

BAB I PENDAHULUAN

1.1. *State of the Art*

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi *Internet Exchange Point (IXP)* mengalami kemajuan pesat seiring dengan semakin kompleksnya kebutuhan pengelolaan lalu lintas antar jaringan *Internet Service Provider (ISP)*. Berbagai teknologi dan arsitektur telah diperkenalkan untuk meningkatkan performa dan skalabilitas IXP. Sampai saat penelitian ini dimulai, diperoleh bahwa telah terdapat suatu sistem yang dikembangkan dalam penelitian (Krähenbühl dkk., 2023). Sistem ini disebut *Flexible Attestation-Based Routing for Inter-Domain (FABRID)*. FABRID memberikan solusi pemilihan jalur interdomain berdasarkan kebijakan yang fleksibel, menggunakan teknologi *Multiprotocol Label Switching (MPLS)* dan *Segment Routing (SR)*. Teknologi ini memberikan keamanan dan keandalan dalam mengarahkan lalu lintas internet melalui perangkat tertentu sesuai dengan kebutuhan pengguna. Namun, meskipun FABRID menawarkan fleksibilitas dalam pemilihan jalur, sistem ini belum mempertimbangkan teknologi jaringan masa depan seperti *Software Defined Exchange (SDX)* dalam penerapan SR pada IXP. Hal ini masih menjadi keterbatasan dalam pengembangan IXP yang lebih terintegrasi dengan teknologi berbasis SDN.

MPLS sebelumnya telah menjadi solusi dalam pengelolaan lalu lintas pada IXP, namun terdapat kelemahan dari MPLS yang dapat mempengaruhi kinerja IXP, terutama mengenai kompleksitas dan utilisasi sumber daya perangkat yang tinggi. Dalam jaringan IXP, MPLS memerlukan protokol distribusi label yang kompleks dan berlapis, sehingga berdampak pada utilisasi CPU dan *memory* perangkat jaringan yang tidak efisien. SR kemudian diterapkan untuk mampu menyederhanakan kompleksitas pada MPLS dengan mengoptimalkan penggunaan protokol *routing* IGP. Berbeda dengan MPLS, SR menggunakan pendekatan label yang lebih sederhana di mana label jalur sudah tertanam dalam header paket, mengurangi overhead protokol distribusi label seperti LDP dan RSVP-TE yang digunakan MPLS.

FABRID mengusulkan penggunaan *Software-Defined Networking (SDN)* untuk meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas SR tersebut. Dalam hal ini SDN sebagai solusi bagi pengelolaan lalu lintas jaringan yang lebih fleksibel, memungkinkan penyesuaian infrastruktur jaringan sesuai dengan kebutuhan yang terus berubah. Pendekatan SDN yang diterapkan dalam jaringan IXP adalah SDX. SDX memanfaatkan kemampuan SDN untuk mengembangkan aplikasi seperti *traffic engineering* maupun SR pada IXP.

Beberapa kelemahan dalam sistem tersebut dapat diidentifikasi, khususnya dalam hal skalabilitas dan kompleksitas pengelolaan jaringan IXP. Meskipun MPLS telah digunakan secara luas, namun memiliki keterbatasan dalam hal skalabilitas karena membutuhkan protokol distribusi label yang kompleks. SR menawarkan solusi untuk mengurangi kompleksitas tersebut, namun penerapan SR dalam arsitektur FABRID ini masih belum optimal, terutama karena belum adanya dukungan pengembangan IXP menuju SDX sehingga memiliki adaptabilitas yang tinggi terhadap perkembangan teknologi. Selain itu, pengembangan FABRID juga belum sepenuhnya mengeksplorasi pengaruh SR terhadap pengelolaan lalu lintas pada berbagai arsitektur IXP seperti hirarki, terdistribusi, tersentralisasi. Sementara efektivitas penerapan SR memiliki potensi untuk dapat dipengaruhi karakteristik dari setiap arsitektur IXP tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba memberikan kontribusi dengan menganalisa lebih lanjut terkait efektivitas SR pada IXP, untuk memberikan dukungan pengembangan integrasi SDX.

1.2.Latar Belakang

Perkembangan teknologi IXP sebagai salah satu inovasi dari teknologi internet terus berlanjut hingga saat ini. Beberapa penyebab perkembangan ini disebabkan adanya tuntutan terhadap ketersediaan layanan *online* seperti *cloud computing* (Zhang dkk., 2010) dan penggunaan *big data* (Rossi dkk., 2017) yang menyebabkan penggunaan arsitektur jaringan internet tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan tersebut. IXP merupakan bentuk dari inovasi jaringan internet yang dapat mengoptimalkan performansi jaringan dengan memanfaatkan infrastruktur yang sudah ada sebelumnya (Guo dkk., 2021). Pada IXP, lalu lintas data yang dikirim oleh pengguna internet dari satu ISP ke ISP lainnya dipertukarkan secara langsung

tanpa harus melalui jaringan internasional (Muttitanon & Samanchuen, 2020). Dengan demikian, IXP memungkinkan terjadinya koneksi yang lebih cepat, stabil, dan efisien antar penyedia layanan internet. Untuk mempertahankan dan meningkatkan efisiensi penggunaan jaringan IXP, penting untuk memadukannya dengan inovasi teknologi jaringan lainnya. Penggabungan teknologi ini dapat digunakan untuk memperbaiki kelemahan-kelemahan yang terdapat pada teknologi IXP serta meningkatkan kesiapan infrastruktur terhadap perkembangan jaringan internet.

Dalam penerapan jaringan IXP, sebagian besar terdiri dari beberapa ISP yang tergabung dalam komunitas kecil sehingga skema yang diterapkan merupakan jaringan LAN terpusat dengan sub jaringan yang terbatas (Nakagawa dkk., 2002). Sementara setiap ISP memiliki perangkat-perangkat lainnya yang saling terhubung untuk menjalankan proses agregasi dari bagian inti menuju bagian akses jaringan yakni sisi pengguna (Chahbar dkk., 2021). Teknologi populer yang sebagian besar digunakan oleh ISP untuk proses agregasi tersebut adalah MPLS (Vanerio dkk., 2022). Namun dengan perkembangan pengguna internet yang pesat mempengaruhi performa dari MPLS yang juga berdampak pada performa jaringan yang dihasilkan (He & v. Bochmann, 2008). Sementara pertumbuhan IXP diperkirakan akan terus meningkat (Hoeschele dkk., 2021).

Secara teknis, proses agregasi yang dilakukan dengan teknologi MPLS pada setiap ISP didistribusikan dalam jaringan IXP. Dalam hal ini MPLS membentuk sirkuit secara virtual berupa *Virtual Private Network (VPN)* untuk menjamin proses pengiriman data ke tujuannya (Fang, 2010). Tujuan utama dari MPLS yaitu melakukan penerusan data dengan memberikan label pada data tersebut sehingga proses pengirimannya menjadi lebih cepat. Meskipun mampu meningkatkan performansi jaringan, penggunaan MPLS cenderung banyak menggunakan sumber daya, kompleksitas tinggi, serta kompatibilitas yang rendah terhadap infrastruktur yang sudah ada (Tong dkk., 2022).

MPLS sendiri kemudian mulai diminati oleh banyak perusahaan sebagai solusi dalam mengoptimalkan jaringan IXP. Jika MPLS pada umumnya digunakan pada sisi pengguna, dalam perkembangan arsitektur IXP teknologi MPLS juga

digunakan pada bagian inti ISP. Hal ini dikarenakan performansi jaringan yang dapat ditingkatkan serta adanya pengembangan arsitektur jaringan IXP yang menerapkan teknologi MPLS sehingga dapat menggantikan peran RS dengan beberapa perangkat, bekerja secara terdistribusi namun tetap dengan *Autonomous System (AS)* yang sama (He & v. Bochmann, 2008; Nakagawa dkk., 2002; Shake, 2005). Namun hal ini dapat menimbulkan tantangan baru terhadap IXP sendiri yang memiliki pendekatan sederhana menjadi lebih kompleks dan tidak efektif. Dalam hal ini SR hadir sebagai solusi bagi IX yang menerapkan MPLS sehingga proses implementasinya menjadi lebih sederhana (Shvedov dkk., 2022).

Segment Routing (SR) adalah teknologi yang digunakan untuk pengiriman data dalam jaringan dengan metode yang berbeda dari MPLS. Dalam penentuan lalu lintas pengiriman data, SR melakukan pengumpulan identitas seluruh router yang terhubung dalam jaringan sebelum data dikirimkan (Samdanis & Taleb, 2020). Hal ini memberikan kemudahan kepada router dalam mengkalkulasikan jalur-jalur yang akan dilalui oleh paket. SR memiliki dua tipe label, yaitu *adjacency segment* dan *prefix segment* (Filsfils dkk., 2018). *Adjacency segment* digunakan secara lokal atau hanya secara khusus dimiliki oleh masing-masing router, sedangkan *prefix segment* bersifat global dimana semua router memiliki informasi identitas router lainnya. *Prefix segment* kemudian akan menentukan jalur-jalur yang akan digunakan untuk pengiriman data. Selain dapat diterapkan pada setiap perangkat jaringan, penerapan SR juga dapat disederhanakan dengan menggunakan kontroler SDN.

SDN dapat mengoptimalkan penggunaan jaringan IXP dengan menerapkan berbagai modul dengan lebih efisien. SDN untuk jaringan IXP lebih dikenal dengan SDX. SDX yang juga merupakan salah satu inovasi dari penggabungan teknologi jaringan SDN dan IXP mulai diterapkan pada berbagai arsitektur jaringan untuk menyederhanakan kompleksitas pengelolaan jaringan. Arsitektur SDX juga menerapkan arsitektur SDN pada umumnya yang terdiri dari tiga lapisan atau tingkatan yaitu tingkat infrastruktur atau *data plane*, tingkat kontrol atau *control plane*, dan tingkat aplikasi. Pada tingkat aplikasi, terdapat berbagai program yang dapat diterapkan pada jaringan. Untuk tingkat kontrol terdapat kontroler yang berperan dalam menangani pola koneksi pada tingkat infrastruktur berdasarkan

program yang diterapkan pada tingkat aplikasi. Sedangkan pada tingkat infrastruktur terdapat perangkat fisik maupun perangkat lunak yang bertugas mengirimkan atau menerima paket sesuai dengan program yang dikendalikan oleh kontroler.

SDX yang mulai dikenalkan pada tahun 2013 (Feamster dkk., 2013; Gupta dkk., 2014) hingga saat penelitian ini dilakukan masih dalam tahap pengembangan. Sehingga beberapa fungsi yang diharapkan untuk dapat berjalan pada IXP belum sepenuhnya didukung oleh SDX seperti SR untuk mengatasi kelemahan MPLS. Beberapa komunitas *open source* terus berupaya dalam pengembangan tersebut. Hal ini dilakukan agar pengelolaan jaringan IXP menjadi lebih dapat dioptimalkan dengan adanya program secara terpusat melalui kontroler SDX.

Penelitian ini berfokus dalam melakukan analisa efektivitas dari penerapan SR pada jaringan IXP yang telah menggunakan teknologi MPLS untuk mendukung skalabilitas dan integrasi SDX. Evaluasi dilakukan dalam tiga skema arsitektur IX dan IX dengan SR sebagai dasar dalam memastikan efektivitasnya untuk mengetahui hal-hal penting apa saja yang dapat mendukung skalabilitas dan integrasi SDX untuk dapat menerapkan SR. Secara umum tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai efektivitas dari SR pada IX dengan melakukan analisis sensitivitas terhadap performansi dan utilisasi sumber daya terhadap tiga arsitektur yang telah ditentukan untuk kemudian memberikan rekomendasi terkait arsitektur yang dapat dikembangkan sebagai langkah pengembangan jaringan IXP pada SDX yang menerapkan SR.

Objek penelitian ini merupakan hasil simulasi jaringan IXP sebelum dan setelah penerapan SR yang dilakukan dengan membandingkan hasil analisis sensitivitas berdasarkan performansi dari ketiga arsitektur yang ditentukan untuk mengukur tingkat sensitivitas setiap arsitektur sebagai rujukan pengembangan jaringan IXP. Dikarenakan jaringan IXP secara umum diterapkan menggunakan skema LAN dan tanpa mempertimbangkan proses agregasi dari area inti menuju area akses kepada pengguna yaitu MPLS. Selain itu, pada beberapa penelitian sebelumnya juga telah terdapat beberapa skema arsitektur pengembangan SDX namun lebih berfokus pada pemberian solusi BGP untuk IX, belum mempertimbangkan MPLS dan SR (Antichi

dkk., 2017; Bruyere dkk., 2018; Griffioen dkk., 2016; Gupta dkk., 2016). Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan analisis efektivitas SR pada jaringan IXP dan MPLS untuk mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhinya. Luaran dari penelitian ini adalah rekomendasi rancangan arsitektur integrasi SDX berdasarkan faktor-faktor pengaruh tersebut berdasarkan hasil analisis sensitivitas dari simulasi sebagai rujukan pengembangan IXP menuju SDX kedepannya.

1.3. Rumusan Masalah

IXP merupakan sebuah infrastruktur jaringan internet yang menggunakan protokol BGP untuk pertukaran lalu lintas data, dengan perkembangan pengguna jaringan internet dan layanan digital saat ini menuntut perusahaan penyedia layanan internet memiliki skalabilitas dan arsitektur yang mumpuni untuk dapat terus memberikan layanan yang optimal. Arsitektur IXP kemudian dikembangkan menggunakan teknologi MPLS, namun dengan MPLS proses penerusan paket yang menggunakan sistem pelabelan meningkatkan kompleksitas proses komunikasi dalam jaringan karena perlu menjalankan beberapa protokol khusus MPLS secara terdesentralisasi. Hal ini yang kemudian menyebabkan arsitektur IXP tersebut menjadi rumit untuk diskalakan. SR merupakan sebuah teknologi yang dikembangkan sebagai solusi MPLS, dalam hal ini SR telah mulai diterapkan pada berbagai arsitektur jaringan seperti SDN dan IXP. Sementara arsitektur IXP sendiri telah dikembangkan dalam berbagai karakteristik. Disisi lain SR telah dikembangkan pada SDN, namun tujuan implementasinya masih terbatas pada lingkungan *data center*. Selain itu beberapa arsitektur IXP juga telah dikembangkan menggunakan SDN untuk mengusulkan konsep SDX. Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk memastikan lebih lanjut bahwa apakah SR benar-benar dapat secara efektif mengatasi permasalahan MPLS pada beberapa arsitektur IXP. Selanjutnya penelitian ini bertujuan untuk memberikan penilaian mengenai efektivitas SR tersebut pada IXP, yaitu dengan mengevaluasi sensitivitas dari beberapa arsitektur IXP untuk dapat memperoleh faktor-faktor yang dapat mempengaruhi fungsi-fungsi SR. Hal ini yang kemudian dijadikan sebagai dasar dalam pemberian rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut menggunakan SDX.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi efektivitas penerapan SR terhadap efektivitas dan kinerja IXP.
2. Menentukan komponen pengembangan IXP yang dapat mendukung skalabilitas dan integrasi SDX.

1.5. Pertanyaan Penelitian

1. Apa saja faktor yang mempengaruhi efektivitas penerapan SR pada IXP?
2. Bagaimana penerapan SR mempengaruhi efektivitas dan kinerja pada IXP?

1.6. Lingkup Penelitian

Berikut ini merupakan ruang lingkup penelitian yang mencakup batasan dan jangkauan penelitian yang akan dilakukan :

1. Batasan Penelitian
 - a. Penelitian ini hanya menganalisa efektivitas SR pada jaringan IXP yang telah menerapkan MPLS berdasarkan parameter QoS dan utilisasi sumber daya yaitu CPU dan *memory*.
 - b. Fokus penelitian terbatas pada arsitektur jaringan IXP yang meliputi arsitektur tersentralisasi, terdistribusi, dan hirarki.
 - c. Pengujian tidak menggunakan IPv6 dan hanya menggunakan koneksi kabel.
 - d. Penerapan SR dalam penelitian ini menggunakan pelabelan MPLS karena keterbatasan dukungan IPv4 untuk SR.
 - e. Penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor keamanan siber, faktor eksternal seperti biaya implementasi dan regulasi, keterampilan personel, atau pengalaman pengguna terhadap perubahan performa jaringan.

2. Lokasi dan Objek Penelitian

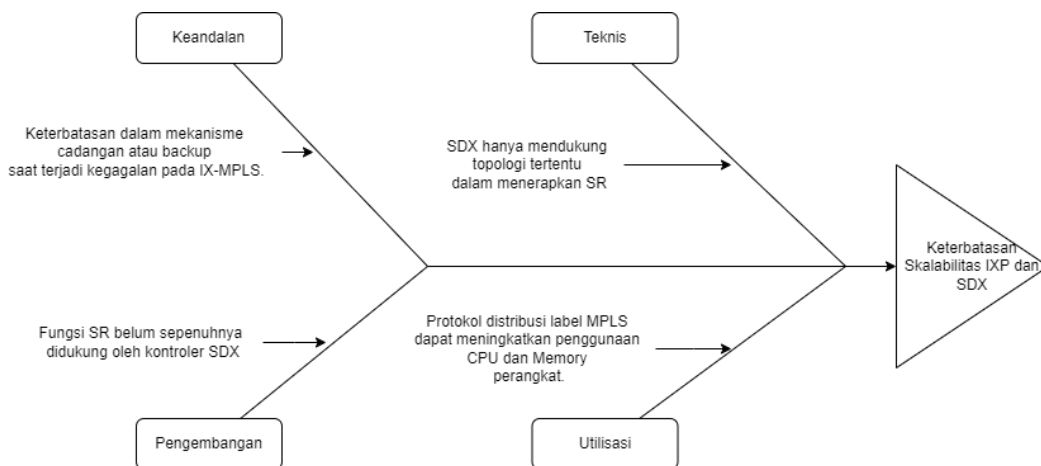
Penelitian ini dilakukan dengan simulasi menggunakan salah satu *platform* lab berbasis *open source*. Untuk objek penelitian ini berfokus pada arsitektur jaringan IXP yang menerapkan MPLS dan SR.

3. Waktu dan Periode Penelitian

Penelitian ini berlangsung selama satu tahun yaitu dari tahun 2023 hingga tahun 2024 mulai dari penentuan skema yang akan digunakan, melakukan konfigurasi, pengujian dan monitoring, dan pengembangan serta untuk setiap kekurangan selama proses penelitian dilakukan.

1.7. Kesenjangan Penelitian

Kesenjangan penelitian atau *research gap* merupakan bentuk identifikasi dan analisis terkait sesuatu yang tidak atau belum digunakan dalam penelitian sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk mengarahkan peneliti untuk mengeksplorasi topik-topik yang belum terjamah, mendorong inovasi dalam metode penelitian, pendekatan baru, atau teknologi baru, serta menghindari duplikasi penelitian. Dalam penelitian ini pendekatan yang digunakan untuk menganalisis kesenjangan penelitian ini adalah diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) untuk memberikan gambaran penentuan arah penelitian ini.



Gambar I. 1 *Fishbone Diagram*

Kesenjangan penelitian terkait skalabilitas IXP dan SDX adalah terdapat keterbatasan fungsi pada IXP dan SDX untuk dapat mengembangkan IXP menuju SDX dalam menerapkan SR. Meskipun telah terdapat upaya pengembangan arsitektur maupun aplikasi, masih terdapat beberapa aspek yang perlu dieksplorasi untuk mengatasi permasalahan ini.

Pertama terdapat aspek teknis SDX hanya mendukung topologi tertentu dalam menerapkan SR (ONF, 2021). Meskipun SDX dikembangkan untuk menjadi tujuan pengembangan IXP namun SR belum dapat berfungsi secara optimal. Berbagai arsitektur IXP yang telah dikembangkan sebelumnya menggunakan MPLS. Sementara MPLS sendiri memiliki keterbatasan skalabilitas pada protokol distribusi labelnya, dimana hal ini dapat berdampak pada IXP. Dengan adanya teknologi SR yang dikembangkan sebagai evolusi dari MPLS maka hal ini penting

untuk diidentifikasi lebih lanjut apakah SR dapat benar-benar efektif untuk diterapkan pada IXP untuk mendukung skalabilitas dari SDX tersebut.

Kedua yaitu aspek keandalan dimana protokol distribusi label MPLS memiliki kompleksitas dalam melakukan *failover* apabila terjadi kegagalan koneksi. MPLS pada dasarnya memiliki protokol RSVP-TE untuk melakukan reservasi terhadap jalur-jalur utama dan cadangan yang dapat digunakan, namun dalam implementasinya protokol ini diterapkan secara terpisah dari protokol dinamis MPLS seperti LDP. Sementara pada SR yang mengandalkan IGP, permasalahan ini dapat dikendalikan secara dinamis. Hal ini membutuhkan analisis lebih lanjut dalam penelitian ini.

Ketiga yaitu aspek utilisasi dimana protokol distribusi label MPLS dapat meningkatkan penggunaan CPU dan *memory* pada perangkat. SR yang telah dikembangkan sebagai solusi penyederhanaan kompleksitas bagi MPLS membutuhkan analisis lebih lanjut, karena untuk menggantikan protokol distribusi label MPLS, SR perlu mengandalkan IGP sehingga mampu mengimbangi atau melampaui kinerja MPLS.

Keempat yaitu aspek pengembangan dimana fungsi SR belum sepenuhnya didukung oleh kontroler SDX. Meskipun terdapat beberapa kontroler yang telah menyediakan program SR yang dapat digunakan, namun SR belum mampu menangani topologi jaringan secara umum terutama IXP. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan identifikasi dan analisis mengenai fungsi-fungsi SR pada IXP sebagai rancangan untuk mendukung skalabilitas IXP dan skalabilitas serta integrasi SDX.

1.8. Rasionalisasi Penelitian

Dalam konteks ini, MPLS yang sering digunakan menghadapi keterbatasan seperti kompleksitas konfigurasi dan tingginya penggunaan sumber daya, yang dapat menghambat efisiensi operasional IXP. Sementara SR memiliki pendekatan yang lebih sederhana dan fleksibel dibandingkan MPLS, sehingga adanya penelitian ini penting untuk mengevaluasi bagaimana SR dapat mengatasi kelemahan tersebut serta memberikan rekomendasi relevan untuk integrasi SDX. Karena dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya cenderung masih jarang

dalam mendukung pengembangan IXP dengan mempertimbangkan adanya peran MPLS dan SDX yang mengoptimalkan IXP tersebut.

Penelitian ini memberikan manfaat bagi penyedia layanan IXP dalam mengelola dan mengembangkan infrastruktur jaringan, dengan informasi yang mendukung pemilihan arsitektur optimal dan efisiensi penggunaan sumber daya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan menjadi landasan pengembangan dan penerapan SDX pada IXP, serta memberikan panduan praktis bagi perusahaan untuk mengimplementasikan solusi modern yang sesuai dengan kebutuhan masa depan jaringan IXP.

1.9. Signifikansi Penelitian

Signifikansi penelitian berfokus pada manfaat aspek praktis dan teoretis yang dapat diperoleh dari penelitian serta menyoroti potensi dampak positif dari hasil penelitian terhadap masalah atau tantangan yang ada. Untuk aspek praktis penelitian ini berkontribusi dalam memastikan optimalisasi skalabilitas dan kinerja jaringan IXP dengan efektif melalui penerapan SR pada MPLS, yang dapat mengurangi kompleksitas pengelolaan jaringan serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya seperti CPU dan *memory*. Dengan membandingkan performa dan utilisasi sumber daya MPLS dan SR-MPLS pada IXP, penelitian ini memberikan pemahaman bagaimana SR dapat secara efektif mengatasi permasalahan dalam MPLS terkait kecepatan, keandalan, dan stabilitas IXP. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi alternatif dalam mengembangkan infrastruktur IXP yang lebih efektif serta mendukung pertumbuhan lalu lintas internet. Sementara untuk aspek teoretis, penelitian ini memberikan wawasan baru terkait sensitivitas performa jaringan terhadap penerapan SR, yang dapat memengaruhi pengembangan teknologi jaringan di masa depan.

1.10. Motivasi Penelitian

Peneliti termotivasi untuk melakukan analisis terhadap efektivitas SR pada IXP untuk mendukung skalabilitas dan integrasi SDX karena semakin kompleksnya kebutuhan pengelolaan jaringan dan tuntutan akan efektivitas yang lebih tinggi. Selain itu perkembangan pesat teknologi dan meningkatnya lalu lintas data

menuntut solusi yang mampu meningkatkan performa dan skalabilitas dan integrasi SDX untuk mendukung IXP.

Sementara teknologi MPLS yang digunakan untuk meningkatkan skalabilitas IXP menunjukkan kelemahan-kelemahan yang membatasi skalabilitas tersebut. Penerapan SR dalam hal ini berpotensi untuk meningkatkan fleksibilitas, kontrol, dan optimasi yang lebih baik dalam pengelolaan lalu lintas data baik melalui perangkat secara langsung ataupun melalui kontroler SDX. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas dari SR pada IXP untuk mendukung skalabilitas dan integrasi SDX menggunakan performansi jaringan IXP serta penggunaan sumber daya seperti CPU dan *memory*.

Dengan melakukan analisa dan evaluasi yang komprehensif, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang potensi pengembangan dalam pengelolaan jaringan IXP dan membantu penyedia layanan jaringan dalam meningkatkan performa serta skalabilitas jaringan untuk mendukung layanan yang optimal.

1.11. Pertimbangan Penelitian

Kualitas dan relevansi penelitian merupakan faktor penting untuk mencapai tujuan penelitian. Untuk itu, penelitian ini perlu mempertimbangkan dua hal utama yaitu tujuan penelitian dan pertanyaan penelitian yang jelas dan terukur serta kesesuaian dengan penelitian saat ini. Kemudian dengan menentukan indikator pengukuran yang digunakan seperti jumlah skema topologi, *routing protocol*, media pemantauan serta teknologi yang disimulasikan. Hal ini dapat membantu peneliti dalam menentukan fokus penelitian, pemilihan skema dan metode yang digunakan sebagai pendekatan ketika menganalisa data yang diperoleh.

Penelitian yang efektif membutuhkan metode yang tepat untuk membantu proses analisis data, desain penelitian, dan interpretasi temuan penelitian. Peneliti juga perlu menentukan teknik pengumpulan data yang tepat untuk menjawab pertanyaan penelitian dan menghasilkan solusi yang optimal. Selanjutnya hasil dari pertimbangan penelitian menjadi faktor-faktor penting yang membantu peneliti dalam memberikan solusi yang efektif serta kontribusi yang maksimal sesuai dengan bidang penelitian yang dilakukan.

1.12. Peran Peneliti

Dalam pelaksanaan penelitian ini, peneliti, pembimbing, dan penguji memiliki peran serta tanggung jawab pada setiap tahap. Penggunaan *RACI Chart* bertujuan untuk mendokumentasikan keterlibatan setiap pihak untuk memastikan efektivitas penelitian. Berdasarkan *RACI Chart* pada tabel I. 1, peran terdiri dari :

1. *R (Responsible)*, yaitu pihak yang bertanggung jawab melaksanakan tugas (Peneliti).
2. *A (Accountable)*, yaitu pihak yang bertanggung jawab penuh atas hasil akhir tugas (Pembimbing).
3. *C (Consulted)*, yaitu pihak yang memberikan masukan atau saran (Penguji).
4. *I (Informed)*, yaitu pihak yang perlu diinformasikan mengenai kemajuan atau hasil tugas (Pembimbing maupun Penguji).

Tabel I. 1 *RACI Chart*

No	Aktivitas Penelitian	Peneliti	Pembimbing	Penguji
1.	Mengidentifikasi permasalahan pada arsitektur IXP dari berbagai literatur	R	A	I
2.	Menentukan rumusan masalah dalam penelitian	R	A	I
3.	Menentukan beberapa rancangan skema pengujian untuk jaringan IXP	R	A	I
4.	Mempelajari komponen dan proses komunikasi dalam arsitektur jaringan IXP	R	I	I
5.	Mempelajari berbagai solusi yang telah dikembangkan dalam literatur.	R	I	I
6.	Mengumpulkan data dengan melakukan konfigurasi dan pengujian pada jaringan IXP	R	I	I
7.	Menganalisis data yang diperoleh dan melakukan evaluasi penelitian	R	I	I
8.	Menyimpulkan dan memberikan rekomendasi pengembangan penelitian	R	A	C
9.	Menyusun laporan akhir penelitian	R	I	I
10.	Melakukan publikasi penelitian melalui jurnal ilmiah	R	A	I

1.13. Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini memuat penjelasan mengenai *state of the art* penelitian terkait jaringan IXP, SR, MPLS, dan SDX, latar belakang penelitian, penentuan batasan penelitian, melakukan perumusan masalah sebagai urgensi penelitian, penentuan tujuan penelitian, menguraikan pertanyaan penelitian, menentukan lingkup penelitian, mengidentifikasi kesenjangan penelitian, memaparkan rasionalisasi penelitian yang dilakukan, memaparkan signifikansi yang merupakan manfaat dilakukannya penelitian, menguraikan peran peneliti selama melakukan penelitian, dan menguraikan struktur penulisan laporan penelitian.

BAB II Studi Literatur

Pada bab ini dijelaskan bagaimana tinjauan literatur dilakukan untuk mendukung penelitian, mengidentifikasi teori yang relevan, menganalisis kemajuan penelitian sebelumnya, dan memberikan pemahaman lebih lanjut tentang rencana penelitian yang sedang dilakukan.

BAB III Metode Penelitian

Dalam bab ini, diuraikan metode yang digunakan sebagai landasan konsep penelitian serta mendetailkan properti penelitian dan hingga penentuan arsitektur IXP yangn akan diujikan dengan maksud memberikan gambaran tentang penelitian yang dilakukan kepada pembaca.

BAB IV Pengumpulan Data

Dalam bab ini, diuraikan skenario yang akan diterapkan dalam proses pengujian hingga hasil pengumpulan data berupa pengujian performansi dan pengukuran utilisasi sumber daya untuk setiap arsitektur jaringan sebelum dan setelah penerapan SR.

BAB V Analisis Data

Dalam bab ini, peneliti melakukan analisa menggunakan metode analisis sensitivitas pada pengujian skalabilitas dari setiap arsitektur jaringan yang ditentukan berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih sederhana dan komprehensif.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan intisari penelitian, meliputi pembahasan terkait metode interpretasi yang digunakan, jawaban penelitian, saran, dan rekomendasi penelitian lanjutan. Sebagai ringkasan komprehensif, bab ini memberikan pemahaman terkait hasil akhir penelitian. Saran penelitian yang diberikan berdasarkan pada kekurangan penelitian saat ini, sehingga membuka peluang bagi penelitian lanjutan dengan topik serupa namun dapat menggunakan pendekatan atau model yang lebih inovatif.