

## RANCANG BANGUN MANAJEMEN BANDWIDTH PADA WIRELESS MESH NETWORK DENGAN METODE HIERARCHY TOKEN BUCKET

Hery Oktafiandi<sup>1)</sup>, Widyawan<sup>2)</sup>, Sri Suning Kusumawardani<sup>3)</sup>

<sup>1), 2), 3)</sup> Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi FT UGM  
Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA

Email : [heryokta@gmail.com](mailto:heryokta@gmail.com)<sup>1)</sup>, [widyawan@ugm.ac.id](mailto:widyawan@ugm.ac.id)<sup>2)</sup>, [suning@ieee.org](mailto:suning@ieee.org)<sup>3)</sup>

### Abstrak

*Wireless Mesh Network (WMN) merupakan teknologi yang menggabungkan teknologi wireless dan routing ad-hoc, yang memiliki kemampuan dapat melakukan konfigurasi sendiri (self configure), mengorganisasi sendiri (self organized), dan membentuk diri sendiri (self healing). Dengan keunggulan-keunggulan tersebut timbul permasalahan bagaimana mengatur alokasi bandwidth bagi pengguna sehingga kinerja jaringan akan tetap maksimal mengingat semakin banyaknya pengguna yang akan terhubung dan memanfaatkan jaringan tersebut. Dengan manajemen bandwidth menggunakan metode hierarchy token bucket (HTB) yang merupakan bagian dari classfull queueing discipline dimungkinkan untuk melakukan konfigurasi sharing bandwidth untuk semua client.*

*Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan rancang bangun manajemen bandwidth pada Wireless Mesh Network dengan metode HTB dan melakukan analisis kinerja jaringan terhadap QoS dengan parameter throughput, latency, jitter dan packet losses. Pengujian dilakukan dengan skenario single hop, 2 hop dan 3 hop. Wireless Mesh Network dibangun dengan menggunakan routing protocol OLSR.*

*Hasil penelitian menggambarkan bahwa dengan implemetasi manajemen bandwidth menggunakan metode HTB, diperoleh nilai QoS yang lebih bagus pada WMN pada skenario pengujian single hop, 2 hop, dan 3 hop dengan parameter bandwidth, jitter, latency, dan packet loss. Pada skenario 3 hop, nilai jitter pada sharing bandwidth 256 Kbps lebih besar dibandingkan dengan bandwidth 512 Kbps.*

**Kata kunci:** *Wireless Mesh Network (WMN), manajemen bandwidth, Hierarchy Token Bucket (HTB), QoS, OLSR*

### 1. Pendahuluan

Wilayah Indonesia yang sangat luas dengan tingkat kepadatan penduduk yang tidak merata sangat memungkinkan pemanfaatan teknologi nirkabel.

Dengan teknologi nirkabel diharapkan daerah-daerah dengan kontur perbukitan dan pegunungan dapat ter-coverage dengan baik. Teknologi yang banyak digunakan dalam perancangan dan implementasi jaringan nirkabel adalah *protocol* 802.11 (802.11a,802.11b,802.11g). *Wireless Mesh Network* merupakan topologi jaringan yang dapat diterapkan untuk cakupan daerah yang luas dalam implementasinya WMN dapat menggunakan *routing protocol Optimized Link State Routing (OLSR)* yang paling memungkinkan untuk membangun sebuah jaringan yang besar pada suatu daerah yang luas dengan meminimalisasi pembangunan infrastruktur.

Dari karakteristik *Wireless Mesh Network* yaitu *self organized* dan *self configured*, maka mesh node dapat dipasang secara bertahap sesuai dengan pengembangan kebutuhan jaringan tanpa mengabaikan keunggulan tingkat reliabilitas dan konektivitas dari jaringan tersebut. Dengan keunggulan-keunggulan tersebut timbul permasalahan bagaimana mengatur alokasi *bandwidth* bagi pengguna sehingga kinerja jaringan akan tetap maksimal mengingat akan semakin banyaknya pengguna yang akan terhubung dan memanfaatkan jaringan tersebut [1].

Dalam penerapan manajemen *bandwidth* pada jaringan nirkabel dengan topologi mesh, diperlukan juga tahapan-tahapan untuk menentukan metodologi perencanaan. Masing-masing tahapan tersebut akan bermanfaat untuk kebutuhan pengawasan dalam proses pelaksanaan implementasi. dimana tahapan-tahapan itu meliputi; melakukan investigasi awal untuk mengantisipasi perubahan jaringan yang ada, melakukan analisis jaringan yang ada, melakukan perancangan, persiapan implementasi tahap akhir perancangan, implementasi dan membuat dokumentasi [2].

Metode manajemen *bandwidth* HTB (*Hierarchy Token Bucket*) merupakan teknik antrian yang dapat memberikan pembatasan trafik pada setiap level maupun klasifikasi. Dengan manajemen HTB ini, *bandwidth* yang tidak terpakai bisa digunakan oleh klasifikasi yang lebih rendah. HTB termasuk dalam

*Classfull Queueing Discipline* yaitu suatu metode antrian dengan *multiple class*, sehingga dimungkinkan konfigurasi yang berbeda untuk setiap kelasnya. Dengan manajemen bandwidth diharapkan kualitas koneksi dalam jaringan yang dapat diartikan sebuah proses pengiriman data hingga sampai pada tujuan dengan kualitas koneksi yang lebih baik menjadi penilaian *Quality of Service* yang dapat dievaluasi [3].

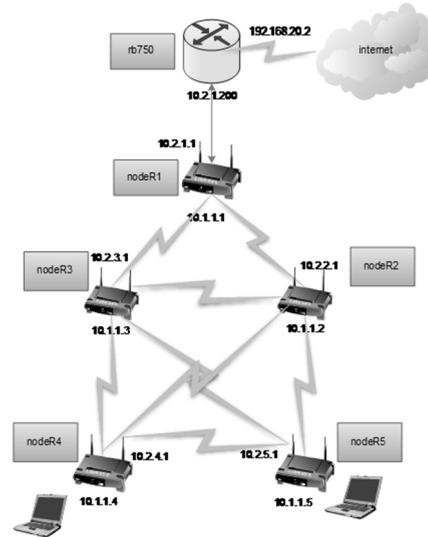
*Quality of Service* menjadi hal yang sangat penting dalam realisasi jaminan dari kualitas suatu aplikasi sehingga dapat diberi penilaian dari aspek kualitatif sudut pandang user, apakah masuk kategori *excellent*, *very good*, *good*, *medium*, *bad*, *very bad* dan *none*. Untuk mendapatkan penilaian tersebut dibutuhkan spesifikasi pada beberapa level sistem seperti *network*, aplikasi, dan *user*. Pada *Layer Network* hal-hal yang dibutuhkan sebagai sumber untuk maintenance dan menjamin kinerja jaringan. *Layer Network* dapat merupakan salah satu dari aplikasi layer *quality of service* dengan spesifikasi yang dibutuhkan antara lain *delay*, *jitter*, *throughput* dan *bandwidth* [4]. *Quality of Service* merupakan definisi dari unjuk kerja suatu jaringan baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif dengan parameter yang telah disepakati antara *service provider* dengan *user* atas dasar *requirement network*.

Untuk meminimalisir masalah-masalah yang akan timbul pada saat implementasi WMN (*Wireless Mesh Network*) perlu diketahui hal-hal yang dapat menyebabkan kurang optimalnya hasil pengukuran dari perancangan yang telah dilakukan. Masalah yang kerap muncul meliputi hal keamanan, *bandwidth*, sumber energi, dan koneksi asimetrik [5]. WMN akan menjadi generasi berikutnya dalam *wireless network* karena lebih bersifat fleksibel, adaptif, dan arsitekturnya yang bisa dikonfigurasi ulang. Hal ini berdampak pada rendahnya biaya operasional pengembangan bagi pihak *service provider* [6].

Arsitektur WMN terdiri atas tiga elemen [7], yang pertama adalah *network gateway* yang berfungsi sebagai elemen jaringan yang akan menjadi gerbang akses ke infrastruktur kabel, internet, atau *local network* lainnya. Yang kedua elemen *access point* (AP) yang bersifat fleksibel dan mudah dalam instalasi dan konfigurasinya dengan memaksimalkan fungsinya yang dapat digunakan sebagai *backbone*. *Access point* difungsikan untuk mencakup luas jangkauan area yang akan digunakan sebagai daerah pengembangan WMN. Elemen ketiga dalam arsitektur WMN adalah *mobile node*. *Mobile node* dapat berupa PDA, laptop, ataupun telepon selular yang dilengkapi dengan perangkat yang dapat menangkap atau mengakses jaringan *wireless* yang dipancarkan melalui *access point*.

Pada penelitian ini dibangun *testbed* WMN di kampus Politeknik Sawunggalih Aji, Purworejo dengan menggunakan *Routing Protocol OLSR* serta melakukan analisis terhadap kinerja jaringan yang dihasilkan

dengan parameter QoS. Perangkat yang digunakan yaitu perangkat *single-radio Cisco Linksys WRT54GL* dengan *firmware* termodifikasi menggunakan aplikasi *freifunk routing protocol OLSR* dan Routerboard Rb750.



Gambar 1. Rancangan Topology Jaringan WMN

## 2. Pembahasan

Mekanisme pengujian dalam penelitian ini diawali dengan membangun jaringan WMN dengan menggunakan *routing protocol OLSR*. Gambar 1 menunjukkan topology jaringan yang digunakan. Setelah jaringan WMN telah terkoneksi dengan menguji koneksi *ad hoc* dari masing-masing *user* yang aktif, kemudian diimplementasikan manajemen *bandwidth* dengan metode HTB, dengan ketentuan alokasi *bandwidth* sebagai berikut:

- Pada kelompok pertama akan dialokasikan 512 Kbps untuk download maksimal dan 256 Kbps untuk upload maksimal, dan pada kelompok kedua akan mendapatkan 256 Kbps untuk download maksimal dan 128 Kbps untuk upload maksimal.
- Untuk pengujian *throughput*, *Jitter* dan *Packet Loss* dilakukan pengujian dengan 3 skenario. Masing-masing skenario tersebut adalah WMN dengan single hop, 2 hop, dan 3 hop, dimana setiap skenario dilakukan pengujian tanpa mikrotik/*manajemen bandwidth*, dan dengan manajemen *bandwidth*.
- Parameter yang diukur adalah *throughput*, *latency*, *jitter* dan *packet loss* sebagai kebutuhan jaringan untuk memenuhi *Quality of Service*.

### 2.1 Konfigurasi HTB dengan Rb750

Konfigurasi Rb750 dilakukan dengan menggunakan Winbox yang sudah berbentuk mode *Graphical User Interface* (GUI). Implementasi HTB dapat diterapkan dengan diawali menandai paket-paket untuk tiap koneksi *client* melalui konfigurasi *Mangle* kemudian menginput *Committed Information Rates* (CIR),

*Maximum Information Rate (MIR), Parent* dan prioritas dari tiap paket melalui konfigurasi *Queue*.

```
[admin@Mikrotik]> ip firewall mangle
[admin@Mikrotik]ip firewall mangle>

add chain=forward action=mark-packet new- packet-
mark=mp-1 passthrough=no connection- mark=mc-all in-
bridge-port=ether2 out-bridge- port=ether3 disabled=no
```

Mengaktifkan fitur *Mangle* pada *Firewall* untuk menandai data paket yang akan dipakai untuk proses selanjutnya dengan tanda khusus. *Mangle* akan mengidentifikasi paket berdasarkan tandanya agar paket tersebut dikenal oleh *Queue Tree*.

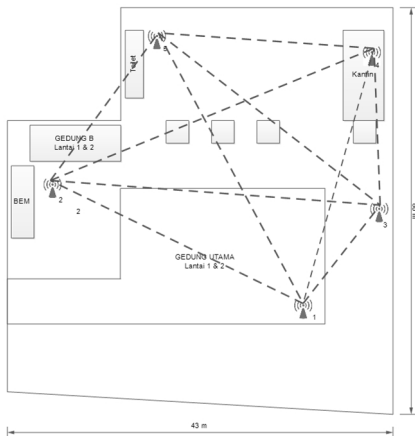
```
[admin@Mikrotik]queue>tree
[admin@Mikrotik]queuetree>

add name="client-1" parent=global-out packet- mark="mp-
1" limit-at=0 queue=packet-dw priority=1 max-limit=
512K burst-limit=0 \ burst-threshold=0 burst-time=0s
disabled=no

add name="client-2" parent=global-out packet- mark="mp-
2" limit-at=0 queue=packet-up priority=1 max-
limit=256K burst-limit=0 \ burst-threshold=0 burst-
time=0s disabled=no
```

**2.2 Pengujian Full Mesh**

Pengujian *ping* dilakukan untuk menguji koneksi jaringan yang dibangun sesuai dengan rancangan dan penempatan masing-masing *access point*. Skenario pengujian dilakukan menggunakan PuTTY dengan perintah *ping* dari *node-1* ke *node* lain yang terhubung dalam jaringan dengan lokasi penempatan *router* seperti Gambar 2. Masing-masing *access point* sudah ditempatkan sesuai dengan perancangan jaringan yang dibuat dengan memperhatikan faktor lingkungan yang terdiri dari gedung dan sebagian ruang terbuka dengan pohon-pohon disekitar lokasi penelitian.



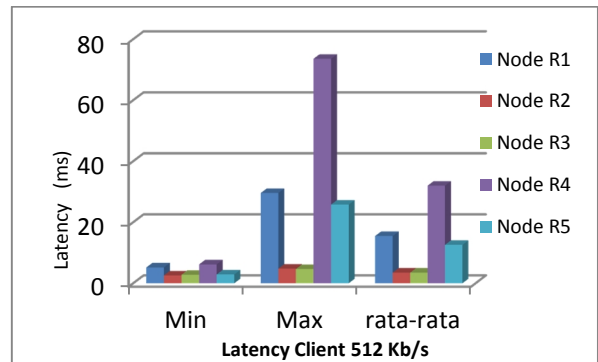
Gambar 2. Posisi Router untuk Pengujian WMN

Masing-masing *node* yang ditempatkan sesuai dengan rancangan awal dilokasi penelitian dilakukan pengujian dengan melakukan *ping* dari *node-1* sebagai *node source* ke *node 2*, *node 3*, *node 4*, dan *node 5*. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa semua *node* sudah

terhubung satu sama lain, dan rancangan *full mesh network* sudah sesuai dengan rancangan.

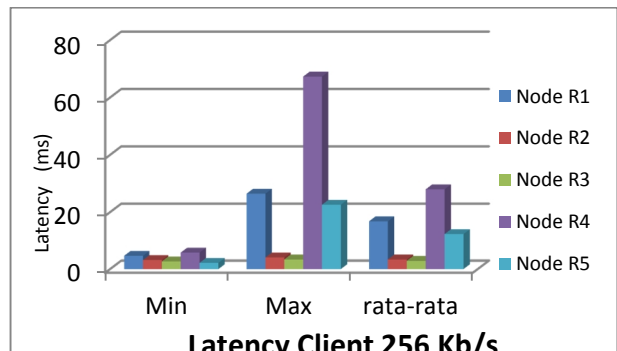
**2.2.1 Latency**

Skenario pengambilan nilai *latency* atau *delay* dari setiap *router* dilakukan dalam waktu 30 menit menggunakan *Smoke Ping*. Diketahui bahwa pada alokasi *bandwidth* 512 Kbps didapatkan nilai minimal pada *node 2* sebesar 2.8 ms, dan maksimal pada *node 4* sebesar 73,6 ms. Sedangkan pada alokasi 256 Kbps diperoleh nilai minimal sebesar 2,2 ms pada *node 5*, dan nilai maksimal sebesar 67,3 ms pada *node 4*. Dari data tersebut rata-rata nilai *latency* yang diperoleh selama pengambilan data berkisar antara 3,5 – 32 ms untuk alokasi *bandwidth* 512 Kbps ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Latency Client 512 Kbps

Pada Gambar 4 menunjukkan grafik data *latency* untuk *client* dengan alokasi *bandwidth* 256 Kbps. Data *latency* yang diperoleh rata-rata berkisar antara 2,9 – 28 ms. Dari batasan yang sesuai dengan ITU-T *recommendation latency range* dari jaringan WMN yang dibangun antara 3,5 - 32 ms, termasuk pada *range* yang terekomendasi untuk *delay/latency* transmisi.

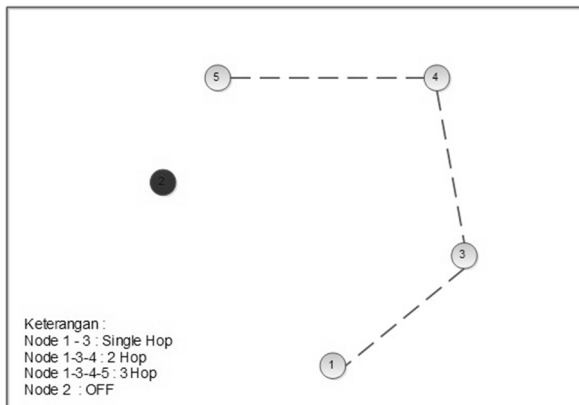


Gambar 4. Latency Client 256 Kbps

**2.2.2.Throughput**

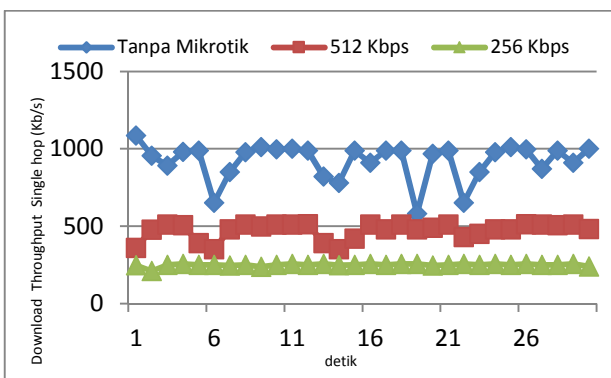
Pengukuran *throughput* dengan *singlehop*, 2-hop, dan 3-hop, dilakukan dengan skenario pengukuran memberi beban *client* melalui proses download file, *software*

Jperf sebagai *tool* pengukur, dua buah laptop, dan empat buah *router* dengan posisi penempatan seperti Gambar 5.



**Gambar 5** Posisi *Router* untuk Pengukuran *Throughput*

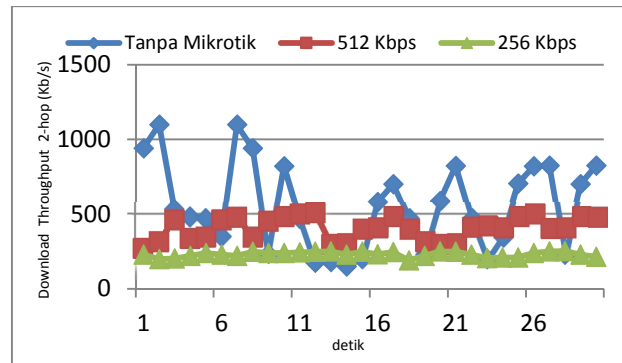
Pengukuran *throughput* dilakukan dengan tiga skenario, yang pertama skenario *single hop* dengan menempatkan *client* di node-3 seperti yang ditunjukkan Gambar 6. *Client* yang berada di node-3 melakukan aktifitas *download* file dengan konfigurasi tanpa mikrotik dan dengan manajemen *bandwidth* pada *router* Rb750.



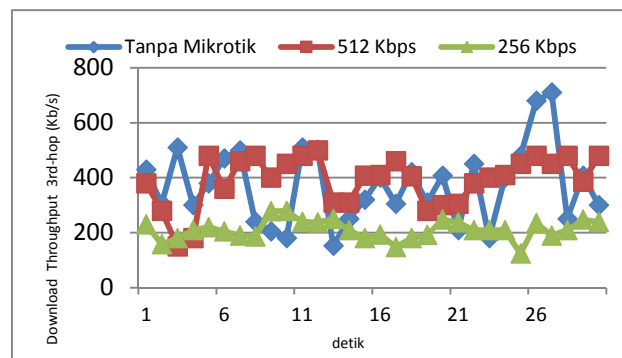
**Gambar 6.** Grafik Data *Throughput Single Hop*

Pengujian untuk pengukuran dengan skenario kedua dengan menempatkan *client* pada node-4. Pengaturan dilakukan sedemikian rupa sehingga node-4 tidak terhubung langsung dengan node-1. Dari hasil pengujian pada skenario kedua diperoleh data yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Pengujian dengan skenario ketiga dengan menempatkan *client* pada node-5. Dengan metode pengujian yang sama dengan pengujian pertama dan kedua. Dari hasil pengujian pada skenario kedua diperoleh data yang ditunjukkan pada Gambar 8.



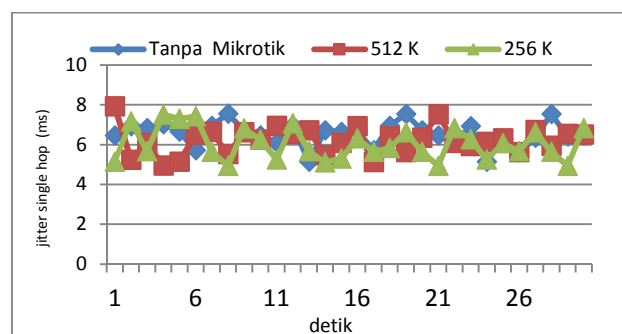
**Gambar 7.** Grafik Data *Throughput 2 Hop*



**Gambar 8.** Grafik Data *Throughput 3 Hop*

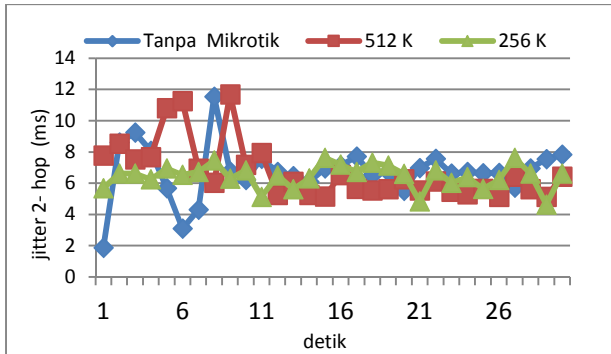
### 2.2.3 Jitter

Skenario pengukuran *jitter* sama dengan skenario yang dilakukan pada saat pengukuran *throughput*. Dengan skenario tanpa mikrotik dan dengan mikrotik alokasi *bandwidth* 512 Kbps dan 256 Kbps. *Jitter* merupakan variasi *delay* yang terjadi akibat adanya selisih waktu atau interval antar kedatangan paket di penerima.



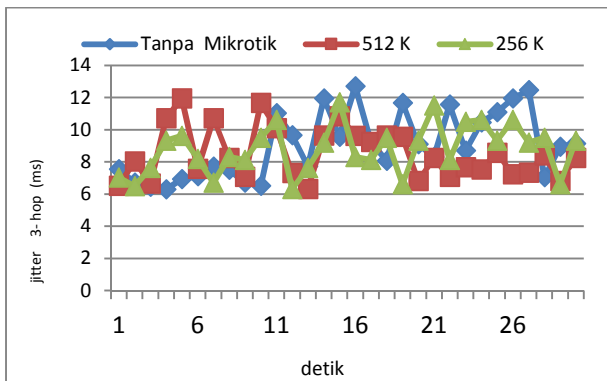
**Gambar 9.** Data Pengukuran *Jitter Single Hop*

Pada Gambar 9 menunjukkan grafik pengukuran *jitter single hop* dengan skenario *single hop*. Dari data pengukuran diperoleh nilai rata-rata *Jitter* untuk jaringan tanpa mikrotik sebesar 6,5237 ms, alokasi 512 Kbps didapatkan 6,2144 ms, dan alokasi 256 Kbps.



Gambar 10. Data Pengukuran Jitter 2 Hop

Pengukuran *Jitter* untuk skenario kedua dengan WMN 2-hop didapatkan data yang ditunjukkan pada grafik pada Gambar 10, diperoleh nilai rata-rata tanpa mikrotik 6,7307 ms, alokasi 512 Kbps sebesar 6,7091 ms, dan alokasi 256 Kbps sebesar 6,4054 ms.



Gambar 11. Data Pengukuran Jitter 3 Hop

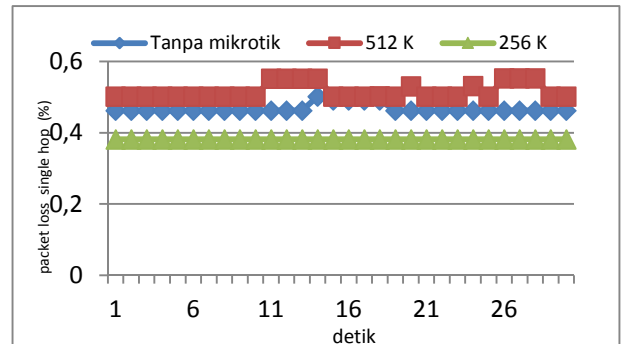
Pengukuran *Jitter* untuk skenario ketiga dengan WMN 3-hop didapatkan data yang ditunjukkan pada grafik pada Gambar 11. Diperoleh nilai rata-rata tanpa mikrotik 8,9969 ms, alokasi 512 Kbps sebesar 8,5015 ms, dan alokasi 256 Kbps sebesar 8,7883 ms.

Hasil pengukuran *Jitter* dengan membandingkan hasil pengujian dari tiga skenario yang dirancang diperoleh data bahwa nilai *Jitter* yang diperoleh masih dalam *range* kualitas baik. Pada skenario pertama, kedua, dan ketiga, data yang diperoleh dapat digambarkan bahwa WMN tanpa mikrotik mempunyai *Jitter* lebih tinggi dibandingkan pada WMN dengan manajemen *bandwidth* alokasi 512 Kbps dan 256 Kbps.

#### 2.2.4 Packet Loss

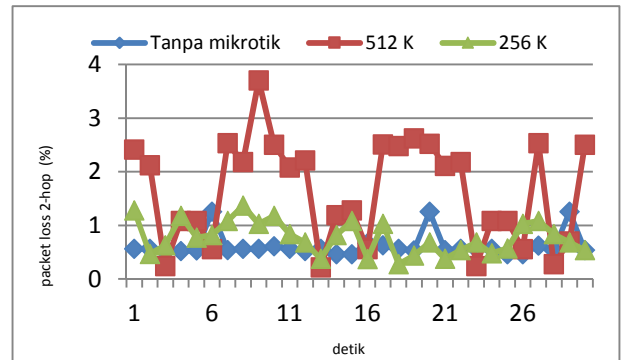
Pengukuran *packet loss* bertujuan untuk mengetahui kehilangan paket data ketika terjadi *peak load* dan *congestion* atau yang biasa disebut dengan kemacetan transmisi paket akibat padatnya *traffic* yang harus dilayani dalam batas waktu tertentu. Pengukuran dilakukan dengan tiga skenario yang sama pada saat pengukuran *throughput* dan *jitter*. Masing-masing skenario dilakukan pada kondisi WMN tanpa manajemen *bandwidth* dengan mikrotik dan juga WMN

dengan manajemen *bandwidth* alokasi 512 Kbps dan 256 Kbps.



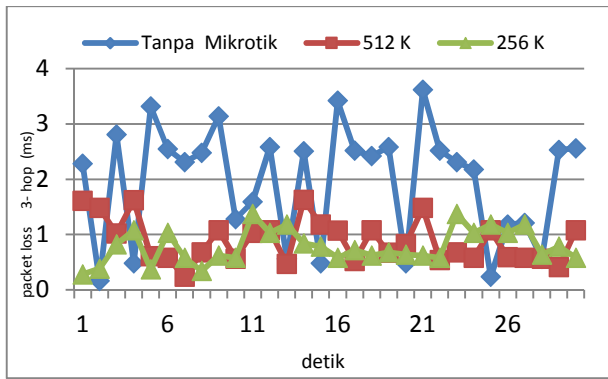
Gambar 12. Data pengukuran Packet Loss Single Hop

Pada skenario pertama diperoleh data yang ditunjukkan pada Gambar 12. WMN dengan penempatan *client* dengan *single hop* tersebut diperoleh nilai rata-rata. Hasil pengukuran *packet loss* rata-rata untuk tanpa mikrotik diperoleh sebesar 0,5163 % berbanding dengan alokasi 512 Kbps sebesar 0,468 % dan alokasi 256 Kbps sebesar 0,3820 %. Hasil rata-rata tersebut menunjukkan bahwa *packet loss* pada WMN tanpa mikrotik lebih besar dibandingkan WMN menggunakan manajemen *bandwidth* dengan mikrotik. *Packet loss* pada alokasi 256 Kbps lebih kecil dibandingkan pada alokasi 512 Kbps.



Gambar 13. Data pengukuran Packet Loss 2Hop

Pada Gambar 13 dari hasil pengukuran *packet loss* 2 hop rata-rata diperoleh nilai 1,6443% untuk WMN tanpa mikrotik berbanding 0,6182% untuk rata-rata *packet loss* pada WMN dengan alokasi 512 Kbps dan 0,7743% pada *sharing bandwidth* 256 Kbps. Pada Gambar 14. menunjukkan data pengukuran *packet loss* 3 hop rata-rata dengan nilai sebesar 1,9620 % untuk WMN tanpa mikrotik sedangkan untuk WMN dengan manajemen *bandwidth* diperoleh nilai sebesar 0,8873% untuk *sharing bandwidth* 512 Kbps dan 0,7837% untuk alokasi 256 Kbps.



Gambar 14. Data pengukuran Packet Loss 3Hop

Hasil pengukuran nilai *packet loss* dari tiga skenario pengujian yang dilakukan diperoleh hasil perbandingan antara WMN tanpa manajemen *bandwidth* mempunyai nilai *packet loss* yang lebih tinggi dari WMN dengan manajemen *bandwidth*, baik itu alokasi 512 Kbps maupun dengan 256 Kbps. Dari hasil pengukuran ini juga menunjukkan terjadi penurunan nilai QoS yang cukup signifikan pada WMN tanpa manajemen *bandwidth* pada skenario ketiga dengan 3 hop diperoleh hasil *packet loss* dengan kualitas cukup pada range 1 – 2%. Sedangkan pada *single hop* dan *2 hop* dengan kondisi tanpa mikrotik sebelumnya diperoleh hasil dengan kualitas baik dengan range 0 – 1% sesuai dengan standar *packet loss*.

### 3. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. WMN yang dibangun disertai manajemen *bandwidth* menggunakan metode *hierarchy token bucket* (HTB) dengan tujuan sebagai solusi dalam *sharing* penggunaan *bandwidth* bagi *client*.
2. Pengaturan *sharing bandwidth* pada WMN yang menggunakan *access point* WRT54GL routing protocol OLSR dengan mikrotik Rb750 metode HTB dapat dilakukan melalui tahap konfigurasi *Mangle* dan *Queue Tree* sesuai dengan alokasi *bandwidth* yang akan dibagi.
3. Data yang diperoleh dari hasil pengujian *latency* pada WMN berkisar antara 2,6 ms – 32 ms masih termasuk *range* yang terekomendasi sesuai dengan QoS.
4. Pada pengujian *throughput* pada WMN menggunakan manajemen *bandwidth* dengan *client* alokasi 256 Kbps, lebih stabil dibandingkan dengan alokasi *bandwidth* 512 Kbps dan tanpa mikrotik baik dengan skenario *single hop*, *2-hop*, maupun dengan *3-hop*.
5. Nilai *Jitter* antara WMN tanpa mikrotik diperoleh nilai tinggi dibandingkan WMN dengan mikrotik manajemen *bandwidth*, baik pada *single hop*, *2 hop*, maupun *3 hop*.

6. Hasil pengukuran *packet loss* yang membandingkan WMN tanpa mikrotik dengan WMN dengan mikrotik dengan skenario *single hop*, *2 hop*, maupun *3 hop*, diperoleh data bahwa tanpa manajemen *bandwidth* nilai *packet loss* lebih tinggi dibandingkan dengan WMN yang menggunakan manajemen *bandwidth*.

### Daftar Pustaka

- [1] Z. Anna, K. Leszek, I. Pozniak-Koszalka, and A. Iwonam, "Analysis of Routing Protocol Performance in Wireless Mesh Network", Wroclaw University of Technology, Wroclaw, Poland, *IEEE International Conference of Computational Science and its Applications*, pp 307-310, 2010.
- [2] Wheat, J, R. Hiser, J. Tucker and A. Neely, *Design A Wireless Network*, United State of America : Syngress Publishing, 2001.
- [3] Rahadian, Ferra, " Analisis Manajemen Bandwidth Untuk Perancangan VOiP (Kasus MTI JTETI FT UGM)" Magister Teknologi Informasi, Universitas Gajah Mada, 2011.
- [4] Wardani, Ratna, F. Soesianto, L.E. Nugroho, and Ahmad Ashari, *Providing User Quality of Service Specification for Communities with Low Connectivity*, The First International Conference on Green Computing and The Second AUN/SEED-Net Conference on ICT (ICGC-RCICT2010), 2010.
- [5] Gallisot, Mathieu and Mitchell, Maurice, *Routing on Ad Hoc Network*, Computer Network Management and Design, The Robert Gordon University, Aberdeen, 2007.
- [6] Sen, Jaydip, *A Throughput Optimizing Routing Protocol for Wireless Mesh Network*, 12<sup>th</sup> IEEE International Conference on High Performance Computing and Communication, IEEE Computer Society, page 665-670, 2010.
- [7] S. Waharte, R. Bautubu, Y. Iraqi, B. Inshibashi, *Routing Protocols in Wireless Mesh Network : Challenge and Design Consideration*, Multimedia Tools and Applications Journal, vol. 29 no.6, pp 285-303, 2006

### Biodata Penulis

**Hery Oktufiandi**, memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md), Prodi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, lulus tahun 1999. Memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) Jurusan Teknik Elektro Prodi Teknik Elektronika dan Telekomunikasi UNDIP Semarang, lulus tahun 2004. Saat ini studi di Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi UGM Yogyakarta.

**Widyawan**, memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.), Jurusan Teknik Elektro UGM, lulus tahun 1999. Memperoleh gelar Master of Science (M.Sc) Program Master Med. Informatic, Erasmus University Rotterdam Belanda, lulus tahun 2003. Memperoleh gelar Doctor of Philosophy (Ph.D), Electronic Dept, CIT, Ireland, lulus tahun 2009. Saat ini menjadi Kepala PSDI dan Dosen JTETI di UGM, Yogyakarta.

**Sri Suning Kusumawardani**, memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.), Jurusan Teknik Elektro UGM, lulus tahun 1995. Memperoleh gelar Master Teknik (M.T) Program Pasca Sarjana Teknik Elektro dan Teknologi Informasi UGM, lulus tahun 2001. Saat ini menjadi Ketua Quality Assurance Indonesia Networking Academy dan Dosen JTETI di UGM, Yogyakarta.