

# Perangkat UCPE Sebagai Solusi SD-WAN Vendor Lock-in

1<sup>st</sup> Alvin Riza Triprayogo

*School Of Electrical Engineering*

*Telkom University*

Bandung, Indonesia

[alvinrizaa@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:alvinrizaa@student.telkomuniversity.ac.id)

2<sup>nd</sup> Wahyu Athief Fathurrahman

*School Of Electrical Engineering*

*Telkom University*

Bandung, Indonesia

[wahyuathief@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:wahyuathief@student.telkomuniversity.ac.id)

3<sup>rd</sup> Sofia Naning Hertiana

*School Of Electrical Engineering*

*Telkom University*

Bandung, Indonesia

[sofiananing@telkomuniversity.ac.id](mailto:sofiananing@telkomuniversity.ac.id)

4<sup>th</sup> Andi Wahyudi

*Broadband Access Network Laboratory*

*Telkom Indonesia*

Bandung, Indonesia

[andiwahyudi@telkom.co.id](mailto:andiwahyudi@telkom.co.id)

*Vendor lock-in* merupakan tantangan utama dalam implementasi *Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN)*, di mana pengguna menjadi bergantung pada solusi dari satu vendor. Ketergantungan ini dapat membatasi fleksibilitas sistem, menghambat inovasi, dan meningkatkan biaya manajemen jaringan dalam jangka panjang. Masalah ini mendorong kebutuhan akan arsitektur jaringan yang lebih terbuka dan tidak bergantung pada satu merek perangkat keras. Penelitian ini mengusulkan penggunaan *Universal Customer Premises Equipment (uCPE)* sebagai solusi terbuka untuk mengatasi masalah *vendor lock-in*. Solusi ini diimplementasikan menggunakan perangkat lunak SD-WAN *open-source*, yaitu *flexiWAN*, yang dijalankan pada dua perangkat uCPE dari vendor yang berbeda: *Silicom Cordoba IA3003* dan *Advantech FWA-T011*. Fokus utama dari studi ini adalah untuk menguji interoperabilitas, performa, dan fungsionalitas dari sistem gabungan ini sebagai fondasi untuk jaringan yang fleksibel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa solusi uCPE dengan *flexiWAN* berhasil membangun koneksi yang fungsional dan stabil di antara perangkat yang berbeda, dengan performa latensi rata-rata di bawah 15 ms. Meskipun terdapat *overhead* yang membatasi *throughput* maksimum, performa transfer data antarperangkat (rata-rata 17-18 Mbps) dianggap memadai untuk kebutuhan operasional. Fitur-fitur utama SD-WAN seperti *Zero Touch Provisioning (ZTP)*, *Link Failover*, dan *firewall* juga terbukti berfungsi dengan baik. Penelitian ini memvalidasi bahwa uCPE berbasis *open-source* merupakan alternatif yang valid dan hemat biaya untuk mendukung solusi SD-WAN yang fleksibel.

Kata kunci— *flexiWAN*, *Open-source*, SD-WAN, uCPE, *Vendor Lock-in*.

## I. PENDAHULUAN

*Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN)* telah menjadi solusi populer bagi perusahaan modern karena kemampuannya untuk menyederhanakan manajemen dan operasional WAN. Teknologi ini memisahkan *control plane* dari *data plane*, memungkinkan administrasi terpusat dan pembuatan kebijakan yang konsisten [1]. Namun, banyak solusi SD-WAN komersial bersifat eksklusif (*proprietary*)

dan menciptakan ketergantungan terhadap satu vendor.

Ketergantungan ini menyebabkan berbagai masalah, seperti peningkatan biaya jangka panjang, kurangnya fleksibilitas dalam pilihan teknologi, kesulitan teknis dalam mengintegrasikan perangkat dari vendor yang berbeda, dan risiko inovasi yang terhambat. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan sebuah platform terbuka yang tidak bergantung pada merek perangkat keras tertentu, seperti *Universal Customer Premises Equipment (uCPE)*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan memvalidasi solusi SD-WAN terbuka menggunakan perangkat lunak *open-source flexiWAN* pada perangkat uCPE yang heterogen. Tujuannya adalah untuk membuktikan bahwa pendekatan ini dapat mengatasi *vendor lock-in* sambil menyediakan fungsionalitas dan performa jaringan yang memadai.

## II. KAJIAN TEORI

### 1. Software-Defined Wide Area Network

*Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN)* adalah sebuah pendekatan arsitektur jaringan WAN yang mengadopsi prinsip dari *Software-Defined Networking (SDN)* untuk meningkatkan efisiensi dan performa. Teknologi SD-WAN dirancang untuk menjawab keterbatasan arsitektur WAN tradisional yang cenderung mahal dan sulit dikelola. Produk SD-WAN menyediakan fitur-fitur unggulan seperti pemilihan jalur dinamis berdasarkan kebijakan aplikasi dan konfigurasi tanpa sentuh (*zero-touch provisioning*) [2].

### 2. Vendor Lock-in Dalam Infrastruktur Jaringan

*Vendor lock-in* didefinisikan sebagai sebuah kondisi di mana pelanggan terikat pada perangkat keras dan perangkat lunak dari satu vendor [3]. Ketergantungan ini membuat proses peralihan ke penyedia lain menjadi sangat sulit, mahal, atau berisiko tinggi. Dalam konteks infrastruktur jaringan, *vendor lock-in* dapat menghambat fleksibilitas, membatasi inovasi, dan meningkatkan total biaya kepemilikan dalam jangka panjang.

### 3. Universal Customer Premises Equipment (uCPE)

*Universal Customer Premises Equipment (uCPE)* adalah sebuah platform perangkat keras yang umumnya berbasis arsitektur x86 atau ARM. Platform ini dirancang secara khusus untuk dapat menjalankan berbagai fungsi jaringan secara

virtual, yang dikenal sebagai *Virtual Network Functions* (VNFs). Dengan demikian, layanan jaringan yang sebelumnya membutuhkan perangkat keras spesialis—seperti *router*, *firewall*, atau *gateway* SD-WAN—kini dapat dijalankan sebagai perangkat lunak di atas satu platform uCPE tunggal. uCPE secara efektif memperluas kapabilitas SDN dan *Network Functions Virtualization* (NFV) dari pusat data hingga ke lokasi pelanggan. Ini menyediakan platform yang fleksibel untuk berbagai VNF, yang memungkinkan konektivitas yang lebih dinamis [4].

#### 4. flexiWAN

flexiWAN adalah sebuah platform SD-WAN yang dibangun dengan filosofi *open-source*, yang bertujuan untuk "mendemokratisasi" pasar SD-WAN dengan cara memisahkan (*decoupling*) perangkat lunak dari perangkat keras [5].

### III. METODE

Metodologi penelitian mencakup desain arsitektur, implementasi sistem, dan skema pengujian untuk memvalidasi solusi yang diusulkan.

#### A. Desain dan Arsitektur

Arsitektur sistem mengadopsi model flexiWAN, yang terdiri dari tiga komponen utama [5]:

- **flexiManage:** Platform manajemen dan orkestrasi terpusat berbasis *cloud* yang berfungsi sebagai *control plane*.
- **flexiEdge:** Perangkat lunak *data plane* yang diinstal pada perangkat uCPE di lokasi cabang untuk menangani lalu lintas data.
- **flexiAgent:** Lapisan komunikasi yang menjembatani dan menyinkronkan kebijakan antara flexiManage dan flexiEdge.

#### B. Lingkungan Implementasi

Implementasi dilakukan dengan perangkat keras dan perangkat lunak berikut:

- **Perangkat Keras:**
  - 1x uCPE Advantech FWA-T011 (Intel Celeron 4-core, 8 GB RAM)
  - 1x uCPE Silicom Cordoba IA3003 (Intel Atom 4-core, 8 GB RAM)
- **Perangkat Lunak:**
  - flexiWAN versi 4.2.13 sebagai sistem operasi SD-WAN
  - Rufus untuk membuat media instalasi *bootable*
  - PuTTY untuk akses console selama instalasi

#### C. Proses Implementasi

Proses implementasi dimulai dengan membuat *drive* USB *bootable* untuk instalasi. Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Rufus, di mana file ISO flexiEdge yang telah diunduh dipilih sebagai pilihan *boot*. Konfigurasi lainnya dibiarkan pada pengaturan *default*, dan proses penulisan file ke *drive* USB dijalankan hingga selesai.

Setelah media instalasi siap, proses instalasi sistem operasi flexiEdge dilakukan pada setiap perangkat uCPE. Sebuah laptop dihubungkan ke *port* konsol uCPE menggunakan kabel konsol. Akses ke terminal uCPE dilakukan melalui perangkat lunak PuTTY dengan koneksi serial yang dikonfigurasi pada *baud rate* 115200.

Perangkat uCPE kemudian dinyalakan, dan menu BIOS diakses untuk mengubah urutan *boot* agar dimulai dari *drive*

USB yang telah disiapkan. Setelah melakukan *reboot*, wizard instalasi flexiWAN akan berjalan secara otomatis di terminal PuTTY. Proses instalasi dilanjutkan dengan menyetujui perjanjian lisensi dan mengonfirmasi penghapusan data pada perangkat. Setelah proses ekstraksi *file system* selesai, perangkat uCPE akan secara otomatis melakukan *reboot* dan menampilkan antarmuka *login* sistem operasi flexiWAN, yang menandakan bahwa proses instalasi telah berhasil.

Konfigurasi dan operasional sistem secara keseluruhan dilakukan secara terpusat melalui platform manajemen terpusat flexiManage. Langkah-langkah yang terlibat adalah:

- **Aktivasi Perangkat (Edge) di flexiManage:** Setiap perangkat uCPE yang terinstal perlu diaktivasi agar dapat dikelola. Proses ini dimulai dengan pembuatan *token* unik untuk setiap perangkat.
- **Konfigurasi Antarmuka:** Langkah selanjutnya adalah mengonfigurasi setiap antarmuka fisik pada uCPE untuk menentukan perannya sebagai koneksi WAN atau LAN.
- **Pembuatan Tunnel:** Agar kedua perangkat uCPE dapat berkomunikasi satu sama lain, sebuah *tunnel* koneksi perlu dibuat. Hal ini dilakukan dengan memilih kedua perangkat di menu *Devices* dan kemudian memilih opsi "*Create Tunnels*". Topologi yang dipilih adalah *Full Mesh* agar kedua perangkat dapat terhubung secara langsung.
- **Konfigurasi Static Route:** Setelah *tunnel* berhasil dibuat dengan status "*Connected*", langkah terakhir adalah mengonfigurasi *static route*. Pada setiap perangkat, sebuah *route* baru ditambahkan yang mengarahkan lalu lintas ke jaringan lokal (*subnet*) perangkat tujuan melalui antarmuka *tunnel* yang telah dibuat.

#### D. Skema Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium *Broadband Access Network*, PT. Telkom Indonesia, dengan melakukan simulasi topologi jaringan antar cabang. Dua *node* uCPE terhubung melalui internet publik menggunakan ISP yang berbeda. Pengujian mencakup delapan parameter: *Latency*, *Throughput*, *Hardware Compatibility*, *Zero Touch Provisioning* (ZTP), *Link Failover*, *Web Access Control*, *Real-time Dashboard*, dan *Cost Efficiency*.

### IV. HASIL DAN DISKUSI

#### A. Latency

Pengujian *Latency* dilakukan dengan menggunakan perintah ping dari terminal pada setiap perangkat uCPE, di mana prosesnya dijalankan sebanyak 30 kali untuk setiap arah (Advantech ke Silicom dan sebaliknya) guna mendapatkan data akurat. Hasil pengukuran menunjukkan koneksi yang stabil dan responsif dengan nilai latensi rata-rata sebesar 12,58 ms dan 14,17 ms untuk masing-masing arah. Meskipun nilai latensi ini tergolong rendah, perlu dicatat bahwa hasilnya juga dipengaruhi oleh kondisi jaringan internet publik yang fluktuatif, yang menjadi faktor penghambat dalam pengujian.

Rangkuman hasil pengujian *Latency* tertera pada Tabel I

TABEL I  
Hasil Pengujian *Latency*

Metrik	Hasil Rata-rata
Latency (Advantech > Silicom)	12.58 ms
Latency (Silicom > Advantech)	14.17 ms

B. *Throughput*

Meskipun kapasitas mentah ISP 1 mencapai lebih dari 40 Mbps dan ISP 2 mencapai lebih dari 50 Mbps, *throughput* aktual melalui *tunnel* SD-WAN rata-rata adalah 17-18 Mbps. Penurunan ini disebabkan oleh *overhead* pemrosesan untuk enkapsulasi dan enkripsi, namun kecepatan transfer data ini dianggap cukup untuk kebutuhan operasional standar. Hasil pengujian *Throughput* tertera pada Tabel II.

TABEL 2  
Hasil Pengujian *Throughput*

Metrik	Hasil Rata-rata
ISP 1 Download	45.78 Mbps
ISP 2 Download	51.28 Mbps
ISP 1 Upload	20.68 Mbps
ISP 2 Upload	19.18 Mbps
Throughput (Advantech > Silicom)	17.56 Mbps
Throughput (Silicom > Advantech)	18.42 Mbps

C. *Hardware Compatibility*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa instalasi berhasil pada kedua perangkat uCPE fisik dan pada VM yang memenuhi syarat. Sebaliknya, instalasi gagal pada VM dengan spesifikasi di bawah minimum. Hasil ini secara langsung membuktikan bahwa solusi flexiWAN bersifat *hardware-agnostic* atau tidak bergantung pada merek perangkat keras tertentu, selama persyaratan spesifikasi minimum (CPU, RAM, *storage*) terpenuhi. Ini adalah validasi kunci dari kemampuan solusi untuk mengatasi masalah *vendor lock-in*. Hasil pengujian *Hardware Compatibility* dirangkum dalam Tabel III.

TABEL 3  
Hasil Pengujian *Hardware Compatibility*

No	Platform	Kondisi	Hasil
1.	UCPE Advantech	Memenuhi Syarat Spesifikasi	Sukses
2.	UCPE Silicom	Memenuhi Syarat Spesifikasi	Sukses
3.	Virtual Machine (VM)	Memenuhi Syarat Spesifikasi	Sukses
4.	Virtual Machine (VM)	Tidak Memenuhi Syarat Spesifikasi	Gagal

D. *Zero Touch Provisioning*

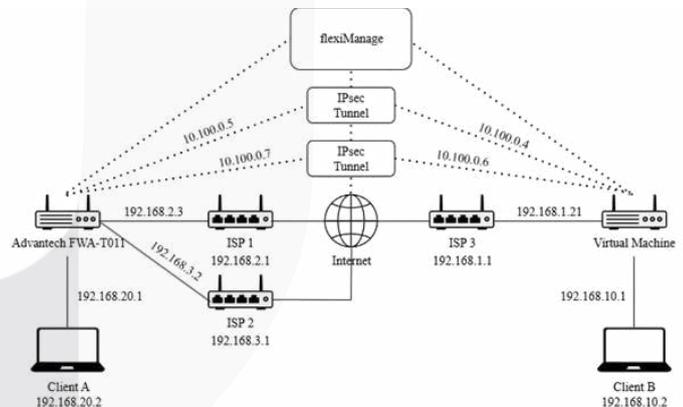
*Zero Touch Provisioning* dilakukan dengan menyimulasikan aktivasi perangkat uCPE yang telah terinstal di lokasi cabang. Setelah perangkat terhubung ke internet, proses aktivasi dilakukan dengan memasukkan token dari flexiManage, di mana pengujian ini berhasil dilakukan melalui dua metode: akses konsol langsung dan antarmuka web lokal. Dalam kedua metode tersebut, perangkat berhasil melakukan koneksi awal ke platform manajemen, yang divalidasi dengan munculnya perangkat baru berstatus "Unknown" pada dasbor *Devices*. Hal ini membuktikan bahwa proses aktivasi ZTP berfungsi dengan baik. Pengujian *Zero Touch Provisioning* dibuktikan pada Gambar 1.



GAMBAR 1  
Hasil Pengujian *Zero Touch Provisioning*

E. *Link Failover Support*

Dalam pengujian *link failover*, sebuah skenario *multi-WAN* disimulasikan dengan menghubungkan satu uCPE ke dua ISP yang berbeda. Saat aliran data konstan (protokol UDP) menggunakan *iperf3* sedang berjalan melalui Edge Virtual Machine yang terhubung dengan ISP 3, koneksi ISP utama sengaja diputus untuk mengukur waktu henti (*downtime*) hingga koneksi pulih melalui jalur cadangan. Berdasarkan 30 kali percobaan, sistem terbukti selalu berhasil melakukan *failover* tanpa kegagalan permanen. Meskipun demikian, waktu pemulihan koneksi menunjukkan variasi yang signifikan, dengan durasi terendah 5 detik, tertinggi 38 detik, dan rata-rata 20,83 detik, yang mengindikasikan bahwa performa dan kecepatan pemulihan dipengaruhi oleh faktor seperti waktu deteksi kegagalan dan kestabilan koneksi cadangan. Topologi skema pengujian *Link Failover Support* disajikan pada Gambar 2, dengan waktu *downtime* dirangkum pada Tabel IV.



GAMBAR 2  
Topologi Skema Pengujian *Link Failover Support*

TABEL 4  
Durasi Downtime *Link Failover*

Downtime	Min (s)	Max (s)	Rata-rata (s)
Durasi	5	38	20.83

F. *Web Access Control and Firewall Rules*

Pengujian *Web Access Control and Firewall Rules* dilakukan dengan membuat sebuah kebijakan pada platform flexiManage untuk memblokir 11 aplikasi dan layanan internet yang telah ditentukan, yang kemudian diterapkan pada perangkat uCPE. Proses verifikasi dengan mencoba mengakses setiap layanan dari perangkat klien menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi. Dari 11 target, sistem berhasil memblokir 9 target, termasuk Google, Facebook, dan WhatsApp. Namun, ditemukan bahwa dua layanan, yaitu GitHub dan Twitter/X, tetap dapat diakses. Kegagalan ini

kemungkinan disebabkan oleh metode identifikasi aplikasi alternatif yang jauh lebih ekonomis dan dapat membebaskan pada *firewall* yang belum mampu mengenali *signature* lalu pengguna dari keterikatan pada ekosistem vendor tunggal yang lintas yang dinamis dari kedua platform tersebut. Meskipun cenderung lebih mahal. Perbandingan harga perangkat keras demikian, keberhasilan mayoritas blokir ini mengonfirmasi dirangkum pada Tabel VI dan harga perangkat lunak dirangkum pada Tabel VII.

diandalkan. Hasil pengujian *Web Access Control and Firewall Rules* disajikan pada Tabel V

TABEL 5

Hasil Pengujian *Web Access Control*

No	Target	Tipe	Status
1.	Google.com	Website	Akses Diblokir
2.	Facebook.com	Website	Akses Diblokir
3.	GitHub.com	Website	Dapat Diakses
4.	x.com	Website	Dapat Diakses
5.	Apple.com	Website	Akses Diblokir
6.	Dropbox.com	Website	Akses Diblokir
7.	Iperf3	Layanan	Akses Diblokir
8.	Zoom	Layanan	Akses Diblokir
9.	Cloudflare	Layanan	Akses Diblokir
10.	HTTPS	Layanan	Akses Diblokir
11.	WhatsApp	Layanan	Akses Diblokir

### G. Online Real-time Dashboard

Pengujian *Online Real-time Dashboard* dilakukan dengan mengakses berbagai menu pada platform flexiManage untuk memverifikasi akurasi dan ketepatan waktu data yang ditampilkan, mencakup halaman *Home* untuk ringkasan status, menu *Dashboards* untuk tampilan topologi, hingga menu *Devices* untuk statistik performa detail. Hasilnya, pengujian ini dinyatakan berhasil sepenuhnya. Seluruh fitur yang diuji berfungsi dengan baik dan menyajikan informasi yang akurat. Dasbor terbukti mampu menampilkan status perangkat (*Connected*), koneksi *tunnel* yang aktif, total lalu lintas jaringan, hingga lokasi geografis perangkat. Kemampuan untuk memantau statistik performa secara *real-time* juga berjalan sesuai harapan, yang mengonfirmasi bahwa flexiManage menyediakan alat pemantauan dan pengelolaan yang efektif untuk administrator jaringan. Tampilan *Online Dashboard* tertera pada Gambar 3.



GAMBAR 3

Tampilan *Online Real-time Dashboard*

### H. Cost Efficiency

Analisis *Cost Efficiency* dilakukan dengan mengumpulkan data estimasi harga untuk komponen perangkat keras (Advantech FWA-T011, Silicom Cordoba IA3003, dan Velocloud Edge 510) dan lisensi perangkat lunak (flexiWAN dan Velocloud) dari berbagai sumber publik serta data internal laboratorium. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa solusi berbasis open-source menawarkan efisiensi biaya yang signifikan. Perangkat keras Advantech FWA-T011 menjadi opsi dengan biaya paling rendah (\$240 – \$370) [6], sementara lisensi tahunan flexiWAN (\$120 – \$480) [7] jauh lebih terjangkau dibandingkan Velocloud (\$300 – \$1,000+) [8]. Kombinasi antara perangkat keras uCPE yang fleksibel dengan model lisensi open-source ini terbukti menjadi

TABEL 6

Perbandingan Harga Perangkat Keras

Perangkat	Estimasi Harga	Sumber
Advantech FWA-T011	\$240 – \$370	<a href="http://ca.insight.com">ca.insight.com</a>
Silicom Cordoba IA3003	\$570	Estimasi internal laboratorium
Velocloud Edge 510	\$660 – \$1,100	<a href="http://ca.insight.com">ca.insight.com</a>

TABEL 7

Perbandingan Harga Perangkat Lunak

Software SD-WAN	Estimasi Harga	Sumber
flexiWAN	\$120 – \$480	<a href="http://flexiwan.com">flexiwan.com</a>
Velocloud	\$300 – \$1,000+	<a href="http://www.precision.com">www.precision.com</a>

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan analisis pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

- Validasi Solusi Terbuka: Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa perangkat uCPE dari vendor yang berbeda (Advantech dan Silicom) dapat diintegrasikan secara fungsional dengan perangkat lunak SD-WAN *open-source* (flexiWAN). Hal ini secara langsung memvalidasi bahwa solusi terbuka dapat diimplementasikan untuk mengatasi permasalahan *vendor lock-in*.
- Kinerja Jaringan yang Memadai: Solusi yang diimplementasikan mampu menyediakan konektivitas yang stabil dan responsif, dengan nilai latensi rata-rata di bawah 15 ms yang sangat layak untuk aplikasi bisnis. Meskipun terdapat *overhead* kinerja yang mengurangi *throughput* maksimal, kapasitas transfer data aktual antar perangkat yang mencapai 17-18 Mbps dinilai memadai untuk kebutuhan operasional standar.
- Fitur SD-WAN Fungsional: Platform flexiWAN terbukti mendukung fitur-fitur esensial SD-WAN secara efektif. Fitur *Zero Touch Provisioning* (ZTP), *Link Failover*, kontrol akses melalui *firewall*, dan pemantauan jaringan melalui dasbor terpusat semuanya berfungsi dengan baik dan memberikan kemudahan dalam manajemen serta keamanan jaringan.
- Efisiensi Biaya dan Fleksibilitas: Analisis biaya menunjukkan bahwa solusi SD-WAN berbasis *open-source* menawarkan efisiensi yang signifikan dibandingkan dengan solusi komersial. Fleksibilitas dalam memilih perangkat keras uCPE yang lebih terjangkau, dikombinasikan dengan model lisensi yang lebih murah, menjadikan solusi ini sebagai alternatif yang unggul dari segi ekonomi.

Meskipun penelitian ini memberikan wawasan awal, terdapat kekurangan yang memengaruhi hasil. Diantaranya

adanya fluktuasi jaringan selama masa pengujian, dan nilai *throughput* yang dihasilkan jauh berada di bawah kapasitas kecepatan yang ditawarkan oleh ISP. Keterbatasan-keterbatasan inilah yang menjadi landasan kuat untuk rekomendasi pengembangan selanjutnya. Oleh karena itu, menjadi sangat penting bagi penelitian di masa depan untuk fokus pada optimasi kinerja guna mengatasi *overhead* yang menyebabkan rendahnya *throughput*.

#### REFERENSI

- [1] Cisco, "What Is SD-WAN?", *Cisco.com*, [Online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/sd-wan/what-is-sd-wan.html>. [Accessed: June 17<sup>th</sup> 2025].
- [2] Gartner, Inc., "Gartner Glossary: Software-Defined WAN (SD-WAN)", *Gartner.com*, 2024. [Online]. Available: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/software-defined-wan-sd-wan>. [Accessed: June 17<sup>th</sup> 2025].
- [3] Cloudflare, "What is vendor lock-in?", *Cloudflare.com*, [Online]. Available: <https://www.cloudflare.com/learning/cloud/what-is-vendor-lock-in/>. [Accessed: June 17<sup>th</sup> 2025].
- [4] Intel Corporation, "The A to Z of uCPE", *Intel.com*, [Online]. Available: <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/guides/network-transformation-a-to-z-of-ucpe-eguide-fv.pdf> [Accessed: June 17<sup>th</sup> 2025].
- [5] FlexiWAN, "FlexiWAN Documentation", *FlexiWAN* [Online]. Available: <https://docs.flexiwan.com>. [Accessed: December 26<sup>th</sup> 2024].
- [6] Insight Canada, "Advantech FWA-T011", *Insight Canada*, [Online]. Available: [Advantech FWA-T011 - gateway](https://www.insight.com/advantech-fwa-t011-gateway). [Accessed: June 1<sup>st</sup> 2025].
- [7] FlexiWAN, "FlexiWAN Pricing", *FlexiWAN*, [Online]. Available: <https://flexiwan.com/pricing/> [Accessed: June 2<sup>nd</sup> 2025]
- [8] Precision, "VMware - VMware VeloCloud SD-WAN Standard Edition (Software Orchestrator/Software Gateway)", *Precision*, [Online]. Available: <https://www.precision.com/Products/overview/M025242180>. [Accessed: June 2<sup>nd</sup> 2025]