

ANALISIS KINERJA IGRP PADA TOPOLOGI WDS MESH BERDASARKAN STANDAR IEEE 802.11

Arief Ikhwan Wicaksono¹, Chanief Budi Setiawan²

¹Program Studi Teknologi Informasi, ²Program Studi Teknologi Informasi
Fakultas Teknik dan Teknologi Informasi, Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta
Jl. Siliwangi Km 0.7, Banyuraden, Gamping, Sleman, Yogyakarta

¹awik@stmikayani.ac.id ²chanief.b.s@stmikayani.ac.id

Abstract

Redundancy and robustness are the most common problems in a wireless network distribution system, network system problems that are not able to handle coverage areas in a large / wide coverage, so that the network users are easily disconnected from the connection and out of the server radius. These problems are caused by topology and wireless network distribution methods that are not in accordance with the needs and coverage of its users. However, adding a number of access points en masse to expand the network without being based on appropriate applied methods, is not necessarily able to minimize complaints from network users.

Starting from the problems described in the previous paragraph, in this study a wireless distribution mesh system topology (WDS mesh) will be built to improve utility and network usage in the area / radius of the area between access points using wireless lines and minimize cable requirements which are generally the main constraints in network deployment and installation to areas that are difficult to reach. The topology built in this research will implement the wireless routing protocol that results from the analysis and observation process to expand the expansion of service areas to places that are difficult to reach.

The wireless routing protocol method used in this study is the Made Mesh Easy (MME) method which is one of the developments of the Interior Gateway Routing Protocol (IGRP) method. Evaluation of the wireless routing protocol in the WDS mesh network topology will be carried out periodically to obtain the results of the analysis that will be used to re-configuring and re-routing to maintain the quality of the network remains reliable. Mesh clients will give feedback on the quality of service obtained based on observations according to IEEE 802.11 standardization. The parameters used are: Throughput, Packet Loss Ratio, Latency, Jitter, MOS, Post Dial Delay and Echo Cancellation (EC)

Keywords: WDS mesh, mesh, IGRP, jaringan, wireless routing protocol, QoS, IEEE 802.11

1. Latar Belakang Masalah

Kehadiran *wireless* telah berpengaruh terhadap perkembangan sistem pendistribusian jaringan. *Wireless network* memberikan kebebasan ruang kepada pengguna jaringan untuk dapat terhubung kedalamnya selama masih dalam cakupan akses point yang tersedia. Akan tetapi implementasi jaringan *wireless* masih membutuhkan node jaringan kabel sebagai penghubung akses point ke *node backbone/server*. Permasalahan ini menjadi kendala untuk implementasi jaringan di tempat-tempat yang sulit dijangkau.

Redundancy dan *robustness* juga menjadi permasalahan yang paling sering muncul dalam sebuah sistem pendistribusian jaringan *wireless*, permasalahan sistem jaringan yang tidak mampu menangani *coverage area* dalam cakupan yang besar/luas, sehingga menyebabkan para pengguna jaringan mudah sekali terputus koneksinya dan keluar dari *radius server*. Pada umumnya masalah tersebut disebabkan oleh topologi dan metode pendistribusian jaringan *wireless* yang tidak sesuai

dengan kebutuhan dan cakupan area para penggunanya. Namun, melakukan penambahan sejumlah akses point secara massal untuk melakukan ekspansi jaringan tanpa didasari oleh metode terapan yang tepat, belum tentu mampu meminimalisir keluhan para pengguna jaringan.

Bertolak dari permasalahan yang diuraikan pada paragraf sebelumnya, pada penelitian ini akan dirancang dan dibangun *testbed Wireless Distribution System mesh* (WDS *mesh*) dengan menganalisa *Interior Gateway Routing Protocol* (IGRP) dan *Made Mesh Easy* (MME) sebagai metode *wireless routing protocol*-nya. Topologi WDS *mesh* dimanfaatkan untuk menyederhanakan pendistribusian jaringan dengan melakukan interkoneksi antar akses point menggunakan jalur *wireless*, serta meminimalisir kebutuhan kabel yang umumnya menjadi kendala utama dalam penyebaran dan instalasi jaringan ke area yang sulit dijangkau. Untuk meningkatkan *utility* dan penggunaan topologi WDS *mesh*, pada penelitian ini proses pemantauan interkoneksi beberapa *mesh router* dan *mesh client* dilakukan secara simultan dan periodik guna mendapatkan informasi dan konfigurasi untuk melakukan *re-routing* dan *re-configuring* metode *wireless routing protocol* yang lebih menjawab permasalahan yang ada. Untuk memudahkan dalam memodifikasi pekerjaan dengan spesifikasi *wireless mesh network*, pada *wireless router mesh* digunakan sebuah perangkat lunak mikrotik routerOS sebagai sistem operasinya. Penelitian ini menggunakan standarisasi *Quality of Services* (QoS) yang mengacu pada ITU G.165 / G.168. Parameter yang digunakan dalam pengukuran interkoneksi *mesh client* dengan *mesh router* diantaranya : *Througput*, *Packet Loss Ratio*, *Latency*, *Jitter*, *MOS*, *Post Dial Delay* dan *Echo Cancellation* (EC).

2. Landasan Teori

2.1 Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)

Interior Gateway Routing Protocol adalah protokol yang mengatasi masalah *Routing Information Protocol* (RIP) yang bertugas mencari jalur terbaik menggunakan hop count sebagai metric. Dimana jumlah maksimal hop yang disarankan adalah 15 hop. Update kualitas distribusi dilakukan secara periodik secara *broadcast* maupun *multicast* setiap 30 detik sekali. Oleh karenanya IGRP mengembangkan protokol tersebut sehingga update yang dilakukan bisa mencapai 90 detik sekali dengan penambahan hop diperbolehkan hingga 255 hop. Meskipun IGRP merupakan pengembangan RIP, namun IGRP tidak mendukung VLSM [4].

Dari beberapa penelitian yang ditinjau, penelitian ini menggunakan pendekatan terhadap penelitian tentang penerapan *wireless routing protocol* IGRP yang akan dianalisa kualitas layanannya pada topologi jaringan WDS *mesh* menggunakan standarisasi IEEE 802.11, sehingga pemantauan *Quality of Services* (QoS) yang dihasilkan dari interkoneksi perangkat *mesh router* dan *mesh client* yang dilakukan secara simultan mampu meningkatkan *utility* dan *coverage area* jaringan *wireless* ke tempat-tempat yang sulit dijangkau.

2.2 Wireless Mesh Network (WMN)

Wireless mesh network merupakan suatu bentuk jaringan komunikasi *wireless* yang terbentuk dari susunan node radio dimana setidaknya terdapat dua atau lebih jalur komunikasi pada setiap node. Node pada sebuah *wireless mesh network* dapat berupa sebuah *mesh router* ataupun *mesh client*. Setiap node tidak hanya bertindak sebagai sebuah host tetapi juga berfungsi sebagai router untuk meneruskan paket-paket pengiriman informasi bagi sebuah node lain yang mungkin tidak dapat menjangkau tempat yang ingin ditujunya [5][6].

Node-node Konvensional seperti laptop, PDA dan sebagainya telah dilengkapi dengan wireless network interface card (NIC) dapat tersambung langsung dengan wireless mesh routers. Sedangkan pengguna yang tidak mempunyai wireless NIC, tetap dapat terhubung dengan mesh router dengan menggunakan bentuk jaringan lain seperti Ethernet. Selain itu dengan menggunakan fungsi mesh router sebagai gateway atau bridge, maka suatu wireless mesh network dapat berintegrasi dengan jaringan wireless lainnya seperti jaringan seluler, Wi-Fi, Wimax dan lain sebagainya [7].

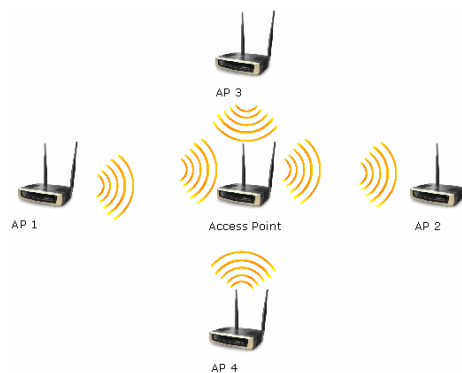
Karakteristik utama dari wireless mesh network adalah kemampuannya dalam mengkonfigurasi dan mengorganisasi dirinya sendiri (*self-configure/self-organize*), atau dengan kata lain mampu membuat dan menjaga konektivitasnya apabila terjadi kerusakan pada salah satu node. WMN dapat digunakan untuk menyediakan layanan *wireless* dengan berbagai keperluan dan aplikasi baik untuk kepentingan pribadi, area lokal, ataupun area metropolitan.

2.3 Wireless Distribution System (WDS)

Wireless Distribution System (WDS) memungkinkan *interconnection* beberapa *access point* dalam suatu *environment wireless network*. Dengan WDS, memungkinkan jaringan *wireless* dikembangkan menggunakan beberapa *access point* tanpa harus memerlukan *backbone* kabel jaringan seperti cara tradisional [8]. Keuntungan yang bisa diperoleh dari WDS dibanding solusi lainnya adalah bahwa *header* MAC address dari paket *traffic* tidak berubah antar *link access point*. tidak seperti pada proses *encapsulation* misalnya pada komunikasi antar router yang selalu menggunakan MAC address pada hop berikutnya.

Suatu *access point* bisa menjadi sebuah *station* utama, *relay*, atau *remote base station*. Suatu *base station* utama pada umumnya dihubungkan dengan *system ethernet*. *Base station relay* me-*relay station-station* kepada *base station* utama atau *relay station* lainnya. *Remote base station* menerima koneksi dari *clients wireless* dan melewatkannya ke *main station* atau ke *relay station* juga. Koneksi antar *clients* menggunakan MAC address dibanding memberikan spesifikasi IP address [9].

Semua *base station* dalam Wireless Distribution System (WDS) harus dikonfigurasi menggunakan *channel radio* yang sama, metode enkripsi (tanpa enkripsi, WEP, atau WAP) dan juga kunci enkripsi yang sama. Dan juga konfigurasi dengan menggunakan *Service Set Identifier* (SSID) yang berbeda sebagai identitas.



Gambar 1. Topologi jaringan dengan menggunakan WDS¹

3. Metodologi Penelitian

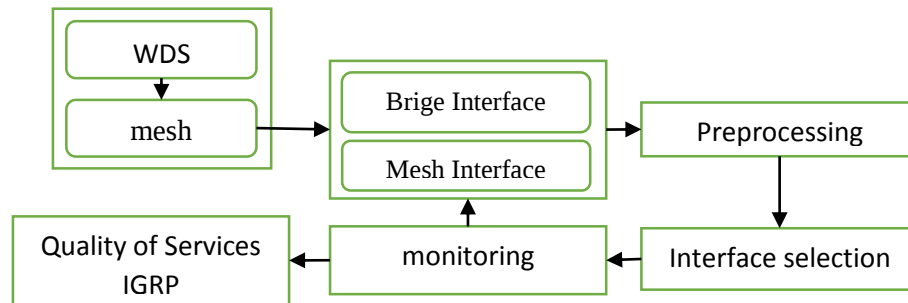
Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*research development*) yang bertujuan untuk mengembangkan topologi jaringan secara *wireless ditribution mesh* pada layanan topologi yang sudah berjalan. Metode pengumpulan data dan informasi yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode studi pustaka, wawancara dan observasi. Metode pengembangan *topology* yang digunakan adalah metode *agile development*. Metode *agile development* dipilih karena *user* dari *WDS mesh* yang dikembangkan nantinya adalah pengguna jaringan yang membutuhkan perubahan desain, implementasi topologi dan perbaikan secara cepat sehingga model pengembangan topologi jaringan secara *iterative* tepat untuk digunakan. Segala bentuk masukan dari *user* juga akan langsung diimplementasikan secara cepat dan diuji coba ulang. Secara garis besar dalam proses iterasinya, *agile development* terdiri dari 4 tahapan [10]:

Tabel 1 Tahapan metode *agile development*

No	Tahap	Langkah	Indikator
1	Identifikasi dan analisis kebutuhan	a) Melakukan konfigurasi dan uji coba pemasangan <i>basic wireless</i> b) Membuat rencana pemetaan wilayah layanan jaringan untuk melakukan simulasi pendistribusian (<i>mapping</i>)	a) Tempat-tempat yang sulit dijangkau jaringan kabel yang akan digunakan dalam penelitian berhasil ditentukan b) Pemetaan pendistribusian jaringan bisa secara real menjelaskan cakupan area-area yang akan dijangkau
2	Desain sistem	a) Mengembangkan desain topologi jaringan berdasarkan hasil pemetaan sebelumnya b) Melakukan uji coba dan pengambilan data kualitas WDS mesh dalam interval waktu yang ditentukan	a) Perangkat wireless sudah mampu mencakup tempat-tempat yang sulit dijangkau jaringan kabel b) Mesh server dan mesh client sudah berhasil terhubung dan berjalan dengan baik
3	Implementasi Sistem	a) Menambahkan protokol IGRP pada jaringan WDS mesh sebagai <i>routing protocol</i>	Protokol IGRP dapat berjalan pada jaringan WDS mesh sesuai dengan tujuan penelitian, dengan indikator sbb : a) Pengamatan Qos menunjukkan nilai baik b) <i>Wireless router</i> dapat terhubung dengan baik dengan <i>mesh client</i> dan <i>mesh router</i> c) Memperoleh data yang berasal dari nilai pengamatan QoS secara periodik sebagai <i>feedback</i> untuk melakukan <i>re-routing</i> dan <i>re-configuring</i>
4	Pengujian Sistem	a) Melakukan pengujian akhir pada topologi yang dibangun. Dengan menguji semua fungsionalitas b) Penggunaan parameter QoS berdasar standarisasi IEEE 802.11 untuk memberikan <i>feedback</i> atas kualitas link antara <i>mesh client</i> dengan <i>mesh router</i>	

3.1 Arsitektur Umum Sistem

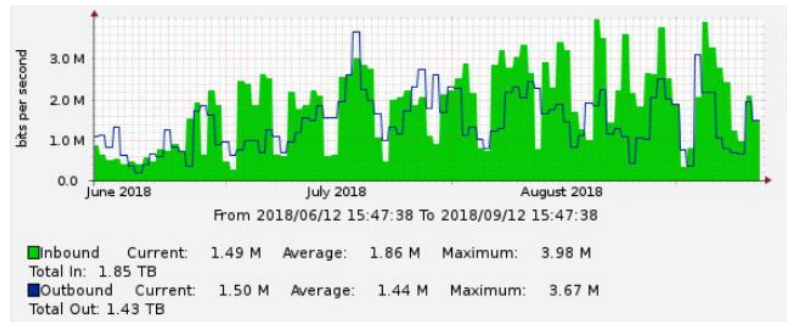
Arsitektur sistem yang dibangun pada penelitian ini terbagi kedalam beberapa node topologi yaitu WDS, MESH, WDS MESH, Preprocessing, dan QoS Analisis IGRP



Gambar 2 Rancangan arsitektur sistem.

Penjelasan dari tiap-tiap bagian pada arsitektur sistem yang ditunjukkan oleh gambar 2 adalah sebagai berikut :

1. WDS mode. Pada bagian ini berfungsi sebagai pengambilan keputusan terhadap settingan WDS yang nantinya akan dirancang, dan selanjutnya mengimplementasikan fitur *mesh* pada infrastruktur jaringan yang sedang berjalan. Dalam tahapan ini, diantaranya termasuk mempertimbangkan peletakan *access point* yang nantinya akan diproyeksikan dapat berkomunikasi sesama *mesh node* berdasarkan : masukan dari user pengguna layanan jaringan, konstruksi gedung/bangunan, dan instalasi jaringan sumber daya kelistrikan. Disamping masalah konstruksi gedung dan infrastruktur jaringan listrik sebagai daya untuk menyalakan akses point, hasil *monitoring* terhadap konektivitas sesama *mesh node* yang berjalan juga perlu digunakan sebagai masukan pada tahap perancangan ini.
2. Pemilihan *bridge / mesh interface* sebagai topologi utama dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode mana yang paling pas bila dihadapkan dengan hasil *monitoring* kestabilan sebuah *node*. Beberapa faktor penunjang kestabilan *node* adalah banyak tidaknya halangan yang bersifat dinamis, baik itu konstruksi instalasi listrik maupun kestabilan daya dalam gedung tersebut.
3. *Preprocessing* berfungsi untuk mempersiapkan kualitas hubungan yang terbentuk oleh wds *mesh* dari dan ke *mesh portal/master*. Pemilihan *access point* sebagai wds *mesh portal* ditekankan pada bagian ini, sehingga *node* yang berada ditengah-tengah topologi *wireless distribution* diutamakan untuk didesain sebagai *mesh portal*.
4. *Interface selection* digunakan untuk menentukan *mesh/bridge interface*, setelah melalui proses pengamatan secara mandiri.
5. *Monitoring* didapatkan ketika proses pertukaran data sudah mencapai nilai ideal, kemudian proses pemilihan dilakukan kembali jika belum menemukan konfigurasi yang paling baik.
6. Setelah proses *monitoring* antar *node* selesai, barulah pengamatan *Quality of Services* dari protokol IGRP dilakukan. Pengambilan data dalam bentuk CSV (Comma Seperated Value) dikumpulkan secara periodik, dari data tersebut akan diamati dan dianalisa untuk memperoleh hasil kinerja protokol IGRP pada jaringan WDS berdasarkan standar QoS yang akan digunakan.



Gambar 3 Hasil monitoring jaringan WDS sejak juni hingga september.

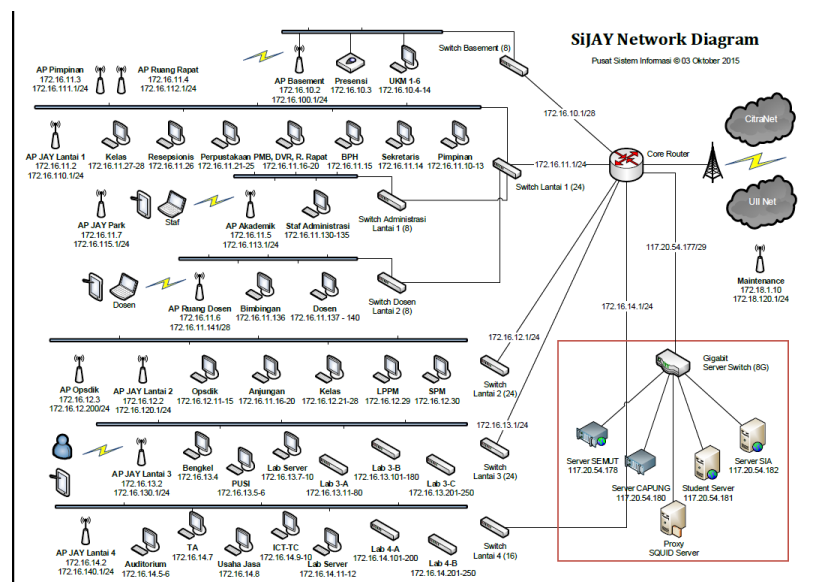
Dari pegamatan grafik pada gambar 3, didapatkan data CVS (Comma Separated Value) yang dapat dijabarkan kedalam bentuk tabel, kemudian dari data tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai rata-rata dan SD (standar deviasi) untuk tiap-tiap parameter QoS yang akan digunakan untuk menganalisa protokol IGRP, diantaranya adalah : *Throughput, Packet Loss Ratio, Latency, Jitter, MOS, Post Dial Delay dan Echo Cancelation* [11]

Tabel 2 Nilai skor pengamatan parameter QoS dari WDS master ke WDS slave

No	Parameter	Analisis QoS terhadap protokol IGRP			
		WDS Master (M) → WDS Slave 1 (S1)	M → S 2	M → S3	M → S4
1	Throughput	90,2	93,3	83,6	83,5
2	PLR	0	0	0	0
3	Delay	55,1	34,5	24,5	16,4
4	Jitter	0	0	0	0
5	Latency	0.1	0.2	0.1	0.1
6	PDD & EC	0	0	0.1	0

3.2 Proses Bisnis yang Berjalan

Gambar 4 berikut ini menunjukkan topologi jaringan yang berjalan (as-is-bussiness process). Pemodelan ini bertujuan untuk memetakan aliran bandwidth dan mengidentifikasi kelemahan-kelemahan yang ada.



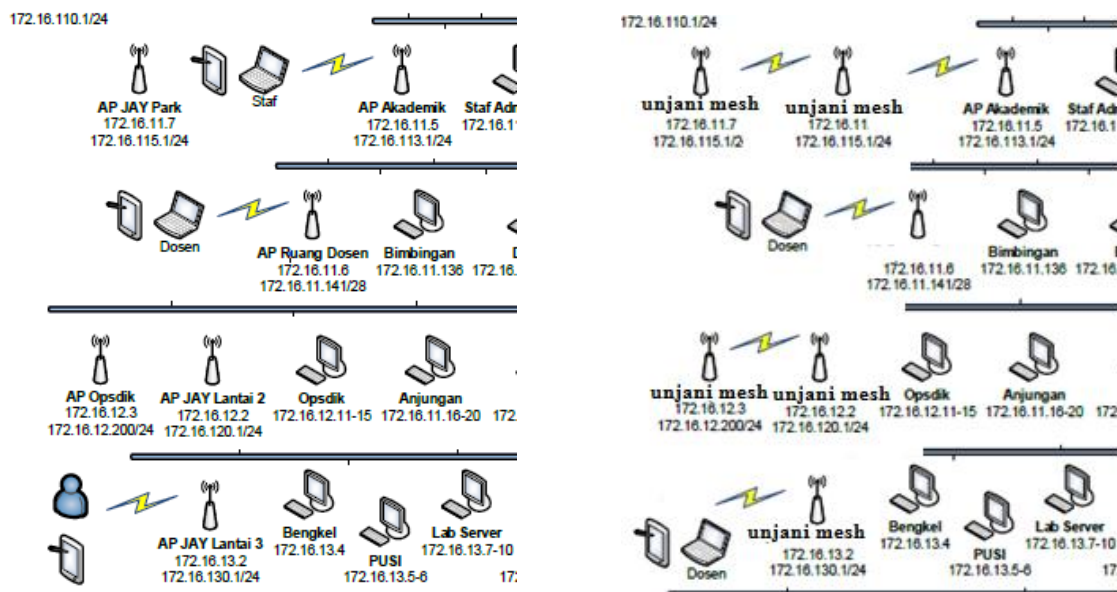
Gambar 4. Kondisi Topologi yang Berjalan

Pada proses bisnis tersebut secara visual nampak bahwa *node access point* memiliki nilai *dependency* yang tinggi terhadap *node switch* perantai, *node switch* atau yang bisa disebut dengan *distribution node* memegang peranan penting dalam pendistribusian jaringan *wireless*. Jika terdapat permintaan untuk melebarkan kemampuan *coverage area* via *wireless*, maka penambahan *access point* pun menuntut penambahan tatanan kabel baru agar dapat meletakkannya di lokasi permintaan tersebut. Pengukuran efektifitas kemampuan kabel dalam mengirim data/bandwidht pun memerlukan perhitungan yang terukur agar nilai *loss* dapat ditekan.

Hasil pengukuran nilai *packet loss ratio* bisa terlebih dahulu dicari dengan satuan bps (bit per second). $Throughput (bps) = \frac{\sum \text{data yang dikirim (bit)}}{\text{waktu pengiriman data (s)}}$, kemudian secara periodik data pengamatan tersebut dicatat secara berkala dan terukur ke dalam *datasheet*. Nilai tersebut sangat berpengaruh pada waktu pendistribusian jaringan nantinya. Penentuan nilai terbaik diambil menggunakan perhitungan standar deviasi. Proses penambahan akses point yang terhubung pada *distribution node* (switch) membutuhkan waktu kurang lebih 2 – 3 jam termasuk perhitungan dan instalasi kabel lan.

3.2 Rekayasa Ulang Proses Bisnis

Berdasarkan pada temuan-temuan inefisiensi dan kelemahan pada proses bisnis berjalan (as-is) seperti yang diuraikan pada bagian 3.1, maka dalam bagian ini diuraikan proses bisnis yang baru untuk memperbaiki kelemahan tersebut. Dalam proses bisnis baru yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Perubahan topologi jaringan WDS pada node terakhir.

Distribusi jaringan sebelumnya tergantung dengan keberadaan node kabel yang menghubungkan antara *access point* dengan *distribution node* yang kemudian dirubah menggunakan node *wireless* dalam topologi *distribution system* nya. Penentuan kualitas *wireless distribution* sangat dipengaruhi oleh proses *monitoring* dalam mendapatkan kualitas yang paling baik. Secara lebih detail proses *monitoring* dilakukan berdasarkan pengamatan secara berkala berdasarkan parameter *throughput* antara *mesh master* dengan *mesh slave*. Ketergantungan akan besar signal yang diterima dari dan ke *mesh interface* maupun *bridge interface* dijadikan

pertimbangan untuk menentukan *interface* mana yang akan dipilih agar dapat diproses ke dalam tahap selanjutnya. Setelah proses *processing* selesai maka proses selanjutnya adalah *monitoring* secara lebih mendetail terhadap kualitas yang didapatkan antara *mesh node* dan *mesh master* berdasarkan pengamatan *quality of service* yang merujuk pada ITU G.165 / G.168.

3.3 QoS Mesh Protokol IGRP

Pengamatan layanan WDS *mesh* memanfaatkan protokol IGRP dilakukan secara periodik dan berkala, diantara parameter-parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah *Throughput*, *Packet Loss Ratio*, *Latency*, *Jitter*, *MOS*, *Post Dial Delay* dan *Echo Cancelation* [11]. Nilai pengamatan tersebut kemudian diolah dalam rancangan model konseptual evaluasi sistem pendistribusian jaringan. Secara lebih detail, poin evaluasi topologi pendistribusian jaringan memanfaatkan wireless distribution system yang berjalan dijabarkan sebagai berikut :

1. Data record QoS yang berasal dari *mesh master* menuju *mesh slave* diambil untuk menentukan WDS dapat berjalan dengan kualitas yang baik
2. Data record QoS yang berasal dari *mesh slave* kembali ke *mesh master* diambil untuk menentukan acuan dalam proses tata kelola dan evaluasi pendistribusian jaringan.
3. Data record tambahan yaitu data record QoS yang berasal dan menuju antara *node client* / pengguna dengan *mesh slave* digunakan untuk pertimbangan pengelolaan jaringan.

Pada bagian evaluasi yang dilakukan pada gambar 5. Dapat diketahui bahwa proses pendistribusian jaringan diharapkan mampu memperluas *coverage area* pendistribusian jaringan. Pada proses evaluasi tersebut pengamatan jaringan disajikan ke dalam bentuk grafik sehingga mampu membantu untuk meningkatkan sistem tata kelola pendistribusian jaringan dalam menjangkau area-area yang sebelumnya tidak ter-cover.

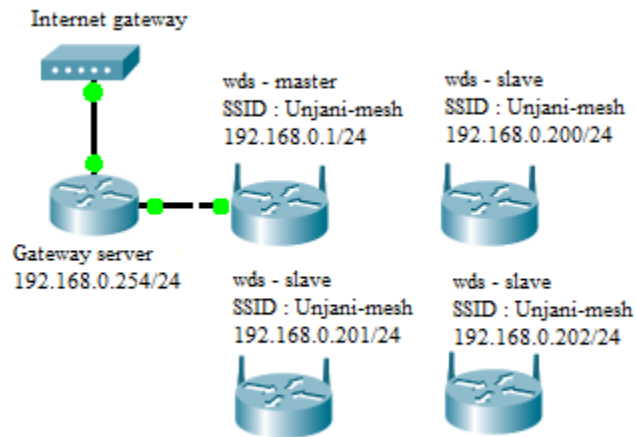
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Implementasi Topologi WDS

Hasil pengamatan dari tabel perbandingan QoS yang diperoleh setelah implementasi WDS sangat bervariasi, hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya meliputi *delay* yang terjadi ketika mengakses situs melalui topologi tersebut, hal ini terjadi secara umum dikarenakan *mesh master* dan *mesh slave* akan selalu mengalami interferensi pada saat pengoperasiannya. faktor utama yang mempengaruhi *interference value* adalah tingkat kerapatan *channel wireless* yang ada.

Nilai pengamatan parameter QoS yang dihasilkan pada *packet loss*, *latency*, *jitter*, dan *MOS* juga sangat bervariasi ketika dalam pengujiannya, hal ini disebabkan oleh kondisi *transmit / receive* yang berbeda antara *wireless distribution* dan *cabling distribution*. WDS dalam pengoperasiannya secara otomatis membagi *throughput* jaringan yang tersedia kedalam 2 bagian, bagian pertama digunakan sebagai *distribution link traffic*, dan setengah bagian yang lain digunakan untuk *distribution data traffic*. Sehingga menyebabkan terjadinya *congestion* dan *drop* pada sebagian paket paket yang lewat pada topologi jaringan tersebut.

Implementasi pendistribusian jaringan dapat dilihat pada gambar 6. *Mesh master* dan *mesh slave* mendistribusikan jaringan secara *wireless* dengan satu SSID yang sama, dengan kata lain *header MAC address* pengguna dari paket *traffic* tidak berubah antar *link access point* meskipun berpindah posisi, sehingga pengamatan nilai *post dial delay* dan *echo cancelation* dapat dilakukan secara *roaming*.



Gambar 6. Topologi jaringan WDS

Pengumpulan data pengamatan pada masing-masing *node* dilakukan pada saat jam kerja antara pukul 07.30 WIB – 16.00 WIB. Pengukuran ini dilakukan dari sisi pengguna untuk mengecek ketersediaan layanan dari masing-masing *node*. Rata-rata indeks yang diperoleh untuk setiap *node* dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3 Rekapitulasi parameter QoS WDS master (M) dan WDS slave (S)

No	Pengukuran	Parameter Qos Jam Kantor			
		PLR	Latency (ms)	Jitter	Troughput
1	M $\leftrightarrow$ S1	0%	5,6	0,00	0,512
2	M $\leftrightarrow$ S2	0%	53,5	0,00	0,059
3	M $\leftrightarrow$ S3	0%	8,6	0,00	0,683
4	M $\leftrightarrow$ S4	0%	11	0,00	0,620

Berdasarkan hasil rekapitulasi parameter QoS diatas dapat diperoleh hasil pengukuran sebagai berikut :

1. Throughput

Hasil pengukuran *throughput* untuk masing-masing *node* serta berdasarkan ITU G.165 / G.168 sebagai standarisasi yaitu rata-rata indeks *throughput* di Tabel 4 untuk setiap host pada waktu pagi antara jam 07.30 WIB – 12.00 WIB dan siang antara jam 13.00 WIB – 16.00 WIB dan malam antara 18.00 WIB – 22.00 WIB.

Tabel 4 Pengukuran Parameter Troughput

No	Lokasi	Rata-rata Throughput (bps)	Keterangan	
			Indeks	Kategori
1	M $\leftrightarrow$ S1	90,20		Sangat Bagus
2	M $\leftrightarrow$ S2	93,32		Sangat Bagus
3	M $\leftrightarrow$ S3	83,65		Sangat Bagus
4	M $\leftrightarrow$ S4	83,52		Sangat Bagus

2. Packet Loss Ratio

Hasil pengukuran *packet loss* untuk masing-masing node disajikan dalam Tabel 5. Pengamatan setiap koneksi yang terbentuk dilakukan pada waktu pagi antara jam 07.30 WIB – 12.00 WIB dan siang antara jam 13.00 WIB – 16.00 WIB.

Tabel 5 Pengukuran Parameter Packet Loss Ratio

No	Lokasi	PLR (%)	Keterangan	
			Indeks	Kategori
1	M $\leftrightarrow$ S1	0%	4	Sangat Bagus
2	M $\leftrightarrow$ S2	0%	4	Sangat Bagus
3	M $\leftrightarrow$ S3	0%	4	Sangat Bagus
4	M $\leftrightarrow$ S4	0%	4	Sangat Bagus

3. Delay (latency)

Hasil pengukuran *delay* untuk masing-masing node disajikan dalam Tabel 6. Pengamatan setiap koneksi yang terbentuk dilakukan pada waktu pagi antara jam 07.30 WIB – 12.00 WIB dan siang antara jam 13.00 WIB – 16.00 WIB.

Tabel 6 Pengukuran Parameter Delay

No	Lokasi	Delay	Keterangan	
			Indeks	Kategori
1	M $\leftrightarrow$ S1	55,1	4	Sangat Bagus
2	M $\leftrightarrow$ S2	34,5	4	Sangat Bagus
3	M $\leftrightarrow$ S3	24,5	4	Sangat Bagus
4	M $\leftrightarrow$ S4	16,4	4	Sangat Bagus

Rekapitulasi nilai QoS antar *node* untuk kategori nilai “Sangat Memuaskan”. Dengan kategorisasi sebagai berikut : “Memuaskan” jika nilai QoS 3 – 3,79, “Kurang Memuaskan” jika nilai QoS 2 – 2,99 dan “Jelek” jika nilai QoS 1 – 1,99 sesuai dengan Tabel 7.

Tabel 7 Pengukuran Parameter QoS

No	Lokasi	Nilai	Kategori
1	M $\leftrightarrow$ S1	3,8	Memuaskan
2	M $\leftrightarrow$ S2	3,75	Memuaskan
3	M $\leftrightarrow$ S3	3,25	Memuaskan
4	M $\leftrightarrow$ S4	4,00	Memuaskan

Rekapitulasi hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 8, yaitu :

1. Packet loss : hasil pengukuran packet loss untuk masing-masing host adalah 0% menurut standar ITU G.165 / G.168 jika rata-rata packet loss 0% maka masuk kedalam kategori “**Sangat Bagus**”.
2. Delay/latency : hasil pengukuran delay/latency untuk masing-masing host adalah tertinggi terdapat di node *master mesh – mesh slave* 4, dengan nilai 16,4 ms sedangkan terendah terdapat di node *master mesh – mesh slave* 1 dengan nilai 55,1 ms menurut standar ITU G.165 / G.168 jika rata-rata delay/latency < 150 ms maka masuk kedalam kategori “**Sangat Bagus**”.
3. Jitter : hasil pengukuran jitter untuk masing-masing host adalah 0 ms menurut standar ITU G.165 / G.168 jika rata-rata jitter 0 ms maka masuk kedalam kategori “**Sangat Bagus**”.
4. Throughput : hasil pengukuran throughput untuk masing-masing gedung adalah tertinggi terdapat di node *master mesh – mesh slave* 2 dengan nilai 93,3 masuk kedalam kategori “**Sangat Bagus**” sedangkan nilai indeks terendah terdapat di host Sijay Park dan Peneliti dengan nilai 20,50 masuk kedalam kategori “**Jelek**”.

Tabel 8 Rekapitulasi hasil pengukuran QoS

No	Parameter	Analisis QoS			
		M $\leftrightarrow$ S1	M $\leftrightarrow$ S2	M $\leftrightarrow$ S3	M $\leftrightarrow$ S4
1	Throughput	90,2	93,3	83,6	83,5
2	PLR	0	0	0	0
3	Delay	55,1	34,5	24,5	16,4
4	Jitter	0	0	0	0

Hasil pengukuran QoS didapat nilai untuk antar host sebagai berikut : untuk throughput tertinggi tercatat pada host *master mesh – mesh slave 2* dengan nilai 93,3 dan terendah pada *master mesh – mesh slave 4* dengan nilai 83,5. Sedangkan Packet Loss Ratio rata-rata memiliki nilai kategori bagus/memuaskan. Pengukuran delay juga memperlihatkan bahwa yang tertinggi adalah *master mesh – mesh slave 1* dan *master mesh – mesh slave 2*, sedangkan untuk *master mesh – mesh slave* lain masih tetap baik/memuaskan.

1. Kesimpulan

Topologi WDS dapat digunakan untuk memperluas *coverage area* ke tempat-tempat yang sulit dijangkau oleh instalasi kabel, proses enkripsi dan enkapsulasi antar *node slave* dapat digunakan untuk memastikan bahwa proses *hand shaking* tidak terlepas jika ada kesalahan *node registration* yang terhubung dalam *mesh table*. Sehingga manfaat yang dapat dirasakan adalah kualitas wireless distribution dapat berjalan dengan baik. Dengan memanfaatkan metode distribusi HWMP+ (Hybrid Wireless Mesh Protocol) maka distribusi pada layer 2 sesuai rancangan standar IEEE 802.11s dapat mengadaptasi metode protokol IGRP dalam pendistribusiannya. Sehingga layanan wireless user roaming dapat berjalan dengan memuaskan.

Manfaat yang diterima oleh wireless user WDS diantaranya adalah : bebas trafik looping, optimalisasi jalur routing berdasarkan perhitungan path cost, dan aktualisasi bandwidth yang diperoleh masing-masing client node dengan hasil *pengukuran QoS didapat nilai untuk antar host sebagai berikut : untuk throughput tertinggi tercatat pada host master mesh – mesh slave 2 dengan nilai 93,3 dan terendah pada master mesh – mesh slave 4 dengan nilai 83,5. Sedangkan Packet Loss Ratio rata-rata memiliki nilai kategori bagus/memuaskan. Pengukuran delay juga memperlihatkan bahwa yang tertinggi adalah master mesh – mesh slave 1 dan master mesh – mesh slave 2, sedangkan untuk master mesh – mesh slave lain masih tetap baik/memuaskan.*

2. Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dilakukan dalam skema Penelitian Dosen Pemula tahun pelaksanaannya 2018 yang didanai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Pada Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan (DRPM) Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi (Kemristekdikti) Replubik Indonesia. Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada DRPM Kemristekdikti yang telah memberi kesempatan kepada tim peneliti untuk menambah wawasan dan pengetahuan melalui penelitian dalam skema ini. Semoga penelitian ini dapat membawa manfaat bagi kemajuan bangsa Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] Lara-Cueva, Román, et al. "Performance Analysis of Wireless Network Modes in Conformance with IEEE 802.11 b and WDS." *Computer Aided System Engineering (APCASE), 2015 Asia-Pacific Conference on*. IEEE, 2015. [2] B.H Walke, S. Mangold, L. Berlemann, IEEE 802 Wireless System : *Protocol, Multi-Hop Mesh/Relaying, Performance and Spectrum Coexistence* (Chicester : John Wiley & Sons Ltd, 2006)
- [2] Kalamani, P., et al. "Comparison of RIP, EIGRP, OSPF, IGRP Routing Protocols in Wireless Local Area Network (WLAN) by using OPNET Simulator tool-A Practical Approach." *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)* (2014).
- [3] K. Gorantala, "Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks," Master Thesis, Department of Computing Science, Umeå University, Sweden, June 2006
- [4] Patel, B.; Srivastava, S.; "Performance analysis of zone routing protocols in Mobile Ad Hoc Networks," Communications (NCC), 2010 National Conference on, vol.,pp.1-5, 29-31 Jan. 2010
- [5] Gupta, Bhupendra Kumar, et al. "Dynamic routing algorithm in wireless mesh network." *International Journal of Grid and Utility Computing* 8.1 (2017): 53-60. +-
- [6] Chaugule, Maya, and Anuradha Desai. "Reliable Metrics for Wireless Mesh Network." (2016).
- [7] Xu, Yi, and Wenye Wang. "Wireless mesh network in smart grid: Modeling and analysis for time critical communications." *IEEE Transactions on Wireless Communications* 12.7 (2013): 3360-3371.
- [8] Gomes, Rafael L., Luiz F. Bittencourt, and Edmundo RM Madeira. "A similarity model for virtual networks negotiation." *Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing*. ACM, 2014.
- [9] Delimitrou, Christina, and Christos Kozyrakis. "Quasar: resource-efficient and QoS-aware cluster management." *ACM SIGPLAN Notices*. Vol. 49. No. 4. ACM, 2014.
- [10] R. S. Pressman, *Software Engineering A Practitioner's Approach*, 5th ed. New York: Casson, Thomas, 2001.
- [11] Wicaksono, A.I., "Analisis dan Implementasi Network Monitoring System (NMS) Menggunakan Cacti Pada Layanan Internet Stmik Jenderal Achmad Yani Yogyakarta." *Teknomatika Jurnal Informatika dan Komputer* 10.2 (2018): 75-84