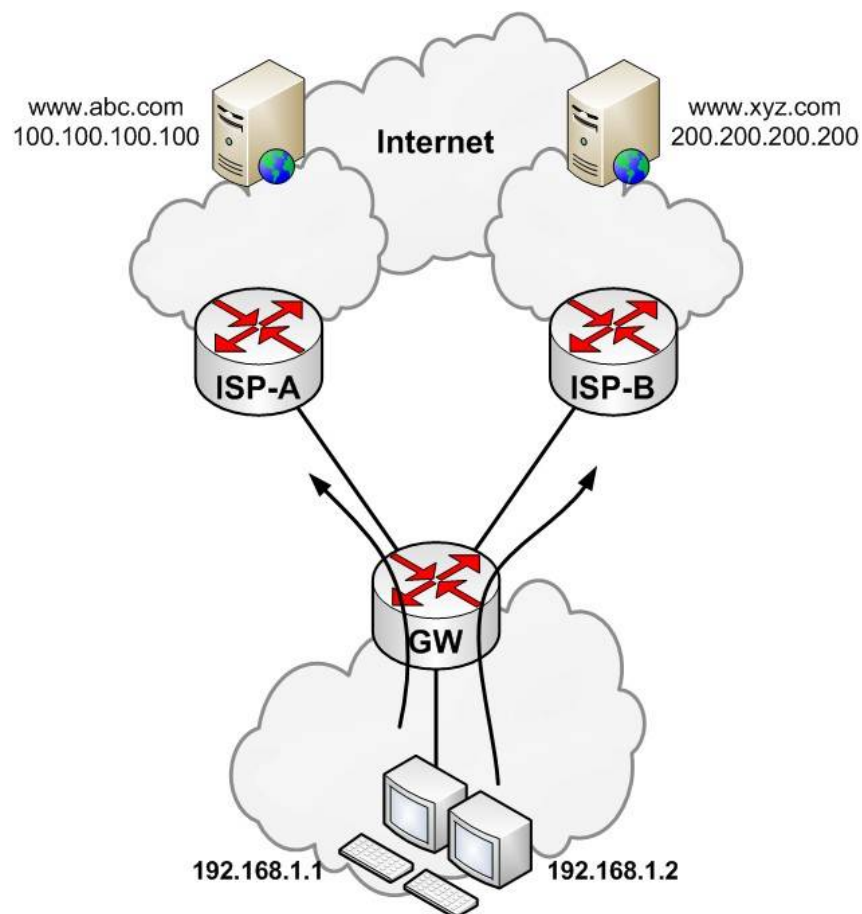
Gambar 2.2 Router GW Menyediakan Failover untuk Client 192.168.1.1
Sumber : (Towidjodo, 2016c)

2.3 Metode Load Balancing

2.3.1 Policy-Based Routing (PBR)

Load balancing dengan menggunakan metode PBR memungkinkan untuk memiliki kendali atau manajemen yang lebih baik untuk mengarahkan *traffic* yang akan menuju internet (Towidjodo, 2016c).

Bisa saja mengarahkan *client* dengan IP *address* tertentu untuk menggunakan sebuah ISP jika ingin menuju internet. Sedangkan *client* dengan IP *address* yang berbeda akan menggunakan ISP yang berbeda pula. Dengan PBR, tidak hanya bisa menggunakan IP *address client* sebagai acuan untuk membagi *traffic*. Parameter lain yang dapat digunakan bisa saja berdasarkan IP *address* tujuan (*destination address*), berdasarkan *port* pengirim maupun *port* tujuan sehingga bisa digunakan untuk pemisahan *traffic* sesuai dengan aplikasi (*service*) internet yang dijalankan oleh komputer *client*.



Gambar 2.3 Dua Client yang Menggunakan ISP yang Berbeda
Sumber : (Towidjodo, 2016c)

Dari ilustrasi gambar 2.3 terlihat bahwa *load balancing* dilakukan dengan menggunakan *routing* yang berbeda untuk masuk ke ISP yang berbeda pula. Acuan yang digunakan adalah IP *address* dari komputer *client*, dengan kata lain parameter yang digunakan adalah IP *address* asal (*source address*). Dapat dilihat, *client* dengan IP *address* 192.168.1.1 akan menggunakan ISP-A sedangkan *client* dengan IP *address* 192.168.1.2 akan menggunakan ISP-B untuk menuju internet.

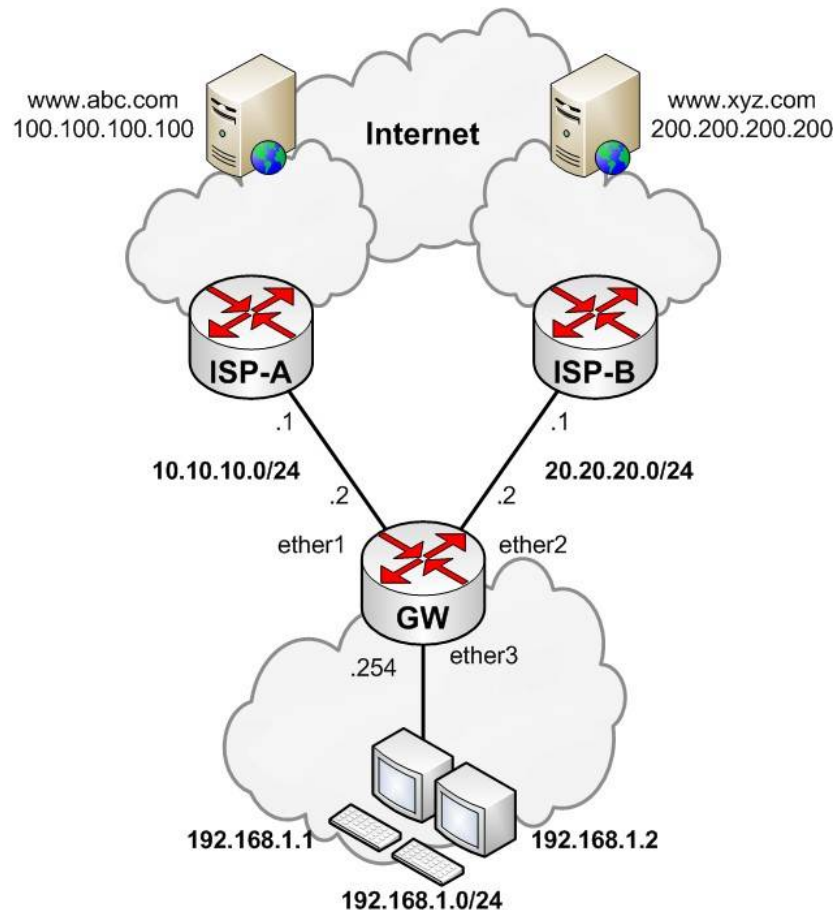
2.3.2 Equal-Cost Multiple Path (ECMP)

Umumnya ECMP diterapkan pada saat akan membagi *traffic* yang akan menuju internet melalui beberapa ISP, dan ECMP cukup dilakukan dengan melakukan konfigurasi *default route* dengan menggunakan beberapa *gateway* sekaligus. Meskipun nantinya *router* akan memiliki beberapa *gateway* sekaligus, namun nilai *administrative distance* (*distance*) dari masing-masing *gateway* itu adalah sama (Towidjodo, 2016c).

Dengan nilai *distance* yang sama, maka *router* akan selalu menggunakan beberapa *gateway* tersebut secara bersamaan. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.4.

ECMP akan menyebarkan *traffic* dengan prinsip *round robin* atau prinsip acak, Sehingga jika *client* 192.168.1.1 ingin menuju *web site* www.abc.com, maka saat ini bisa saja *traffic*-nya akan dikirimkan melalui ISP-A dan bisa saja beberapa saat kemudian *traffic*-nya akan dikirimkan melalui ISP-B. Begitu pula dengan *client* 192.168.1.2, jika ingin menuju *web site* www.xyz.com, *traffic*-nya akan

dikirimkan secara acak oleh *router GW*, bisa saja melalui ISP-A dan bisa saja melalui ISP-B.



Gambar 2.4 Router GW Memiliki 2 (dua) Gateway
Sumber : (Towidjodo, 2016c)

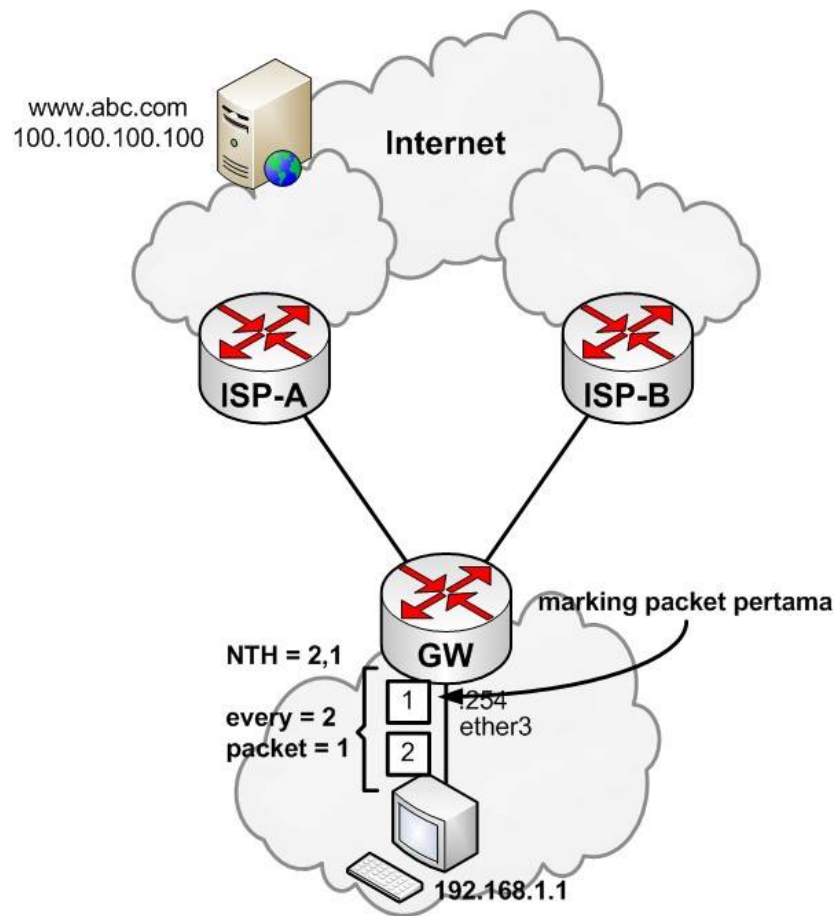
Selain kemungkinan akan terjadinya penumpukan *traffic* pada satu *link* ISP, ECMP juga memiliki satu kelemahan dimana setiap 10 (sepuluh) menit ECMP akan melakukan *flushing* (pembersihan) tabel *routing*. *Flushing* atau penyegaran tabel *routing* ini bisa menyebabkan *traffic* yang sedang dikirimkan melalui satu ISP bisa berpindah ke ISP yang lain. Kondisi ini akan membawa

kemungkinan terputusnya komunikasi yang sedang berjalan antara komputer *client* dan *server* yang ada di internet.

2.3.3 NTH

Untuk membagi *packet* sehingga dapat dilewatkan melalui beberapa *link* ISP yang tersedia, maka NTH menggunakan 2 (dua) parameter, yaitu parameter *every* dan parameter *packet*. Kedua parameter inilah yang berfungsi sebagai penghitung dan akan digunakan NTH untuk menangkap sejumlah *packet* untuk kemudian menentukan *packet* beberapa yang akan di-*marking*. Tentunya, setelah *packet* tersebut di-*marking* dengan *action=mark-routing*, selanjutnya *packet* tadi akan diserahkan tabel *routing* sehingga dapat dikirimkan ke internet melalui ISP tertentu (Towidjodo, 2016c).

Apabila konfigurasi *firewall mangle* menggunakan parameter NTH = 2,1, dimana 2 merupakan nilai parameter *every* sedangkan 1 merupakan nilai parameter *packet*. Parameter NTH = 2,1 akan menentukan *packet* nomor berapa yang akan ditangkap dan kemudian di-*marking*, dan juga berarti bahwa konfigurasi di atas akan selalu menghitung *packet* yang di terima oleh *router* GW. Hitungan akan dilakukan untuk setiap 2 (dua) *packet*. Untuk 2 (dua) *packet* yang berhasil ditangkap *router* akan melakukan *marking* terhadap *packet* pertama. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Router GW Menjalankan NTH = 2,1 dan Menerima 2 (Dua) Packet
 Sumber : (Towidjodo, 2016c)

2.3.4 Per-Connection Classifier (PCC)

PCC merupakan metode yang dikembangkan oleh MikroTik dan mulai diperkenalkan pada MikroTik RouterOS versi 3.24. PCC memiliki parameter tersendiri untuk memutuskan bagaimana *traffic* akan dikirimkan ke internet melalui beberapa *link* ISP yang tersedia. Parameter yang digunakan oleh PCC tersebut adalah parameter *per-connection-classifier* (Towidjodo, 2016c).

Parameter *per-connection-classifier* tersebut terdiri dari beberapa pilihan, seperti *src-address*, *src-address-and-port*, *both-address* dan lain-lain, Pilihan

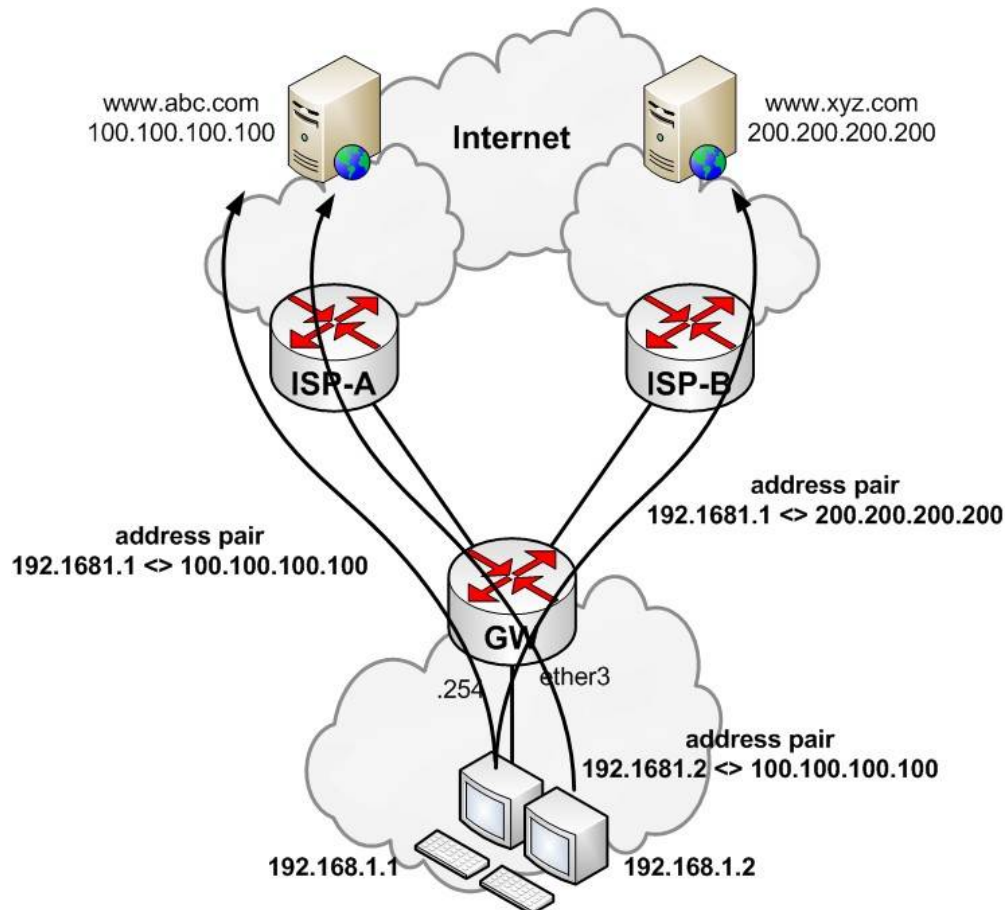
parameter inilah yang sebenarnya akan menentukan bagaimana *traffic* dari jaringan lokal akan disebar ke internet melalui beberapa ISP yang ada. Selain itu pada parameter *per-connection-classifier* terdapat parameter *denominator* dan *reminder*. Kedua parameter ini juga berperan untuk menentukan apakah konfigurasi PCC pada *firewall mangle* tersebut akan melakukan *marking* atau tidak.

Secara konsep, konfigurasi *firewall mangle* yang menggunakan PCC akan mengambil *field* dari setiap IP *header packet* yang diterima oleh *router* MikroTik. *Field* yang dipilih ini bisa saja IP *address* pengirim (*src-address*), IP *address* tujuan (*dst-address*), *port* pengirim (*src-port*), *port* tujuan (*dst-port*) atau pun gabungan antara *src-address* dan *dst-address*. Setelah PCC memilih *field* dari IP *header* tersebut, *field* tersebut akan dirubah (*convert*) menjadi bilangan 32 bit.

Perubahan atau konversi ini dilakukan dengan bantuan *hashing algorithm*. Bilangan 32 bit tadi kemudian dibagi oleh parameter *denominator* dan *reminder*. Hasil pembagian ini kemudian dibandingkan kembali dengan nilai parameter *reminder*. *Marking* tadi bisa saja adalah *marking-connection* atau pun *mark-routing*.

Menggunakan *both-address* sebagai parameter *classifier* merupakan pilihan terbaik pada saat akan menggunakan PCC. PCC akan menggunakan IP *address* pengirim dan IP *address* tujuan sebagai acuan untuk menentukan ke mana *traffic* akan dikirimkan ke internet. IP *address* pengirim adalah IP *address* dari komputer *client* sedangkan IP *address* tujuan adalah IP *address* dari *web site* di internet. Dengan parameter ini, PCC akan membuat pasangan IP *address* pengirim

dan IP *address* tujuan sebagai acuan untuk membagi *traffic*. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Router GW Menggunakan Both-Address sebagai PCC Classifier
Sumber : (Towidjodo, 2016c)

Client 192.168.1.1 mengakses *web site* www.abc.com yang memiliki IP *address* 100.100.100.100, karena PCC yang diterapkan menggunakan parameter *both-address* sebagai *classifier*, maka PCC akan menggunakan IP *address* 192.168.1.1 dan 100.100.100.100 untuk dimasukkan ke dalam perhitungan matematis PCC. Pada gambar 2.6, keputusan PCC adalah mengarahkan *traffic* melalui ISP-A. Berapa pun koneksi yang dibuat oleh komputer 192.168.1.1,

selama koneksi tersebut ditujukan untuk IP *address* 100.100.100.100, maka *traffic* akan selalu diarahkan melalui ISP-A.

Client 192.168.1.1 mengakses *web site* www.xyz.com yang memiliki IP *address* 200.200.200.200, maka PCC akan menggunakan IP *address* 192.168.1.1 dan 200.200.200.200 untuk dimasukkan ke dalam perhitungan matematis PCC. Pada gambar 2.6, keputusan PCC bisa saja mengarahkan *traffic* melalui ISP-B. Berapa pun koneksi yang dibuat oleh komputer 192.168.1.1, selama koneksi tersebut ditujukan untuk IP *address* 200.200.200.200, maka *traffic* akan selalu diarahkan melalui ISP-B.

Client 192.168.1.2 mengakses *web site* www.abc.com yang memiliki IP *address* 100.100.100.100, maka PCC akan menggunakan IP *address* 192.168.1.2 dan 100.100.100.100 untuk dimasukkan ke dalam perhitungan matematis PCC. Pada gambar 2.6, keputusan PCC bisa saja mengarahkan *traffic* melalui ISP-A. Berapa pun koneksi yang dibuat oleh komputer 192.168.1.2, selama koneksi tersebut ditujukan untuk IP *address* 100.100.100.100, maka *traffic* akan selalu diarahkan melalui ISP-B.

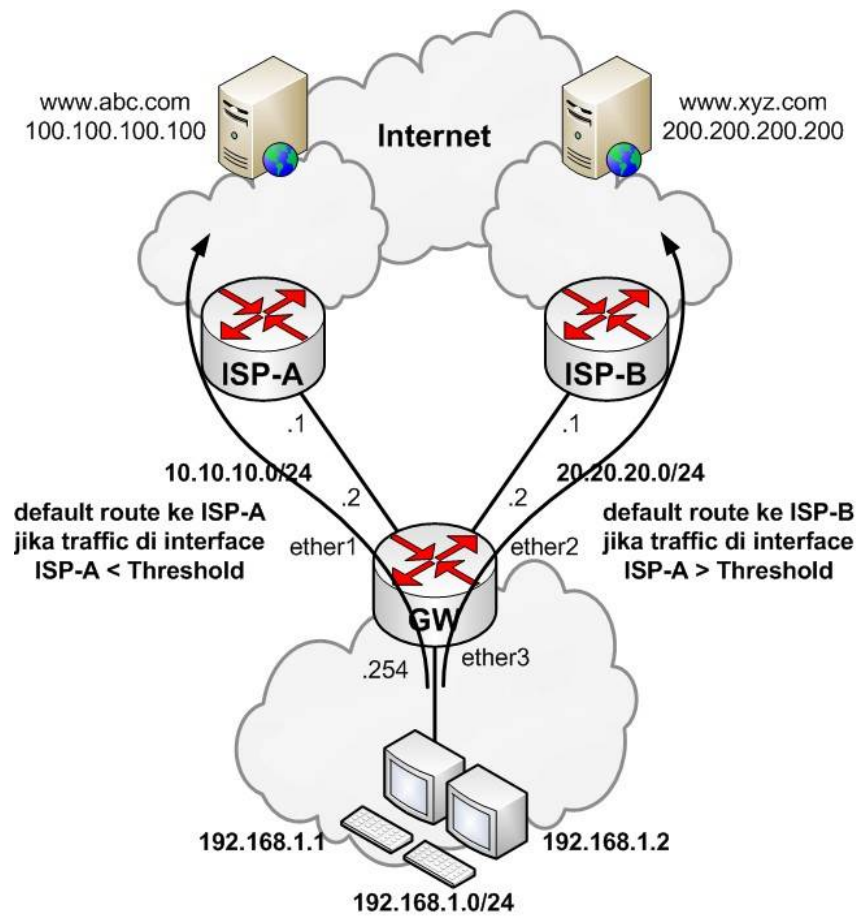
2.3.5 Bandwidth Based

Bandwidth based load balancing merupakan metode *load balancing* yang menggabungkan fitur *firewall mangle* dengan *scripting* pada *traffic monitoring* yang ada di *router* MikroTik. Metode ini juga dapat melakukan teknik *failover* (Kirnak, 2012).

Firewall mangle akan melakukan *mark-connection* dan *mark-routing* untuk aliran *traffic* dari WAN ke *router*, dari *router* ke WAN, dari WAN ke LAN dan dari LAN ke WAN. Selanjutnya akan diarahkan ke tabel *routing* yang sesuai sehingga dapat dikirimkan ke internet melalui ISP yang diinginkan.

Traffic monitoring memantau kondisi *traffic download* di *interface* ISP-A yang menjadi jalur koneksi internet utama. Apabila kondisi *traffic download* di *interface* ISP-A sudah *overloaded* atau melewati nilai ambang batas (*threshold*) yang telah ditentukan, maka sebuah *script* secara otomatis akan membuat jalur koneksi internet utama diarahkan ke ISP-B, tetapi tidak akan memutus koneksi *client* yang sedang terhubung ke internet menggunakan ISP-A.

Kemudian apabila kondisi *traffic download* di *interface* ISP-A sudah kembali normal atau dibawah nilai ambang batas yang telah ditentukan (*threshold*), maka sebuah *script* secara otomatis akan membuat jalur koneksi internet utama diarahkan kembali ke ISP-A, tetapi tidak akan memutus koneksi *client* yang sedang terhubung ke internet menggunakan ISP-B. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Router GW Menentukan Default Route dengan Traffic Monitoring
Sumber : (Kirnak, 2012)

2.4 Terminologi Pengukuran Kinerja Jaringan

2.4.1 Kecepatan

Kecepatan ini tentunya dapat berarti macam-macam. Salah satu yang paling banyak digunakan adalah menunjukkan kecepatan rata-rata dari sebuah teknologi jaringan tertentu (Purbo, 2018).

Contoh, *Fast Ethernet* mempunyai kecepatan rata-rata 100 megabit per detik, oleh karenanya sering disebut sebagai 100Mbit *Ethernet*, atau diberi kode

“100BASE-TX”. Kecepatan tersebut adalah kecepatan maksimum yang secara teori dapat dicapai.

Tidak ada teknologi jaringan yang dapat bekerja pada kecepatan penuh, kebanyakan akan bekerja pada kecepatan yang lebih rendah karena berbagai faktor di dunia nyata. Tingkat kecepatan seperti “100 Mbps *Ethernet*” sering kali disebut sebagai “*throughput*” dari teknologi, meskipun kecepatan maksimum teoritis dari sebuah teknologi kira-kira hampir sama dengan *bandwidth* daripada *throughput*, dan keduanya tidak sama.

2.4.2 Bandwidth

Bandwidth adalah terminologi yang banyak digunakan dan biasanya mengacu pada kapasitas membawa data dari sebuah jaringan atau media transmisi data. *Bandwidth* mengindikasikan banyaknya data maksimum yang dapat dikirimkan dari suatu tempat ke tempat lain pada satuan waktu tertentu. Dalam dunia radio, *bandwidth* mengindikasikan lebar *band* dari frekuensi yang digunakan untuk membawa data (Purbo, 2018).

2.4.3 Pengertian bit dan Byte

Salah satu unit pengukuran kinerja jaringan yang paling penting biasanya direpresentasikan dalam bentuk bit dan Byte. Biasanya, bit disingkat “b kecil” sedangkan Byte disingkat “B besar”. Satu B (Byte) adalah 8 b (bit) (Purbo, 2018).

Kecepatan jaringan, biasanya semua direpresentasikan dalam bit per detik, Jadi, jika kecepatan modem 56k, maksudnya 56.000 bit per detik. Kecepatan

Ethernet LAN 100Mbps maksudnya 100 juta bit per detik. Kecepatan transfer dari Web atau FTP, biasanya diberikan dalam Byte per detik (Bps) kadang juga dalam bit per detik (bps).

2.4.4 Throughput

Throughput lebih mengacu pada kinerja peralatan pada saat mengirimkan atau mentransfer data dalam satuan waktu tertentu. *Throughput* dapat berubah-ubah tergantung kondisi jaringan (Purbo, 2018).

Sangat beruntung jika berhasil memperoleh *throughput* dalam dunia nyata yang menyamai *throughput* teoritis. Kebanyakan selalu ada perbedaan, mungkin kecil bedanya tapi tidak jarang sangat besar bedanya. Tapi selalu akan berbeda. Perbedaan tersebut terjadi umumnya karena 3 (tiga) hal yang mendasar, yaitu :

1. *Network Overhead*, tidak seluruh *packet* digunakan untuk mengirimkan data. Sebagian digunakan untuk *protocol* komunikasi. Ini merupakan *overhead* dari jaringan.
2. Keterbatasan kinerja karena faktor luar, virus, *spammer*, banjir *packet* karena serangan *cracker* merupakan faktor yang menyebabkan kinerja jaringan jatuh.
3. Masalah konfigurasi jaringan, kesalahan *routing*, di mana kesalahan *setting* semua akan menyebabkan kinerja jaringan menjadi kacau.

2.5 Parameter Kinerja Jaringan

2.5.1 Delay (Latency)

Delay (Latency) adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ketujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama (Pratama et al., 2015). Terdapat 4 (empat) kategori besaran *delay* sesuai dengan versi TIPHON.

Tabel 2.1 Kategori Delay

QoS Classes	End-to-end Delay
4 (Best)	< 150 ms
3 (High)	< 250 ms
2 (Medium)	< 350 ms
1 (Low)	< 450 ms

Sumber : (TIPHON, 1999)

Persamaan perhitung *delay* :

$$Delay \text{ rata - rata} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total packet yang diterima}} \dots\dots\dots(2.1)$$

2.5.2 Packet Loss

Packet loss merupakan persentase hilangnya *packet* saat pengiriman data (Pratama et al., 2015). Terdapat 4 (empat) kategori besaran degradasi *packet loss* sesuai dengan versi TIPHON.

Tabel 2.2 Kategori Packet Loss

Packet Loss	Degradation Category
zero	Perfect
3%	Good
15%	Medium
25%	Poor

Sumber : (TIPHON, 1999)

2.5.3 Jitter

Jitter lazimnya disebut variasi *delay* (Pratama et al., 2015). Terdapat 4 (empat) kategori penurunan performansi jaringan berdasarkan nilai *peak jitter* sesuai dengan versi TIPHON.

Tabel 2.3 Kategori Jitter

Peak Jitter	Degradation Category
0 ms	Perfect
75 ms	Good
125 ms	Medium
225 ms	Poor

Sumber : (TIPHON, 1999)

Persamaan perhitungan *jitter* :

$$Jitter = \frac{\text{Total variasi } delay}{\text{Total } packet \text{ yang diterima}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Total variasi *delay* diperoleh dari :

$$\text{Total variasi } delay = \text{Delay} - \text{Rata-rata delay}$$

2.5.4 Throughput

Yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan *packet* yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut (Pratama et al., 2015).

Persamaan untuk menghitung *throughput* :

$$Throughput = \frac{\text{Packet data diterima}}{\text{Lama pengamatan}} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.6 Jaringan Komputer

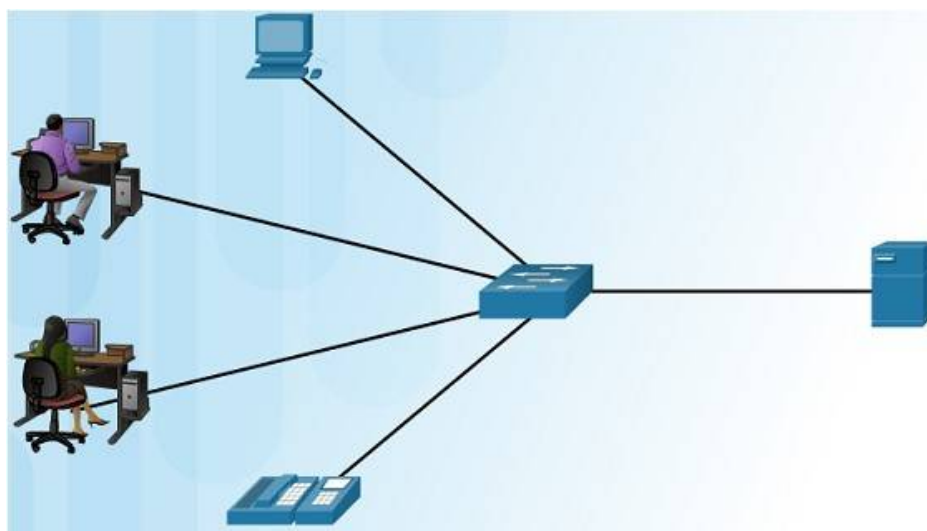
Jaringan komputer secara sederhana seperti menghubungkan dua komputer menggunakan sebuah kabel atau seperti sekumpulan jaringan rumit yang ada di dunia (Cisco, 2016a).

2.6.1 Local Area Network (LAN)

LAN mencakup area geografis yang kecil biasanya dimiliki atau dioperasikan oleh individu atau departemen TI (Cisco, 2016a).

Karakteristik LAN :

1. Memiliki area geografis yang kecil seperti rumah, sekolah, gedung kantor, atau kampus.
2. Biasanya dikelola oleh sebuah organisasi atau individu.
3. Memberikan *bandwidth* berkecepatan tinggi ke perangkat akhir dan perantara dalam jaringan.



Gambar 2.8 Local Area Network (LAN)

Sumber : (Cisco, 2016a)

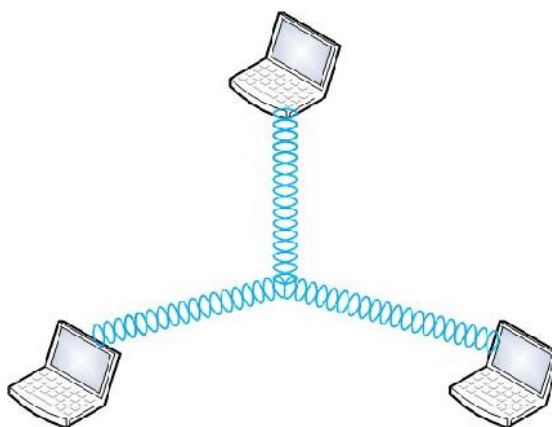
2.6.2 Wireless LAN (WLAN)

WLAN merupakan salah satu jaringan komputer bersifat lokal yang memanfaatkan gelombang radio sebagai media transmisi data. Informasi data elektronik ditransfer dari satu komputer ke komputer lain melalui gelombang radio (Sofana, 2008).

Menurut standar IEEE untuk WLAN ada 2 (dua) mode topologi utama, yaitu :

1. Mode *Ad Hoc*

Ad Hoc merupakan istilah lama yang digunakan untuk menunjukkan model *network peer-to-peer* atau *device-to-device*, yaitu jenis WLAN yang tidak menggunakan *router* atau *access point* (Sofana, 2008).

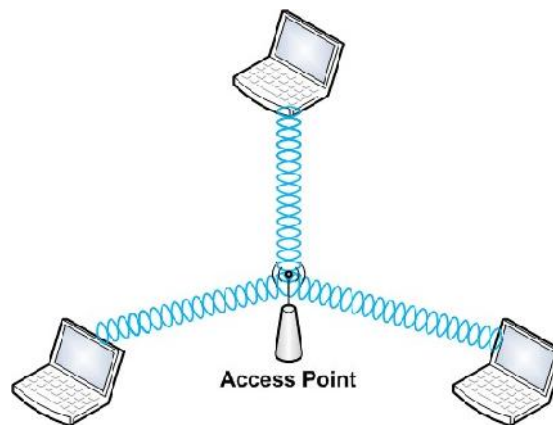


Gambar 2.9 Mode Ad Hoc

Sumber : <https://www.certificationkits.com>

2. Mode *Infrastructure*

Istilah *Infrastructure* digunakan untuk WLAN yang menggunakan *access point*. Kadangkala mode *Infrastructure* disebut sebagai mode *managed* (Sofana, 2008).



Gambar 2.10 Mode Infrastructure

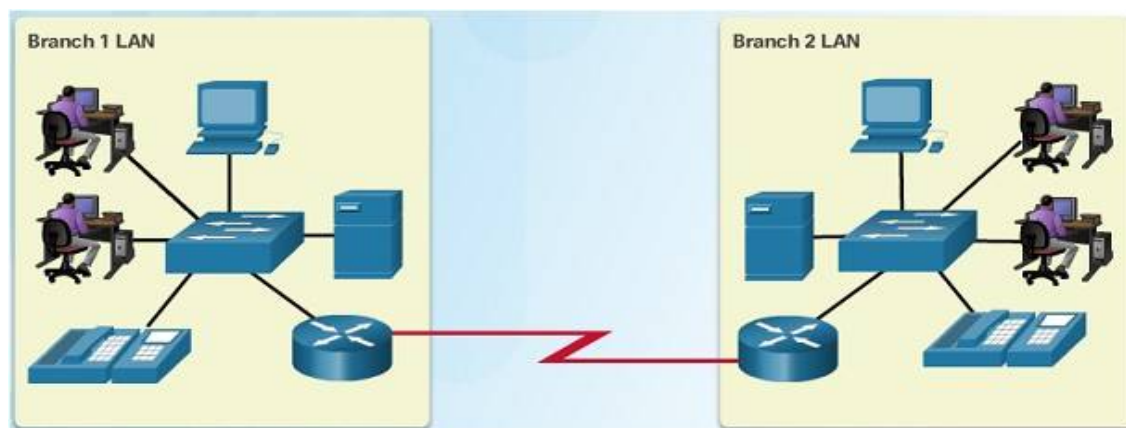
Sumber : <https://www.certificationkits.com>

2.6.3 Wide Area Network (WAN)

WAN mencakup area geografis yang besar biasanya melibatkan penyedia layanan telekomunikasi (Cisco, 2016a).

Karakteristik WAN :

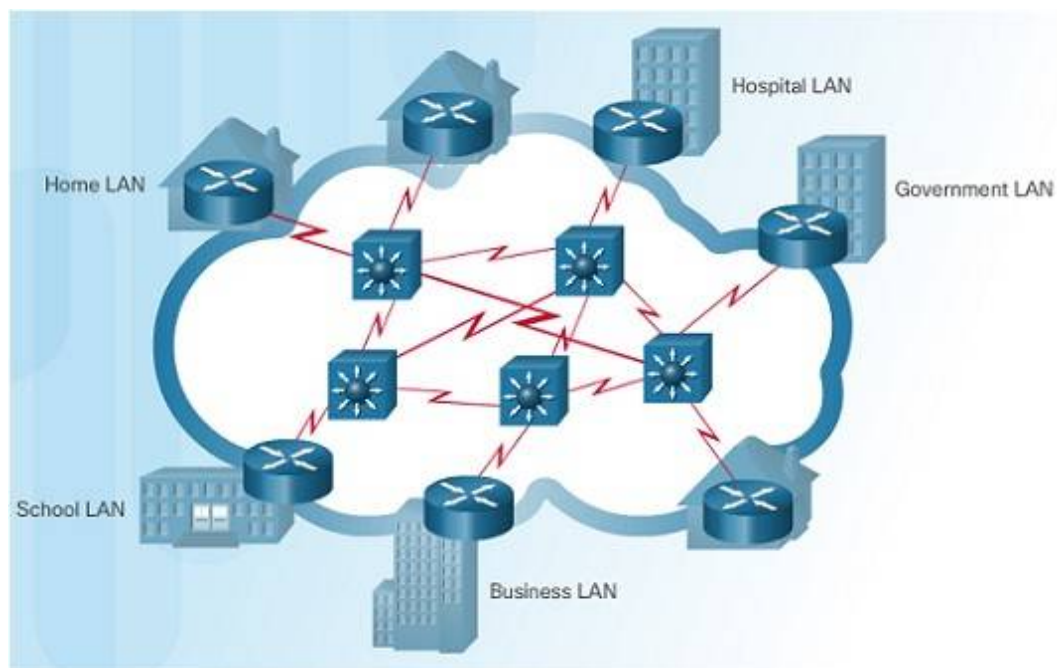
1. WAN menghubungkan LAN di wilayah geografis yang luas seperti antara kota, negara bagian, atau negara.
2. Biasanya dikelola oleh beberapa penyedia layanan.
3. Biasanya memberikan *bandwidth* kecepatan yang lebih lambat dibandingkan dengan LAN.



Gambar 2.11 Wide Area Network (WAN)
Sumber : (Cisco, 2016a)

2.6.4 Internet

Internet adalah kumpulan LAN dan WAN yang saling terhubung di seluruh dunia. Internet tidak dimiliki oleh individu atau kelompok mana pun (Cisco, 2016a).



Gambar 2.12 Internet
Sumber : (Cisco, 2016a)

2.7 Internet Service Provider (ISP)

ISP menyediakan *link* antara jaringan rumah dan Internet global. ISP sangat penting untuk komunikasi di Internet. Setiap ISP terhubung ke ISP lain untuk membentuk jaringan yang menghubungkan pengguna di seluruh dunia (Cisco, 2016b).

2.7.1 4G LTE

4G adalah singkatan dari istilah dalam bahasa Inggris: *fourth-generation technology*. Istilah ini umumnya digunakan mengacu kepada standar generasi keempat dari teknologi telepon seluler. 4G merupakan pengembangan dari teknologi 3G dan 2G. Sistem 4G menyediakan jaringan pita lebar ultra untuk berbagai perlengkapan elektronik, contohnya telepon pintar dan laptop menggunakan modem USB.

Long Term Evolution atau yang biasa disingkat LTE adalah sebuah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA namun harus dioperasikan melalui spektrum nirkabel yang terpisah. Teknologi ini mampu mengunduh (*download*) hingga kecepatan 300 Mbps dan mengunggah (*upload*) hingga kecepatan 75 Mbps (Gemiharto, 2015).

LTE kemudian dipasarkan dengan nama 4G LTE sebagai penerus jaringan 3G. LTE bahkan diklaim sebagai jaringan nirkabel yang paling cepat pertumbuhannya. LTE adalah teknologi yang didaulat akan menggantikan UMTS/HS-DPA (3.5G). LTE diperkirakan akan menjadi standarisasi telepon

selular secara global yang pertama. Walaupun dipasarkan sebagai teknologi 4G, LTE yang dipasarkan sekarang belum dapat disebut sebagai teknologi 4G sepenuhnya. Di Indonesia, operator pertama yang menggunakan teknologi 4G ini adalah Bolt yang diluncurkan oleh PT. Internux pada tanggal 14 November 2013.

2.8 Perangkat Jaringan

Di dalam membentuk suatu jaringan, baik LAN, MAN, ataupun WAN, kita membutuhkan media *hardware* maupun *software* (Syafrizal, 2005). Beberapa media *hardware* yang penting di dalam membangun suatu jaringan adalah *Network Interface Card (NIC)*, *Access Point (AP)*, *Mobile Wi-Fi (MiFi)*, *Router*, *Gateway* dan lain-lain.

2.8.1 Network Interface Card (NIC)

NIC merupakan peralatan yang berhubungan langsung dengan komputer dan didesain agar komputer-komputer jaringan dapat saling berkomunikasi. NIC juga menyediakan akses ke media fisik jaringan. Bagaimana *bit-bit* data (seperti tegangan listrik, arus, gelombang elektromagnetik, dan besaran fisik lainnya) dibentuk akan ditentukan oleh NIC (Sofana, 2008).



Gambar 2.13 Ethernet Card dan Wireless Card
Sumber : <https://www.tp-link.com/id/home-networking/adapter/>

2.8.2 Access Point (AP)

AP adalah peralatan yang digunakan pada *Wireless* LAN. AP bertugas mengatur dan menghubungkan koneksi beberapa peralatan *Wi-Fi*. AP dapat dianalogikan dengan hub, hanya saja digunakan pada *wireless* LAN. AP juga dapat menghubungkan *Wireless* LAN dengan *Wired* LAN (Sofana, 2008).



Gambar 2.14 Access Point (AP)
Sumber : <https://mikrotik.com/products/>

2.8.3 Mobile Wi-Fi (MiFi)

MiFi merupakan sebuah perangkat *hotspot Wi-Fi* untuk membagikan layanan internet (*sharing*) yang akses internetnya didapat dari jaringan seluler lalu disebar kepada beberapa perangkat penerima *Wi-Fi* seperti *smartphone* , laptop hingga komputer.



Gambar 2.15 Mobile Wi-Fi (MiFi)

Sumber : <https://www.smartfren.com/id/wifi-m5/>

2.8.4 Router

Router adalah peralatan jaringan yang dapat menghubungkan satu jaringan dengan jaringan lain. *Router* bekerja menggunakan *routing table* yang disimpan di *memory*-nya untuk membuat keputusan tentang ke mana dan bagaimana *packet* dikirimkan. *Router* dapat memutuskan rute terbaik yang akan ditempuh oleh *packet* data (Sofana, 2008).



Gambar 2.16 Router

Sumber : <https://mikrotik.com/products/>

2.8.5 Gateway

Dengan *gateway* sebuah aplikasi yang berjalan pada suatu sistem dapat berkomunikasi dengan aplikasi yang berjalan pada sistem lain yang menggunakan arsitektur *network* berbeda. *Gateway* bekerja dan bertugas melewatkan *packet* antar jaringan dengan *protocol* yang berbeda, sehingga perbedaan tersebut tidak tampak pada lapisan aplikasi. Default *gateway* adalah sebuah komputer yang digunakan untuk mem-*forward* data dari/ke host yang berbeda *network* (Sofana, 2008).

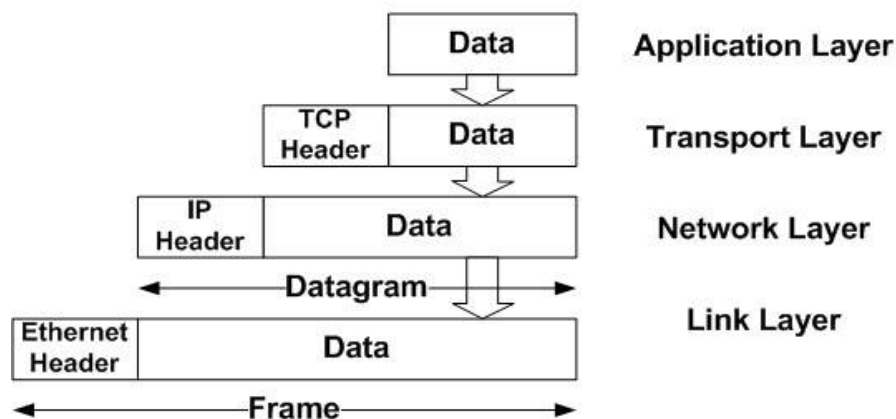
2.9 TCP/IP

TCP/IP adalah sekumpulan *protocol* yang didesain untuk melakukan fungsi-fungsi komunikasi data pada WAN. TCP/IP terdiri dari sekumpulan *protocol* yang masing-masing bertanggung jawab atas bagian-bagian tertentu dari komunikasi data. Dalam bahasa yang lebih formalnya, desain *protocol* TCP/IP sifatnya modular. Berkat prinsip ini, tugas masing-masing *protocol* menjadi jelas dan sederhana. *Protocol* yang satu tidak perlu mengetahui cara kerja *protocol* yang lain, sepanjang masih bisa saling mengirim dan menerima data (Purbo, 2018). Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.17.

Lapisan aplikasi menyediakan jasa untuk aplikasi pengguna. Lapisan ini bertanggung jawab atas pertukaran informasi antara program komputer. Lapisan aplikasi mengirimkan dan menerima data dari lapisan *transport*.

Lapisan *transport* mengontrol *port* sumber dan *port* tujuan *packet*, termasuk nomor urut *packet* yang dikirim, Oleh karenanya, menggunakan

mekanisme lapisan *protocol transport* maka *file* yang besar dapat dikirimkan dalam potongan *packet* kecil, yang kemudian digabungkan kembali dibagian penerima. Lapisan *transport* juga berusaha menjamin supaya *packet* yang diterima sampai di tujuan dengan selamat.



Gambar 2.17 Enkapsulasi Data dan Protocol pada Packet yang Dikirim
Sumber : (Purbo, 2018)

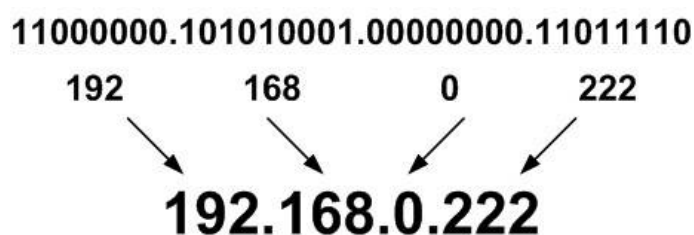
Lapisan *network* akan mengatur supaya alamat mesin sumber dan yang dituju benar, Lapisan *network* ini yang akan mengidentifikasi supaya *datagram* mencapai komputer yang benar. *IP address* berada di lapisan *network*. Lapisan *network* ini sebetulnya yang membangun internet karena memungkinkan banyak komputer terhubung satu sama lain. Lapisan *network* sama sekali tidak menjamin bahwa *datagram* yang dikirim akan diterima sampai di tujuan dengan selamat.

Lapisan *link* akan memberikan *enkapsulasi* datagram dari lapisan *network* ke dalam *frame* yang akan dikirimkan melalui jaringan. Dalam *frame* akan dimasukkan alamat *Ethernet* atau *MAC address*, dari komputer sumber dan komputer selanjutnya (*next hop*) untuk mencapai tujuan. Alamat-alamat ini akan ditulis ulang untuk setiap *hop* yang dilewati.

2.10 IP Address Versi 4 (IPv4)

IPv4 merupakan bilangan biner 32 bit yang dipisahkan oleh tanda pemisah berupa tanda titik setiap 8 bitnya. Tiap 8 bit ini disebut sebagai oktet (Purbo, 2018).

Untuk membuatnya lebih mudah dibaca dan ditulis, IP *address* sering ditulis sebagai 4 bilangan desimal yang masing-masing dipisahkan oleh titik. Format penulisan seperti ini disebut “*dotted-decimal notation*” (notasi desimal bertitik). Setiap bilangan desimal tersebut merupakan nilai dari satu oktet (delapan bit) IP *address*.



Gambar 2.18 IPv4 dalam Format Desimal
Sumber : (Purbo, 2018)

Untuk memenuhi kebutuhan besar jaringan yang berbeda, IP mendefinisikan beberapa kelas alamat, yaitu kelas A, B dan C yang hanya berbeda pada panjang NET_ID :

1. Kelas A, NET_ID 8 bit, HOST_ID 24 bit

Kelas A untuk jaringan yang sangat besar dan dapat memberikan alamat bagi 16.777.214 ($2^{24} - 2$) host per jaringan. Bit pertama dari IP *address* kelas A adalah 0 dan NET_ID menempati *byte* pertama. Hanya ada 128

(2^7) kemungkinan jaringan yang memiliki kelas A NET_ID. Pada kenyataannya, digit pertama kelas A adalah antara 1 sampai 126.

2. Kelas B, NET_ID 16 bit, HOST_ID 16 bit

Kelas B diperuntukkan bagi jaringan yang lumayan besar dan dapat memberikan alamat bagi 65.534 ($2^{16} - 2$) host per jaringan. Dua bit pertama IP *address* kelas B adalah 10. IP *address* kelas B mempunyai nomor pertama 128 sampai 191, ada 16.384 (2^{14}) kemungkinan kelas B NET_ID.

3. Kelas C diperuntukkan bagi jaringan yang kecil dan dapat memberikan alamat bagi 254 ($2^8 - 2$) host per jaringan. Tiga bit pertama IP *address* kelas C adalah 110 mempunyai nomor pertama 192 sampai 223. Ada 2.097.152 (2^{21}) kemungkinan kelas C NET_ID.

Sisa dua kelas *address* dialokasikan untuk fungsi khusus, dan tidak dialokasikan untuk *host-host* secara individu. Kelas D mempunyai nilai antara 224 sampai 239 (dengan 4 bit pertama bernilai 1110), dan digunakan untuk IP *multicast*, yaitu pengiriman sebuah *datagram* ke banyak mesin sekaligus, IANA mendokumentasikan daftar *Internet Multicast Address* (<http://www.iana.org/assignments/multicast-address/multicast-address.xml>). Kelas E mempunyai nilai antara 240 sampai 255 (dengan 4 bit pertama 1111), dan di-*reserved* untuk keperluan *experimental*.

Tabel 2.4 IP Kelas A, B dan C

Byte Pertama	Kelas	Subnet Mask	Jumlah bit "1"
1 – 126	A	255.0.0.0	8
128 – 191	B	255.255.0.0	16
192 – 223	C	255.255.255.0	24

Sumber : (Purbo, 2018)

Untuk keperluan *private network*, dalam sebuah LAN atau *intranet* atau *corporate network*, ada beberapa NET_ID yang di-*reserved* berdasarkan RFC 1918 (<https://tools.ietf.org/html/rfc1918>) untuk jaringan *private* atau jaringan tertutup dan tidak di-*routing* ke internet.

Tabel 2.5 IP Address Private

Kelas	IP Address Range	Subnet Mask
A	10.0.0.0 – 10.255.255.255	255.0.0.0
B	172.16.0.0 – 172.31.255.255	255.255.0.0
C	192.168.0.0 – 192.168.255.255	255.255.255.0

Sumber : (RFC1981, 1996)

2.11 MikroTik

MikroTik pada mulanya adalah sebuah perusahaan kecil (kini sudah menjadi perusahaan besar) yang berkantor di Riga Latvia, sebuah negara di Eropa. MikroTik mula-mula dibangun oleh Jhon Trully dan Arnis Riekstins pada tahun 1995 (Sofana, 2017).

Sejarah MikroTik dimulai pada tahun 1996 di Moldova, yaitu saat Jhon dan Arnis mulai menggabungkan sistem *Linux* dan *MS-DOS* dengan teknologi WLAN AERONET yang berkecepatan sekitar 2Mbps. *Kernel Linux* yang digunakan pertama kali adalah *Kernel* versi 2.2.



Gambar 2.19 Logo MikroTik

Sumber : <https://mikrotik.com/>

2.12 Jenis-jenis MikroTik

Berikut ini beberapa jenis produk MikroTik sebagaimana yang dijelaskan dan dikutip dari situs resmi MikroTik (<https://mikrotik.com>) dan juga informasi yang didapat dan dikutip dari situs Wikipedia (<https://id.wikipedia.org/wiki/MikroTik>).

2.12.1 MikroTik RouterOS

MikroTik *RouterOS* merupakan sistem operasi yang diperuntukkan sebagai *network router*. MikroTik *RouterOS* sendiri adalah sistem operasi dan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menjadikan komputer biasa menjadi *router network* yang handal, mencakup berbagai fitur yang dibuat untuk IP *network* dan jaringan *wireless*. Fitur-fitur tersebut diantaranya: *Firewall* dan *NAT*, *Routing*, *Hotspot*, *Point to Point Tunneling Protocol*, *DNS server*, *DHCP server*, *Hotspot*, dan masih banyak lagi fitur lainnya.

MikroTik *RouterOS* merupakan sistem operasi *Linux base* yang diperuntukkan sebagai *network router*. Didesain untuk memberikan kemudahan bagi penggunaannya. Administrasinya bisa dilakukan melalui *Windows Application*

(winbox). Selain itu instalasi dapat dilakukan pada *Standard Personal Computer* (PC).

PC yang akan dijadikan *router* MikroTik pun tidak memerlukan *resource* yang cukup besar untuk penggunaan *standard*, misalnya hanya sebagai *gateway*. Untuk keperluan beban yang besar (*network* yang kompleks, *routing* yang rumit) disarankan untuk mempertimbangkan pemilihan sumber daya PC yang memadai.

MikroTik *RouterOS* merupakan sebuah system operasi berlisensi, MikroTik *RouterOS* terdiri atas beberapa level, mulai dari level 0 (nol) hingga level level 6 (enam).

Tabel 2.6 Lisensi MikroTik

Level number	0 (Trial mode)	1 (Free Demo)	3 (WISP CPE)	4 (WISP)	5 (WISP)	6 (Controller)
Price	no key	registration required	do not sell	\$45	\$95	\$250
Initial Config Support	-	-	-	15 days	30 days	30 days
Wireless AP	24h trial	-	-	yes	yes	yes
Wireless Client and Bridge	24h trial	-	yes	yes	yes	yes
RIP, OSPF, BGP protocols	24h trial	-	yes(*)	yes	yes	yes
EoIP tunnels	24h trial	1	unlimited	unlimited	unlimited	unlimited
PPPoE tunnels	24h trial	1	200	200	500	unlimited
PPTP tunnels	24h trial	1	200	200	500	unlimited
L2TP tunnels	24h trial	1	200	200	500	unlimited
OVPN tunnels	24h trial	1	200	200	unlimited	unlimited
VLAN interfaces	24h trial	1	unlimited	unlimited	unlimited	unlimited
HotSpot active users	24h trial	1	1	200	500	unlimited
RADIUS client	24h trial	-	yes	yes	yes	yes
Queues	24h trial	1	unlimited	unlimited	unlimited	unlimited
Web proxy	24h trial	-	yes	yes	yes	yes
User manager active sessions	24h trial	1	10	20	50	Unlimited
Number of KVM guests	none	1	Unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited

Sumber : <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:License>

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan tahap-tahap penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pada implementasi *load balancing* pada dua jalur koneksi ISP menggunakan metode *bandwidth based load balancing* pada *router* MikroTik, kedua *gateway* ISP digunakan secara bergantian sesuai dengan parameter-parameter dan *script* yang ada pada *tools traffic monitor*.
2. Sistem yang dibangun sudah dapat menyelesaikan masalah ketika ketika salah satu jalur koneksi ISP terputus atau mati (teknik *failover*), ini dapat dilihat dari pengalihan jalur koneksi secara otomatis ke *gateway* dari ISP yang masih aktif, sehingga sistem tetap berjalan normal.
3. Dari pengukuran kinerja jaringan untuk kondisi *delay*, *packet loss*, *jitter* dan *throughput download* sebelum dan sesudah implementasi sistem menggunakan *load balancing* dan *failover* dengan metode *bandwidth based load balancing*, didapati perbedaan hasil. Ini diakibatkan oleh pengaruh *network overhead*, konfigurasi jaringan, *firewall process*, *chipset*, *hardware*, *RouterOS*, *firmware*, *driver*, jarak, media fisik, kongesti dan juga waktu proses yang lama.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, penulis mengajukan beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian yang telah dilakukan, antara lain :

1. Dalam pemilihan ISP, disarankan untuk memilih ISP yang memberikan layanan internet *dedicated* dengan media *fiber optic* dan memiliki kualitas yang baik untuk kondisi *delay*, *packet loss*, *jitter* dan *throughput*.
2. Dalam pemilihan perangkat *Wireless* untuk *Station* dan *Access Point*, disarankan untuk memilih perangkat yang memiliki kualitas *throughput download* yang bagus.
3. *Load balancing* dan *failover* dengan metode *bandwidth based load balancing* ini cocok digunakan pada dua jalur koneksi ISP yang memiliki besaran *bandwidth* yang berbeda dan dapat dikembangkan untuk menggunakan lebih dari dua jalur koneksi ISP.

DAFTAR PUSTAKA

- Barus, S., Sitorus, V. M., Napitupulu, D., Mesran, M., & Supiyandi, S. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Pengangkatan Guru Tetap Menerapkan Metode Weight Aggregated Sum Product Assesment (WASPAS). *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 2(2).
- Cisco. (2016a). Instructor Materials CCNA Routing & Switch: Introduction to Network, Version 6.0. Retrieved from <https://netacad.com/group/resources/ccna-rs-itn/6.0>
- Cisco. (2016b). Instructor Materials Networking Essentials, Version 1.0. Retrieved from <https://netacad.com/group/resources/networking-essentials/1.0>
- Darmawan, H. (2016). *Mikrotik Certified Routing Engineer*. Medan: Belajar MikroTik.
- Dhany, H. W., Izhari, F., Fahmi, H., Tulus, M., & Sutarman, M. (2017, October). Encryption and decryption using password based encryption, MD5, and DES. In *International Conference on Public Policy, Social Computing and Development 2017 (ICOPOSDev 2017)* (pp. 278-283). Atlantis Press.
- Gemiharto, I. (2015). Teknologi 4G-Lte Dan Tantangan Konvergensi Media Di Indonesia. *Jurnal Kajian Komunikasi*, 3(2), 212–220. Retrieved from <http://jurnal.unpad.ac.id/jkk/article/view/7409/3411>
- Hariyanto, E., & Rahim, R. (2016). Arnold's cat map algorithm in digital image encryption. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(10), 1363-1365.
- Haryanto, M. D., & Riadi, I. (2014). Analisa Dan Optimalisasi Jaringan Menggunakan Teknik Load Balancing. *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, 2(2), 1370–1378. Retrieved from <http://journal.uad.ac.id/index.php/JSTIF/article/view/2887>
- Hendrawan, J. (2018). Rancang Bangun Aplikasi Mobile Learning Tuntunan Shalat. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 1(1), 44-59.
- Kirnak, T. (2012). Bandwidth Based Load Balancing With Failover The Easy Way. Retrieved from <https://mum.mikrotik.com/presentations/US12/tomas.pdf>

- Kurniawan, H. (2018). Pengenalan Struktur Baru untuk Web Mining dan Personalisasi Halaman Web. *Jurnal Teknik dan Informatika*, 5(2), 13-19
- Mariance, U. C. (2018). Analisa dan Perancangan Media Promosi dan Pemasaran Berbasis Web Menggunakan Work System Framework (Studi Kasus di Toko Mandiri Prabot Kota Medan). *Jurnal Ilmiah Core IT: Community Research Information Technology*, 6(1).
- Medan: MedanExchange Training Center.
- MedanExchange Training Center.
- Penerbit Andi.
- Pratama, T., Irwansyah, M. A., & Yulianti. (2015). Perbandingan Metode PCQ, SFQ, RED Dan FIFO Pada Mikrotik Sebagai Upaya Optimalisasi Layanan Jaringan Pada Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. *Jurnal Teknik Informatika Universitas Tanjungpura*, 1–6. Retrieved from <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/justin/article/view/11687>
- Purbo, O. W. (2018). *Internet-TCP/IP Konsep & Implementasi*. Yogyakarta:
- Putri, N. A. (2018). Sistem Pakar untuk Mengidentifikasi Kepribadian Siswa Menggunakan Metode Certainty Factor dalam Mendukung Pendekatan Guru. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 1(1), 78-90.
- Rahim, R., Aryza, S., Wibowo, P., Harahap, A. K. Z., Suleman, A. R., Sihombing, E. E., ... & Agustina, I. (2018). Prototype file transfer protocol application for LAN and Wi-Fi communication. *Int. J. Eng. Technol.*, 7(2.13), 345-347.
- Rahim, R., Supiyandi, S., Siahaan, A. P. U., Listyorini, T., Utomo, A. P., Triyanto, W. A., ... & Khairunnisa, K. (2018, June). TOPSIS Method Application for Decision Support System in Internal Control for Selecting Best Employees. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1028, No. 1, p. 012052). IOP Publishing.
- Reza, F. (2017a). *MikroTik Certified Network Associate Training (MTCNA)*.
- Reza, F. (2017b). *MikroTik Certified Wireless Engineer (MTCWE)*. Medan:
- RFC1981. (1996). Address Allocation for Private Internets. Retrieved from <https://tools.ietf.org/pdf/rfc1918.pdf>
- Ruwaida, D., & Kurnia, D. (2018). Rancang Bangun File Transfer Protocol (FTP) dengan Pengamanan Open SSL pada Jaringan VPN Mikrotik di SMK Dwiwarna. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 3(1), 45-49.

- Sari, R. D., Supiyandi, A. P. U., Siahaan, M. M., & Ginting, R. B. (2017). A Review of IP and MAC Address Filtering in Wireless Network Security. *Int. J. Sci. Res. Sci. Technol*, 3(6), 470-473.
- Sarif, M. I. (2017). Penemuan Aturan yang Berkaitan dengan Pola dalam Deret Berkala (Time Series).
- Sidik, A. P. (2018). Algoritma RSA dan Elgamal sebagai Algoritma Tambahan untuk Mengatasi Kelemahan Algoritma One Time Pad pada Skema Three Pass Protocol.
- Sofana, I. (2008). *Membangun Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika.
- Sofana, I. (2017). *Jaringan Komputer Berbasis Mikrotik*. Bandung: Informatika.
- Sukendar, T. (2017). Keseimbangan Bandwidth Dengan Menggunakan Dua ISP Melalui Metode Nth Load Balancing Berbasis Mikrotik. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, III(1), 86–92. Retrieved from <https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/jtk/article/view/1347>
- Sumartono, I., Siahaan, A. P. U., & Mayasari, N. (2016). An overview of the RC4 algorithm. *IOSR J. Comput. Eng*, 18(6), 67-73.
- Syafrizal, M. (2005). *Pengantar Jaringan Komputer*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Tasril, V. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Penerimaan Beasiswa Berprestasi Menggunakan Metode Elimination Et Choix Traduisant La Realite. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 1(1), 100-109.
- TIPHON. (1999). General aspects of Quality of Service (QoS). Retrieved from https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101300_101399/101329/02.01.01_60/tr_101329v020101p.pdf
- Towidjodo, R. (2016a). *Mikrotik KungFu Kitab 2 (2016th ed.)*. Jakarta: Jasakom.
- Towidjodo, R. (2016b). *Mikrotik KungFu Kitab 3 (2016th ed.)*. Jakarta: Jasakom.
- Towidjodo, R. (2016c). *Mikrotik KungFu Kitab 4 (2016th ed.)*. Jakarta: Jasakom.
- Towidjodo, R. (2019). *Mikrotik KungFu Kitab 1 (2019th ed.)*. Jakarta: Jasakom.
- Utami, F., Lindawati, & Suzanzeffi. (2017). Optimalisasi Load Balancing Dua ISP Untuk Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik. *Prosiding SNATIF*, 4, 451-457. Retrieved from <https://jurnal.umk.ac.id/index.php/SNA/article/view/1333>