

Optimasi Jaringan *Wireless* Dengan Metode *Meshing* Menggunakan Perangkat Unifi Dan Mikrotik

Ayatullah Rohllah Khomeini¹, Amri^{2*}, Atthariq³

^{1,2,3} *Jurusan Tekniknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA*

¹ayatullahrouhllahkhomeini@gmail.com

^{2*}amri@pnl.ac.id

¹ atthariq.huzaifah@pnl.ac.id

Abstrak— Salah satu hambatan dalam penggunaan jaringan nirkabel adalah efisiensi dan kinerja jaringan. Kinerja jaringan nirkabel dapat dipengaruhi oleh banyak faktor berbeda, seperti gangguan sinyal, jarak antar perangkat, kepadatan pengguna, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, optimalisasi jaringan wireless penting untuk memastikan kualitas layanan yang baik dan pengalaman pengguna yang memuaskan. Mengoptimalkan jaringan wireless melalui teknik meshing (menggabungkan beberapa perangkat untuk meningkatkan jangkauan dan kinerja jaringan) menjadi solusi yang baik dalam mengatasi beberapa masalah yang sering muncul dalam jaringan wireless. Salah satu pendekatan yang sering digunakan adalah penggunaan perangkat seperti Unifi dan MikroTik. Penelitian ini akan mengeksplorasi bagaimana penggunaan perangkat Unifi dan MikroTik dapat meningkatkan kinerja jaringan wireless, memperluas cakupan, mengurangi interferensi, dan memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik. Metode penelitian ini Menggunakan metode meshing dan Vlan sebagai alat utama untuk mengatur dan mengendalikan lalu lintas jaringan pada wireless menggunakan MikroTik dan Unifi. Untuk memahami bagaimana metode meshing dapat digunakan secara optimal untuk menghindari interferensi, pembagian bandwidth yang tidak merata, dan kepadatan pengguna pada jaringan wireless. Meshing yang dibangun pada IL mampu mengatasi traffic yang padat dengan didapatkan dengan rata-rata throughput, delay, packet loss, dan jitter pada indeks 4 (sangat bagus) atau mendapatkan presentase 95-100% tingkat keberhasilan, dan dapat terhubung dengan baik ke semua ssid dengan bentrok channel yang tidak ada, semua SSID dan Access point dapat dikendalikan dengan satu kontroler unifi secara bersamaan.

Kata kunci— Optimasi Jaringan Wireless, Unifi, Mikrotik, Meshing

Abstract— *One of the bottlenecks in the use of wireless networks is network efficiency and performance. Wireless network performance can be affected by many different factors, such as signal interference, distance between devices, user density, and so on. Therefore, optimisation of wireless networks is important to ensure good quality of service and a satisfactory user experience. Optimising wireless networks through meshing techniques (combining multiple devices to improve network coverage and performance) is a good solution in overcoming some of the problems that often arise in wireless networks. One approach that is often used is the use of devices such as Unifi and MikroTik. This research will explore how the use of Unifi and MikroTik devices can improve wireless network performance, expand coverage, reduce interference, and provide a better user experience. This research method uses meshing and Vlan methods as the main tools for organising and controlling network traffic on wireless using MikroTik and Unifi. To understand how the Meshing method can be used optimally to avoid interference, uneven bandwidth distribution, and user density on wireless networks. Meshing built in IL is able to cope with heavy traffic by obtaining average throughput, delay, packet loss, and jitter at index 4 (very good) or get a percentage of 95-100% success rate, can connect well to all ssids with no channel clashes, all SSIDs and access points can be controlled with one unifi controller simultaneously.*

Keywords— *Wireless Network Optimisation, Unifi, Mikrotik, Meshing*

I. PENDAHULUAN

Jaringan nirkabel(wireless) menjadi infrastruktur kritis yang mendukung berbagai aspek kehidupan. Namun, masalah seperti interferensi, cakupan yang tidak merata, dan kestabilan sinyal masih menjadi hambatan. Unifi memberikan kontrol lebih besar atas aspek wireless dengan manajemen terpusat yang canggih. Pada saat yang sama, MikroTik berfokus pada peningkatan sinyal dan manajemen router yang andal, yang

merupakan komponen kunci dalam meningkatkan kualitas koneksi wireless. Kombinasi kedua perangkat ini diharapkan dapat menciptakan sinergi yang kuat untuk mengoptimalkan jaringan wireless.

Salah satu hambatan dalam penggunaan jaringan wireless adalah efisiensi dan kinerja jaringan. Kinerja jaringan nirkabel dapat dipengaruhi oleh banyak faktor berbeda, seperti gangguan sinyal, jarak antar perangkat, kepadatan pengguna, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, optimalisasi jaringan

wireless penting untuk memastikan kualitas layanan yang baik dan pengalaman pengguna yang memuaskan. Mengoptimalkan jaringan wireless melalui teknik meshing (menggabungkan beberapa perangkat untuk meningkatkan jangkauan dan kinerja jaringan) menjadi solusi yang baik dalam mengatasi beberapa masalah yang sering muncul dalam jaringan wireless. Salah satu pendekatan yang sering digunakan adalah penggunaan perangkat seperti Unifi dan MikroTik. Unifi adalah produk dari Ubiquiti Networks yang menyediakan solusi jaringan wireless yang canggih, sementara MikroTik menyediakan berbagai perangkat jaringan seperti router board, switch, dan radio. Dalam konteks ini, Optimasi Jaringan Wireless Dengan Metode Meshing Menggunakan Perangkat Unifi Dan Mikrotik menjadi topik penelitian yang relevan dan penting. Penelitian ini akan mengeksplorasi bagaimana penggunaan perangkat Unifi dan MikroTik dapat meningkatkan kinerja jaringan wireless, memperluas cakupan, mengurangi interferensi, dan memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik.

A. Jaringan Wireless

Jaringan wireless adalah jaringan yang menggunakan media transmisi gelombang radio untuk menghubungkan perangkat-perangkat komputer. Teknologi wireless memudahkan komunikasi yang memungkinkan pengiriman data tanpa kabel fisik. Teknologi wireless memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mengirimkan data dari satu perangkat ke perangkat lain.

B. MikroTik

MikroTik adalah sistem operasi dan perangkat lunak yang membuat komputer menjadi router jaringan yang handal. Ini memiliki banyak fitur untuk jaringan IP dan jaringan nirkabel, sehingga cocok untuk ISP, provider *hotspot*, dan warnet.

C. Unifi

Unifi Access Point adalah perangkat keras jaringan komputer yang menghubungkan piranti nirkabel dengan jaringan lokal menggunakan teknologi, seperti *wifi*, *bluetooth*, atau *mesh*. Access point ini mendukung koneksi nirkabel pita ganda 2,4 GHz dan 5 GHz. Unifi Access Point diproduksi oleh Ubiquiti Networks, Inc. Access Point adalah perangkat jaringan yang berisi sebuah *transceiver* dan antena untuk transmisi dan menerima sinyal ke dan dari *clients remote*. Dengan access points (AP) *clients wireless* bisa dengan cepat dan mudah untuk terhubung kepada jaringan LAN kabel secara wireless.

D. Meshing

Meshing adalah teknik yang menggabungkan dua atau lebih jaringan wireless untuk membentuk jaringan yang lebih besar dan lebih efisien. Meshing dapat meningkatkan daya jangkau, kinerja, dan keamanan jaringan wireless. Meshing dapat meningkatkan daya jangkau jaringan wireless dengan menambahkan lebih banyak titik akses (Access Point) ke dalam jaringan. Titik akses adalah perangkat yang berfungsi untuk menyebarkan sinyal wireless. Dengan menambahkan

lebih banyak titik akses, maka area cakupan sinyal wireless akan menjadi lebih luas.

E. Ubuntu Server

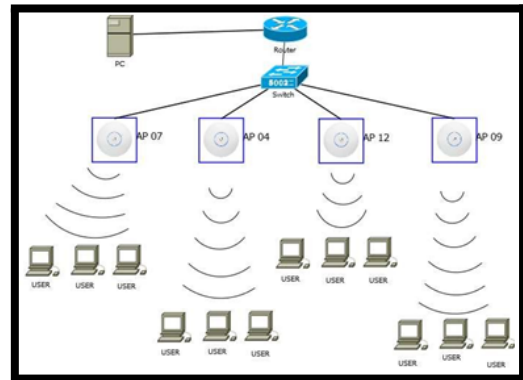
Ubuntu Server merupakan salah satu distribusi Linux yang dikembangkan oleh Canonical Ltd, perusahaan dibelakang Ubuntu. Ubuntu Server ditujukan untuk digunakan sebagai sistem operasi server dan juga dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti web server, aplikasi, virtualisasi, database. Ubuntu Server menyediakan paket perangkat lunak yang dikurasi dan dikonfigurasi untuk digunakan sebagai sistem operasi server. Ini termasuk perangkat lunak seperti Apache, Nginx, MySQL, PostgreSQL, dan banyak lagi.[11]

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pada metodologi penelitian akan dibahas mengenai topologi jaringan, diagram blok dan skenario pengujian pada Optimasi Jaringan Wireless Dengan Metode Meshing Menggunakan Perangkat Unifi Dan Mikrotik.

A. Topologi Jaringan

Perancangan topologi jaringan dilakukan untuk membuat desain perencanaan arsitektur sistem yang akan dibangun dapat berjalan sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 1. Topologi jaringan

Perangkat Topologi :

1. AP: Titik Akses (Unifi AP-Ac Pro dan Nano-HD)
2. RB: Papan Router (Router Mikrotik CCR1016-12S-1S+ Tile)
3. Meshing: Koneksi jaringan wireless antara dua jaringan terpisah
4. Garis solid: Koneksi kabel
5. Hub non management 1gb/port
6. TP-LINK TL-SG1016D 16-Port Gigabit Switch

B. Diagram Blok

Pada perancangan tahap ini menjelaskan hubungan antara pengguna dengan sistem yang akan dibuat seperti halnya pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram Blok

Berdasarkan gambar 2 diagram blok terdapat beberapa langkah yang digunakan untuk membangun sistem ini berikut penjelasan lengkapnya.

Algoritma yang Digunakan:

1. Periapan alat dan bahan yang diperlukan pada penelitian kali ini seperti router, switch, kabel dan Access point
2. Instalasi perangkat keras termasuk pada pemasangan kabel dan pemasangan perangkat seperti denah, dan juga pengaturan IP yang dilakukan pada segi router.
3. Persiapan installasi perangkat lunak dilakukan pada sisi server, yang mana di install sistem operasi Ubuntu dan program controller unifi.
4. Pengujian jaringan dilakukan untuk memastikan jaringan terhubung dengan maksimal di semua device.
5. Analisa dilakukan untuk pengumpulan hasil dan data yang diperoleh untuk perbandingan data dari performa penelitian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

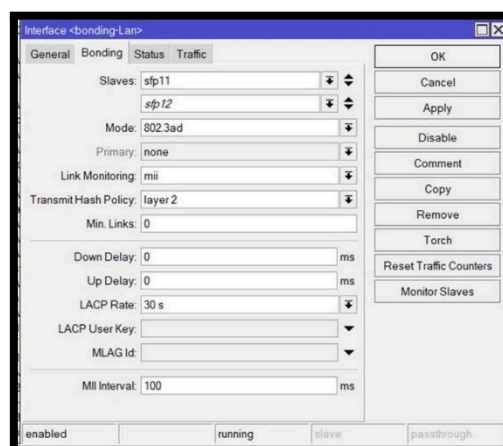
Berikut adalah tahapan Implementasi Optimasi Jaringan *Wireless* Dengan Metode *Meshing* Menggunakan Perangkat Unifi Dan Mikrotik.

A. Setting Mikrotik

Settingan pada mikrotik meliputi beberapa hal, yaitu konfigurasi untuk *bounding*, *vlan*, dan juga pemberian IP.

1. Setting Bounding *sfp 11 dan 12*

Konfigurasi SFP 11 dan 12 di bounding bertujuan untuk meningkatkan kapasitas dan keandalan jaringan meshing dengan menggunakan perangkat UniFi dan MikroTik. Hal ini memungkinkan agregasi lebih banyak saluran dan pemantauan kinerja yang lebih baik untuk optimalisasi jaringan nirkabel secara keseluruhan. Konfigurasi SFP 11 dan 12 dapat dilihat di gambar 4.



Gambar 4. Setup Bounding

2. Setting Vlan untuk SSID

Setelah melakukan pengaturan pada SFP 11 dan 12, Peneliti mengaktifkan VLAN pada SSID objek penelitian. Pengaktifan VLAN pada SSID dapat dilihat di gambar 5.

R	bonding-Lan	Bonding	1500	1580	97.8 Mbps
R	Vlan - Intern - Sudirman	VLAN	1500	1576	35.7 Mbps
R	Vlan - Hatta2,4	VLAN	1500	1576	19.6 Mbps
R	Vlan - Mentor - Hatta	VLAN	1500	1576	19.6 Mbps
R	Vlan - Guest - Kartini	VLAN	1500	1576	10.1 Mbps

Gambar 5. Setting Vlan

Terdapat 4 VLAN yang telah dibuat dibawah bonding dengan tujuan VLAN tersebut akan diarahkan pada setiap SSID Unifi yang nantinya akan dipersiapkan. Yang mana VLAN tersebut memiliki ID yang berbeda beda pada tiap penamaannya, sehingga tidak menjadi bentrok dan dapat di distribusikan secara lancar. Pada “Vlan-Sudirman” diberikan id “212”, “Vlan-Hatta” diberikan id “211”. “Vlan-Kartini” diberikan id “200”, dan “Vlan-Hatta2,4” diberikan id “300”.

B. Setting Server Ubuntu

Settingan pada mikrotik meliputi beberapa hal, yaitu konfigurasi untuk *setup controller* pada ubuntu.

```

47 sudo apt install mongodb-org-server -y
48 curl https://dl.ui.com/unifi/unifi-repo.gpg | sudo tee /usr/share/keyrings/ub
1
49 echo 'deb [signed-by=/usr/share/keyrings/ubiquiti-archive-keyring.gpg] https:
stable ubiquiti | sudo tee /etc/apt/sources.list.d/100-ubnt-unifi.list > /dev/null
50 sudo apt update -y
51 apt update
52 cd /etc/apt/sources.list.d/
53 ls
54 rm -rf ubnt-unifi.list
55 apt update
56 apt install unifi -y
57 apt install openjdk-17-jre-headless
58 apt install unifi -y
59 systemctl status unifi
60 netstat -tulnp
61 apt install net-tools
62 systemctl enable unifi
63 netstat -tulnp
64 ip a
65 ping 10.1.1.1
66 systemctl restart unifi
67 htop
68 htop
69 htop
70 apt install mariadb-server
71 systemctl enable mariadb
72 systemctl start mariadb
    
```

Gambar 6. Bounding

Paket yang di install pada ubuntu adalah unifi controller dan juga open-jdk sebagai pendukung instalasi untuk paket unifi. Setelah semua setup diselesaikan, selanjutnya unifi kontroler harus di restart. Dan coba mengaksesnya pada website dengan mengetik alamat/ip dari mini pc “192.168.70.9”.

C. Setting Unifi

Settingan pada mikrotik meliputi beberapa hal, yaitu konfigurasi untuk *bounding*, vlan, dan juga pemberian IP.

1. Adopt Access Point

Adopt Access Point adalah proses dimana Access Point (AP) UniFi diintegrasikan atau dihubungkan ke dalam jaringan yang dikelola oleh UniFi Controller. Proses adopsi ini memungkinkan UniFi Controller untuk mengkonfigurasi, memantau, dan mengelola AP secara terpusat. Saat proses adopsi, AP akan mendapatkan pengaturan dari UniFi Controller, sehingga dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan jaringan yang ada. Tampilan Access Point sesudah di Adopt dapat dilihat pada gambar 7 dan pada gambar 8 adalah pengaturan id vlan yang telah di setup di unifi.

AP-B2-L1-04	Up to date	192.168.70.251	GBE	6 (20 MHz)	161 (20 MHz)	
AP-B2-L1-07	Up to date	192.168.70.253	GBE	1 (20 MHz)	157 (20 MHz)	
AP-B2-L1-09	Up to date	192.168.70.161	Mesh	AP-B2-L1-04	11 (20 MHz)	161 (20 MHz)
AP-B2-L1-12	Up to date	192.168.70.163	GBE	12 (20 MHz)	161 (20 MHz)	

Gambar 7 Access Point sebelum di Adopt

Hatta	211	Third-party Gate...	-	-	0
Sudirman	212	Third-party Gate...	-	-	0
Kartini	200	Third-party Gate...	-	-	0
Hatta2.4	300	Third-party Gate...	-	-	0

Gambar 8 Setting Network Pengenalan Vlan Pada Controller

Pada gambar 7 merupakan inialisasi penama dan juga ID VLAN yang sudah di atur pada mikrotik, hatta diarahkan pada ID “211”, sudirman diarahkan pada ID “212”,

kartini diarahkan pada ID “200”, dan hatta2,4 diarahkan pada ID “300”.

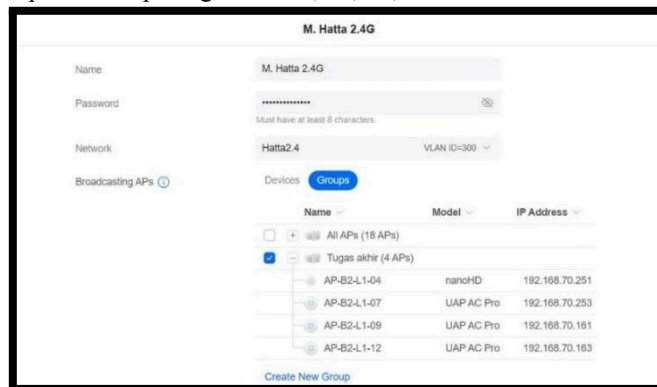
2. Konfigurasi SSID dan implementasi VLAN pada jaringan

Untuk mendukung kebutuhan jaringan nirkabel pada berbagai kelompok pengguna, beberapa SSID telah dikonfigurasi dengan spesifikasi berbeda berdasarkan band WiFi dan peruntukannya. SSID "Hatta" (band WiFi 5GHz) disediakan khusus untuk mentor, sementara SSID "Hatta 2.4" (band WiFi 2.4GHz) juga ditujukan untuk mentor. SSID "Sudirman" (band WiFi 5GHz dan 2.4GHz) dikonfigurasi untuk keperluan intern, sedangkan SSID "R.A Kartini" (band WiFi 5GHz dan 2.4GHz) disediakan untuk tamu. Seluruh konfigurasi SSID ini dilakukan berdasarkan VLAN untuk memastikan segmentasi dan keamanan jaringan yang optimal. Hasil konfigurasi dapat dilihat pada gambar 9.

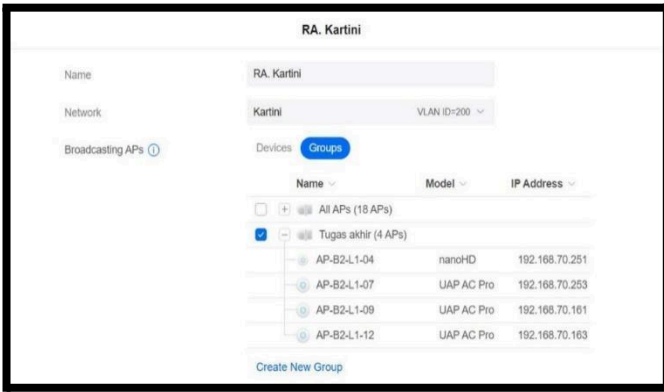
M. Hatta	Hatta	11 APs	74 (84)	WPA Personal	Excellent
Sudirman	Sudirman	11 APs	34 (65)	Open	Excellent
M. Hatta 2.4G	Hatta2.4	11 APs	50 (59)	WPA Personal	Excellent
R.A. Kartini	Kartini	11 APs	22 (52)	Open	Good

Gambar 9. Hasil Konfigurasi SSID dan implementasi VLAN pada jaringan

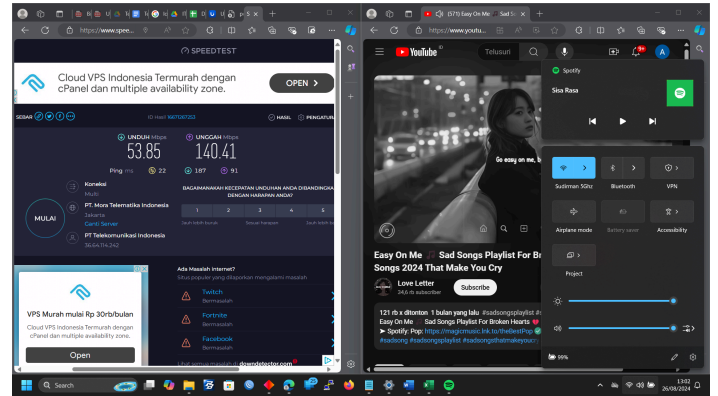
Setelah melakukan Konfigurasi SSID dan implementasi VLAN. Peneliti mengimplementasikan pada tiap SSID 4 Access Point yang di atur dalam grup broadcasting. Tampilan setelah di implementasikan 4 Access Point pada tiap SSID dapat dilihat pada gambar 10, 11, 12, dan 13.



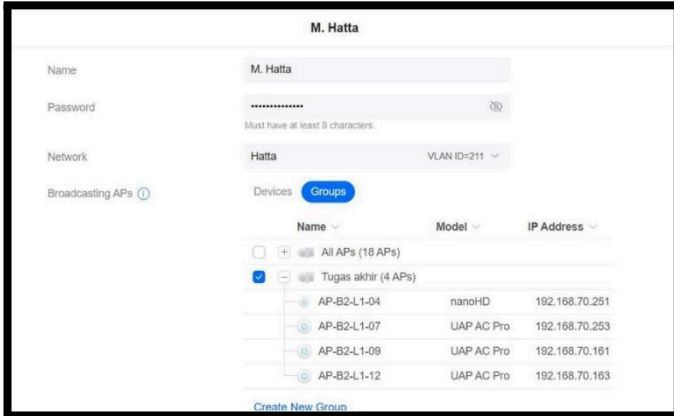
Gambar 10 SSID M. Hatta 2.4G



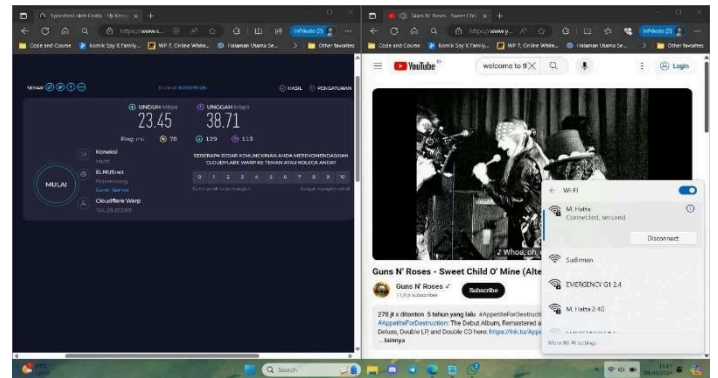
Gambar 11 SSID R.A Kartini



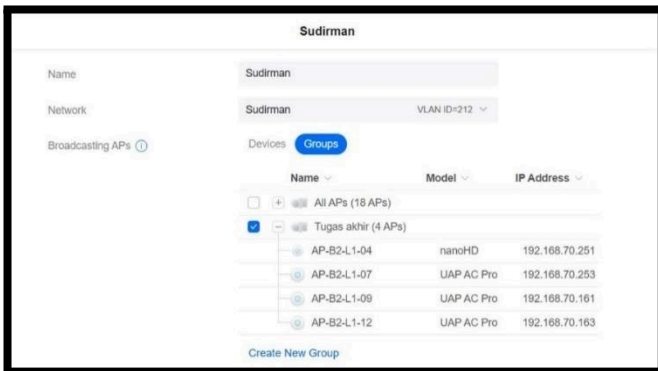
Gambar 4.20 Uji Tes Koneksi SSID Sudirman



Gambar 12 SSID M. HATTA



Gambar 4.21 Uji Tes Koneksi SSID M. Hatta



Gambar 13 SSID Sudirman

D. Hasil Pengujian

Pada tahap ini menampilkan hasil pengujian yang dilakukan dengan dua skenario pengujian, pertama pengujian konektivitas, dan yang kedua pengujian *QoS*.

1. Hasil pengujian konektivitas

Pengujian menggunakan Sudirman pada gambar 14 dan M. Hatta pada gambar 15 dengan running pada beberapa client dengan cara menonton Youtube dan SpeedTest.

a. Pengujian QoS dengan standar thipon

Hasil Pengujian Parameter Menggunakan Standar THIPON Pengujian parameter menggunakan standar THIPON meliputi Throughput, Packet Loss, Delay, dan Jitter. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1, 2, 3, dan 4.

<i>Throughput</i>	jumlah bytes : time span =56837544 : 318.706 = 178.338,4812334879 bytes/s = 178.338,4812334879 x 8 = 1.426.707,849867903 bits/s = 1426 k (Indeks 3)
<i>Packet Loss</i>	(dikirim-terima)/kirim }100 = ((70802-70467)/70802)100 = (335/70802)100 =0,4731504759752549 = 0,4%(Indeks 4)
<i>Delay</i>	delay total : 318,706088 delay rata rata : 4,501435 ms =(Indeks 4)
<i>Jitter</i>	jitter total : 318,913157 rata rata jitter : 4,504423 ms (Indeks 4)

Tabel 1 Hasil Pengujian QoS Dengan Standar TIPHON SSID M. Hatta 2.4G

<i>Throughput</i>	jumlah bytes:time span =39097267 : 158.520 = 246.639,3325763311 bytes/s = 246.639,3325763311 x 8 = 1.973.114,660610649 bits/s = 1973 k(Indeks 3)
<i>Packet Loss</i>	(dikirim-terima)/kirim}100 = ((46144-45948)/46144)100 = (196/46144)100 = 0,4247572815533981 = 0,4%(Indeks 4)
<i>Delay</i>	delay total : 158,520351 delay rata rata : 0,00343534 x 1000 =3,43534 ms(Indeks 4)
<i>Jitter</i>	jitter total : 0,390858 rata rata jitter : 8,4704 x 1000 = 8.470,4 ms (Indeks 4)

Tabel 2 Hasil Pengujian QoS Dengan Standar TIPHON SSID M. Hatta

<i>Throughput</i>	jumlah bytes:time span = 94437975 : 162.207 = 582.206,5323937931 bytes/s = 582.206,5323937931 x 8 = 4.657.652,259150345 bits/s = 4657 k(Indeks 4)
<i>Packet Loss</i>	((dikirim-terima)/kirim)100 = ((97192-96771)/97192)100 = (421/97192)100 = 0,4331632233105605 = 0,4%(Indeks 4)
<i>Delay</i>	delay total : 162,206792 delay rata rata : 0,001668932x1000 =1,668932 ms(Indeks 4)
<i>Jitter</i>	jitter total : 0,016894 rata rata jitter : 1,73821 x 1000 =1.738,21 ms(Indeks 4)

Tabel 3 Hasil Pengujian QoS Dengan Standar TIPHON SSID R.A Kartini

<i>Throughput</i>	jumlah bytes:time span 108226547 : 113.696 = 951,8940595975232 bytes/s = 951,8940595975232 x 8 = 7.615,152476780186 bits/s = 7615 k(Indeks 4)
<i>Packet Loss</i>	(dikirim-terima)/kirim)100 = ((104396-104351)/104396)100 = (45/104396)100

	= 0,0431050998122533 = 0,04%(Indeks 4)
<i>Delay</i>	delay total : 113,695703 delay rata rata : 0,001089081 x 1000 = 1,089081 ms(Indeks 4)
<i>Jitter</i>	jitter total : 0,000459 rata rata jitter : 4,39672 x 1000 = 4.396,72 ms (Indeks 4)

Tabel 4 Hasil Pengujian QoS Dengan Standar TIPHON SSID Sudirman

Dapat disimpulkan bahwa hasil dari data di atas keseluruhan data yang diambil memiliki presentase 95-100% atau bisa dikatakan sangat bagus, dikarenakan mendapatkan indeks keseluruhan yaitu 4 yang dapat dilihat pada table 5. Dan berbeda dengan penerapan sebelumnya yang mendapatkan presentasi rata-rata 50-75% atau bisa dikatakan kurang bagus, yang dapat dilihat pada table 6.

QoS	Indeks	Presentase	Kategori Penilaian
<i>Troughput</i>	4	95-100%	Sangat Bagus
<i>Delay</i>	4	95-100%	Sangat Bagus
<i>Jitter</i>	4	95-100%	Sangat Bagus
<i>Packet Loss</i>	4	95-100%	Sangat Bagus

Tabel 6 Tabel Sesudah Pengujian

QoS	Indeks	Presentase	Kategori Penilaian
<i>Troughput</i>	3	4 – 94,75%	Bagus
<i>Delay</i>	2	50-75%	Kurang Bagus
<i>Jitter</i>	2	50-75%	Kurang Bagus
<i>Packet Loss</i>	2	50-75%	Kurang Bagus

Tabel 7 Tabel Sebelum Pengujian

Didapatkan perbandingan yang jauh dari setelah dan sebelum pengujian, karena telah dilakukan *meshing* pada jaringan baru. dan juga dilakukan *adjustment* pada pembagian *bandwidth* mikrotik sehingga bisa mendapatkan performa yang sangat baik pada *end user*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada perusahaan infinite learning yang telah di Infinite learning di dapatkan kesimpulan bahwa, *meshing* yang dibangun pada IL mampu mengatasi traffic yang padat dengan didapatkan dengan rata rata troughput, delay, packet loss, dan jitter pada indeks 4 (sangat bagus), berbanding terbalik dengan sebelum penerapan yang mana mendapatkan indeks rata-rata 2 (kurang bagus). Dan dapat terhubung dengan baik ke semua ssid dengan bentrokan channel yang tidak ada, dengan dibuktikan oleh speedtest yang mendapatkan angka lebih dari 20Mbps. Dan juga mempengaruhi alat yang diperlukan tidak banyak hanya berapa karena semua AP memiliki SSID yang sama.

REFERENSI

- [1] Wibowo, Al Amien, "Implementasi Wireless Mesh Network Menggunakan Virtual Controller Access Point System Manager Di Lingkungan Kampus Universitas Muhammadiyah Riau". No.2 Vol.7.2018. Hal 278.
- [2] Nando ddk, "Analisis Dan Perancangan Jaringan Komputer Berbasis Virtual Local Area Network (Vlan) Menggunakan Router Mikrotik". Vol.9.No2.2018. Hal 267
- [3] Agung.2023. "Mikrotik CCR (Cloud Core Router)". Diakses pada 4 Desember 2023 dari <https://tutorialmikrotik.com/mikrotik-ccr-cloud-core-router/>.
- [4] Administrator.2022. "Pengertian Kabel UTP". Diakses pada 4 Desember 2023 dari <https://diskominfo.kedirikab.go.id/baca/apa-itu-kabel-utp>.
- [5] Febriani.2013. "Rancang bangun penggunaan Vlan Bridging menggunakan Teknik Bonding Mikrotik sebagai Implementasi Optimalisasi Jaringan". Diakses pada 14 Desember 2023 dari file:///C:/Users/Downloads/JurnalTA_Ratu%20Alfa%20Febriani_F1B212080%20(2).pdf
- [6] Zaen.2019. "Rancang Bangun Vlan Dengan Menggunakan Mikrotik RB2011Ui AS-RM Diud Ajeka Aditama Guna Menyediakan Akses Internet". Hal 1-59.
- [7] Tim CV Andi Offset.2014. "Mudah Belajar Mikrotik Menggunakan Metode Virtualisasi". Semarang: CV Andi Offset
- [8] Ryansyah.2018. "Perancangan Virtual LAN Menggunakan Switch Manajemen Dengan Mikrotik". Vol4.No1. Hal 17-20
- [9] Hakim, Taufik Al, and Hamdani Arif. n.d. "Implementasi Wireless Distribution System(WDS) pada router Mikrotik untuk peningkatan performa jaringan SMK Negeri 2 Batam."
- [10] Ramadhan, Aditya Dyan, and Iwan Iskandar. n.d. "Evaluasi Peforma Jaringan Internet Menggunakan Metode QoS."
- [11] Ikhwan.2024 "Linux Ubuntu Server" Diakses pada 20 Desember 2023 dari <https://www.idn.id/linux-ubuntu-server/>.