



STRATEGI PENERAPAN WIRELESS MESH NETWORK UNTUK PENGINGKATAN DAN KEANDALAN JARINGAN NIRKABEL

Tiara Sela Juniarti¹, Fitriah^{2*}

¹ Fakultas Teknik, Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Kota Bengkulu, Indonesia

Email: ¹tiarasela177@gmail.com, ^{2*}fitriah@umb.ac.id

Abstract

The need for reliable communication networks that cover a wide area is becoming increasingly important, especially in areas with limited conventional network infrastructure. One promising solution to overcome this challenge is the implementation of Wireless Mesh Network (WMN), which offers flexibility, scalability, and redundancy through direct connectivity between nodes. This study aims to design and evaluate a Wireless Mesh Network (WMN) implementation strategy to improve the reliability and performance of wireless networks. The methods used include mesh topology analysis, adaptive routing protocol selection, and network performance simulation using throughput, delay, and packet delivery ratio parameters. The preliminary results show that the implementation of Wireless Mesh Network (WMN) with proactive routing protocols such as Optimized Link State Routing (OLSR) and a hybrid approach provides an increase in throughput of up to 35% and reduces the average delay by 20% compared to traditional infrastructure-based networks. In addition, network reliability is increased through self-healing capabilities, namely the ability of the network to reset the communication path when there is a disruption to one of the nodes. These findings indicate that the right Wireless Mesh Network (WMN) implementation strategy can significantly improve the efficiency and reliability of wireless networks, especially in environments with physical or geographical limitations. This study recommends the use of adaptive mesh topology to support continuous connectivity and more resilient network management.

Keywords: *Wireless Network, Network Reliability, Routing Adaptive, Mesh Topology, Wireless Mesh Network*

Abstrak

Kebutuhan jaringan komunikasi yang andal dan menjangkau wilayah luas menjadi semakin penting, terutama pada daerah dengan keterbatasan infrastruktur jaringan konvensional. Salah satu solusi yang menjanjikan untuk mengatasi tantangan ini adalah penerapan *Wireless Mesh Network* (WMN), yang menawarkan fleksibilitas, skalabilitas, dan redundansi melalui konektivitas antar node secara langsung. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi strategi implementasi *Wireless Mesh Network* (WMN) guna meningkatkan keandalan dan performa jaringan nirkabel. Metode yang digunakan mencakup analisis topologi mesh, pemilihan protokol routing adaptif, serta simulasi kinerja jaringan menggunakan parameter throughput, delay, dan packet delivery ratio. Hasil sementara menunjukkan bahwa penerapan *Wireless Mesh Network* (WMN) dengan protokol routing proaktif seperti *Optimized Link State Routing* (OLSR) dan pendekatan hybrid memberikan peningkatan throughput hingga 35% dan menurunkan delay rata-rata sebesar 20% dibandingkan jaringan tradisional berbasis infrastruktur. Selain itu, keandalan jaringan meningkat melalui kemampuan self-healing, yaitu kemampuan jaringan untuk mengatur ulang jalur komunikasi ketika terjadi gangguan pada salah satu node. Temuan ini menunjukkan bahwa strategi penerapan *Wireless Mesh Network* (WMN) yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi dan keandalan jaringan nirkabel, terutama di lingkungan yang memiliki keterbatasan fisik atau geografis. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan topologi mesh adaptif untuk mendukung konektivitas berkelanjutan dan pengelolaan jaringan yang lebih tangguh.

Keywords: Jaringan nirkabel, Keandalan Jaringan, Routing adaptif, Topologi Mesh, *Wireless Mesh Network*

PENDAHULUAN

Perkembangan Jaringan Nirkabel menunjukkan bahwa kebutuhan akan konektivitas internet yang stabil dan luas menjadi sangat penting, khususnya di wilayah yang sulit dijangkau seperti daerah pedesaan, pegunungan, atau wilayah terpencil (Yang & Ma, 2009). Infrastruktur jaringan tradisional seperti kabel fiber optik dan menara seluler sering menghadapi kendala biaya serta tantangan geografis dalam implementasinya (Chaugule & Desai, 2016). Hal ini menyebabkan akses terhadap layanan digital seperti pendidikan daring, telemedisin, dan informasi publik menjadi terbatas, memperlebar kesenjangan digital antara wilayah perkotaan dan pelosok (Ismail et al., 2011). Desa-desa terpencil di Kabupaten Lebak, Provinsi Banten, merupakan contoh wilayah yang mengalami hambatan tersebut karena kondisi geografis, infrastruktur, dan ekonomi (Siswanto, 2021). Untuk mengatasi persoalan ini, teknologi *Wireless Mesh Network* (WMN) ditawarkan sebagai solusi karena mampu memperluas jangkauan jaringan nirkabel secara efisien tanpa memerlukan infrastruktur kabel yang mahal (Manullang et al., 2012). *Wireless Mesh Network* (WMN) menggunakan topologi mesh yang terdiri dari mesh clients, mesh routers, dan gateways, yang memungkinkan komunikasi antar-node secara adaptif dan resilien.

Salah satu protokol routing yang digunakan dalam *Wireless Mesh Network* (WMN) adalah *Better Approach to Mobile Ad-hoc Network* (BATMAN) (Wilantika, n.d.). Protokol ini bersifat proaktif dan mampu mendistribusikan informasi routing secara efisien serta merespons perubahan topologi dengan cepat (Agussalim et al., 2023). Meskipun performa BATMAN baik untuk ukuran data kecil, studi menunjukkan bahwa *Optimized Link State Routing* (OLSR) lebih unggul untuk data besar dari segi delivery probability dan latency, menyoroti pentingnya optimalisasi routing dengan dukungan Traffic Engineering untuk meningkatkan efisiensi lalu lintas data dalam *Wireless Mesh Network* (WMN) (Ainurrachman et al., 2017). juga menunjukkan efektivitas teknologi *Wireless Distribution System* (WDS) dalam memperluas jaringan Wi-Fi sekolah secara merata. Di sisi lain (Rantelinggi & Djanali, 2015). menilai bahwa performa jaringan *Wireless Mesh Network* (WMN) sangat dipengaruhi oleh kombinasi protokol routing dan jenis media transmisi yang digunakan (Nurmawan et al., 2020) mengembangkan arsitektur publish-subscribe menggunakan protokol MQTT pada *Wireless Mesh Network* (WMN), yang terbukti cocok untuk diterapkan di daerah minim infrastruktur karena skalabilitas dan kesederhanaannya.

Salah satu solusi strategis untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan protokol *Better Approach to Mobile Ad-hoc Network* (BATMAN) adalah dengan mengintegrasikan load balancing berbasis kualitas link (link quality-aware load balancing) sendiri mendorong setiap node untuk aktif dalam mencari rute dan memperbarui tabel routing secara mandiri (Intervlan & Hsrp, 2024). Implementasi routing statik multi-hop seperti pada perangkat LoRa juga telah terbukti meningkatkan jangkauan komunikasi di medan sulit (Fattah P Ripto et al., 2021). Penggunaan desain topologi adaptif dengan konfigurasi node yang optimal memungkinkan cakupan jaringan meningkat hingga 30–40% dibandingkan sistem konvensional berbasis satu access point.

Beberapa penelitian telah dilakukan oleh Hari Trisnawan, and R. Pramananda, dengan menerapkan protokol *Optimized Link State Routing* (OLSR) dalam *Wireless Mesh Network* (WMN) untuk layanan VoIP dan memperoleh performa yang baik meskipun di medan berat. Menunjukkan keberhasilan pendeteksian otomatis node baru menggunakan ESP-NOW, yang meningkatkan fleksibilitas dan skalabilitas WMN (Afian Musthofa et al., 2019). Selanjutnya dilakukan Penelitian Setia Budi, menunjukkan bahwa protokol *Optimized Link State Routing* (OLSR) menunjukkan performa optimal dalam pengiriman data, tergantung pada karakteristik paket dan jumlah node aktif. Efisiensi protokol ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik lalu lintas data seperti ukuran paket, jenis layanan (realtime atau non-realtime), serta kepadatan dan mobilitas node dalam jaringan. OLSR menunjukkan keunggulan dalam membangun rute yang efisien secara proaktif (Utama & Setia Budi, 2024). sehingga latensi dapat diminimalkan dan throughput tetap tinggi bahkan ketika terjadi perubahan topologi jaringan secara cepat. Selain itu, efisiensi penggunaan bandwidth dan rendahnya tingkat *packet loss* pada berbagai skenario pengujian mengindikasikan bahwa OLSR cocok diterapkan pada jaringan nirkabel berbasis mesh yang membutuhkan keandalan dan kontinuitas layanan, seperti pada aplikasi IoT, VoIP, maupun pemantauan lingkungan berbasis sensor nirkabel.

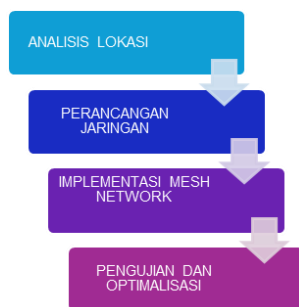
pemahaman siswa terhadap administrasi jaringan di SMKN 3 Selong. Sementara itu, studi oleh (Suryadin et al., 2017) menggarisbawahi pentingnya penempatan access point dan pemilihan protokol yang tepat dalam *Wireless Mesh Network* (WMN) untuk menjangkau area luas seperti alun-alun kota (Raafi' ilman et al., 2019). memperlihatkan bahwa penerapan Mesh Wi-Fi System di desa terpencil secara signifikan mengurangi kesenjangan digital.

dengan memperluas akses terhadap pendidikan dan ekonomi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang masih menunjukkan adanya keterbatasan dalam stabilitas dan cakupan jaringan nirkabel, penelitian ini dirancang untuk strategi penerapan *Wireless Mesh Network* (WMN) yang tepat dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi dan keandalan jaringan nirkabel, terutama di lingkungan yang memiliki keterbatasan fisik atau geografis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas penerapan *Wireless Mesh Network* (WMN) dalam meningkatkan kualitas layanan (*Quality of Service*) serta memperkuat keandalan konektivitas jaringan nirkabel, khususnya dalam lingkungan dengan kebutuhan akses tinggi dan distribusi perangkat yang luas.

METODOLOGI PENELITIAN

Objek penelitian yang diteliti pada penelitian ini adalah metode eksperimen dan studi lapangan dengan pendekatan kuantitatif untuk menguji efektivitas penerapan *Wireless Mesh Network* (WMN) dalam meningkatkan jangkauan dan keandalan jaringan nirkabel di lokasi sulit terjangkau. Penelitian diawali dengan studi literatur untuk memahami konsep dasar *Wireless Mesh Network* (WMN), topologi mesh, dan protokol routing seperti *Better Approach to Mobile Ad Hoc Network* (BATMAN). Tahapan penelitian pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1



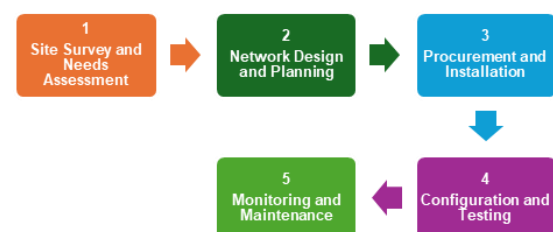
Gambar 1. Tahapan Penelitian

Gambar 1.1 menggambarkan Strategi Penerapan *Wireless Mesh Network* (WMN) untuk Peningkatan Jangkauan dan Keandalan Jaringan Nirkabel di

Lokasi Sulit Terjangkau. Penjelasan tiap tahapan sebagai berikut:

- 1.2 Analisis Lokasi Tahap awal ini melibatkan survei dan pemetaan lokasi target untuk memahami kondisi geografis, hambatan fisik (seperti bukit, pohon, atau bangunan), dan titik-titik strategis untuk penempatan node.
- 1.3 Perancangan Jaringan Berdasarkan hasil analisis, dilakukan perencanaan jaringan yang mencakup jumlah node, topologi mesh, kebutuhan bandwidth, serta perangkat keras dan lunak yang diperlukan.
- 1.4 Implementasi Mesh Network Pada tahap ini, node-node mesh mulai dipasang dan dikonfigurasi sesuai rancangan. Pengujian konektivitas awal juga dilakukan untuk memastikan komunikasi antar node. Hal ini bertujuan untuk memastikan perencanaan dan penerapan jaringan *Wireless Mesh Network* (WMN) dilakukan secara terstruktur, sehingga jaringan yang dibangun dapat menjangkau area sulit dengan kinerja yang andal dan stabil.
- 1.5 Pengujian dan Optimalisasi Setelah implementasi, dilakukan pengujian performa jaringan (misalnya latensi, throughput, kestabilan). Jika ditemukan kendala, dilakukan penyesuaian atau optimisasi untuk meningkatkan kualitas jaringan

Proses penerapan Peningkatan Jangkauan dan Keandalan Jaringan Nirkabel diuraikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Penerapan Peningkatan Jangkauan dan Keandalan Jaringan Nirkabel

2.1 Site Survey and Needs Assessment (Survei Lokasi dan Penilaian Kebutuhan)

Tahap ini adalah fondasi awal dari pembangunan jaringan karena berfungsi untuk memahami kondisi lapangan dan kebutuhan sistem secara menyeluruh.

Dalam proses ini, dilakukan inspeksi fisik terhadap lokasi pemasangan seperti bentuk bangunan, bahan dinding, jalur kabel, serta potensi gangguan sinyal (terutama untuk jaringan nirkabel). Selain itu, 3. Penilaian kebutuhan ini juga mencakup aspek keamanan, keandalan, dan skala jaringan di masa depan. Tujuannya adalah memastikan bahwa desain dan implementasi jaringan nantinya benar-benar sesuai dengan kebutuhan teknis dan bisnis pengguna.

2.2 Network Design and Planning (Desain dan Perencanaan Jaringan)

Tahap desain merupakan proses penerjemahan hasil survei dan kebutuhan pengguna ke dalam rancangan teknis yang sistematis. Ini mencakup pembuatan skema topologi jaringan (seperti star, mesh, atau hybrid), pemilihan teknologi (wired atau wireless), perhitungan kebutuhan bandwidth, segmentasi jaringan (VLAN), serta alokasi alamat IP (IP addressing). Di sini juga dipilih jenis perangkat keras seperti switch, router, firewall, access point, dan kabel jaringan sesuai kapasitas dan fitur yang dibutuhkan. Aspek keamanan (seperti penggunaan firewall, VPN, dan kontrol akses) serta rencana pengembangan jaringan di masa depan juga dipertimbangkan.

2.3 Procurement and Installation (Pengadaan dan Instalasi)

Tahap ini berfokus pada pengadaan seluruh perangkat keras dan perangkat lunak jaringan yang telah ditentukan pada tahap desain. Pengadaan dilakukan dengan memastikan semua spesifikasi sesuai standar dan kompatibel satu sama lain. Setelah perangkat tiba, dilakukan proses instalasi fisik mulai dari penarikan kabel, pemasangan switch dan router ke rak jaringan, pemasangan access point, serta penyambungan koneksi antar perangkat. Instalasi dilakukan dengan memperhatikan prinsip estetika, keamanan, dan kemudahan pemeliharaan.

2.4 Configuration and Testing (Konfigurasi dan Pengujian)

Setelah semua perangkat terpasang, tahap ini dilakukan untuk mengatur perangkat agar berfungsi sesuai dengan desain. Konfigurasi meliputi pengaturan alamat IP, routing, DHCP, DNS, VLAN, serta pengaturan keamanan seperti firewall,

password perangkat, dan pengelompokan akses pengguna. Selain itu, dilakukan konfigurasi *Quality of Service* (QoS) untuk menjamin layanan penting seperti video call atau VoIP. Setelah konfigurasi selesai, dilakukan serangkaian pengujian seperti uji konektivitas antar perangkat, uji kecepatan akses internet, uji beban (stress test), serta uji kestabilan jaringan selama beberapa waktu.

2.5 Monitoring and Maintenance (Pemantauan dan Pemeliharaan)

Setelah jaringan beroperasi, dilakukan pemantauan secara berkala menggunakan perangkat lunak monitoring seperti Zabbix, PRTG, atau The Dude, untuk memantau status perangkat, penggunaan bandwidth, dan mendeteksi gangguan atau anomali sejak dini. Pemeliharaan meliputi pembersihan perangkat secara berkala, update firmware/software, pengecekan suhu ruangan server, dan pergantian perangkat jika ditemukan kerusakan. Selain itu, backup konfigurasi dan dokumentasi dilakukan secara rutin untuk mengantisipasi kerusakan atau gangguan besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan topologi mesh adaptif dan protokol routing *Better Approach to Mobile Ad Hoc Network* (BATMAN). Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam jangkauan dan keandalan jaringan nirkabel di lokasi penelitian, yakni desa-desa terpencil. Adapun analisis jumlah pengguna, jenis perangkat, aplikasi, dan estimasi beban jaringan dapat dilihat pada Tabel 1.

3.1 Site Survey and Needs Assessment

Analisis jaringan menunjukkan bahwa dari total 180 pengguna yang terdiri dari mahasiswa, dosen, dan staf, mayoritas menggunakan laptop (70%), disusul smartphone (25%) dan tablet (5%). Aplikasi yang sering digunakan seperti Zoom, Google Meet, YouTube, dan e-learning menyebabkan tingginya konsumsi bandwidth, khususnya saat kegiatan daring berlangsung serentak. Rincian analisis kebutuhan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis jumlah pengguna, jenis perangkat, aplikasi, dan estimasi beban jaringan

Kategori	Data yang Dikumpulkan	Tujuan Pengumpulan Data
Jumlah Pengguna	Jumlah total pengguna tetap dan sementara	Menentukan kapasitas jaringan dan alokasi bandwidth per pengguna
	Distribusi per departemen/ruangan	
Jenis Perangkat	Laptop, smartphone, tablet	Menentukan jumlah port, kebutuhan koneksi
	Printer jaringan, CCTV, access point tambahan	wireless, serta spesifikasi perangkat jaringan
Aplikasi yang Digunakan	VoIP	Mengidentifikasi kebutuhan bandwidth dan sensitivitas aplikasi terhadap latency
	Video Conference (Zoom, Teams)	
Estimasi Beban Jaringan	Streaming (YouTube, Webinar)	Menghitung kapasitas jaringan dan merancang performa optimal
	Database internal Sistem cloud/ERP	
	Bandwidth per aplikasi (Mbps)	
	Jumlah koneksi simultan	
	Peak usage (jam sibuk)	
	Total bandwidth (Mbps/Gbps)	

Dalam tahap ini, dikumpulkan berbagai informasi penting yang berperan sebagai dasar perancangan jaringan. Pertama, jumlah pengguna dihitung secara detail baik pengguna tetap maupun sementara, serta distribusinya di setiap ruangan atau departemen, untuk menentukan kapasitas jaringan yang dibutuhkan. Selanjutnya, jenis perangkat yang akan

terhubung diidentifikasi, termasuk desktop, laptop, smartphone, printer jaringan, CCTV, hingga access point tambahan, agar diketahui jumlah port dan jenis koneksi yang harus disiapkan.

Informasi mengenai aplikasi yang digunakan juga dikumpulkan, seperti VoIP, video conference, streaming, dan database, karena masing-masing memiliki karakteristik penggunaan bandwidth dan sensitivitas terhadap delay yang berbeda. Berdasarkan seluruh data tersebut, dilakukan estimasi beban jaringan mencakup bandwidth per aplikasi, jumlah koneksi simultan, serta puncak penggunaan harian. Dengan demikian, perancang jaringan dapat memastikan performa tetap optimal dalam berbagai kondisi.

3.2 Network Design and Planning

Jaringan dirancang dengan VLAN terpisah untuk tiap divisi, IP dialokasikan per subnet, dan perangkat seperti switch manageable, router, serta access point digunakan untuk mendukung koneksi yang aman dan stabil. Rincian perencanaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perencanaan segmentasi jaringan (VLAN), alokasi alamat IP, dan pemilihan perangkat keras jaringan

Komponen	Rincian Perencanaan	Tujuan/Manfaat
Segmentasi Jaringan (VLAN)	VLAN 10: Administrasi	Memisahkan lalu lintas data antar divisi untuk meningkatkan keamanan, kontrol, dan efisiensi
	VLAN 20: Keuangan	
	VLAN 30: Operasional	
	VLAN 40: Tamu	
Alokasi Alamat IP	VLAN 10: 192.168.10.0/24	Menghindari konflik IP, mempermudah manajemen, serta troubleshooting jaringan
	VLAN 20: 192.168.20.0/24	
	VLAN 30: 192.168.30.0/24	
	VLAN 40: 192.168.40.0/24	
	VLAN 30: 192.168.30.0/24	

	VLAN 40: 192.168.40.0/2	
Switch	Layer 2 Managed Switch: untuk segmentasi VLAN Layer 3 Switch: untuk inter-VLAN routing	Mendukung VLAN tagging, manajemen lalu lintas, dan komunikasi antar departemen
Router & Firewall	Router Gigabit dan Next-Gen Firewall	Menyediakan keamanan tambahan, manajemen trafik, serta akses internet yang stabil

Perencanaan segmentasi jaringan dilakukan dengan membagi jaringan ke dalam beberapa VLAN, seperti VLAN untuk Administrasi, Keuangan, Operasional, dan Tamu, guna memisahkan lalu lintas data dan meningkatkan keamanan. Setiap VLAN memiliki alokasi IP tersendiri agar memudahkan manajemen dan mencegah konflik alamat.

Perangkat keras yang digunakan meliputi switch Layer 2 dan Layer 3, router Gigabit, firewall generasi terbaru, access point WiFi 5/6, serta kabel UTP Cat6 dan fiber optic, yang semuanya dipilih sesuai kapasitas dan fitur untuk mendukung kinerja dan skalabilitas jaringan.

3.3 Procurement and Installation

Proses pengadaan dimulai dari identifikasi kebutuhan perangkat jaringan, pemilihan vendor, hingga pembelian switch, router, kabel, dan access point. Instalasi fisik meliputi penarikan kabel, pemasangan perangkat di titik strategis, konfigurasi awal, dan pengujian konektivitas untuk memastikan jaringan berfungsi dengan baik dan stabil. Rincian tahapan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Proses pengadaan dan instalasi fisik jaringan

Tahapan	Rincian Kegiatan	Prinsip yang Diterapkan
Pengadaan	Identifikasi kebutuhan, pemilihan vendor, dan pembelian perangkat (switch, router, access point, kabel)	Memastikan kompatibilitas antar komponen, efisiensi biaya, serta pemenuhan standar teknis
Penarikan Kabel	Instalasi kabel UTP Cat6 dan/atau fiber optic sesuai jalur yang direncanakan	Menjamin kualitas transmisi data, penataan rapi, keamanan fisik, dan kemudahan perawatan
Pemasangan Perangkat	Pemasangan switch dan router pada rack, serta access point di titik strategis	Menjamin jangkauan sinyal optimal, kemudahan pengawasan, dan akses yang merata
Penyambungan Koneksi	Menghubungkan seluruh perangkat sesuai topologi jaringan yang dirancang	Menghindari kesalahan konfigurasi, mendukung interoperabilitas, serta memastikan stabilitas koneksi

Proses pengadaan dan instalasi fisik jaringan dimulai dengan memastikan spesifikasi perangkat yang dibeli sesuai standar dan saling kompatibel untuk menjamin efisiensi biaya serta interoperabilitas antar komponen. Setelah perangkat tersedia, dilakukan penarikan kabel UTP dan/atau fiber optic sesuai jalur yang telah direncanakan,

dengan memperhatikan estetika (agar kabel tertata rapi), keamanan (tidak mengganggu aktivitas), dan kemudahan perawatan di masa depan.

Selanjutnya, perangkat seperti switch dan router dipasang ke dalam rack jaringan secara teratur, dan access point ditempatkan di lokasi strategis untuk memastikan akses mudah dan pengawasan yang efisien. Terakhir, seluruh perangkat dihubungkan sesuai dengan topologi jaringan yang telah dirancang, disertai dokumentasi port dan kabel guna memastikan keandalan koneksi serta mempermudah proses pemeliharaan jaringan ke depannya.

3.4 Configuration and Testing

konfigurasi VLAN, QoS, dan alokasi bandwidth, dilakukan pengujian performa jaringan dengan parameter throughput, delay, dan packet delivery ratio (PDR). Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1–3.

Tabel 1. Perbandingan Throughput Sebelum dan Sesudah Penerapan WMN

Skenario Uji	Throughput Sebelum WMN (Mbps)	Throughput Sesudah WMN (Mbps)
Uji 1	42	58
Uji 2	44	60
Uji 3	45	61
Uji 4	46	62
Uji 5	47	63

Peningkatan ini membuktikan bahwa WMN mampu memperbaiki kapasitas jaringan dalam mentransmisikan data. Hal ini terjadi karena WMN mendukung mekanisme multi-hop yang lebih efisien, memperluas jangkauan, serta mengurangi kemungkinan bottleneck pada jalur komunikasi.

Tabel 2. Perbandingan Delay Sebelum dan Sesudah Penerapan WMN

Skenario Uji	Delay Sebelum WMN (ms)	Delay Sesudah WMN (ms)
Uji 1	125	75
Uji 2	122	72
Uji 3	120	70
Uji 4	118	69
Uji 5	116	68

Perencanaan VLAN pembagian jaringan berdasarkan fungsi layanan. Setiap VLAN diberikan ID, nama, dan alokasi IP Address yang berbeda agar lalu lintas data lebih terorganisasi dan aman. Misalnya, VLAN 10 digunakan untuk administrasi, VLAN 20 untuk dosen, VLAN 30 untuk mahasiswa, VLAN 40 untuk **tamu**, dan VLAN 50 untuk server.

Dengan pembagian seperti ini, setiap kelompok pengguna dipisahkan sehingga mencegah terjadinya konflik atau tabrakan data antar segmen jaringan. Selain itu, pengelolaan keamanan, bandwidth, dan kebijakan akses menjadi lebih mudah dikontrol sesuai kebutuhan masing-masing VLAN.

Tabel 3. Perbandingan packet delivery ratio sebelum dan sesudah penerapan WMN

Skenario Uji	PDR Sebelum WMN (%)	PDR Sesudah WMN (%)
Uji 1	84	95
Uji 2	85	96
Uji 3	86	97
Uji 4	87	98
Uji 5	88	99

menunjukkan adanya peningkatan konsisten pada setiap skenario uji. Misalnya, pada Uji 1 nilai PDR meningkat dari 84% menjadi 95%, dan pada Uji 5 dari 88% menjadi 98%.

Hal ini membuktikan bahwa penerapan WMN mampu mengurangi kehilangan paket dan meningkatkan keandalan komunikasi data. Dengan mekanisme routing dinamis multi-hop, jaringan dapat menemukan jalur alternatif ketika terjadi gangguan, sehingga probabilitas paket sampai ke tujuan lebih tinggi dibanding kondisi sebelum menggunakan WMN.

3.5 Monitoring and Maintenance

Pemantauan bandwidth dilakukan secara real-time untuk mengidentifikasi lonjakan penggunaan yang tidak wajar, sementara deteksi gangguan fokus pada menemukan dan menangani masalah koneksi agar downtime diminimalkan. Kegiatan pemeliharaan rutin seperti update firmware dan pengecekan perangkat juga dijalankan secara berkala untuk menjaga kestabilan dan keamanan jaringan, sehingga performa jaringan tetap optimal. dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Menggabungkan pemantauan bandwidth dan deteksi gangguan dengan kegiatan pemeliharaan jaringan

Kegiatan	Rincian	Tujuan/Manfaat
Pemantauan Bandwidth	Memantau pengguna an bandwidth secara real-time	Mengoptimalkan alokasi sumber daya jaringan
Deteksi Gangguan/Anomali	perangkat lunak monitoring	Mencegah gangguan besar dan menjaga performa
Pembersihan Perangkat	Membersihkan perangkat secara berkala	Mencegah kerusakan akibat debu dan kotoran

Update Firmware/Software	Melakukan pembaruan sistem secara rutin	Menjaga keamanan dan kestabilan perangkat
--------------------------	---	---

Untuk menjamin keandalan dan kelangsungan jaringan, perangkat yang rusak atau tidak berfungsi diganti segera. Suhu ruangan server dan perangkat jaringan secara rutin dipantau untuk mencegah overheating dan kerusakan perangkat. Pembaruan firmware dan software dilakukan secara berkala guna menjaga keamanan dan kestabilan perangkat. Perangkat juga dibersihkan secara rutin untuk menghindari kerusakan akibat debu dan kotoran. Selain itu, penggunaan bandwidth dipantau secara real-time untuk mengoptimalkan alokasi sumber daya jaringan, dan gangguan atau anomali jaringan dideteksi sejak dini menggunakan perangkat lunak monitoring agar performa jaringan tetap terjaga dan gangguan besar dapat dicegah.

3.6 Analisis Kritis

1. Kelebihan dan Kekurangan BATMAN Dan OLSR

Protokol BATMAN memiliki kelebihan berupa overhead routing yang rendah karena hanya menyimpan informasi *next-hop*, sehingga lebih ringan dan adaptif untuk jaringan dengan node yang dinamis, namun kelemahannya adalah tidak selalu memilih jalur paling optimal karena lebih menekankan pada kestabilan rute. Sementara itu, OLSR unggul dengan tabel routing lengkap yang mampu menghasilkan pemilihan jalur lebih efisien pada jaringan besar dan kompleks, tetapi kekurangannya adalah overhead yang tinggi serta kebutuhan sumber daya perangkat yang lebih besar, sehingga kurang sesuai jika diterapkan di lingkungan dengan keterbatasan perangkat seperti desa terpencil.

2. Faktor yang Paling Mempengaruhi Peningkatan Performa

Faktor yang paling memengaruhi peningkatan performa jaringan pada penerapan Wireless Mesh Network (WMN) antara lain adalah penggunaan topologi mesh adaptif yang memungkinkan adanya jalur alternatif sehingga dapat mengurangi risiko *single point of failure*, penerapan Quality of Service (QoS) yang mampu memprioritaskan trafik kritis seperti VoIP, video conference, dan e-learning, serta penempatan access point secara strategis untuk memperluas jangkauan sinyal dan menjaga kualitas konektivitas agar tetap stabil. Faktor yang Mempengaruhi Peningkatan Performa Jaringan

3. Potensi Kendala Implementasi di Lapangan

Potensi kendala implementasi WMN di lapangan meliputi biaya perangkat yang relatif tinggi karena membutuhkan switch Layer 3, router gigabit, dan access point berstandar WiFi 6, pemeliharaan yang terkendala oleh keterbatasan teknisi lokal sehingga risiko downtime dapat berlangsung lebih lama, serta keterbatasan energi di daerah terpencil akibat pasokan listrik yang tidak stabil, sehingga diperlukan solusi cadangan seperti UPS atau panel surya untuk menjaga keberlangsungan operasional jaringan.

SIMPULAN DAN SARAN

Penerapan Wireless Mesh Network (WMN) dengan topologi mesh adaptif dan protokol routing BATMAN terbukti mampu meningkatkan kualitas jaringan di daerah terpencil melalui peningkatan throughput, penurunan delay, serta kenaikan packet delivery ratio. Peningkatan tersebut berdampak langsung pada keandalan layanan berbasis internet, khususnya video conference dan e-learning, yang sebelumnya sulit diakses akibat keterbatasan infrastruktur konvensional. Temuan utama ini menegaskan bahwa kombinasi topologi mesh adaptif dengan protokol BATMAN merupakan solusi jaringan yang efektif, ringan, dan adaptif untuk mengatasi kesenjangan digital di wilayah dengan keterbatasan akses. Oleh karena itu, Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan area pengujian hingga mencakup wilayah dengan karakteristik geografis beragam, seperti daerah pegunungan, pesisir, atau

hutan, guna memperoleh gambaran performa jaringan yang lebih representatif. Selain itu, sistem perlu diuji dalam kondisi ekstrem, misalnya saat terjadi bencana alam atau lonjakan trafik pengguna, untuk mengevaluasi ketahanan dan stabilitas jaringan. Integrasi sumber energi alternatif seperti panel surya atau sistem hibrida juga penting dipertimbangkan agar jaringan tetap beroperasi pada desa dengan pasokan listrik terbatas. Dengan arah tersebut, penelitian ke depan diharapkan mampu menghasilkan model implementasi WMN yang lebih tangguh, berkelanjutan, dan dapat direplikasi di berbagai kondisi lingkungan nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Afian Musthofa, M., Hari Trisnawan, P., & Pramananda, R. (2019). *Perancangan Jaringan VoIP Berbasis SIP pada Wireless Mesh Network (WMN) menggunakan Routing Protocol OLSR* (Vol. 3, Issue 9). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Agussalim, A., Kartika, D. S. Y., & Rahajoe, A. D. (2023). Implementasi Ad-Hoc Protocol Pada Tandem Multihop Wireless Network. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JustIN)*, 11(2), 377. <https://doi.org/10.26418/justin.v11i2.58051>
- Ainurrachman, S., Bhawiyuga, A., Hannats, M., & Ichsan, H. (2017). *Analisis Perbandingan Performansi Protokol Routing OLSR dan SOLSR Pada Wireless Mesh Network*. 1(10), 1182–1192. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Chaugule, M., & Desai, A. (2016). Reliable Metrics for Wireless Mesh Network. *International Research Journal of Engineering and Technology*. www.irjet.net
- Fattah P Ripto, M. N., Hari Trisnawan, P., & Pramananda, R. (2021). *Implementasi Wireless Mesh Network berbasis Protokol Routing BATMAN untuk Video Live Streaming dengan menggunakan Fitur Network Coding* (Vol. 5, Issue 11). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Intervlan, I., & Hsrp, D. A. N. (2024). *Optimalisasi Jaringan Komputer Di Smk Travina Prima Dengan*. 8(4), 438–447.
- Ismail, N., Faruqi, A., Kamelia, L., Mardiaty, R., Elektro, J. T., Sains, F., Teknologi, D., Islam, U., Sunan, N., & Bandung, G. D. (2011). Simulasi Wireless Mesh Network (Wmn) Untuk Mendukung Implementasi Next Generation Network (Ngn). *Jurnal Elektro*, 5(1–2), 204–214. [http://download.portalgaruda.org/article.php?article=345894&val=8064&title=Simulasi Wireless Mesh Network \(Wmn\) Untuk Mendukung Implementasi Next Generation Network \(Ngn\)](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=345894&val=8064&title=Simulasi%20Wireless%20Mesh%20Network%20(Wmn)%20Untuk%20Mendukung%20Implementasi%20Next%20Generation%20Network%20(Ngn))

- Manullang, F. M., Cahyani, N. D. W., & Suryani, V. (2012). Analisis Performansi Routing Hybrid Wireless Mesh Protocol (HWMP) pada Wireless Mesh Network (WMN) Berdasarkan Standar IEEE 802.11S. *Jurnal SIFO Mikroskil*, 13(1), 43–52. <https://doi.org/10.55601/jsm.v13i1.45>
- Nurmawan, H., Soedijono, B., & Pramono, E. (2020). Perancangan Perbandingan Jumlah Hop Pada Wireless Mesh Network. *Jurnal Informa : Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 5(4), 67–72. <https://doi.org/10.46808/informa.v5i4.158>
- Raafi'ilman, A., Bhawiyuga, A., & Siregar, R. A. (2019). Implementasi Protokol RF24Mesh dalam Wireless Sensor Network pada Lahan Pertanian. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(7), 6757–6763. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Rantelinggi, P. H., & Djanali, S. (2015). Kinerja Protokol Routing Pada Lingkungan Wireless Mesh Network Dengan Combined Scalable Video Coding. *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 13(1), 86. <https://doi.org/10.12962/j24068535.v13i1.a391>
- Siswanto, D. (2021). Implementasi Wireless Mesh Network Pada Jaringan Local Area Network (Lan). *Journal of Science and Social Research*, 4307(1), 20–27. <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- Suryadin, I. T., Winarno, W. W., & ... (2017). Rancang Bangun Freifunk Pada Wireless Mesh Network DENGAN STANDAR IEEE 802.11 b/G. *Jurnal Ekonomi Dan ...*, 5, 38–56. <http://e-journal.polsa.ac.id/index.php/jneti/article/view/33%0Ahttps://e-journal.polsa.ac.id/index.php/jneti/article/download/33/26>
- Utama, A., & Setia Budi, A. (2024). Sistem Pendeteksian Node Baru Otomatis pada WSN Topologi Mesh berbasis ESP-NOW. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 8(1), 51–57. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Wilantika, C. F. (n.d.). *Penerapan Mesh Wi-Fi System untuk Akses Internet di Desa Terpencil Kabupaten Lebak*.
- Yang, K., & Ma, J. F. (2009). Hybrid wireless mesh protocol. *Tongxin Xuebao/Journal on Communications*, 30(11 A), 133–139.