

## BAB IV

### HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini akan dilakukan pengujian terhadap seluruh struktur jaringan *wireless Mesh*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 komputer, yaitu untuk *Server* dan *Client*, dan 6 Mikrotik *Routerboard* yang terdiri atas 1 *Master AP* dan 5 *Slave AP*. Pengukuran dimulai ketika antara computer *server* dan *client* sudah terhubung dengan salah satu AP yang membentuk jaringan *Wireless Mesh*. Pengujian ini dilakukan pada sisi *client* dengan menjalankan aplikasi wireshark pada saat *server* sudah mengatur komposisi *bandwidth* pada *Routerboard* untuk memperoleh nilai parameter berupa, *delay*, *packet loss* dan *throughput*.

#### 4.1 Pengujian perangkat *Root & Client Access point Mesh*

##### 4.1.1 Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat jaringan yang digunakan dapat berjalan dengan baik, sehingga bisa menyediakan data lalu lintas jaringan yang bisa *dicapture* oleh aplikasi wireshark. Indikator berfungsinya adalah *Master AP* dan *Slave AP* bisa saling berkomunikasi membentuk jaringan *wireless Mesh* dan terhubung dengan internet sebagai sarana untuk mengakses layanan *web*.

Tabel 4.1 Tabel data dan *bandwidth* yang akan diujikan

| <b>Type Aplikasi</b>   | <b>Ukuran Data</b> | <b>Bandwidth</b> | <b>Protokol</b> |
|------------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| VOIP                   | 25 MB              | 256 Kbps         | HWMP+           |
| HTTP                   | 5 MB               | 512 Kbps         | HWMP+           |
| FTP                    | 75 MB              | 1 Mbps           | HWMP+           |
| <i>Video streaming</i> | 110 MB             | 2 Mbps           | HWMP+           |

Pengujian ini meliputi :

1. *Video streaming* dengan ukuran data 110 MB untuk memproses dan menganalisa unjuk kerja *Traffic* jaringan *streaming* pada jaringan *wireless Mesh* yang dialokasi *bandwidth* sebanyak empat kali perubahan dengan aplikasi VLC.
2. File Transfer dengan ukuran data 75 MB untuk memproses dan menganalisa unjuk kerja jaringan proses transfer data pada jaringan *wireless Mesh* yang dialokasi *bandwidth* sebanyak empat kali perubahan dengan aplikasi File Zilla dan FTP-Server.
3. Voice Call dengan ukuran data 25 MB untuk memproses dan menganalisa unjuk kerja *Traffic* jaringan VOIP pada jaringan *wireless Mesh* yang dialokasi *bandwidth* sebanyak empat kali perubahan dengan aplikasi 3CX antar *device*.
4. *Web Browsing* dengan ukuran data 5 MB untuk memproses dan menganalisa unjuk kerja HTTP pada jaringan *wireless Mesh* yang

dialokasi *bandwidth* sebanyak empat kali perubahan dengan aplikasi Google Chrome pada sisi *client* dengan aplikasi monitoring Wireshark.

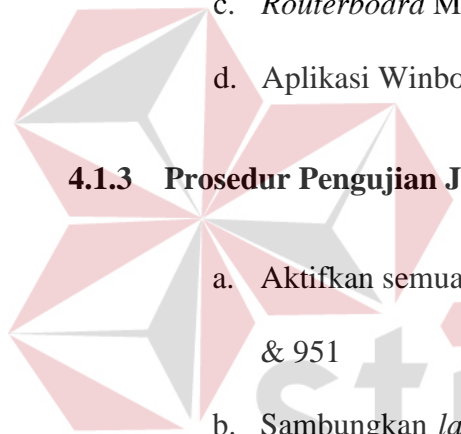
#### 4.1.2 Alat yang Digunakan

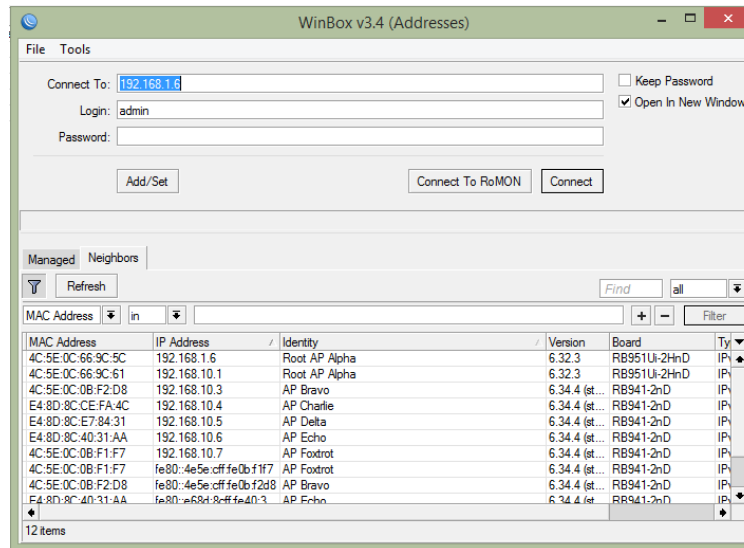
Untuk melakukan pengujian ini maka diperlukan beberapa alat. Alat yang digunakan sebagai berikut :

- a. *Laptop* atau Komputer
- b. *Routerboard* Mikrotik RB951 sebagai *Root AP*
- c. *Routerboard* Mikrotik RB941 sebagai *Slave AP*
- d. Aplikasi Winbox

#### 4.1.3 Prosedur Pengujian Jaringan mode Normal

- a. Aktifkan semua *switch power* pada perangkat Routerboard RB941 & 951
- b. Sambungkan *laptop* sisi *server* dan *client* secara *wireless* ke salah satu *master AP* dan *slave AP* dan pastikan user mendapatkan akses internet





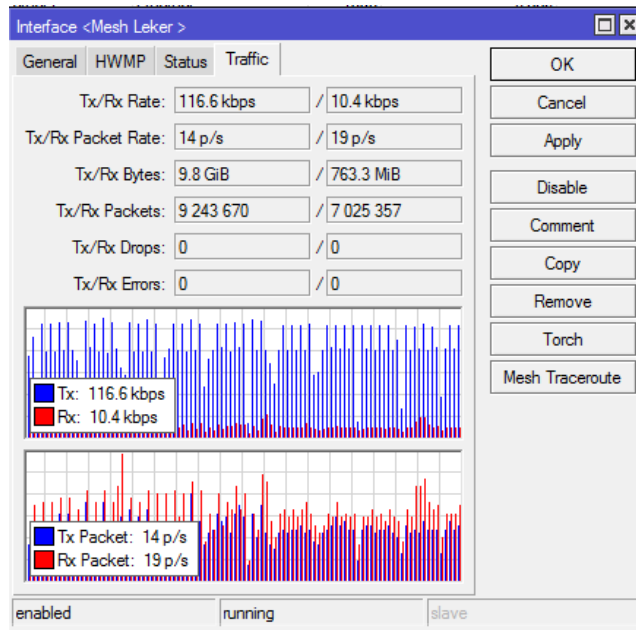
Gambar 4.1 Tampilan Winbox untuk login ke interface root AP alpha

- c. Buka aplikasi winbox dan pilih mac address atau ip address dengan identity root AP alpha untuk login

| Interface | Name       | Type                     | L2 MTU | Tx         | Rx        | Tx Packet (p/s) | Rx Packet (p/s) |
|-----------|------------|--------------------------|--------|------------|-----------|-----------------|-----------------|
| R         | Mesh Leker | Mesh                     |        |            | 0 bps     | 0 bps           | 0               |
| R         | ether1     | Ethernet                 | 1538   | 186.5 kbps | 12.6 kbps | 21              | 19              |
| R         | ether2     | Ethernet                 | 1538   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| R         | ether3     | Ethernet                 | 1538   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| R         | ether4     | Ethernet                 | 1538   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| R         | ether5     | Ethernet                 | 1538   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| RS        | wlan1      | Wireless (Atheros AR9... | 1600   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| RSA       | wds1       | WDS                      | 1600   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| RSA       | wds2       | WDS                      | 1600   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| RSA       | wds3       | WDS                      | 1600   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| X         | wds4       | WDS                      |        | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| X         | wds5       | WDS                      |        | 8.2 kbps   | 1176 bps  | 14              | 2               |

Gambar 4.2 Tampilan interface list root AP alpha

- d. Buka interface Mesh Leker > tab Traffic untuk mengecek trafik Wireless Mesh yang sedang berjalan



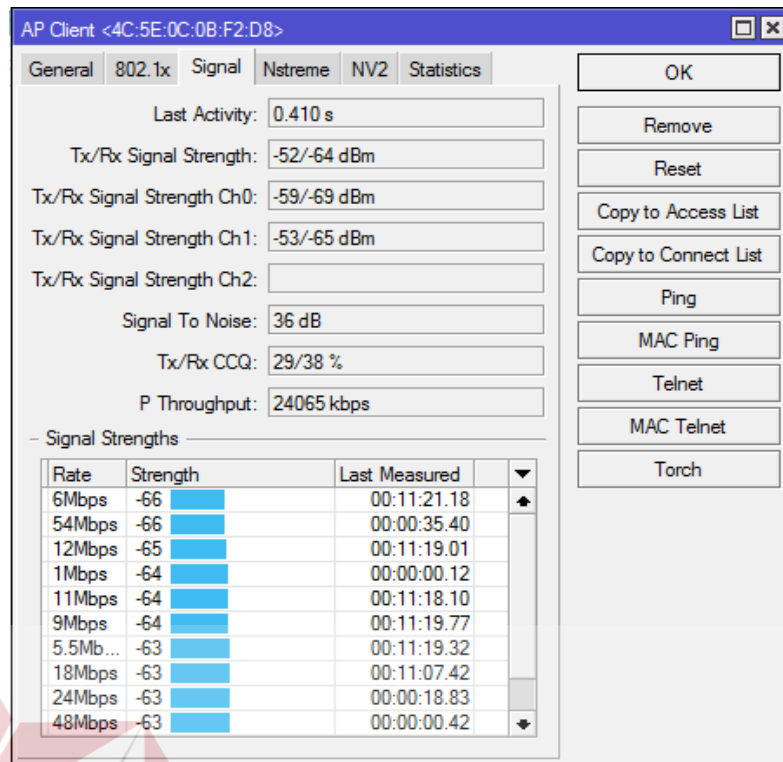
Gambar 4.3 Tampilan *interface Mesh* dengan tab *Traffic*

- e. Buka *interface Wireless* > tab *Registration* untuk mengecek Tabel *Registration* yang sedang berjalan

| Radio Name | MAC Address       | Interface | Uptime   | AP  | W... | Last Activit... | Tx/Rx Signal |
|------------|-------------------|-----------|----------|-----|------|-----------------|--------------|
| AP Bravo   | 4C:5E:0C:0B:F2:D8 | wlan1     | 00:08:45 | yes | yes  | 1.270           | -53/-64      |
| AP Charlie | E4:8D:8C:CE:FA:4C | wlan1     | 00:08:45 | yes | yes  | 3.280           | -55/-67      |
| AP Delta   | E4:8D:8C:E7:84:31 | wlan1     | 00:08:45 | yes | yes  | 0.000           | -46/-60      |

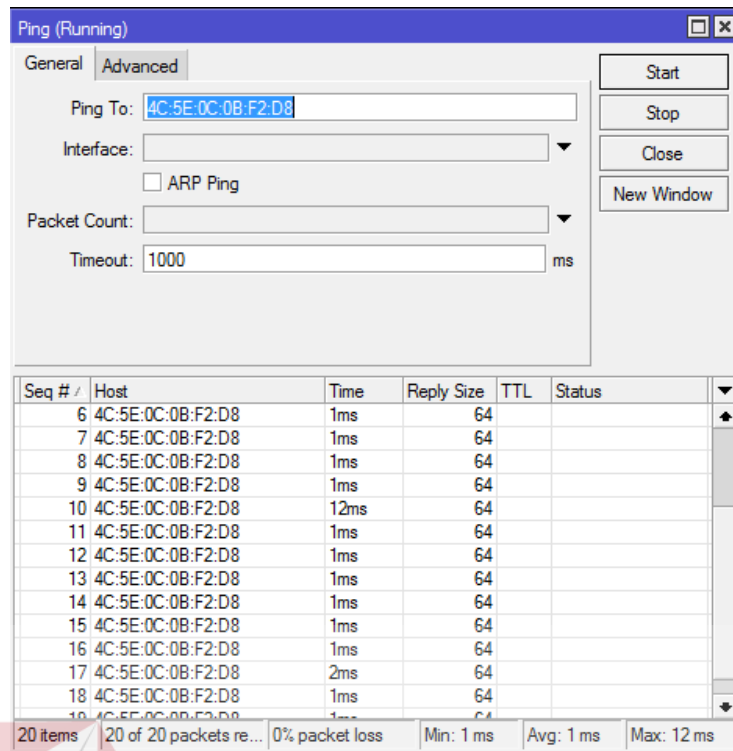
Gambar 4.4 Tampilan *interface wireless* dengan tab *registration*

- f. Pilih *Radio Name* yang ada > tab *signal* untuk mengecek *signal strength* yang sedang berjalan pada router *client*



Gambar 4.5 Tampilan *interface* Radio Name dengan tab Signal pada AP Bravo

- g. Pilih Mac Ping untuk mengecek koneksi ke AP *client* yang tertera di tabel registrasi yang sedang berjalan



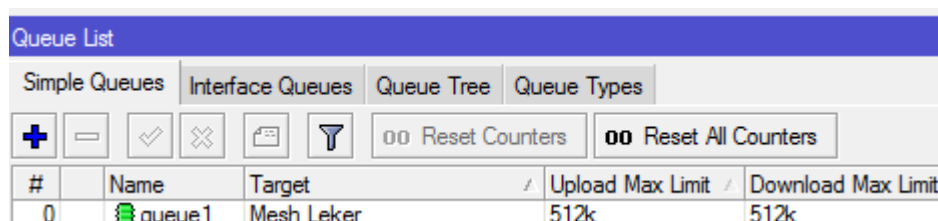
Gambar 4.6 Tampilan *interface* ping untuk ping antar router

- h. Prosedur point G bisa diulangi untuk AP *client* lainnya untuk mengecek status koneksi antara AP *Alpha* dengan AP *Bravo*, *Charlie*, *Delta* sebagai *client* AP
- i. Buka *interface Mesh* > tab FDB untuk mengecek status *Mesh* pada jaringan *Mesh* yang ada

| Mesh         | Type     | MAC Address       | On Interface | Lifetime | Age      | Metric | Seq. N... |
|--------------|----------|-------------------|--------------|----------|----------|--------|-----------|
| A Mesh Leker | mesh     | 8C:BF:A6:5E:2C:D2 | wds2         |          | 00:18:35 | 172    | 0         |
| A Mesh Leker | neighbor | E4:8D:8C:CE:FA:4C | wds1         |          | 00:31:36 | 50     | 1         |
| A Mesh Leker | mesh     | 00:21:5D:2F:41:CC | wds3         |          | 00:30:45 | 93     | 0         |
| A Mesh Leker | neighbor | E4:8D:8C:E7:84:31 | wds3         |          | 00:31:36 | 88     | 1         |
| A Mesh Leker | local    | 4C:5E:0C:66:9C:61 |              |          | 00:31:36 | 0      | 216       |
| A Mesh Leker | neighbor | 4C:5E:0C:0B:F2:D8 | wds2         |          | 00:31:36 | 90     | 1         |
| A Mesh Leker | mesh     | E4:8D:8C:40:31:AA | wds2         |          | 00:00:02 | 184    | 925       |
| A Mesh Leker | mesh     | 30:AA:BD:1B:0D:EF | wds2         |          | 00:00:44 | 187    | 0         |
| Mesh Leker   | unknown  | 48:13:7E:44:AEC9  |              |          | 00:05:01 | 0      | 0         |
| A Mesh Leker | mesh     | 4C:5E:0C:0B:F1:F7 | wds1         |          | 00:00:02 | 100    | 389       |
| A Mesh Leker | mesh     | 44:91:DB:8A:FD:C0 | wds1         |          | 00:00:11 | 110    | 0         |
| A Mesh Leker | mesh     | 00:08:22:BE:85:33 | wds1         |          | 00:05:09 | 110    | 0         |
| Mesh Leker   | unknown  | A8:BB:CF:B6:04:2F |              |          | 00:00:10 | 0      | 0         |

Gambar 4.7 Tampilan *interface* Forwarding Database untuk menampilkan seluruh data jaringan koneksi WMN yang saling terhubung.

- j. komputer sisi *server* mengkonfigurasi RB951 sebagai *Master AP* dan RB941 sebagai *Slave AP* dan mengkonfigurasi besar *bandwidth* yang digunakan untuk mengakses layanan *web* sebesar 512kb

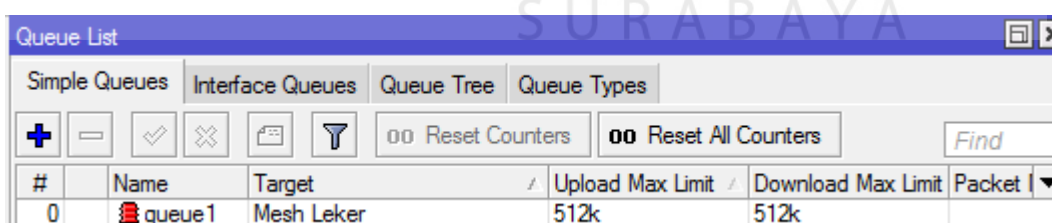


| Queue List    |        |            |                  |                    |
|---------------|--------|------------|------------------|--------------------|
| Simple Queues |        |            |                  |                    |
| #             | Name   | Target     | Upload Max Limit | Download Max Limit |
| 0             | queue1 | Mesh Leker | 512k             | 512k               |

Gambar 4.8 Tampilan *interface* Queue untuk *bandwidth limiter*

#### 4.1.4 Hasil Pengujian Jaringan mode Normal

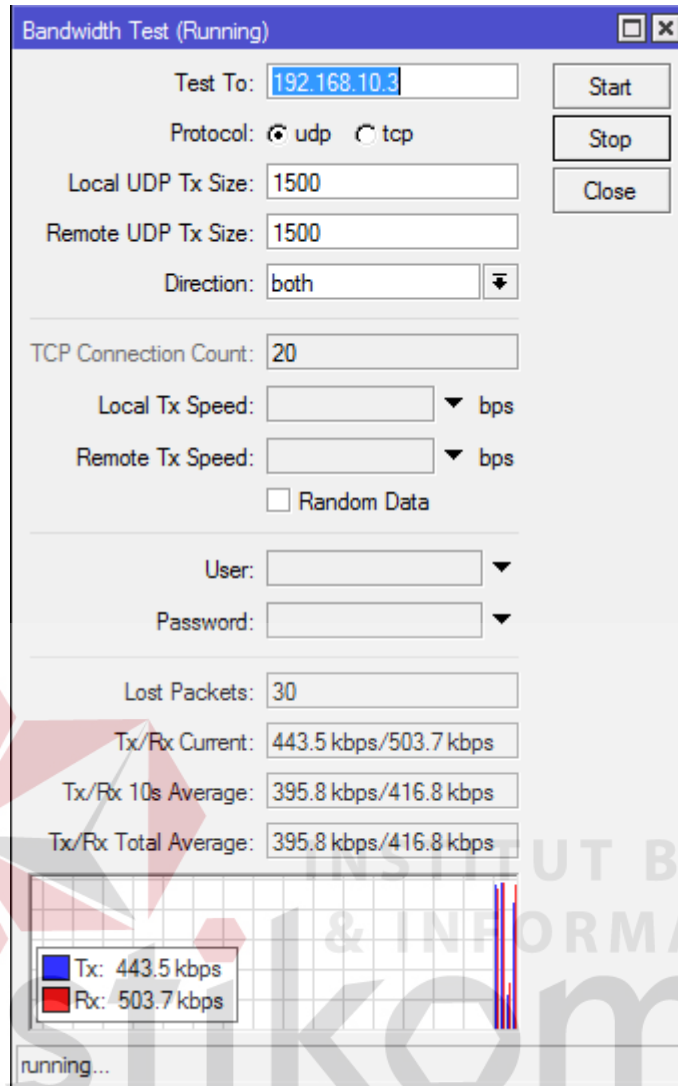
Hasil pengujian diatas bisa dikatakan berhasil jika antar router yang saling terhubung membentuk jaringan *Mesh* bisa saling berkomunikasi dan *device client* bisa mengakses internet dengan *bandwidth* yang sudah dikonfigurasi dengan fitur Simple Queue. Pengujian *bandwidth limiter* bisa menggunakan *tools bandwidth test* untuk mengetahui besar trafik antar router yang sedang berjalan.



| Queue List    |        |            |                  |                    |
|---------------|--------|------------|------------------|--------------------|
| Simple Queues |        |            |                  |                    |
| #             | Name   | Target     | Upload Max Limit | Download Max Limit |
| 0             | queue1 | Mesh Leker | 512k             | 512k               |

Gambar 4.9 Tampilan *interface* Queue untuk *bandwidth limiter* dengan pemakain *bandwidth* penuh

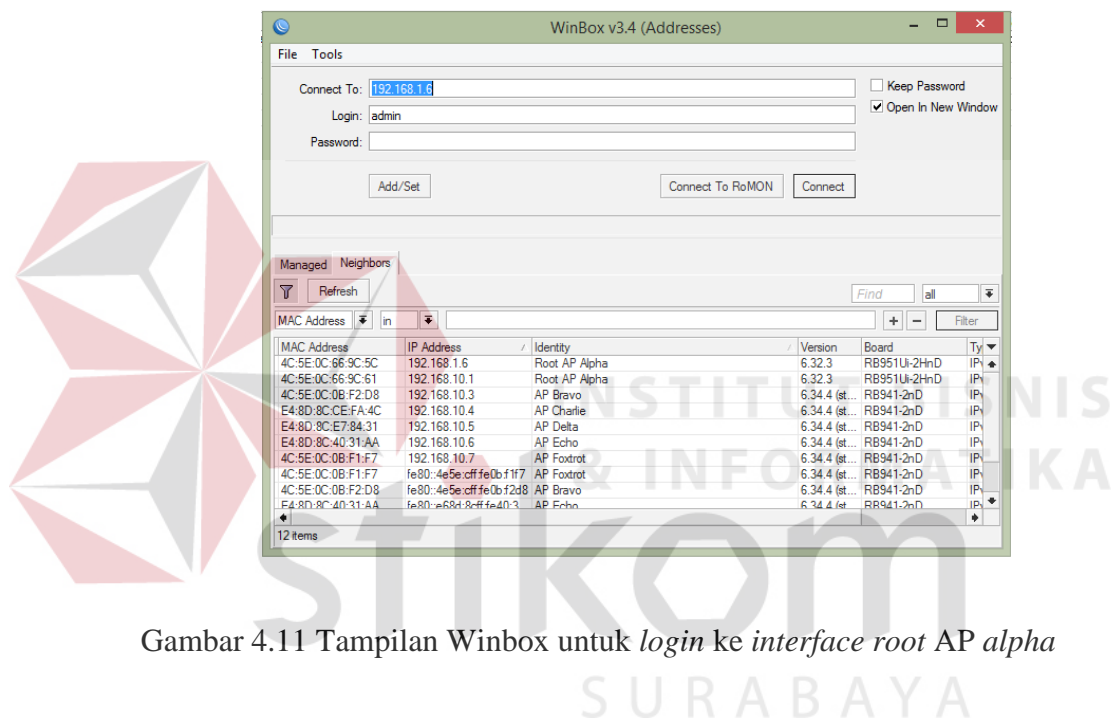




Gambar 4.10 Tampilan *interface* Bandiwth Test untuk mengecek *bandwith* yang sedang digunakan dalam lalu lintas data jaringan *Mesh* antar router *Root & Client AP*

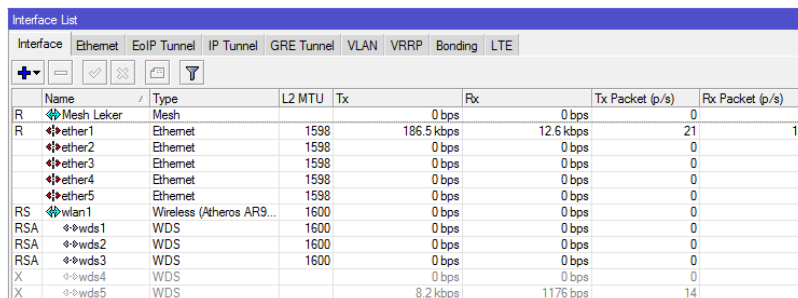
#### 4.1.5 Prosedur Pengujian Jaringan mode *Error*

- a. Aktifkan semua *switch power* pada perangkat Routerboard RB941 & RB951
- b. Sambungkan *laptop sisi server* dan *client* secara *wireless* ke salah satu *master AP* dan *slave AP* dan pastikan user mendapatkan akses internet



Gambar 4.11 Tampilan Winbox untuk login ke interface root AP alpha

- c. Buka aplikasi winbox dan pilih *mac address* atau *ip address* dengan *identity root AP alpha* untuk login dan non aktifkan salah satu *link WDS* yang terdapat di *interface root AP*

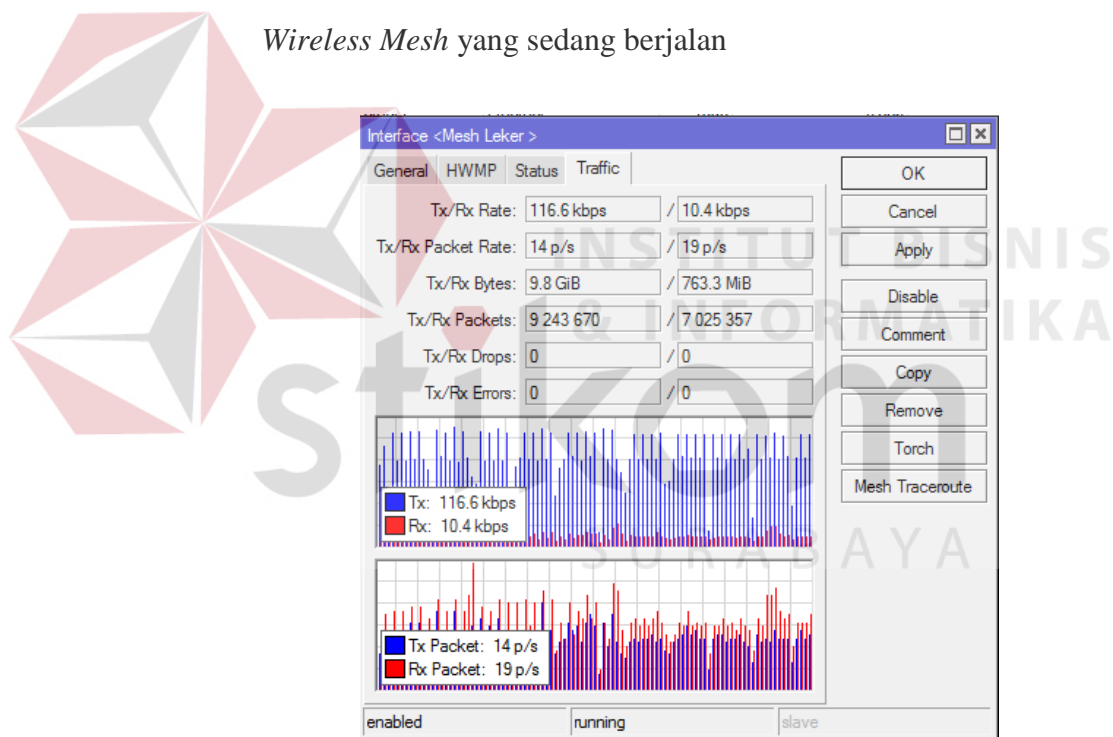


| Name           | Type                     | L2 MTU | Tx         | Rx        | Tx Packet (p/s) | Rx Packet (p/s) |
|----------------|--------------------------|--------|------------|-----------|-----------------|-----------------|
| R Mesh Leker   | Mesh                     |        |            | 0 bps     | 0 bps           | 0               |
| R ether1       | Ethernet                 | 1598   | 186.5 kbps | 12.6 kbps | 21              | 19              |
| ether2         | Ethernet                 | 1598   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| ether3         | Ethernet                 | 1598   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| ether4         | Ethernet                 | 1598   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| ether5         | Ethernet                 | 1598   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| RS wlan1       | Wireless (Atheros AR9... | 1600   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| RSA ether-wds1 | WDS                      | 1600   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| RSA ether-wds2 | WDS                      | 1600   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| RSA ether-wds3 | WDS                      | 1600   | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| X ether-wds4   | WDS                      |        | 0 bps      | 0 bps     | 0               | 0               |
| X ether-wds5   | WDS                      |        | 8.2 kbps   | 1176 bps  | 14              | 2               |

Gambar 4.12 Tampilan *interface list root AP alpha* dengan beberapa *link WDS* yang dinonaktifkan sebagai indikator jaringan terputus

d. Buka *interface Mesh Leker* > tab *Traffic* untuk mengecek trafik

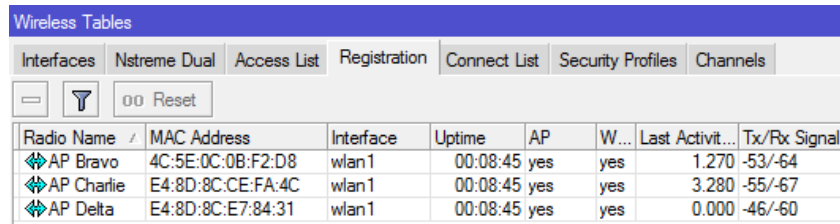
*Wireless Mesh* yang sedang berjalan



Gambar 4.13 Tampilan *interface Mesh* dengan tab *Traffic*

e. Buka *interface Wireless* > tab *Registration* untuk mengecek Tabel

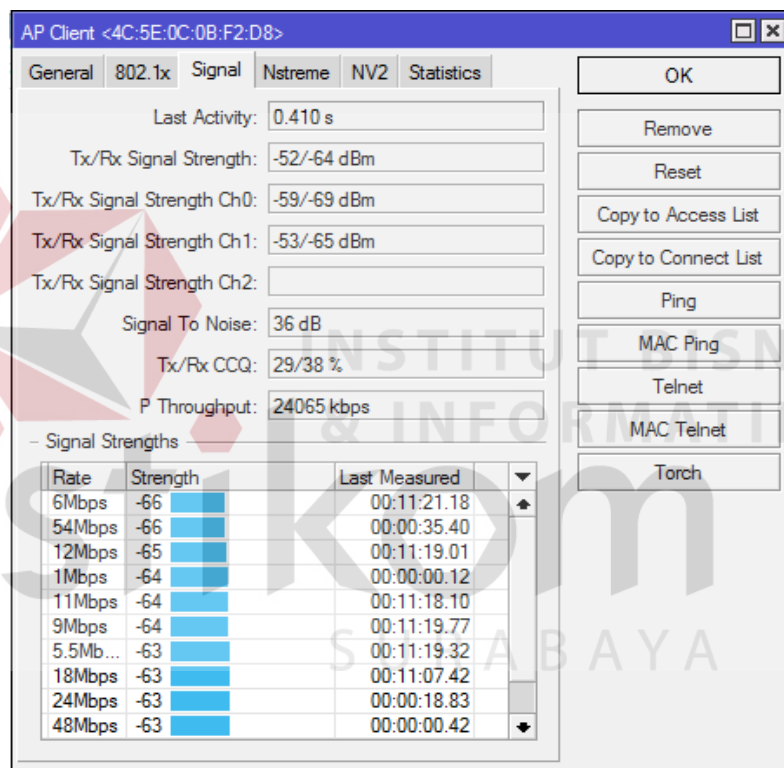
*Registration* yang sedang berjalan



| Radio Name | MAC Address       | Interface | Uptime   | AP  | W... | Last Activit... | Tx/Rx Signal |
|------------|-------------------|-----------|----------|-----|------|-----------------|--------------|
| AP Bravo   | 4C:5E:0C:0B:F2:D8 | wlan1     | 00:08:45 | yes | yes  | 1.270           | -53/-64      |
| AP Charlie | E4:8D:8C:CE:FA:4C | wlan1     | 00:08:45 | yes | yes  | 3.280           | -55/-67      |
| AP Delta   | E4:8D:8C:E7:84:31 | wlan1     | 00:08:45 | yes | yes  | 0.000           | -46/-60      |

Gambar 4.14 Tampilan *interface* wireless dengan tab registration

- f. Pilih *Radio Name* yang ada > tab signal untuk mengecek signal strength yang sedang berjalan pada router *client*



AP Client <4C:5E:0C:0B:F2:D8>

General 802.1x Signal Nstream NV2 Statistics

Last Activity: 0.410 s

Tx/Rx Signal Strength: -52/-64 dBm

Tx/Rx Signal Strength Ch0: -59/-69 dBm

Tx/Rx Signal Strength Ch1: -53/-65 dBm

Tx/Rx Signal Strength Ch2:

Signal To Noise: 36 dB

Tx/Rx CCQ: 29/38 %

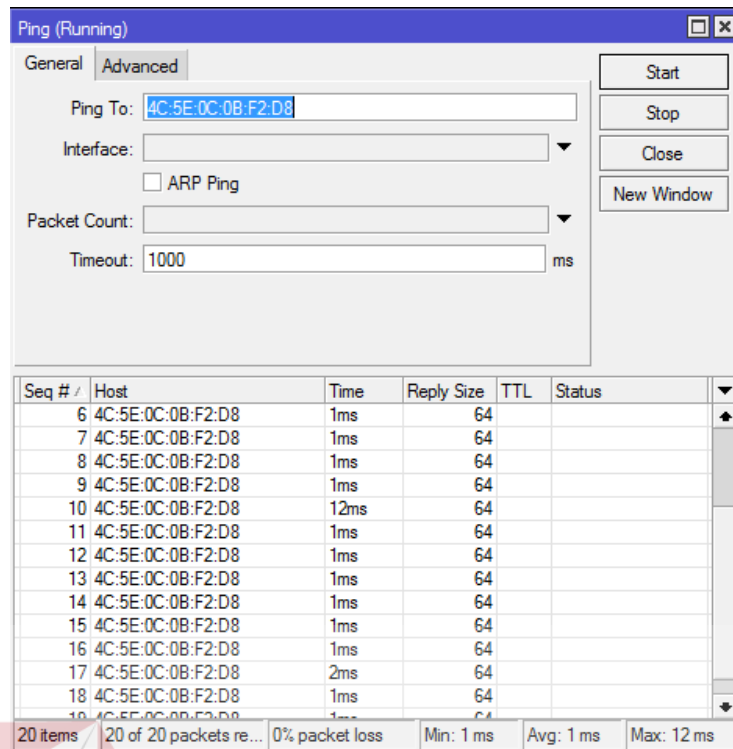
P Throughput: 24065 kbps

Signal Strengths

| Rate     | Strength | Last Measured |
|----------|----------|---------------|
| 6Mbps    | -66      | 00:11:21.18   |
| 54Mbps   | -66      | 00:00:35.40   |
| 12Mbps   | -65      | 00:11:19.01   |
| 1Mbps    | -64      | 00:00:00.12   |
| 11Mbps   | -64      | 00:11:18.10   |
| 9Mbps    | -64      | 00:11:19.77   |
| 5.5Mb... | -63      | 00:11:19.32   |
| 18Mbps   | -63      | 00:11:07.42   |
| 24Mbps   | -63      | 00:00:18.83   |
| 48Mbps   | -63      | 00:00:00.42   |

Gambar 4.15 Tampilan *interface* Radio Name dengan tab Signal pada AP Bravo

- g. Pilih Mac Ping untuk mengecek koneksi ke AP *client* yang tertera di tabel registrasi yang sedang berjalan



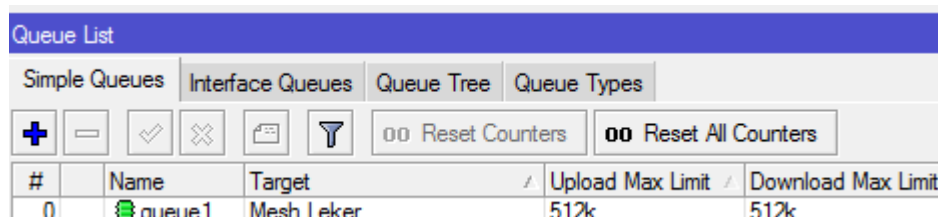
Gambar 4.16 Tampilan *interface* ping untuk ping antar router

- h. Prosedur point G bisa diulangi untuk AP *client* lainnya untuk mengecek status koneksi antara AP *Alpha* dengan AP *Bravo*, *Charlie*, *Delta* sebagai *client* AP
- i. Buka *interface Mesh* > tab FDB untuk mengecek status *Mesh* pada jaringan *Mesh* yang ada

| Mesh         | Type     | MAC Address       | On Interface | Lifetime... | Age      | Metric | Seq. N... |
|--------------|----------|-------------------|--------------|-------------|----------|--------|-----------|
| A Mesh Leker | mesh     | 8C:BF:A6:5E:2C:D2 | wds2         |             | 00:18:35 | 172    | 0         |
| A Mesh Leker | neighbor | E4:8D:8C:CE:FA:4C | wds1         |             | 00:31:36 | 50     | 1         |
| A Mesh Leker | mesh     | 00:21:5D:2F:41:CC | wds3         |             | 00:30:45 | 93     | 0         |
| A Mesh Leker | neighbor | E4:8D:8C:E7:84:31 | wds3         |             | 00:31:36 | 88     | 1         |
| A Mesh Leker | local    | 4C:5E:0C:66:9C:61 |              |             | 00:31:36 | 0      | 216       |
| A Mesh Leker | neighbor | 4C:5E:0C:0B:F2:D8 | wds2         |             | 00:31:36 | 90     | 1         |
| A Mesh Leker | mesh     | E4:8D:8C:40:31:AA | wds2         |             | 00:00:02 | 184    | 925       |
| A Mesh Leker | mesh     | 30:AA:BD:1B:0D:EF | wds2         |             | 00:00:44 | 187    | 0         |
| A Mesh Leker | unknown  | 48:13:7E:44:AEC9  |              |             | 00:05:01 | 0      | 0         |
| A Mesh Leker | mesh     | 4C:5E:0C:0B:F1:F7 | wds1         |             | 00:00:02 | 100    | 389       |
| A Mesh Leker | mesh     | 44:91:DB:8A:FD:C0 | wds1         |             | 00:00:11 | 110    | 0         |
| A Mesh Leker | mesh     | 00:08:22:BE:85:33 | wds1         |             | 00:05:09 | 110    | 0         |
| A Mesh Leker | unknown  | A8:BB:CF:B6:04:2F |              |             | 00:00:10 | 0      | 0         |

Gambar 4.17 Tampilan *interface* Forwarding Database untuk menampilkan seluruh data jaringan koneksi WMN yang saling terhubung.

- j. komputer sisi *server* mengkonfigurasi RB951 sebagai *Master AP* dan RB941 sebagai *Slave AP* dan mengkonfigurasi besar *bandwidth* yang digunakan untuk mengakses layanan *web* sebesar 512kb

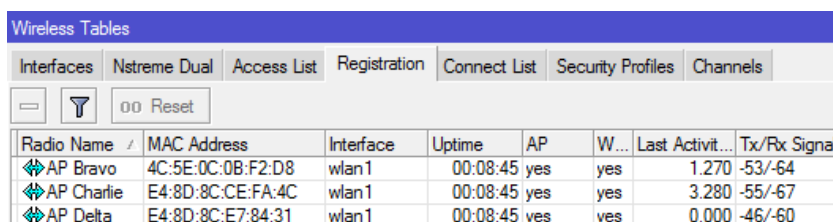


| Queue List  |        |                  |                  |                    |
|---|--------|------------------|------------------|--------------------|
| Simple Queues   |        | Interface Queues | Queue Tree       | Queue Types        |
| <input type="button" value="+"/> <input type="button" value="-"/> <input type="button" value="✓"/> <input type="button" value="✗"/> <input type="button" value="📄"/> <input type="button" value="🔍"/> <input type="button" value="00 Reset Counters"/> <input type="button" value="00 Reset All Counters"/> |        |                  |                  |                    |
| #   | Name   | Target           | Upload Max Limit | Download Max Limit |
| 0   | queue1 | Mesh Leker       | 512k             | 512k               |

Gambar 4.18 Tampilan *interface Queue* untuk *bandwidth limiter*

#### 4.1.6 Hasil Pengujian Jaringan mode *Error*

Hasil pengujian diatas bisa dikatakan berhasil jika antar router yang saling terhubung membentuk jaringan *Mesh* bisa saling berkomunikasi meskipun terdapat *link WDS* yang terputus dan *device client* bisa mengakses internet dengan *bandwidth* yang sudah dikonfigurasi dengan fitur Simple Queue. Pengujian *bandwidth limiter* bisa menggunakan *tools bandwidth test* untuk mengetahui besar trafik antar router yang sedang berjalan.

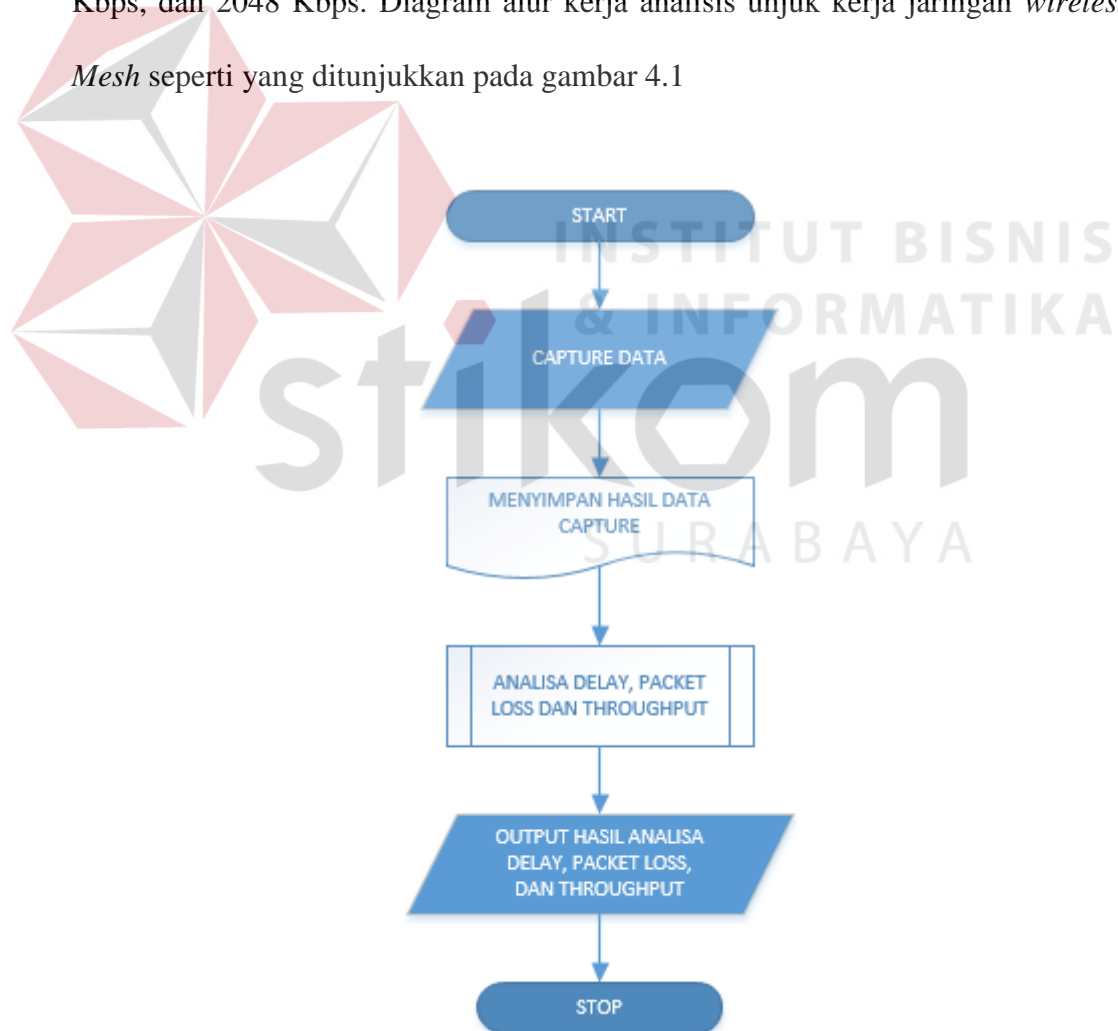


| Wireless Tables   |                   |              |             |              |              |                   |              |
|---|-------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|
| Interfaces  |                   | Nstreme Dual | Access List | Registration | Connect List | Security Profiles | Channels     |
| <input type="button" value="☐"/> <input type="button" value="🔍"/> <input type="button" value="00 Reset"/> |                   |              |             |              |              |                   |              |
| Radio Name  | MAC Address       | Interface    | Uptime      | AP           | W...         | Last Activit...   | Tx/Rx Signal |
| AP Bravo  | 4C:5E:DC:0B:F2:D8 | wlan1        | 00:08:45    | yes          | yes          | 1.270             | -53/-64      |
| AP Charlie  | E4:8D:8C:CE:FA:4C | wlan1        | 00:08:45    | yes          | yes          | 3.280             | -55/-67      |
| AP Delta  | E4:8D:8C:E7:84:31 | wlan1        | 00:08:45    | yes          | yes          | 0.000             | -46/-60      |

Gambar 4.19 Tampilan *interface registration* setelah beberapa *link WDS* terputus sehingga *root AP* tidak tersambung dengan semua *client AP* yang ada.

## 4.2 Flowchart Pengujian

Pengukuran dimulai dengan cara computer *client* menangkap transmisi data dari *Master AP* ke seluruh *Slave AP* dengan menggunakan software Wireshark. Transmisi data yang ditangkap berupa jenis HTTP, FTP, VOIP dan *Video streaming* dengan perubahan *bandwidth* sebesar 256 Kbps, 512 Kbps, 1024 Kbps, dan 2048 Kbps. Diagram alur kerja analisis unjuk kerja jaringan *wireless Mesh* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1



Gambar 4.20 Flowchart pengujian

### 4.3 Analisis Unjuk Kerja HTTP pada Jaringan *Wireless Mesh Network*

#### 4.3.1 Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat jaringan yang digunakan dapat berjalan dengan baik, sehingga bisa menyediakan data lalu lintas jaringan yang bisa *dicapture* oleh aplikasi wireshark. Indikator berfungsinya adalah *Master AP* dan *Slave AP* bisa saling berkomunikasi membentuk jaringan *wireless Mesh* dan terhubung dengan internet sebagai sarana untuk mengakses layanan *web*.

#### 4.3.2 Alat yang Digunakan

Untuk melakukan pengujian ini maka diperlukan beberapa alat. Alat yang digunakan sebagai berikut :

- a. *Laptop* atau Komputer
- b. *Routerboard* Mikrotik RB951
- c. *Routerboard* Mikrotik RB941
- d. Aplikasi Winbox
- e. Aplikasi Wireshark



### 4.3.3 Prosedur Pengujian Jaringan

- a. Aktifkan semua *switch power* pada perangkat *Routerboard* RB941 & RB951
- b. Sambungkan *laptop* sisi *server* dan *client* secara *wireless* ke salah satu *master AP* dan *slave AP* dan pastikan user mendapatkan akses internet
- c. User komputer sisi *server* mengkonfigurasi RB951 sebagai *Master AP* dan RB941 sebagai *Slave AP* dan mengkonfigurasi besar *bandwidth* yang digunakan untuk mengakses layanan *web*
- d. User Komputer sisi *client* membuka aplikasi browser dan aplikasi wireshark untuk *capture* data sebesar 5MB untuk HTTP
- e. Setelah proses *browsing* dan *capture* data selesai, *streaming* data yang tertangkap di wireshark difilter dengan tipe data TCP dan HTTP dan disimpan dalam bentuk CSV.

#### 4.3.4 Hasil Pengujian *Throughput* HTTP Kondisi Jaringan Ideal

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian *Throughput* HTTP

| <b><i>Bandwidth</i></b><br><b>(Kbps)</b> | <b>Utilisasi</b><br><b><i>Bandwidth</i>(%)</b> | <b>Jumlah Paket</b><br><b>(Byte)</b> | <b><i>Throughput</i></b><br><b>Rata Rata (bps)</b> |
|--|--|--------------------------------------|--|
| 256 Kbps                                 | 2.789 %  | 4579093 byte                         | 7142.28 bps  |
| 512 Kbps                                 | 3.739 %  | 4624412 byte                         | 19148.71 bps                                       |
| 1024 Kbps                                | 3.648 %  | 4633238 byte                         | 37364.83 bps                                       |
| 2048 Kbps                                | 4.641 %  | 4658147 byte                         | 95064.2 bps  |

Tabel 4.2 adalah hasil dari pengujian *throughput* pada kondisi jaringan *wireless Mesh network* ideal yang diimplementasikan pada tipe aplikasi HTTP. Terdapat empat perubahan besaran *bandwidth* untuk menguji unjuk kerja setiap tipe data, pada tabel pengujian di atas, hasil *throughput* rata rata dan utilisasi *bandwidth* meningkat seiring bertambahnya jumlah *bandwidth* yang digunakan, pada *bandwidth* sebesar 256Kb memiliki utilisasi *bandwidth* sebesar 2,8%, *throughput* 7143bps dan meningkat sampai 4,7% pada *bandwidth* sebesar 2 Mbps. Utilisasi *bandwidth* mengalami peningkatan sebesar 1% dari seluruh *bandwidth* yang diujikan karena setiap pengujian *bandwidth* terkecil sampai terbesar mengalami perubahan beban data. Mula mula penguji menambahkan 15 halaman web pada uji *bandwidth* sebesar 256 Kbps, 5 halaman web ditambahkan setiap kali uji peningkatan jumlah alokasi *bandwidth*, semakin tinggi *bandwidth* yang diuji, semakin banyak halaman web yang dibuka. Sehingga pada uji *bandwidth* 2048 Kbps total halaman web yang dibuka mencapai 30 halaman web.

#### 4.3.5 Hasil Pengujian *Delay* HTTP Kondisi Jaringan Ideal

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian *Delay* HTTP

| <i>Bandwidth</i><br>(Kbps) | Lama Waktu Pengamatan<br>(s) | <i>Delay</i> (s) |
|----------------------------|------------------------------|------------------|
| 256                        | 222.82 s                     | 0.017920835 s    |
| 512                        | 137.62 s                     | 0.012378405 s    |
| 1024                       | 123.62 s                     | 0.011391943 s    |
| 2048                       | 48.54 s                      | 0.004815196 s    |

Pada tabel 4.3, seiring bertambahnya jumlah *bandwidth delay* pengiriman paket antar AP pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi normal atau ideal mengalami penurunan secara signifikan. *Bandwidth* sebesar 256Kbps dengan lama waktu pengamatan sebesar 223 detik memiliki *delay* 0.018 detik untuk proses transmisi data.

#### 4.3.6 Hasil Pengujian *Packet loss* HTTP Kondisi Jaringan Ideal

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian *Packet loss* HTTP

| <i>Bandwidth</i><br>(Kbps) | Jumlah Paket Gagal | Jumlah Paket dikirim ( <i>frame</i> ) | Paket Loss (%) |
|----------------------------|--------------------|---------------------------------------|----------------|
| 256 Kbps                   | 0                  | 12434 <i>frame</i>                    | 0 %            |
| 512 Kbps                   | 0                  | 11118 <i>frame</i>                    | 0 %            |
| 1024 Kbps                  | 0                  | 10852 <i>frame</i>                    | 0 %            |
| 2048 Kbps                  | 0                  | 10081 <i>frame</i>                    | 0 %            |

Data tabel 4.4 menunjukkan uji paket loss pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi ideal yang implementasinya pada tipe data HTTP.

Kualitas terbaik pada jaringan LAN/WAN didapat jika jumlah kehilangan paket data kecil (Jusak, 2014). Pengujian pertama mengalokasikan *bandwidth* sebesar 256Kb dengan jumlah paket yang sebesar 12434 *frame* berhasil di transfer ke tujuan dengan *Packet drop* sebesar 0 sehingga keberhasilan transmisi data mencapai 100% sampai pada pengujian terakhir dengan besaran *bandwidth* 2 Mbps

#### 4.3.7 Hasil Pengujian *Throughput* HTTP Kondisi Jaringan *Error*

**Tabel 4.5** Hasil Pengujian *Throughput* HTTP

| <i>Bandwidth</i><br>(Kbps) | Utilisasi<br><i>Bandwidth</i> (%) | Jumlah Paket<br>(Byte) | <i>Throughput</i> Rata<br>Rata (bps) |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 256 Kbps                   | 3.174 %                           | 4266424 byte           | 8126.53 bps                          |
| 512 Kbps                   | 11.758 %                          | 4575630 byte           | 60205.66 bps                         |
| 1024 Kbps                  | 4.672 %                           | 4628779 byte           | 47842.68 bps                         |
| 2048 Kbps                  | 22.026 %                          | 4567370 byte           | 451098.28 bps                        |

Tabel 4.5 adalah hasil dari pengujian *throughput* pada kondisi jaringan *wireless Mesh network Error* yang diimplementasikan pada tipe aplikasi HTTP. Terdapat empat perubahan besaran *bandwidth* untuk menguji unjuk kerja setiap tipe data, pada tabel pengujian di atas, hasil *throughput* rata rata dan utilisasi *bandwidth* mengalami pasang surut seiring bertambahnya jumlah *bandwidth* yang digunakan, pada *bandwidth* sebesar 256Kb memiliki utilisasi *bandwidth* sebesar 3,2% dengan *throughput* 8126.6bps dan meningkat sampai 23% pada *bandwidth* sebesar 2 Mbps dengan *throughput* sebesar 451099 bps, WDS memberi peran berkurangnya utilisasi *bandwidth* sampai 50% pada jaringan *wireless Mesh* ditambah beban kerja browser yang membuka banyak halaman *web*.

#### 4.3.8 Hasil Pengujian *Delay* HTTP Kondisi Jaringan *Error*

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian *Delay* HTTP

| <i>Bandwidth</i><br>(Kbps) | Lama Waktu Pengamatan<br>(s) | <i>Delay</i> (s) |
|----------------------------|------------------------------|------------------|
| 256                        | 209.20 s                     | 0.016117653 s    |
| 512                        | 75.69 s                      | 0.006032105 s    |
| 1024                       | 85.63 s                      | 0.00781232 s     |
| 2048                       | 26.58 s                      | 0.002081371 s    |

Pada tabel 4.6, seiring bertambahnya jumlah *bandwidth delay* pengiriman paket antar AP pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi *Error* mengalami naik turun lama waktu pengamatan. *Bandwidth* sebesar 256Kbps dengan lama waktu pengamatan sebesar 209 detik memiliki *delay* 0.017 detik untuk proses transmisi data mengalami penurunan pada *bandwidth* 512Kbps dengan *delay* sebesar 0.061 detik. Pada pengujian berikutnya mengalami sedikit kenaikan pada lama waktu pengamatan sebesar 85 detik dengan peningkatan *delay* sebesar 0.079 detik

#### 4.3.9 Hasil Pengujian *Packet loss* HTTP Kondisi Jaringan *Error*

**Tabel 4.7** Hasil Pengujian *Packet loss* HTTP

| <i>Bandwidth</i><br>(Kbps) | Jumlah Paket Gagal | Jumlah Paket dikirim<br>( <i>frame</i> ) | Paket Loss (%) |
|----------------------------|--------------------|--|----------------|
| 256 kbps                   | 0                  | 12980 <i>frame</i>                       | 0 %            |
| 512 kbps                   | 0                  | 12549 <i>frame</i>                       | 0 %            |
| 1024 kbps                  | 0                  | 10962 <i>frame</i>                       | 0 %            |
| 2048 kbps                  | 0                  | 12772 <i>frame</i>                       | 0 %            |

Data tabel 4.7 menunjukkan uji paket loss pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi *Error* yang implementasinya pada tipe data HTTP. Pengujian pertama mengalokasikan *bandwidth* sebesar 256Kb dengan jumlah paket yang sebesar 12980 *frame* berhasil di transfer ke tujuan dengan *Packet drop* sebesar 0 sehingga keberhasilan transmisi data mencapai 100% sampai pada pengujian terakhir dengan besaran *bandwidth* 2 Mbps mengingat protokol HWMP+ memiliki sifat self-healing jika terdapat jalur koneksi putus maka jalur yang tersedia lain menjadi backup *link* dengan melakukan re-routing sehingga data bisa tercapai ke tujuan dengan optimal.

#### **4.4 Analisis Unjuk Kerja FTP pada Jaringan *Wireless Mesh Network***

##### **4.4.1 Tujuan**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat jaringan yang digunakan dapat berjalan dengan baik, sehingga bisa menyediakan data lalu lintas jaringan yang bisa *dicapture* oleh aplikasi wireshark. Indikator berfungsinya adalah *Master AP* dan *Slave AP* bisa saling berkomunikasi membentuk jaringan *wireless Mesh* dan terhubung dengan internet sebagai sarana untuk mengakses layanan *web* dan bisa melakukan proses download dan upload file.

##### **4.4.2 Alat yang Digunakan**

Untuk melakukan pengujian ini maka diperlukan beberapa alat. Alat yang digunakan sebagai berikut :

- a. *Laptop* atau Komputer

- b. *Routerboard* Mikrotik RB951
- c. *Routerboard* Mikrotik RB941
- d. Aplikasi Winbox
- e. Aplikasi Wireshark
- f. Aplikasi Filezilla
- g. Aplikasi FTP-*Server* Android

#### 4.4.3 Prosedur Pengujian

- a. Aktifkan semua *switch power* pada perangkat *Routerboard* RB941 & RB951
- b. Sambungkan *laptop* sisi *server* dan *client* secara *wireless* ke salah satu *master AP* dan *slave AP* dan pastikan user mendapatkan akses internet
- c. User komputer sisi *server* mengkonfigurasi RB951 sebagai *Master AP* dan RB941 sebagai *Slave AP* dan mengkonfigurasi besar *bandwidth* yang digunakan untuk mengakses layanan *web*
- d. User Komputer sisi *client* membuka aplikasi Filezilla dan aplikasi wireshark untuk *capture* data sebesar 75MB untuk FTP
- e. User Smartphone sisi *server* membuka aplikasi FTP-*Server* untuk menjadi media *server ftp* agar bisa diakses oleh sisi *client*
- f. User sisi *client* mencoba untuk download data dari *ftp server* yang ada pada smarthphone
- g. Setelah proses download dan *capture* data selesai, proses transfer data yang tertangkap di wireshark difilter dengan tipe data FTP disimpan dalam bentuk CSV.

#### 4.4.4 Hasil Pengujian *Throughput* FTP Kondisi Jaringan Ideal

**Tabel 4.8** Hasil Pengujian *Throughput* FTP

| <b><i>Bandwidth</i></b><br><b>(Kbps)</b> | <b>Utilisasi</b><br><b><i>Bandwidth</i> (%)</b> | <b>Jumlah Paket</b><br><b>(Byte)</b> | <b><i>Throughput</i></b><br><b>(bps)</b> |
|--|---|--------------------------------------|--|
| 256 Kbps                                 | 17.723 %  | 53903109 byte                        | 45372.99 bps                             |
| 512 Kbps                                 | 35.539 %  | 68439662 byte                        | 181959.89 bps                            |
| 1024 Kbps                                | 12.204 %  | 72515805 byte                        | 124973.39 bps                            |
| 2048 Kbps                                | 5.372 %   | 72438993 byte                        | 110026.95 bps                            |

Tabel 4.8 adalah hasil dari pengujian *throughput* pada kondisi jaringan *wireless Mesh network* ideal yang diimplementasikan pada tipe aplikasi FTP. Terdapat empat perubahan besaran *bandwidth* untuk menguji unjuk kerja setiap tipe data, pada tabel pengujian di atas, hasil *throughput* rata rata dan utilisasi *bandwidth* meningkat seiring bertambahnya jumlah *bandwidth* yang digunakan, pada *bandwidth* sebesar 256Kb memiliki utilisasi *bandwidth* sebesar 17,8%, *throughput* 45372bps dan meningkat sampai 35,6% pada *bandwidth* sebesar 512Kbps mengalami penurunan bertahap pada pengujian *bandwidth* berikutnya.

#### 4.4.5 Hasil Pengujian *Delay* FTP Kondisi Jaringan Ideal

**Tabel 4.9** Hasil Pengujian *Delay* FTP

| <b><i>Bandwidth</i></b><br><b>(Kbps)</b> | <b>Lama Waktu</b><br><b>Pengamatan (s)</b> | <b><i>Delay</i> (s)</b> |
|--|--|-------------------------|
| 256 Kbps                                 | 351.92 s                                   | 0.006641058 s           |
| 512 Kbps                                 | 176.06 s                                   | 0.002340672 s           |
| 1024 Kbps                                | 210.29 s                                   | 0.002875623 s           |
| 2048 Kbps                                | 228.98 s                                   | 0.003165528 s           |



Pada table 4.9, seiring bertambahnya jumlah *bandwidth delay* pengiriman paket antar AP pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi normal atau ideal mengalami kenaikan secara signifikan meski awalnya mengalami penurunan. *Bandwidth* sebesar 256Kbps dengan lama waktu pengamatan sebesar 352 detik memiliki *delay* 0.067 detik mengalami penurunan setahap dan peningkatan *delay* secara bertingkat dengan bertambahnya *bandwidth* untuk transmisi data ftp pada jaringan WMN normal

#### 4.4.6 Hasil Pengujian *Packet loss* FTP Kondisi Jaringan Ideal

Tabel 4.10 Hasil Pengujian *Packet loss* FTP

| <i>Bandwidth</i> (Kbps) | Jumlah Paket Gagal | Jumlah Paket dikirim ( <i>frame</i> ) | Paket Loss (%) |
|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|----------------|
| 256 Kbps                | 0                  | 101895 <i>frame</i>                   | 0 %            |
| 512 Kbps                | 0                  | 75618 <i>frame</i>                    | 0 %            |
| 1024 Kbps               | 0                  | 73131 <i>frame</i>                    | 0 %            |
| 2048 Kbps               | 0                  | 72864 <i>frame</i>                    | 0 %            |

Data tabel 4.10 menunjukkan uji paket loss pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi ideal yang implementasinya pada tipe data FTP. Kualitas Pengujian pertama dengan *bandwidth* sebesar 256Kb dengan jumlah paket yang sebesar 101895 *frame* berhasil di transfer ke tujuan dengan *Packet drop* sebesar 0 sehingga keberhasilan transmisi data mencapai 100% sampai pada pengujian terakhir dengan besaran *bandwidth* 2 Mbps mengalami penurunan jumlah paket yang dikirim dengan jumlah paket yang berhasil dikirim sebesar 72864 *frame*

#### 4.4.7 Hasil Pengujian *Throughput* FTP Kondisi Jaringan *Error*

**Tabel 4.11** Hasil Pengujian *Throughput* FTP

| <b><i>Bandwidth</i></b><br><b>(Kbps)</b> | <b>Utilisasi</b><br><b><i>Bandwidth</i> (%)</b> | <b>Jumlah Paket</b><br><b>(Byte)</b> | <b><i>Throughput</i> (bps)</b> |
|--|---|--------------------------------------|--------------------------------|
| 256 Kbps                                 | 38.96 %   | 82024283 byte                        | 99755.90 bps                   |
| 512 Kbps                                 | 21.05 %   | 72514348 byte                        | 107787.96 bps                  |
| 1024 Kbps                                | 9.96 %  | 72528245 byte                        | 102008.79 bps                  |
| 2048 Kbps                                | 4.98 %  | 72547900 byte                        | 102036.43 bps                  |

Tabel 4.11 adalah hasil dari pengujian *throughput* pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi *Error* yang diimplementasikan pada tipe aplikasi FTP. Terdapat empat perubahan besaran *bandwidth* untuk menguji unjuk kerja setiap tipe data, pada tabel pengujian di atas, hasil *throughput* rata rata dan utilisasi *bandwidth* menurun seiring bertambahnya jumlah *bandwidth* yang digunakan, pada *bandwidth* sebesar 256Kb memiliki utilisasi *bandwidth* sebesar 38,96%, dan *throughput* 99755 bps menurun sampai 4,98% pada *bandwidth* sebesar 2 Mbps mengalami peningkatan *throughput* sebesar 102036 bps.

#### 4.4.8 Hasil Pengujian *Delay* FTP Kondisi Jaringan *Error*

**Tabel 4.12** Hasil Pengujian *Delay* FTP

| <b><i>Bandwidth</i></b><br><b>(Kbps)</b> | <b>Lama Waktu</b><br><b>Pengamatan</b><br><b>(s)</b> | <b><i>Delay</i></b> (s) |
|--|--|-------------------------|
| 256 Kbps                                 | 252.99 s   | 0.003408811 s           |
| 512 Kbps                                 | 233.95 s   | 0.003197776 s           |
| 1024 Kbps                                | 236.56 s   | 0.003253467 s           |
| 2048 Kbps                                | 236.33 s   | 0.003247384 s           |

Pada tabel 4.12, seiring bertambahnya jumlah *bandwidth delay* pengiriman paket antar AP pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi *Error* mengalami penurunan secara signifikan meski awalnya mengalami kenaikan. *Bandwidth* sebesar 256Kbps dengan lama waktu pengamatan sebesar 252 detik memiliki *delay* 0.035 detik mengalami penurunan setahap dan peningkatan *delay* secara bertingkat dengan bertambahnya *bandwidth* untuk transmisi data ftp pada jaringan WMN *Error*.

#### 4.4.9 Hasil Pengujian *Packet loss* FTP Kondisi Jaringan *Error*

**Tabel 4.13** Hasil Pengujian *Packet loss* FTP

| <b><i>Bandwidth</i></b><br><b>(Kbps)</b> | <b>Jumlah</b><br><b>Paket</b><br><b>Gagal</b> | <b>Jumlah Paket</b><br><b>dikirim (<i>frame</i>)</b> | <b>Paket Loss (%)</b> |
|--|---|--|-----------------------|
| 256 Kbps                                 | 0   | 74217 <i>frame</i>                                   | 0 %                   |
| 512 Kbps                                 | 0   | 73162 <i>frame</i>                                   | 0 %                   |
| 1024 Kbps                                | 0   | 72712 <i>frame</i>                                   | 0 %                   |
| 2048 Kbps                                | 0   | 72778 <i>frame</i>                                   | 0 %                   |

Data tabel 4.13 menunjukkan uji paket loss pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi *Error* yang implementasinya pada tipe data FTP. Kualitas Pengujian pertama dengan *bandwidth* sebesar 256Kb dengan jumlah paket yang sebesar 74217 *frame* berhasil di transfer ke tujuan dengan *Packet drop* sebesar 0 sehingga keberhasilan transmisi data mencapai 100% sampai pada pengujian terakhir dengan besaran *bandwidth* 2 Mbps mengalami penurunan jumlah paket yang dikirim dengan jumlah paket yang berhasil dikirim sebesar 72778 *frame*

#### **4.5 Analisis Unjuk Kerja VOIP pada Jaringan *Wireless Mesh Network***

##### **4.5.1 Tujuan**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat jaringan yang digunakan dapat berjalan dengan baik, sehingga bisa menyediakan data lalu lintas jaringan yang bisa *dicapture* oleh aplikasi wireshark. Indikator berfungsinya adalah *Master AP* dan *Slave AP* bisa saling berkomunikasi membentuk jaringan *wireless Mesh* dan terhubung dengan internet sebagai sarana untuk mengakses layanan *web* dan bisa melakukan proses download dan upload file.

##### **4.5.2 Alat yang Digunakan**

Untuk melakukan pengujian ini maka diperlukan beberapa alat. Alat yang digunakan sebagai berikut :

- a. *Laptop* atau Komputer
- b. *Routerboard* Mikrotik RB951
- c. *Routerboard* Mikrotik RB941
- d. Aplikasi Winbox

- e. Aplikasi Wireshark
- f. Aplikasi 3CX Phone

#### 4.5.3 Prosedur Pengujian

- a. Aktifkan semua *switch power* pada perangkat *Routerboard* RB941 & RB951
- b. Sambungkan *laptop* sisi *server* dan *client* secara *wireless* ke salah satu *master AP* dan *slave AP* dan pastikan user mendapatkan akses internet
- c. User komputer sisi *server* mengkonfigurasi RB951 sebagai *Master AP* dan RB941 sebagai *Slave AP* dan mengkonfigurasi besar *bandwidth* yang digunakan untuk mengakses layanan VOIP
- d. User Komputer sisi *client* membuka aplikasi 3CX Phone dan aplikasi wireshark untuk *capture* data sebesar 25MB untuk VOIP
- e. User sisi *server* membuka aplikasi 3cx phone untuk menjadi media dial agar bisa melakukan panggilan
- f. User sisi *server* mencoba untuk dial dari aplikasi 3CX dan membuka aplikasi wireshark untuk melihat transmisi data VOIP
- g. Setelah proses dial dan user sisi *client* menerima panggilan, proses transfer data VOIP yang tertangkap di wireshark difilter dengan tipe data RTP atau UDP dan disimpan dalam bentuk CSV.

#### 4.5.4 Hasil Pengujian *Throughput* VOIP Kondisi Jaringan Ideal

**Tabel 4.14** Hasil Pengujian *Throughput* VOIP

| <b><i>Bandwidth</i></b><br><b>(Kbps)</b> | <b>Utilisasi</b><br><b><i>Bandwidth</i> (%)</b> | <b>Jumlah Paket</b><br><b>(Byte)</b> | <b><i>Throughput</i> (bps)</b> |
|--|---|--------------------------------------|--------------------------------|
| 256 Kbps                                 | 4.307 %   | 22054511 byte                        | 11027.26 bps                   |
| 512 Kbps                                 | 0.976 %   | 22039971 byte                        | 4997.45 bps                    |
| 1024 Kbps                                | 0.480 %   | 21409978 byte                        | 4920.43 bps                    |
| 2048 Kbps                                | 0.212 %   | 19355665 byte                        | 4352.04 bps                    |

Tabel 4.14 adalah hasil dari pengujian *throughput* pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi normal yang diimplementasikan pada tipe aplikasi VOIP. Terdapat empat perubahan besaran *bandwidth* untuk menguji unjuk kerja setiap tipe data, pada tabel pengujian di atas, hasil *throughput* rata rata dan utilisasi *bandwidth* menurun seiring bertambahnya jumlah *bandwidth* yang digunakan, pada *bandwidth* sebesar 256Kb memiliki utilisasi *bandwidth* sebesar 4,4%, dan *throughput* 11027 bps menurun sampai 0,212 % pada *bandwidth* sebesar 2 Mbps mengalami penurunan *throughput* sebesar 4352 bps.

#### 4.5.5 Hasil Pengujian *Delay* VOIP Kondisi Jaringan Ideal

**Tabel 4.15** Hasil Pengujian *Delay* VOIP

| <b><i>Bandwidth</i></b><br><b>(Kbps)</b> | <b>Lama Waktu</b><br><b>Pengamatan (s)</b> | <b><i>Delay</i> (s)</b> |
|--|--|-------------------------|
| 256 Kbps                                 | 399.40 s                                   | 0.004618705 s           |
| 512 Kbps                                 | 597.59 s                                   | 0.005558266 s           |
| 1024 Kbps                                | 589.09 s                                   | 0.005597956 s           |
| 2048 Kbps                                | 592.50 s                                   | 0.00609813 s            |

Pada table 4.15, seiring bertambahnya jumlah *bandwidth delay* pengiriman paket antar AP pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi normal atau ideal mengalami naik turun secara signifikan meski awalnya mengalami penurunan. *Bandwidth* sebesar 256Kbps dengan lama waktu pengamatan sebesar 400 detik memiliki *delay* 0.046 detik mengalami peningkatan *delay* secara bertambahnya dengan bertambahnya *bandwidth* untuk transmisi data VOIP pada jaringan WMN normal.

#### 4.5.6 Hasil Pengujian *Packet loss* VOIP Kondisi Jaringan Ideal

Tabel 4.16 Hasil Pengujian *Packet loss* VOIP

| <i>Bandwidth</i><br>(Kbps) | Jumlah Paket Gagal | Jumlah Paket dikirim ( <i>frame</i> ) | Paket Loss (%) |
|----------------------------|--------------------|---------------------------------------|----------------|
| 256 Kbps                   | 0                  | 86475 <i>frame</i>                    | 0 %            |
| 512 Kbps                   | 0                  | 107515 <i>frame</i>                   | 0 %            |
| 1024 Kbps                  | 0                  | 105234 <i>frame</i>                   | 0 %            |
| 2048 Kbps                  | 0                  | 105761 <i>frame</i>                   | 0 %            |

Data tabel 4.16 menunjukkan uji paket loss pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi ideal yang implementasinya pada tipe data VOIP. Kualitas Pengujian pertama dengan *bandwidth* sebesar 256Kb dengan jumlah paket yang sebesar 86475 *frame* berhasil di transfer ke tujuan dengan *Packet drop* sebesar 0 sehingga keberhasilan transmisi data mencapai 100% sampai pada pengujian terakhir dengan besaran *bandwidth* 2 Mbps mengalami peningkatan jumlah paket yang dikirim dengan jumlah paket yang berhasil dikirim sebesar 105761 *frame* dengan *bandwidth* sebesar 2 Mbps.

#### 4.5.7 Hasil Pengujian *Throughput* VOIP Kondisi Jaringan *Error*

**Tabel 4.17** Hasil Pengujian *Throughput* VOIP

| <i>Bandwidth</i><br>(Kbps) | Utilisasi <i>Bandwidth</i><br>(%) | Jumlah Paket<br>(Byte) | <i>Throughput</i> (bps) |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| 256 Kbps                   | 4.307 %                           | 22055542 byte          | 11027.78 bps            |
| 512 Kbps                   | 1.347 %                           | 21735062 byte          | 6900.02 bps             |
| 1024 Kbps                  | 0.886 %                           | 21909639 byte          | 9074.20 bps             |
| 2048 Kbps                  | 0.254 %                           | 16270551 byte          | 5217.011 bps            |

Tabel 4.17 adalah hasil dari pengujian *throughput* pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi *Error* yang diimplementasikan pada tipe aplikasi VOIP. Terdapat empat perubahan besaran *bandwidth* untuk menguji unjuk kerja setiap tipe data dengan skenario *link* WDS yang terputus, pada tabel pengujian di atas, hasil *throughput* rata rata dan utilisasi *bandwidth* mengalami naik turun seiring bertambahnya jumlah *bandwidth* yang digunakan, pada *bandwidth* sebesar 256Kb memiliki utilisasi *bandwidth* sebesar 4,4%, dan *throughput* 11027 bps menurun sampai 0,212 % pada *bandwidth* sebesar 2 Mbps mengalami penurunan *throughput* sebesar 4352 bps.



#### 4.5.8 Hasil Pengujian *Delay* VOIP Kondisi Jaringan *Error*

**Tabel 4.18** Hasil Pengujian *Delay* VOIP

| <i>Bandwidth</i><br>(Kbps) | Lama Waktu<br>Pengamatan<br>(s) | <i>Delay</i> (s) |
|----------------------------|---------------------------------|------------------|
| 256                        | 399.40 s                        | 0.004618705 s    |
| 512                        | 503.40 s                        | 0.00526445 s     |
| 1024                       | 438.13 s                        | 0.004839439 s    |
| 2048                       | 498.13 s                        | 0.006001681 s    |

Tabel 4.18 adalah hasil dari pengujian *delay* pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi *Error* yang diimplementasikan pada tipe aplikasi VOIP. Terdapat empat perubahan besaran *bandwidth* untuk menguji unjuk kerja setiap tipe data, pada tabel pengujian di atas, hasil rata rata *delay* mengalami naik turun seiring bertambahnya jumlah *bandwidth* yang digunakan, pada *bandwidth* sebesar 256Kb memiliki *delay* sebesar 0,0047 detik, mengalami peningkatan sebesar 0.0053 detik pada *bandwidth* 512Kb dan seterusnya.

#### 4.5.9 Hasil Pengujian *Packet loss* VOIP Kondisi Jaringan *Error*

**Tabel 4.19** Hasil Pengujian *Packet loss* FTP

| <i>Bandwidth</i><br>(Kbps) | Jumlah<br>Paket<br>Gagal | Jumlah Paket<br>dikirim ( <i>frame</i> ) | Paket Loss (%) |
|----------------------------|--------------------------|--|----------------|
| 256                        | 0                        | 86475                                    | 0 %            |
| 512                        | 0                        | 95624                                    | 0 %            |
| 1024                       | 0                        | 90534                                    | 0 %            |
| 2048                       | 0                        | 97248                                    | 0 %            |

Data tabel 4.19 menunjukkan uji paket loss pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi *Error* yang implementasinya pada tipe data VOIP. Kualitas pengujian pertama dengan *bandwidth* sebesar 256Kb dengan jumlah paket yang sebesar 86475 *frame* berhasil di transfer ke tujuan dengan *Packet drop* sebesar 0 sehingga keberhasilan transmisi data mencapai 100% sampai pada pengujian terakhir dengan besaran *bandwidth* 2 Mbps mengalami peningkatan jumlah paket yang dikirim dengan jumlah paket yang berhasil dikirim sebesar 105761 *frame* dengan *bandwidth* sebesar 2 Mbps.

#### 4.6 Analisis Unjuk Kerja *Video streaming* pada *Wireless Mesh Network*

##### 4.6.1 Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat jaringan yang digunakan dapat berjalan dengan baik, sehingga bisa menyediakan data lalu lintas jaringan yang bisa *dicapture* oleh aplikasi wireshark. Indikator berfungsinya adalah *Master AP* dan *Slave AP* bisa saling berkomunikasi membentuk jaringan

*wireless Mesh* dan terhubung dengan internet sebagai sarana untuk mengakses layanan *web* dan bisa melakukan proses download dan upload file.

#### 4.6.2 Alat yang Digunakan

Untuk melakukan pengujian ini maka diperlukan beberapa alat. Alat yang digunakan sebagai berikut :

- a. *Laptop* atau Komputer
- b. *Routerboard* Mikrotik RB951
- c. *Routerboard* Mikrotik RB941
- d. Aplikasi Winbox
- e. Aplikasi Wireshark
- f. Aplikasi VLC

#### 4.6.3 Prosedur Pengujian

- a. Aktifkan semua *switch power* pada perangkat *Routerboard* RB941 & RB951
- b. Sambungkan *laptop* sisi *server* dan *client* secara *wireless* ke salah satu *master AP* dan *slave AP* dan pastikan user mendapatkan akses internet
- c. User komputer sisi *server* mengkonfigurasi RB951 sebagai *Master AP* dan RB941 sebagai *Slave AP* dan mengkonfigurasi besar *bandwidth* yang digunakan untuk mengakses layanan VOIP
- d. User Komputer sisi *Server* membuka aplikasi VLC dan aplikasi wireshark untuk *capture* data sebesar 110MB untuk *Video streaming*

- e. User sisi *Client* membuka VLC untuk menjadi media *Streaming* agar bisa memutar *video streaming*
- f. User sisi *server* mencoba untuk *streaming* video dari aplikasi VLC dan membuka aplikasi wireshark untuk melihat transmisi data UDP
- g. Setelah proses *streaming* dan user sisi *client* bisa *streaming* video dari sisi *client*, proses transfer data UDP yang tertangkap di wireshark difilter dengan tipe data MPEG-TS dan disimpan dalam bentuk CSV.

#### 4.6.4 Hasil Pengujian *Throughput Video streaming* Kondisi Jaringan Ideal

**Tabel 4.20** Hasil Pengujian *Throughput Video streaming*

| <i>Bandwidth</i><br>(Kbps) | Utilisasi<br><i>Bandwidth</i> (%) | Jumlah Paket<br>(Byte) | <i>Throughput</i><br>(bps) |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|
| 256 Kbps                   | 9.871 %                           | 154347123 byte         | 25271.74 bps               |
| 512 Kbps                   | 19.864 %                          | 97534727 byte          | 101704.6 bps               |
| 1024 Kbps                  | 10.033 %                          | 97447686 byte          | 102738.74 bps              |
| 2048 Kbps                  | 0.0102 %                          | 109719279 byte         | 210.65 bps                 |

Data 4.20 menunjukkan uji *throughput* pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi normal yang implementasinya pada tipe data *Video streaming*. Kualitas pengujian pertama dengan *bandwidth* sebesar 256Kb menghasilkan utilisasi *bandwidth* sebesar 9.9% dengan rata rata *throughput* sebesar 25272 bps mengalami peningkatan seiring bertambahnya *bandwidth* sebesar 512Kb dengan utilisasi *bandwidth* sebesar 19.9 % dan *throughput* rata rata sebesar 101704 Bps. Pada *bandwidth* 1024Kb mengalami

penurunan utilisasi *bandwidth* sebesar 10.033 % dan peningkatan jumlah *throughput* sebesar 102738 bps

#### 4.6.5 Hasil Pengujian *Delay Video streaming* Kondisi Jaringan Ideal

**Tabel 4.21** Hasil Pengujian *Delay Video streaming*

| <b><i>Bandwidth</i></b><br><b>(Kbps)</b> | <b>Lama Waktu Pengamatan</b><br><b>(s)</b> | <b><i>Delay</i> (s)</b> |
|--|--|-------------------------|
| 256                                      | 697.78 s                                   | 0.010578402 s           |
| 512                                      | 273.61 s                                   | 0.003574759 s           |
| 1024                                     | 271.12 s                                   | 0.00360833 s            |
| 2048                                     | 280.87 s                                   | 0.003887597 s           |

Tabel 4.21 adalah hasil dari pengujian *delay* pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi normal yang diimplementasikan pada tipe aplikasi *video streaming*. Terdapat empat perubahan besaran *bandwidth* untuk menguji unjuk kerja setiap tipe data, pada tabel pengujian di atas, hasil rata rata *delay* mengalami naik turun seiring bertambahnya jumlah *bandwidth* yang digunakan, pada *bandwidth* sebesar 256Kb memiliki *delay* sebesar 0,0105 detik, mengalami penurunan sebesar 0.0036 detik pada *bandwidth* 512Kb dan seterusnya.

#### 4.6.6 Hasil Pengujian *Packet loss* Video streaming Kondisi Jaringan Ideal

**Tabel 4.22** Hasil Pengujian *Packet loss* Video streaming

| <i>Bandwidth (Kbps)</i> | <b>Jumlah Paket Gagal</b> | <b>Jumlah Paket dikirim (frame)</b> | <b>Paket Loss (%)</b> |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 256 Kbps                | 0                         | 65963 <i>frame</i>                  | 0 %                   |
| 512 Kbps                | 0                         | 76542 <i>frame</i>                  | 0 %                   |
| 1024 Kbps               | 0                         | 75139 <i>frame</i>                  | 0 %                   |
| 2048 Kbps               | 0                         | 72248 <i>frame</i>                  | 0 %                   |

Data tabel 4.22 menunjukkan uji paket loss pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi normal yang implementasinya pada tipe data *video streaming*. Kualitas pengujian pertama dengan *bandwidth* sebesar 256Kb dengan jumlah paket yang sebesar 65963 *frame* berhasil di transfer ke tujuan dengan *Packet drop* sebesar 0 sehingga keberhasilan transmisi data mencapai 100% sampai pada pengujian terakhir dengan besaran *bandwidth* 2 Mbps mengalami penurunan jumlah paket yang dikirim dengan jumlah paket yang berhasil dikirim sebesar 72248 *frame* meski sebelumnya mengalami peningkatan sebesar 75139 *frame*.

#### 4.6.7 Hasil Pengujian *Throughput Streaming* Kondisi Jaringan *Error*

**Tabel 4.23** Hasil Pengujian *Throughput Video streaming*

| <b><i>Bandwidth (Kbps)</i></b> | <b><i>Utilisasi Bandwidth (%)</i></b> | <b><i>Jumlah Paket (Byte)</i></b> | <b><i>Throughput (bps)</i></b> |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 256 Kbps                       | 30.205 %                              | 97122347 byte                     | 77326.71 bps                   |
| 512 Kbps                       | 21.309 %                              | 97214313 byte                     | 109106.98 bps                  |
| 1024 Kbps                      | 9.950 %                               | 97361957 byte                     | 101896.35 bps                  |
| 2048 Kbps                      | 6.156 %                               | 97319777 byte                     | 126082.31 bps                  |

Tabel 4.23 adalah hasil dari pengujian *throughput* pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi *Error* yang diimplementasikan pada tipe aplikasi *video streaming*. Terdapat empat perubahan besaran *bandwidth* untuk menguji unjuk kerja setiap tipe data dengan skenario *link* WDS yang terputus, pada tabel pengujian di atas, hasil *throughput* rata rata dan utilisasi *bandwidth* mengalami penurunan. jumlah *bandwidth* sebesar 256Kb memiliki utilisasi *bandwidth* sebesar 30,21%, dan *throughput* 77327bps menurun sampai 6,16% pada *bandwidth* sebesar 2 Mbps mengalami sedikit kenaikan *throughput* sebesar 126082bps.

#### 4.6.8 Hasil Pengujian *Delay Streaming* Kondisi Jaringan *Error*

**Tabel 4.24** Hasil Pengujian *Delay Video streaming*

| <i>Bandwidth</i> | Lama Waktu Pengamatan (s) | <i>Delay</i> (s) |
|------------------|---------------------------|------------------|
| 256              | 314.17 s                  | 0.003673089 s    |
| 512              | 263.72 s                  | 0.003213736 s    |
| 1024             | 272.99 s                  | 0.003515848 s    |
| 2048             | 246.51 s                  | 0.00312523 s     |

Tabel 4.24 adalah hasil dari pengujian *delay* pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi *Error* yang diimplementasikan pada tipe aplikasi *video streaming*. Terdapat empat perubahan besaran *bandwidth* untuk menguji unjuk kerja setiap tipe data, pada tabel pengujian di atas, hasil rata rata *delay* mengalami naik turun seiring bertambahnya jumlah *bandwidth* yang digunakan, pada *bandwidth* sebesar 256Kb memiliki *delay* sebesar 0,037 detik, mengalami penurunan sebesar 0.0032 detik pada *bandwidth* 512Kb dan mengalami peningkatan *delay* pada *bandwidth* 1024 Kbps dengan *delay* sebesar 0.0036 detik.



#### 4.6.9 Hasil Pengujian *Packet loss Streaming* Kondisi Jaringan *Error*

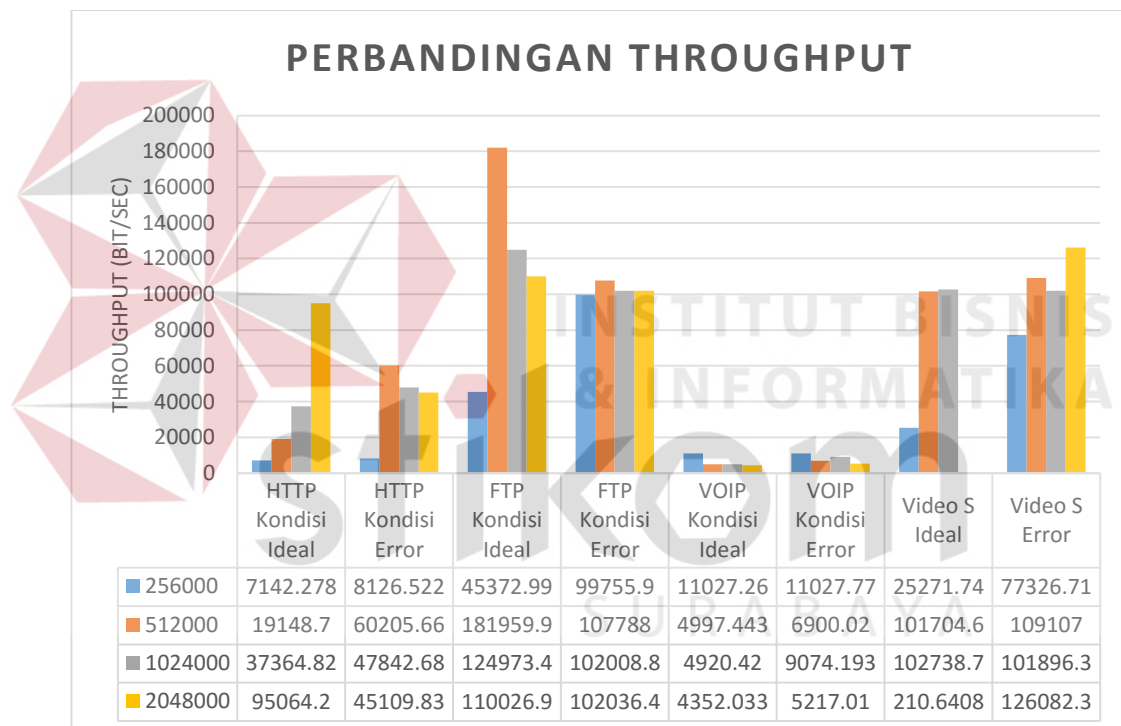
**Tabel 4.25** Hasil Pengujian *Packet loss Video streaming*

| <i>Bandwidth (Kbps)</i> | <b>Jumlah Paket Gagal</b> | <b>Jumlah Paket dikirim (<i>frame</i>)</b> | <b>Paket Loss (%)</b> |
|-------------------------|---------------------------|--|-----------------------|
| 256 Kbps                | 0                         | 85534 <i>frame</i>                         | 0 %                   |
| 512 Kbps                | 0                         | 82063 <i>frame</i>                         | 0 %                   |
| 1024 Kbps               | 0                         | 77647 <i>frame</i>                         | 0 %                   |
| 2048 Kbps               | 0                         | 78878 <i>frame</i>                         | 0 %                   |

Data tabel 4.25 menunjukkan uji paket loss pada jaringan *wireless Mesh network* dengan kondisi *Error* yang implementasinya pada tipe data *video streaming*. Kualitas pengujian pertama dengan *bandwidth* sebesar 256Kb dengan jumlah paket yang sebesar 85534 *frame* berhasil di transfer ke tujuan dengan *Packet drop* sebesar 0 sehingga keberhasilan transmisi data mencapai 100% sampai pada pengujian terakhir dengan besaran *bandwidth* 2 Mbps mengalami penurunan jumlah paket yang dikirim dengan jumlah paket yang berhasil dikirim sebesar 72248 *frame* meski sebelumnya mengalami peningkatan sebesar 75139 *frame*.

#### 4.7. Analisis Parameter QoS

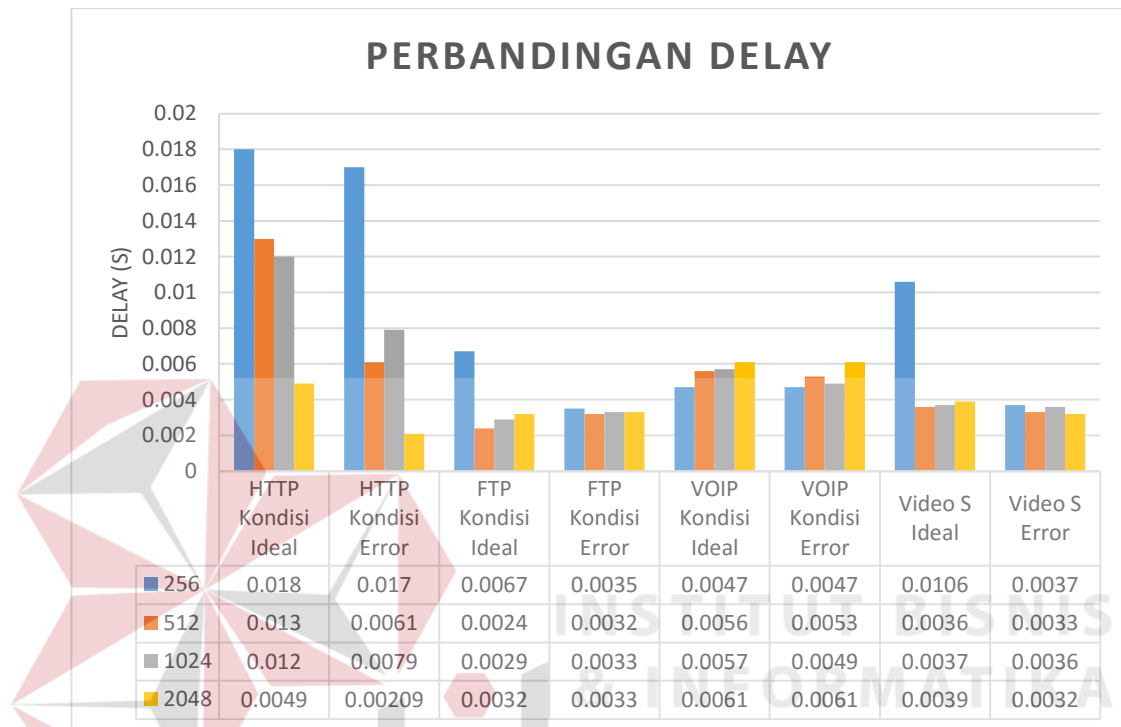
Berikut ini adalah hasil pengujian dari unjuk kerja dari keseluruhan tipe data dengan kondisi jaringan normal dan *Error*. aplikasi *Wireshark* digunakan untuk monitoring trafik data yang sedang berlangsung.



Gambar 4.21 Grafik hasil pengujian rata rata *throughput*

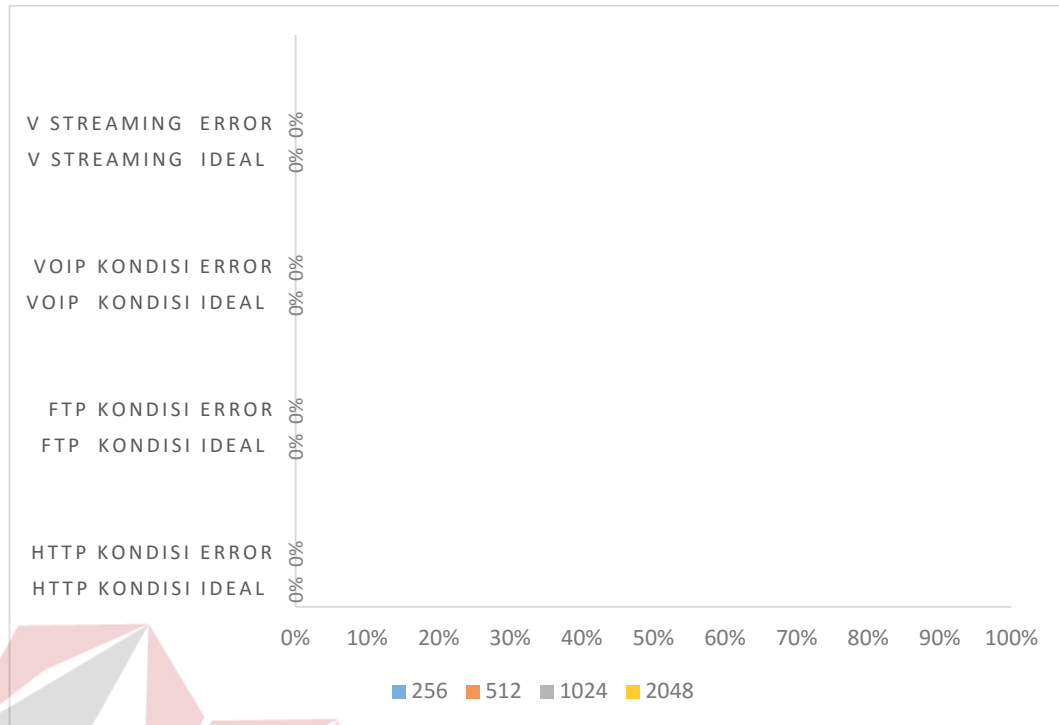
Gambar 4.21 memberikan keterangan lebih lanjut mengenai perbandingan *throughput* yang sudah teruji dengan kondisi jaringan yang berbeda, hasil yang berbeda cukup signifikan terdapat pada tipe data HTTP yang dalam kondisi *Error* pada *bandwidth* 2 Mbps mengalami lonjakan *throughput* yang cukup tinggi dibandingkan dengan kondisi normal yang secara eksponensial dari *bandwidth*

rendah ke tinggi mengalami peningkatan. Efek lonjakan *throughput* pada tipe data HTTP dengan kondisi *Error* disebabkan adanya *link* yang terputus sehingga data flow yang ada mengalami antrian di salah satu *link* WDS yang tersisa



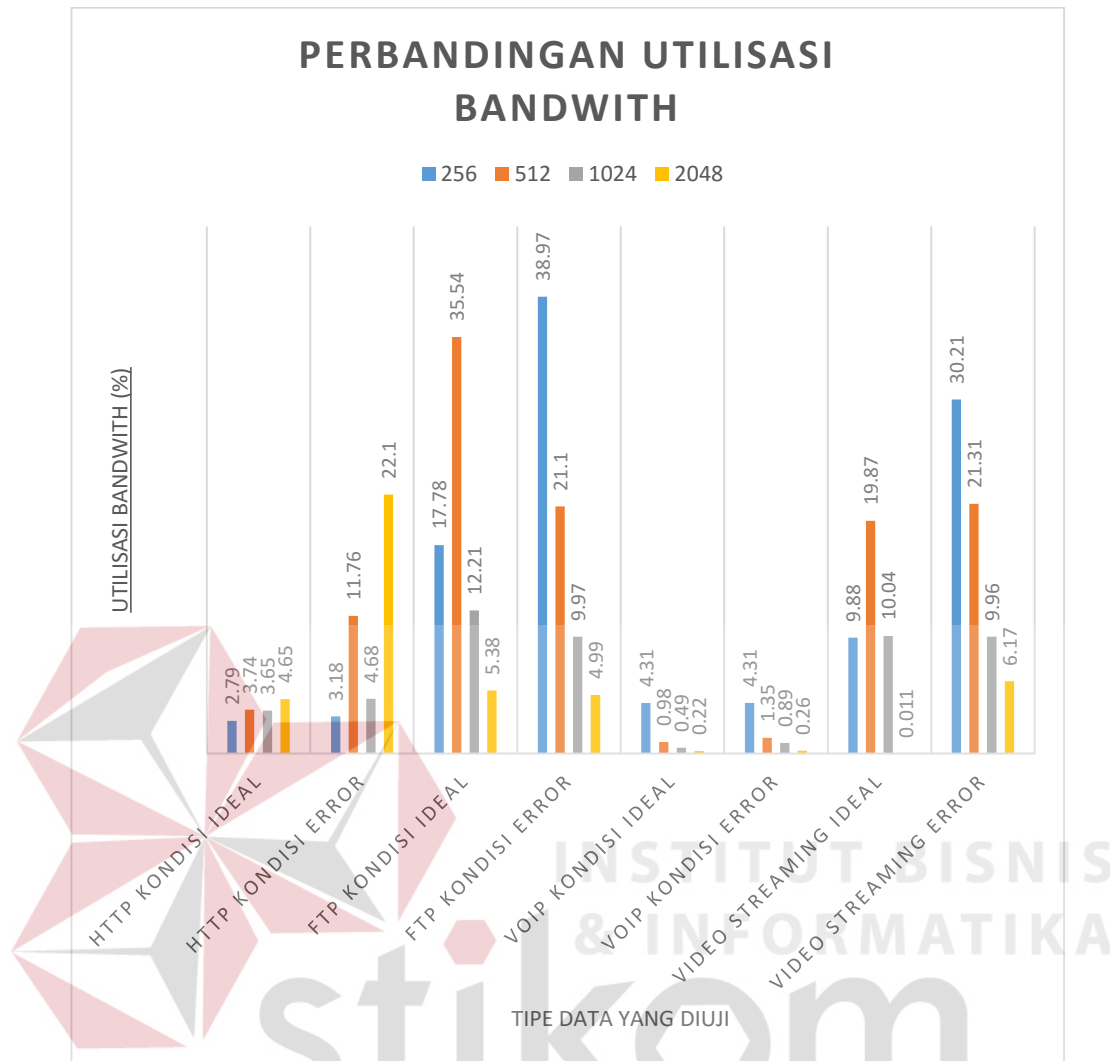
Gambar 4.22 Grafik hasil pengujian rata rata *Delay*

Pada gambar 4.22 di atas perbandingan *delay* antar tipe data memiliki variasi yang beragam seperti pada tipe data HTTP dengan kondisi jaringan ideal yang menunjukkan penurunan *delay* secara konsisten dengan menambahnya *bandwidth*. Lain halnya hasil uji dengan tipe data HTTP dengan kondisi jaringan *Error* yang mengalami penurunan *delay* namun tidak bertahap.



Gambar 4.23 Grafik hasil pengujian rata rata *Packet loss*

Pada grafik 4.23 menunjukkan hasil uji *packet loss* pada seluruh tipe data yang menunjukkan tidak adanya *packet drop* selama proses transmisi data sedang berlangsung meskipun terdapat kondisi *link WDS* yang terputus karena ada *back up link* yang menjadi media cadangan transmisi data dalam ruang lingkup jaringan *Wireless Mesh Network* sehingga transfer data masih *reliable* untuk sampai di tempat tujuan.



Gambar 4.24 Grafik hasil pengujian rata rata Utilisasi *Bandwidth*

Grafik 4.24 menunjukkan hasil rata rata utilisasi *bandwidth* yang telah diujikan ke seluruh tipe data dengan kondisi jaringan *Wireless Mesh Network* yang berbeda saat menerapkan protokol HWMP. Perbedaan sangat signifikan terlihat pada tipe data FTP dengan kondisi *Error* dengan rata rata 38,97% sumber daya yang dihabiskan dengan *bandwidth* kisaran 256Kbps saat menerapkan protokol HWMP+ dibandingkan dengan kondisi normal atau ideal dengan *bandwidth* sebesar 256Kbps dengan rata rata 17,8% sehingga dapat disimpulkan jaringan WMN dengan penerapan protokol HWMP+ dalam kondisi normal lebih hemat sumber daya.