

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Jaringan RT/RW Net

RT/RW Net merupakan jaringan komunitas yang dibangun untuk menyediakan akses internet di tingkat lingkungan dengan memanfaatkan satu atau beberapa koneksi dari ISP. Karakteristik jaringan RT/RW Net meliputi keterbatasan *bandwidth*, penggunaan IP publik dinamis, serta pengelolaan jaringan secara mandiri oleh komunitas (Hadinata dkk., 2022) Kondisi ini menimbulkan tantangan dalam pengelolaan dan akses jarak jauh ke perangkat jaringan.

2.2. SDWAN ZeroTier

ZeroTier merupakan salah satu implementasi SD-WAN berbasis *peer-to-peer* (P2P) yang membangun jaringan *overlay* virtual antar perangkat. *ZeroTier* memungkinkan perangkat saling terhubung tanpa memerlukan IP publik statis atau konfigurasi *port forwarding* yang kompleks (*ZeroTier*, 2025) Karakteristik ini menjadikan *ZeroTier* cocok diterapkan pada jaringan komunitas seperti RT/RW Net.

2.3. VPN Konvensional

VPN Konvensional merupakan solusi *remote access* yang digunakan untuk memungkinkan akses jarak jauh ke perangkat jaringan dengan memanfaatkan layanan *Dynamic Domain Name System* (DDNS) dikombinasikan dengan *port Forwarding*. Peneliti dalam implementasi VPN konvensional memanfaatkan layanan dari FreeDDNS, sebuah penyedia layanan DDNS yang memungkinkan

perangkat jaringan tetap dapat diidentifikasi dan diakses dari jaringan luar meskipun alamat IP publik berubah sewaktu-waktu. (*FreeDDNS*, 2025).

2.4. QoS ITU-T Y.1541

ITU-T Y.1541 merupakan standar internasional yang mendefinisikan kelas layanan dan ambang batas parameter QoS pada jaringan IP *end-to-end*. Standar ini digunakan sebagai acuan global dalam evaluasi kualitas layanan jaringan berbasis IP (ITU-T, 2019).



Network Class (ITU-T rec. Y.1541)								
	0	1	2	3	4	5	6	7
IPTD	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U	100 ms	400 ms
IPDV	50 ms	50 ms	U	U	U	U	50 ms	
IPLR	1x10E-3					U	1x10E-5	
IPER	1x10E-4					U	1x10E-6	
IPRR	Undefined						1x10E-6	

Gambar 2.1 Klasifikasi Class ITU-T Y.1541

Standar ITU-T Y.1541 dipilih sebagai acuan evaluasi karena kemampuannya dalam menilai kinerja QoS pada arsitektur jaringan yang kompleks, sebagaimana dibuktikan oleh (Govender dkk., 2023) pada lingkungan SDN 5G. Hal ini sangat relevan dengan metode *remote access* dalam penelitian ini yang memanfaatkan protokol *layer* khusus untuk transmisi data, yang secara teknis menciptakan karakteristik jalur serupa dengan kondisi *network slicing*. Sementara (Martín & Josué, 2024) membuktikan bahwa standar ITU-T Y.1541 efektif untuk mengevaluasi layanan *real-time* dengan berbagai *voice codecs*. Penggunaan standar

tersebut dalam penelitian ini didasari oleh analogi bahwa proses enkripsi pada jalur *tunneling* memiliki karakteristik manipulasi paket yang serupa dengan penggunaan *codec*, sehingga berdampak langsung pada metrik QoS.

2.5. OpenWRT

OpenWrt merupakan sistem operasi berbasis Linux yang dirancang khusus untuk perangkat jaringan seperti router dan *embedded devices*. Berbeda dengan firmware bawaan pabrikan yang bersifat tertutup dan terbatas, OpenWrt menyediakan lingkungan sistem yang terbuka, modular, dan dapat dikonfigurasi secara fleksibel sesuai kebutuhan pengguna. Arsitektur OpenWrt memungkinkan pengguna untuk melakukan kustomisasi penuh terhadap fungsi jaringan, termasuk manajemen *routing*, firewall, dan layanan jaringan lainnya (OpenWRT Project, 2023).

2.6. Hop Count

Hop count adalah metrik jaringan yang menunjukkan jumlah perangkat (*routers*) yang harus dilalui paket data dari sumber ke tujuan dalam suatu jaringan. Setiap hop mewakili satu lompatan paket melalui perangkat jaringan, dan nilai ini menjadi salah satu indikator efisiensi jalur komunikasi. Metrik hop count sering digunakan dalam protokol *routing* klasik seperti *Routing Information Protocol* (RIP), di mana rute dengan hop count paling sedikit dipilih sebagai rute terbaik (*RIP hop count metric*) (Rad dkk., 2020)

Selain berfungsi sebagai ukuran jalur, hop count juga berdampak langsung terhadap performa jaringan. Semakin banyak hop yang dilalui, semakin besar

kemungkinan terjadinya delay karena waktu pemrosesan pada setiap perangkat jaringan, sehingga jalur dengan hop count kecil umumnya dianggap lebih efisien untuk komunikasi real-time atau QoS tinggi. Namun, metrik ini hanya mempertimbangkan jumlah perangkat yang dilalui dan tidak memperhitungkan kualitas tautan seperti *bandwidth* atau reliabilitas, sehingga dalam beberapa konteks metrik ini dikombinasikan dengan metrik lain untuk mendapatkan performa *routing* yang lebih baik. (Ausavarungnirun & Mutlu, 2022)

2.7. Penelitian Terkait

Tabel 2.1 Literatur Review

No	Peneliti	Judul	Metode	Temuan Utama
1	Hadinata (2022)	Implementasi <i>ZeroTier</i> dalam Meningkatkan Keamanan Jaringan Selama Pandemi Covid-19	<i>Network Development Life Cycle</i> (NDLC)	<i>ZeroTier</i> memungkinkan komunikasi langsung antar pengguna tanpa konfigurasi kompleks dan efektif dalam melindungi privasi data.
2	Putra (2022)	Perancangan Virtual Private Server (VPS) Berbasis <i>ZeroTier</i> di Kantor Kelurahan Banyuwang	Studi Pustaka, Analisis, dan Perancangan	Solusi VPS berbasis <i>ZeroTier</i> meningkatkan kinerja dan keamanan jaringan, dengan desain topologi baru yang efisien.
3	Marsela (2024)	Implementasi <i>ZeroTier</i> dalam Membangun File Server di Kantor Desa Dusun Baru II	Studi Kasus	<i>ZeroTier</i> berfungsi sebagai media penghubung untuk pengelolaan dan penyimpanan file, memberikan solusi jaringan yang fleksibel dan aman.
4	Al Mukasyah (2024)	Analisa Penggunaan <i>ZeroTier</i> pada Jaringan RT/RW Net dengan Metode <i>Quality of Service</i>	<i>Network Development Life Cycle</i> (NDLC) dan Analisis QoS	Menganalisis penggunaan <i>ZeroTier</i> dalam konteks RT/RW Net, dengan fokus pada peningkatan QoS dan kepuasan pengguna.
5	Doel Awan Nuri Suryadi	Evaluasi Kinerja Teknologi SD-Wan Pada Jaringan RT/RW Net Berdasarkan Pendekatan <i>Quality of Service</i>	<i>Network Development Life Cycle</i> (NDLC) dan Analisis QoS dan Resource Use	Mengevaluasi kinerja SD-WAN dalam konteks RT/RW Net, dengan pendekatan QoS dan perbandingan mekanisme dengan VPN Konvensional

Pada Tabel 2.1, disajikan rangkuman dari berbagai penelitian yang telah dilakukan dalam bidang implementasi teknologi jaringan, khususnya yang berkaitan dengan *Software Defined Network* (SDN) dan platform *ZeroTier*. Tabel

ini memuat informasi mengenai peneliti, judul penelitian, metode yang digunakan, serta temuan utama dari masing-masing studi. Penelitian-penelitian tersebut memiliki fokus yang serupa, yaitu menganalisis dan meningkatkan kinerja serta keamanan jaringan melalui penerapan teknologi SD-WAN.

Sebagai contoh, penelitian oleh (Hadinata dkk., 2022) menunjukkan bahwa *ZeroTier* dapat meningkatkan keamanan jaringan dengan memungkinkan komunikasi langsung antar pengguna tanpa memerlukan konfigurasi yang kompleks serta efektif dalam melindungi privasi data. Sementara itu, (Putra dan Widiyastuti, 2022) menyoroti pentingnya desain topologi baru dalam meningkatkan kinerja dan keamanan jaringan melalui penerapan Virtual Private Server (VPS) berbasis *ZeroTier*. Penelitian (Marsela dkk., 2024) menekankan fleksibilitas *ZeroTier* dalam pengelolaan dan penyimpanan file, yang memberikan solusi jaringan yang aman dan efisien untuk kebutuhan administrasi desa.

Selain itu, penelitian oleh (Al Mukasyah dan Yulianton, 2024) mengkaji penggunaan *ZeroTier* dalam konteks jaringan RT/RW Net dengan fokus pada peningkatan *Quality of Service* (QoS) dan kepuasan pengguna. Penelitian ini menggunakan metode NDLC dan QoS, namun masih memiliki ruang untuk pengembangan dalam pemilihan parameter pengukuran QoS. Selanjutnya, studi yang dilakukan oleh Peneliti menilai kinerja teknologi SD-WAN pada jaringan RT/RW Net menggunakan pendekatan QoS sekaligus membandingkan mekanisme *remote access* SDWAN dengan Layanan VPN *Remote* Konvensional.

Penelitian yang dilakukan dalam konteks ini menawarkan pendekatan yang lebih spesifik dan terfokus pada analisis kinerja SD-WAN dalam lingkungan RT/RW Net. Dengan mengintegrasikan metode *Network Development Life Cycle* (NDLC) dan parameter QoS yang lebih representatif menurut standar ITU-T Y.1541, penelitian ini tidak hanya mengeksplorasi implementasi teknologi SD-WAN, tetapi juga membandingkan secara langsung mekanisme *remote access* antara *ZeroTier* dan Layanan VPN *Remote* Konvensional dari aspek kemudahan konfigurasi, efisiensi koneksi, serta pengukuran *hop count*.

Dengan demikian, tabel ini tidak hanya memberikan gambaran umum mengenai penelitian terdahulu, tetapi juga menyoroti kontribusi dan keterbatasan masing-masing studi. Keterharuan yang diusung dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga dalam pengembangan jaringan RT/RW Net yang lebih efisien, aman, dan memiliki kualitas layanan (QoS) yang terukur secara optimal di masa mendatang.

2.8. Matriks Penelitian

Tabel 2.2 Matriks Penelitian

Parameter	Penelitian				
	Hadinata (2022)	Putra (2022)	Marsela (2024)	Al Mukasyah (2024)	Doel Awan N.S. (2025)
<i>Throughput</i>	✓	-	-	✓	-
<i>End to end delay</i> (Delay)	✓	-	-	✓	✓
Delay Varition (<i>Jitter</i>)	✓	-	-	✓	✓
<i>Packet loss</i> Rasio	✓	-	-	✓	✓
Hop Count	-	-	-	-	✓
CPU Utilization	-	-	-	-	✓
<i>Traffic utilization</i>	-	-	-	-	✓
Komparasi Mekanisme <i>Remote</i>	-	-	-	-	✓
Standar QoS	THIPON	-	-	THIPON	ITU-T Y.1541

Tabel 2.2 menyajikan matriks perbandingan dari sejumlah penelitian terdahulu yang berfokus pada penerapan teknologi SD-WAN, khususnya dengan platform *ZeroTier*, dalam berbagai konteks jaringan. Matriks ini menyoroti elemen-elemen penting dari masing-masing penelitian seperti pemanfaatan *ZeroTier* sebagai platform SD-WAN, jenis perangkat gateway yang digunakan, keberadaan akses *remote*, pendekatan analisis *Quality of Service* (QoS), penggunaan metrik hop count, serta adanya komparasi mekanisme akses jarak jauh.

Seluruh penelitian yang ditinjau dalam tabel ini, termasuk oleh (Hadinata dkk., 2022), (Putra dan Widiyari, 2022), (Marsela dkk., 2024), (Al Mukasyah dan Yulianton, 2024), dan penelitian peneliti, mengimplementasikan *ZeroTier* sebagai teknologi inti dalam pengelolaan jaringan, menunjukkan bahwa *ZeroTier* telah menjadi solusi populer dalam konteks jaringan terdistribusi dan akses *remote* yang aman.

Namun demikian, terdapat variasi signifikan dalam kedalaman dan cakupan pembahasan tiap penelitian. Misalnya, hanya (Al Mukasyah dan Yulianton, 2024) dan penelitian peneliti yang secara eksplisit mengkaji mekanisme *remote access*, meskipun *ZeroTier* sendiri merupakan platform yang mendukung konektivitas lintas jaringan. (Al Mukasyah dan Yulianton, 2024) menggunakan Single Board Computer (SBC) sebagai gateway, sementara penelitian peneliti menggunakan router, yang lebih umum ditemukan dalam infrastruktur RT/RW Net.

Dalam hal evaluasi performa jaringan, (Al Mukasyah dan Yulianton, 2024) mengadopsi kerangka QoS TIPHON, yang meskipun masih digunakan dalam

beberapa studi, memiliki keterbatasan dalam mengukur aspek layanan jaringan berbasis IP secara *end-to-end*. Sebaliknya, penelitian ini memilih menggunakan pendekatan QoS ITU-T Y.1541, yang mencakup parameter *End-to-End Delay*, *Delay Variation*, *Packet loss* Rasio untuk memberikan gambaran performa yang lebih menyeluruh dan sesuai dengan standar telekomunikasi modern. Lebih lanjut, keterbaruan penelitian melakukan analisis hop count dan membandingkan mekanisme akses jarak jauh antara *ZeroTier* dan Layanan VPN *Remote Konvensional*, menjadikannya sebagai satu-satunya studi yang membahas perbandingan arsitektur dan mekanisme akses *remote* secara teknis dan praktis dalam konteks jaringan RT/RW Net.

Dengan demikian, penelitian ini menempati posisi yang strategis dalam literatur dengan menawarkan kontribusi yang lebih komprehensif—yakni, mengintegrasikan evaluasi performa jaringan berbasis standar internasional QoS, membahas secara teknis perbandingan antara dua protokol *remote access*, serta menggunakan perangkat gateway yang umum dijumpai dalam lingkungan RT/RW Net. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah dalam penelitian sebelumnya, sekaligus memberikan rekomendasi praktis bagi pengelola jaringan komunitas dalam memilih solusi akses jarak jauh yang andal di zaman modern ini.