

ANALISIS NETWORK SLICING DALAM MENINGKATKAN FLEKSIBILITAS LAYANAN PADA JARINGAN 5G: STUDI TINJAUAN LITERATUR SISTEMATIS

Dian Indah Lestari^{1*}, Vera Veronica², Andi Ahmad Dahlan³, Yulindon Khaidir⁴

^{1,2,3,4} Politeknik Negeri Padang, Indonesia

^{1*}dianindah086@gmail.com, ²veraveronica@pnp.ac.id, ³aadfuty@gmail.com, ⁴yulindon@pnp.ac.id

ABSTRACT

The development of 5G networks requires flexible mechanisms to support increasingly diverse and complex service demands. Network slicing enables the partitioning of a physical network into multiple virtual networks tailored to specific service requirements. This study aims to analyze the role of network slicing in enhancing service flexibility in 5G using a Systematic Literature Review (SLR) approach, focusing on publications from 2020 to 2025. The analysis examines key aspects, including network architecture, enabling technologies such as Software-Defined Networking (SDN), Network Function Virtualization (NFV), and Multi-access Edge Computing (MEC), as well as their application in supporting various 5G service categories. The results indicate that network slicing enables dynamic and efficient resource allocation across heterogeneous services, improves service isolation, and enhances overall network management. It effectively supports major 5G service types, including enhanced Mobile Broadband (eMBB), Ultra-Reliable Low Latency Communications (URLLC), and massive Machine Type Communications (mMTC). However, several challenges remain, such as end-to-end orchestration complexity, interoperability issues, and limited real-world implementation. This study provides a comprehensive overview of network slicing and identifies key research gaps and future research directions.

Keywords:

Network Slicing, 5G, SDN, NFV, MEC, Service Flexibility.

PENDAHULUAN

Teknologi jaringan seluler terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan komunikasi yang semakin kompleks dan beragam. Generasi kelima (5G) dirancang untuk menyediakan kecepatan data yang tinggi, latensi sangat rendah, serta kemampuan menghubungkan perangkat dalam jumlah masif, sehingga memungkinkan berbagai aplikasi modern seperti *Internet of Things* (IoT) dan *vehicle-to-everything* (V2X) (Wijethilaka & Liyanage, 2021; Shen et al., 2023; Cunha et al., 2024).

Namun demikian, arsitektur jaringan seluler tradisional tidak lagi memadai untuk memenuhi kebutuhan layanan yang heterogen pada jaringan 5G. Hal ini disebabkan oleh adanya berbagai kategori layanan seperti enhanced Mobile Broadband (eMBB), Ultra-Reliable Low-Latency Communications (URLLC), dan massive Machine-Type Communications (mMTC), yang masing-masing memiliki persyaratan kualitas layanan (QoS) yang berbeda-beda (Nadeem et al., 2022; Dubey et al., 2024; Cunha et al., 2024).

Sebagai solusi, network slicing diperkenalkan sebagai salah satu teknologi kunci dalam arsitektur 5G yang memungkinkan satu infrastruktur jaringan fisik dibagi menjadi beberapa jaringan logis yang terisolasi dan disesuaikan dengan kebutuhan layanan tertentu (Barakabitze et al., 2020; Wijethilaka & Liyanage, 2021; Song et al., 2020). Teknologi ini didukung oleh konsep Software Defined Networking (SDN) dan Network Function Virtualization (NFV), yang memungkinkan alokasi sumber daya jaringan secara fleksibel dan terprogram. Dengan demikian, setiap slice dapat dirancang untuk memenuhi kebutuhan layanan yang berbeda, seperti latensi rendah, keandalan tinggi, dan konektivitas perangkat dalam jumlah besar (Wu et al., 2022; Cunha et al., 2024).

Seiring dengan perkembangan tersebut, berbagai penelitian telah mengkaji implementasi dan pengembangan network slicing dari berbagai perspektif. Beberapa studi survei membahas implementasi network slicing secara end-to-end, termasuk peran teknologi seperti SDN, NFV, dan Mobile Edge Computing (MEC), serta tantangan dalam standarisasi dan orkestrasi lintas domain (Barakabitze et al., 2020; Dubey et al., 2024; Wijethilaka & Liyanage, 2021). Selain itu, penelitian lain menyoroti aspek optimasi dan alokasi sumber daya, baik pada RAN slicing maupun end-to-end slicing, dengan memanfaatkan pendekatan pembelajaran mesin, seperti deep learning dan reinforcement learning (Filali et al., 2022; Hurtado Sánchez et al., 2022).

Di sisi lain, kajian terbaru juga membahas isu manajemen dan orkestrasi, keamanan antar slice, serta integrasi network slicing dengan ekosistem *Internet of Things* (IoT) dan *Internet of Vehicles* (IoV) (Cunha et al., 2024; Shen et al., 2023; Sanchez-Iborra et al., 2019).

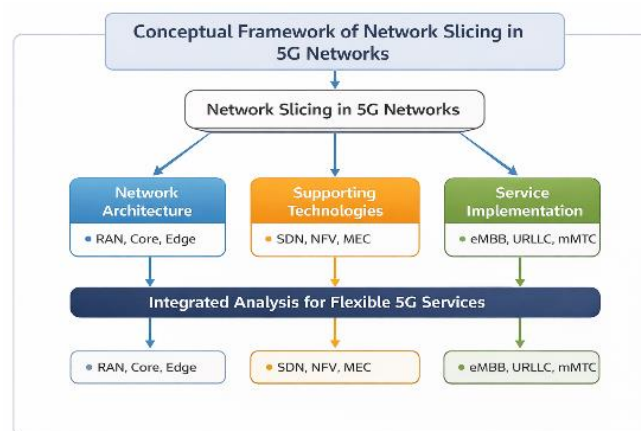
Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada aspek tertentu secara terpisah, seperti arsitektur, alokasi sumber daya, atau domain aplikasi tertentu. Pendekatan yang bersifat parsial ini menyebabkan

kurangnya pemahaman yang komprehensif mengenai peran network slicing dalam mendukung fleksibilitas layanan secara menyeluruh, terutama dalam konteks integrasi end-to-end yang mencakup berbagai domain jaringan.

Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk menyajikan tinjauan pustaka yang memberikan pemahaman holistik mengenai peran network slicing dalam mendukung fleksibilitas layanan pada jaringan 5G, termasuk desain, manajemen, dan orkestrasi slice dari RAN hingga core network dan edge.

Penelitian ini memberikan kontribusi dengan menyajikan suatu kerangka analisis konseptual (conceptual framework) yang mengintegrasikan berbagai aspek utama dalam network slicing, meliputi arsitektur jaringan, teknologi pendukung seperti Software-Defined Networking (SDN), Network Function Virtualization (NFV), dan Multi-access Edge Computing (MEC), serta implementasinya pada layanan enhanced Mobile Broadband (eMBB), Ultra-Reliable Low Latency Communications (URLLC), dan massive Machine Type Communications (mMTC). Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada aspek tertentu secara parsial, penelitian ini mengadopsi pendekatan yang lebih komprehensif dan terintegrasi melalui metode Systematic Literature Review (SLR) untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan mensintesis perkembangan terkini. Dengan demikian, penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai peran network slicing dalam mendukung fleksibilitas dan efisiensi layanan pada jaringan 5G sekaligus mengungkap research gap yang masih terbuka untuk penelitian selanjutnya.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai hubungan antar konsep yang dikaji dalam penelitian ini, disajikan kerangka konseptual (conceptual framework) yang mengintegrasikan aspek arsitektur, teknologi pendukung, serta implementasi network slicing pada layanan 5G.



Gambar 1. Kerangka Konseptual Network Slicing

TINJAUAN PUSTAKA

Kebutuhan Layanan 5G

Perkembangan jaringan seluler menuju generasi kelima (5G) didorong oleh meningkatnya kebutuhan layanan komunikasi yang semakin beragam dan kompleks. Berbeda dengan generasi sebelumnya, 5G dirancang untuk mendukung berbagai jenis layanan dengan karakteristik yang berbeda, yaitu enhanced Mobile Broadband (eMBB), Ultra-Reliable Low-Latency Communications (URLLC), dan massive Machine-Type Communications (mMTC). Layanan eMBB berfokus pada penyediaan kecepatan data tinggi untuk aplikasi seperti video streaming dan augmented reality, URLLC menekankan latensi sangat rendah dan keandalan tinggi untuk aplikasi kritis seperti kendaraan otonom dan telemedicine, sedangkan mMTC mendukung konektivitas perangkat dalam jumlah besar seperti pada Internet of Things (IoT) (Wijethilaka & Liyanage, 2021; Cunha et al., 2024).

Perbedaan karakteristik tersebut menimbulkan tantangan dalam pengelolaan jaringan, khususnya dalam memenuhi kebutuhan Quality of Service (QoS) yang berbeda-beda dalam satu infrastruktur yang sama. Arsitektur jaringan tradisional yang bersifat statis tidak mampu secara optimal mengakomodasi kebutuhan layanan yang heterogen ini. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan jaringan yang lebih fleksibel, salah satunya melalui penerapan network slicing yang memungkinkan penyesuaian layanan sesuai kebutuhan masing-masing aplikasi.

Meskipun berbagai penelitian telah mengklasifikasikan layanan 5G ke dalam kategori eMBB, URLLC, dan mMTC, sebagian besar studi masih membahas kebutuhan layanan tersebut secara terpisah tanpa mempertimbangkan integrasi dalam satu infrastruktur jaringan yang sama. Hal ini menimbulkan tantangan dalam pengelolaan sumber daya yang efisien, terutama ketika berbagai layanan dengan karakteristik yang berbeda harus berjalan secara bersamaan.

Network Slicing

Network slicing merupakan teknologi yang memungkinkan pembagian jaringan fisik menjadi beberapa jaringan virtual (*logical network*) yang terisolasi dan dapat dikonfigurasi sesuai kebutuhan layanan tertentu. Setiap slice dirancang untuk memenuhi persyaratan *Quality of Service* (QoS) yang berbeda, seperti kebutuhan bandwidth tinggi, latensi rendah, maupun konektivitas perangkat dalam jumlah besar (Barakabitze et al., 2020; Wijethilaka & Liyanage, 2021).

Konsep ini memungkinkan operator jaringan untuk menyediakan layanan yang fleksibel dan efisien melalui alokasi sumber daya secara dinamis sesuai karakteristik layanan, seperti eMBB, URLLC, dan mMTC. Berdasarkan penelitian Cunha et al. (2024), integrasi *network slicing* dengan teknologi seperti *Software Defined Networking* (SDN) dan *Network Function Virtualization* (NFV) memungkinkan pengelolaan jaringan secara terprogram, adaptif, serta meningkatkan efisiensi dan keamanan layanan.

Namun, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, sebagian besar studi masih berfokus pada aspek tertentu dari *network slicing*, seperti arsitektur atau mekanisme alokasi sumber daya, tanpa membahas integrasi secara menyeluruh antara berbagai komponen jaringan. Selain itu, beberapa pendekatan yang diusulkan masih memiliki keterbatasan dalam hal implementasi nyata dan skalabilitas pada lingkungan multi-layanan yang kompleks.

Dengan adanya *network slicing*, jaringan 5G mampu mengatasi keterbatasan arsitektur tradisional yang bersifat statis dan kurang fleksibel. Teknologi ini memungkinkan berbagai skenario layanan berjalan secara bersamaan dalam satu infrastruktur jaringan yang sama. Oleh karena itu, *network slicing* menjadi salah satu solusi utama dalam meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi layanan pada jaringan 5G.

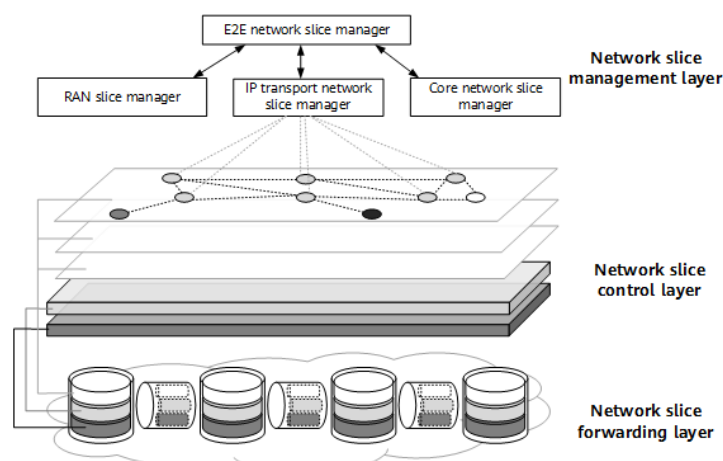
Arsitektur Network Slicing

Arsitektur *network slicing* pada jaringan 5G dirancang untuk memungkinkan implementasi layanan secara fleksibel melalui pembagian jaringan menjadi beberapa *slice* yang dapat diatur secara independen. Secara umum, arsitektur ini mencakup tiga domain utama, yaitu *Radio Access Network* (RAN), jaringan transport, dan *core network*, yang terintegrasi dalam skema *end-to-end slicing* (Barakabitze et al., 2020).

Pada sisi RAN, *slicing* memungkinkan alokasi sumber daya radio secara dinamis untuk memenuhi kebutuhan layanan yang berbeda. Sementara itu, pada *core network*, *network slicing* memungkinkan virtualisasi fungsi jaringan sehingga setiap slice dapat memiliki konfigurasi dan kebijakan yang berbeda. Integrasi antara RAN dan *core network* menghasilkan *end-to-end slicing* yang mampu menjamin kualitas layanan secara menyeluruh dari pengguna hingga ke jaringan inti (Wijethilaka & Liyanage, 2021).

Dengan arsitektur ini, setiap slice dapat dioptimalkan sesuai kebutuhan spesifik layanan, baik dari sisi latensi, kapasitas, maupun keandalan. Hal ini menjadikan arsitektur *network slicing* sebagai fondasi utama dalam mendukung fleksibilitas layanan pada jaringan 5G. Arsitektur *network slicing* pada jaringan 5G umumnya terdiri dari beberapa lapisan yang mencakup fungsi manajemen, kontrol, dan infrastruktur jaringan.

Meskipun arsitektur *network slicing* menawarkan fleksibilitas yang tinggi, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kompleksitas orkestrasi end-to-end, interoperabilitas antar domain jaringan, serta kebutuhan manajemen sumber daya yang efisien. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa integrasi antar lapisan masih belum optimal, terutama dalam skenario jaringan yang dinamis dan berskala besar.



Gambar 2. Arsitektur Network Slicing

Sumber: Huawei Technologies Co., Ltd., "Network Slicing," 2023

Gambar 2 menunjukkan bahwa arsitektur *network slicing* terdiri dari beberapa lapisan utama, yaitu *network slice management layer*, *control layer*, dan *forwarding layer*. Setiap lapisan memiliki peran dalam mendukung pengelolaan dan penyediaan layanan jaringan secara fleksibel.

Teknologi Pendukung Network Slicing (SDN, NFV, MEC)

Implementasi *network slicing* pada jaringan 5G tidak terlepas dari peran beberapa teknologi pendukung utama, yaitu *Software Defined Networking* (SDN), *Network Function Virtualization* (NFV), dan *Mobile Edge Computing* (MEC). Ketiga teknologi ini memungkinkan pengelolaan jaringan yang lebih fleksibel, dinamis, dan efisien sesuai dengan kebutuhan layanan yang beragam (Cunha et al., 2024).

SDN memungkinkan pemisahan antara control plane dan data plane, sehingga pengelolaan jaringan dapat dilakukan secara terpusat dan terprogram. Dengan SDN, konfigurasi dan pengaturan slice dapat dilakukan secara dinamis sesuai kebutuhan layanan. Sementara itu, NFV berperan dalam melakukan virtualisasi fungsi jaringan yang sebelumnya bergantung pada perangkat keras, sehingga memungkinkan implementasi slice yang lebih fleksibel dan skalabel (Wijethilaka & Liyanage, 2021).

Selain itu, MEC mendukung pemrosesan data di dekat pengguna (*edge network*), sehingga dapat mengurangi latensi dan meningkatkan respons layanan, terutama untuk aplikasi yang membutuhkan waktu respons cepat seperti URLLC. Integrasi antara SDN, NFV, dan MEC menjadi fondasi utama dalam mewujudkan *network slicing* yang adaptif dan mampu mendukung berbagai kebutuhan layanan dalam jaringan 5G.

Meskipun SDN, NFV, dan MEC memberikan fleksibilitas dan efisiensi dalam implementasi *network slicing*, integrasi ketiga teknologi ini masih menghadapi tantangan dalam hal keamanan, latensi, serta kompleksitas manajemen sistem. Selain itu, sebagian besar penelitian masih bersifat konseptual dan belum sepenuhnya diuji pada skenario implementasi nyata, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk memastikan keandalannya dalam lingkungan produksi.

Manajemen & Orkestrasi Network Slicing

Manajemen dan orkestrasi *network slicing* merupakan aspek penting dalam memastikan setiap slice dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan layanan yang telah ditentukan. Proses ini mencakup seluruh siklus hidup slice, mulai dari pembuatan (*slice creation*), penyebaran (*deployment*), pemantauan (*monitoring*), hingga penghentian (*termination*) (Dubey et al., 2024).

Orkestrasi *network slicing* dilakukan secara *end-to-end*, yang melibatkan berbagai domain jaringan seperti RAN, transport, dan *core network*. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap slice dapat memenuhi persyaratan *Quality of Service* (QoS) secara konsisten di seluruh jaringan. Selain itu, orkestrasi juga memungkinkan alokasi sumber daya yang dinamis dan adaptif sesuai dengan perubahan kebutuhan layanan (Barakabitze et al., 2020).

Namun demikian, manajemen dan orkestrasi *network slicing* masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kompleksitas dalam pengelolaan multi-domain, kebutuhan interoperabilitas antar sistem, serta *jaminan Service Level Agreement* (SLA). Oleh karena itu, diperlukan mekanisme orkestrasi yang cerdas dan terotomatisasi, misalnya dengan memanfaatkan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem.

Resource Allocation pada Network Slicing

Alokasi dan optimasi sumber daya merupakan aspek penting dalam implementasi *network slicing* untuk memastikan setiap slice mendapatkan sumber daya jaringan yang sesuai dengan kebutuhan layanannya. Sumber daya yang dimaksud meliputi bandwidth, kapasitas komputasi, serta sumber daya radio pada RAN. Pengelolaan sumber daya yang efisien menjadi kunci dalam menjaga performa jaringan sekaligus meningkatkan utilisasi infrastruktur (Filali et al., 2022).

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mengoptimalkan alokasi sumber daya pada *network slicing*. Pendekatan konvensional umumnya menggunakan metode optimasi matematis dan heuristik, sedangkan penelitian terbaru banyak memanfaatkan teknik *machine learning*, seperti *deep learning* dan *reinforcement learning*, untuk melakukan alokasi sumber daya secara dinamis dan adaptif terhadap perubahan kondisi jaringan (Hurtado Sánchez et al., 2022).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada optimasi di satu domain tertentu, seperti RAN atau *core network*, dan belum banyak yang mengkaji optimasi secara *end-to-end*. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat peluang penelitian dalam pengembangan mekanisme alokasi sumber daya yang terintegrasi dan mampu mendukung fleksibilitas layanan secara menyeluruh pada jaringan 5G.

Implementasi Network Slicing pada Layanan eMBB, URLLC, dan mMTC

Implementasi network slicing pada jaringan 5G memungkinkan penyediaan layanan yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing kategori layanan, yaitu *enhanced Mobile Broadband* (eMBB), *Ultra-Reliable Low-Latency Communications* (URLLC), dan *massive Machine-Type Communications* (mMTC). Melalui pendekatan ini, setiap layanan dapat dijalankan pada slice yang berbeda dengan konfigurasi sumber daya dan parameter jaringan yang spesifik (Cunha et al., 2024).

Pada layanan eMBB, network slicing difokuskan pada penyediaan bandwidth yang besar dan kecepatan data tinggi untuk mendukung aplikasi seperti video streaming, virtual reality, dan augmented reality. Sementara itu, pada layanan URLLC, slice dikonfigurasi untuk mencapai latensi yang sangat rendah dan tingkat keandalan yang tinggi, sehingga sesuai untuk aplikasi kritis seperti kendaraan otonom dan sistem industri otomatis. Di sisi lain, layanan mMTC memanfaatkan network slicing untuk mendukung konektivitas perangkat dalam jumlah besar dengan efisiensi energi yang tinggi, seperti pada implementasi *Internet of Things* (IoT) dan smart city (Shen et al., 2023).

Dengan adanya network slicing, ketiga jenis layanan tersebut dapat berjalan secara bersamaan dalam satu infrastruktur jaringan tanpa saling mempengaruhi. Hal ini menunjukkan bahwa network slicing berperan penting dalam meningkatkan fleksibilitas layanan pada jaringan 5G dengan memungkinkan diferensiasi layanan sesuai kebutuhan masing-masing aplikasi.

Keamanan Network Slicing

Keamanan merupakan salah satu aspek penting dalam implementasi network slicing pada jaringan 5G, mengingat setiap slice berjalan di atas infrastruktur fisik yang sama. Meskipun *network slicing* dirancang untuk memberikan isolasi antar layanan, potensi ancaman keamanan seperti kebocoran data antar slice (*inter-slice attack*) dan penyalahgunaan sumber daya masih menjadi perhatian utama (Cunha et al., 2024).

Salah satu tantangan utama dalam keamanan network slicing adalah memastikan isolasi yang kuat antar slice agar gangguan atau serangan pada satu slice tidak mempengaruhi slice lainnya. Selain itu, penggunaan teknologi virtualisasi seperti SDN dan NFV juga membuka peluang terhadap serangan siber yang menargetkan lapisan perangkat lunak dan kontrol jaringan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, berbagai pendekatan telah diusulkan, seperti penerapan mekanisme isolasi yang lebih ketat, sistem deteksi intrusi, serta manajemen keamanan berbasis kebijakan (*policy-based security*). Dengan demikian, aspek keamanan menjadi faktor penting yang harus diperhatikan dalam pengembangan network slicing guna memastikan keandalan dan keberlangsungan layanan pada jaringan 5G.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi pustaka (*literature review*) dengan pendekatan kualitatif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mensintesis berbagai penelitian terdahulu terkait network slicing dalam jaringan 5G guna memahami perannya dalam mendukung fleksibilitas layanan.

Pendekatan yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR), yang dilakukan secara sistematis melalui proses identifikasi, seleksi, dan analisis literatur yang relevan. Penelitian ini juga menggunakan pendekatan analisis konseptual, yang berfokus pada pengkajian konsep, arsitektur, serta teknologi pendukung *network slicing*, termasuk SDN, NFV, dan MEC. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih terintegrasi mengenai bagaimana network slicing berperan dalam memenuhi kebutuhan layanan yang beragam pada jaringan 5G, sebagaimana telah diuraikan pada bagian pendahuluan.

Sumber Data dan Strategi Pencarian Literatur

Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai database ilmiah, seperti IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, MDPI, dan Google Scholar. Database tersebut dipilih karena menyediakan publikasi ilmiah bereputasi dan telah melalui proses peer-review.

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis menggunakan kata kunci seperti “network slicing 5G”, “5G service flexibility”, “network slicing architecture”, serta “SDN NFV network slicing”. Untuk menjaga relevansi, literatur dibatasi pada publikasi tahun 2020–2025 dan berasal dari jurnal internasional maupun prosiding konferensi bereputasi.

Proses seleksi dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu identifikasi awal, screening berdasarkan judul dan abstrak, serta evaluasi full-text untuk menentukan kesesuaian dengan topik penelitian.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Dalam penelitian ini, pemilihan literatur dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi untuk memastikan bahwa artikel yang digunakan relevan dengan topik penelitian serta memiliki kualitas yang baik.

Kriteria inklusi meliputi artikel yang membahas network slicing pada jaringan 5G, dipublikasikan pada jurnal internasional atau prosiding konferensi bereputasi, serta memiliki fokus pada aspek arsitektur, teknologi pendukung, manajemen, atau implementasi layanan. Selain itu, artikel yang digunakan merupakan publikasi dalam rentang tahun 2020 hingga 2025 dan tersedia dalam bentuk full-text.

Sementara itu, kriteria eksklusi mencakup artikel yang tidak relevan dengan topik penelitian, merupakan duplikasi dari sumber lain, atau tidak memiliki akses full-text. Artikel yang hanya membahas konsep secara umum tanpa keterkaitan langsung dengan network slicing juga tidak dimasukkan dalam analisis.

Proses Seleksi Literatur

Proses seleksi literatur dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis mengikuti tahapan Systematic Literature Review (SLR). Pada tahap identifikasi awal, diperoleh sebanyak 15 artikel dari berbagai database ilmiah. Selanjutnya, pada tahap screening berdasarkan judul dan abstrak, sejumlah artikel yang tidak relevan dieliminasi sehingga tersisa 12 artikel. Tahap berikutnya adalah evaluasi full-text untuk menilai kesesuaian isi secara menyeluruh, yang menghasilkan 11 artikel yang memenuhi kriteria inklusi.

Pada tahap akhir, sebanyak 11 artikel dipilih sebagai literatur utama yang digunakan dalam proses analisis. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa literatur yang digunakan memiliki relevansi, kualitas, dan kontribusi yang memadai terhadap topik penelitian. Alur seleksi literatur ini mengacu pada pendekatan PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

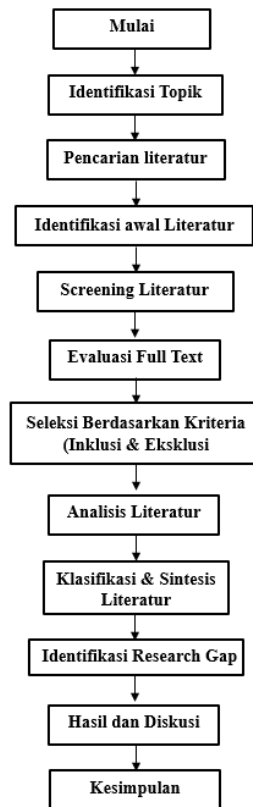
Selain itu, dilakukan evaluasi kualitas literatur berdasarkan relevansi topik, metode penelitian yang digunakan, serta kontribusi terhadap pengembangan network slicing pada jaringan 5G.

Teknik Analisis Literatur

Literatur yang telah terpilih dianalisis menggunakan pendekatan analisis deskriptif dan komparatif. Analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan konsep, arsitektur, serta perkembangan network slicing dalam jaringan 5G berdasarkan hasil penelitian terdahulu.

Selain itu, analisis komparatif dilakukan untuk membandingkan berbagai pendekatan yang digunakan dalam penelitian sebelumnya, seperti metode alokasi sumber daya, manajemen dan orkestrasi, serta teknologi pendukung seperti SDN, NFV, dan MEC. Melalui perbandingan ini, dapat diidentifikasi kelebihan dan keterbatasan dari masing-masing penelitian.

Selanjutnya, dilakukan klasifikasi literatur berdasarkan beberapa aspek utama, antara lain arsitektur jaringan, teknologi pendukung, manajemen network slicing, serta implementasi pada layanan eMBB, URLLC, dan mMTC. Hasil analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi pola penelitian, tren perkembangan, serta kesenjangan penelitian (research gap) yang menjadi dasar dalam pembahasan pada bagian hasil dan diskusi.



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Literatur

Berdasarkan hasil analisis literatur, dapat disimpulkan bahwa pendekatan *network slicing* yang efektif tidak hanya bergantung pada satu aspek tertentu, melainkan memerlukan integrasi secara *end-to-end* yang mencakup arsitektur jaringan, teknologi pendukung, serta kebutuhan layanan. Integrasi antara domain *Radio Access Network* (RAN), *core network*, dan *edge computing* memungkinkan pengelolaan slice secara fleksibel dan dinamis dalam mendukung berbagai skenario layanan.

Integrasi ini didukung oleh teknologi seperti *Software Defined Networking* (SDN), *Network Function Virtualization* (NFV), dan *Mobile Edge Computing* (MEC), yang memungkinkan pengelolaan sumber daya jaringan secara terprogram dan adaptif. Hal ini sejalan dengan penelitian Barakabitze et al. (2020) dan Cunha et al. (2024), yang menunjukkan bahwa penerapan SDN dan NFV dapat meningkatkan fleksibilitas serta efisiensi dalam pengelolaan jaringan. Selain itu, Shen et al. (2023) menekankan pentingnya integrasi lintas domain dalam mendukung evolusi jaringan menuju sistem yang lebih cerdas dan terotomatisasi.

Dari sisi implementasi, *network slicing* telah banyak diterapkan pada berbagai kategori layanan 5G, seperti *enhanced Mobile Broadband* (eMBB), *Ultra-Reliable Low-Latency Communications* (URLLC), dan *massive Machine-Type Communications* (mMTC). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini mampu mengakomodasi kebutuhan layanan yang beragam, mulai dari kebutuhan bandwidth tinggi hingga latensi rendah dan konektivitas perangkat dalam jumlah besar, melalui mekanisme alokasi sumber daya yang adaptif.

Namun demikian, sebagian besar penelitian yang ada masih berfokus pada aspek tertentu secara terpisah, seperti arsitektur, alokasi sumber daya, atau domain aplikasi tertentu. Hurtado Sánchez et al. (2022) menunjukkan bahwa penelitian terkait *network slicing* masih didominasi oleh pendekatan parsial, khususnya pada optimasi sumber daya berbasis algoritma tertentu. Sementara itu, Sanchez-Iborra et al. (2019) menyoroti bahwa implementasi pada domain spesifik, seperti *Internet of Vehicles*, belum sepenuhnya terintegrasi secara *end-to-end*.

Oleh karena itu, diperlukan analisis yang lebih komprehensif untuk memahami peran *network slicing* dalam mendukung fleksibilitas layanan secara menyeluruh pada jaringan 5G. Sintesis literatur ini menjadi dasar dalam mengidentifikasi kesenjangan penelitian (*research gap*), serta sebagai landasan untuk melakukan perbandingan penelitian terdahulu yang akan dibahas pada bagian selanjutnya.

Analisis Network Slicing pada Jaringan 5G

Berdasarkan hasil kajian terhadap berbagai penelitian terdahulu, *network slicing* pada jaringan 5G menunjukkan peran yang signifikan dalam meningkatkan fleksibilitas layanan jaringan. Teknologi ini memungkinkan pembagian satu infrastruktur fisik menjadi beberapa jaringan virtual yang dapat dikonfigurasi secara independen sesuai dengan kebutuhan layanan tertentu (Barakabitze et al., 2020; Wijethilaka & Liyanage, 2021).

Hasil analisis menunjukkan bahwa keunggulan utama *network slicing* terletak pada kemampuannya dalam menyediakan isolasi layanan serta alokasi sumber daya yang dinamis. Dengan adanya isolasi antar slice, setiap layanan dapat berjalan tanpa saling mempengaruhi, sehingga kualitas layanan (Quality of Service/QoS) dapat dipertahankan sesuai kebutuhan masing-masing aplikasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Nadeem et al. (2022) dan Song et al. (2020), yang menunjukkan bahwa mekanisme alokasi sumber daya berbasis QoS mampu meningkatkan performa jaringan secara signifikan.

Selain itu, fleksibilitas *network slicing* didukung oleh integrasi dengan teknologi seperti *Software Defined Networking* (SDN) dan *Network Function Virtualization* (NFV). SDN memungkinkan pemisahan antara control plane dan data plane, sehingga pengelolaan jaringan menjadi lebih terpusat dan terprogram, sedangkan NFV memungkinkan fungsi jaringan dijalankan secara virtual tanpa ketergantungan pada perangkat keras tertentu. Barakabitze et al. (2020) dan Cunha et al. (2024) menunjukkan bahwa kombinasi SDN dan NFV berperan penting dalam meningkatkan efisiensi serta fleksibilitas dalam penyediaan layanan jaringan.

Dari sisi operasional, *network slicing* juga mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya jaringan melalui mekanisme alokasi yang adaptif. Dalam perkembangannya, pendekatan berbasis kecerdasan buatan mulai banyak diterapkan untuk mengoptimalkan manajemen sumber daya. Filali et al. (2022), Hurtado Sánchez et al. (2022), serta Dubey et al. (2024) menunjukkan bahwa penerapan *deep reinforcement learning* dan *machine learning* mampu meningkatkan efisiensi dan kinerja jaringan secara signifikan.

Namun demikian, beberapa penelitian juga mengidentifikasi berbagai tantangan dalam implementasi *network slicing*, seperti kompleksitas manajemen, orkestrasi lintas domain, serta isu keamanan antar slice. Cunha et al. (2024) dan Shen et al. (2023) menekankan bahwa integrasi lintas domain dan keamanan menjadi tantangan utama dalam implementasi end-to-end *network slicing*. Selain itu, integrasi dengan berbagai skenario layanan seperti Internet of Things (IoT) dan Internet of Vehicles (IoV) juga meningkatkan kompleksitas pengelolaan jaringan (Sanchez-Iborra et al., 2019; Wijethilaka & Liyanage, 2021).

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa *network slicing* merupakan solusi kunci dalam mendukung fleksibilitas layanan pada jaringan 5G. Kemampuannya dalam mengakomodasi kebutuhan layanan yang heterogen menjadikannya sebagai fondasi dalam pengembangan jaringan generasi berikutnya.

Analisis Arsitektur Network Slicing

Berdasarkan hasil kajian literatur, arsitektur *network slicing* pada jaringan 5G umumnya dirancang secara *end-to-end*, mencakup tiga domain utama, yaitu *Radio Access Network* (RAN), *transport network*, dan *core network*. Pendekatan ini memungkinkan setiap slice memiliki konfigurasi yang berbeda sesuai dengan kebutuhan layanan, baik dari sisi latensi, bandwidth, maupun keandalan (Barakabitze et al., 2020; Wijethilaka & Liyanage, 2021).

Pada domain RAN, *network slicing* berfokus pada pembagian sumber daya radio untuk mendukung berbagai jenis layanan seperti eMBB dan URLLC. Filali et al. (2022) dan Wu et al. (2022) menunjukkan bahwa penerapan RAN slicing memungkinkan alokasi spektrum dan kapasitas jaringan secara dinamis, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Selain itu, pendekatan berbasis kecerdasan buatan mulai digunakan untuk mengoptimalkan pengelolaan sumber daya pada domain ini.

Pada core network, arsitektur *network slicing* didukung oleh konsep virtualisasi melalui NFV. Fungsi jaringan seperti *routing*, *firewall*, dan *mobility management* dapat dijalankan secara virtual dan dialokasikan secara fleksibel pada masing-masing slice. Barakabitze et al. (2020) dan Cunha et al. (2024) menunjukkan bahwa virtualisasi ini memungkinkan peningkatan fleksibilitas dan efisiensi dalam pengelolaan jaringan.

Integrasi dengan *Software Defined Networking* (SDN) juga menjadi komponen penting dalam arsitektur *network slicing*. SDN memungkinkan pengelolaan jaringan secara terpusat melalui controller, sehingga mempermudah proses orkestrasi dan pengendalian slice secara dinamis. Cunha et al. (2024) dan Shen et al. (2023) menekankan bahwa SDN berperan penting dalam mendukung otomatisasi dan fleksibilitas jaringan.

Selain itu, *Mobile Edge Computing* (MEC) berperan dalam meningkatkan performa *network slicing*, terutama untuk layanan yang membutuhkan latensi rendah seperti URLLC. Dengan mendekatkan proses komputasi ke sisi pengguna, MEC memungkinkan pemrosesan data dilakukan lebih cepat sehingga meningkatkan kualitas layanan (Shen et al., 2023).

Namun demikian, implementasi arsitektur *network slicing* masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kompleksitas orkestrasi lintas domain, interoperabilitas antar teknologi, serta manajemen jaringan yang kompleks.

Barakabitze et al. (2020) dan Dubey et al. (2024) menunjukkan bahwa integrasi end-to-end masih menjadi tantangan utama dalam pengembangan arsitektur network slicing.

Secara keseluruhan, arsitektur network slicing pada jaringan 5G menunjukkan perkembangan yang signifikan dengan dukungan teknologi SDN, NFV, dan MEC. Integrasi teknologi ini memungkinkan terciptanya jaringan yang fleksibel, terprogram, dan mampu memenuhi kebutuhan layanan yang beragam.

Implementasi Network Slicing pada layanan 5G

Berdasarkan hasil kajian literatur, implementasi network slicing pada jaringan 5G memungkinkan penyediaan layanan yang beragam melalui penyesuaian karakteristik jaringan sesuai dengan kebutuhan masing-masing kategori layanan, yaitu *enhanced Mobile Broadband* (eMBB), *Ultra-Reliable Low-Latency Communications* (URLLC), dan *massive Machine-Type Communications* (mMTC) (Wijethilaka & Liyanage, 2021; Nadeem et al., 2022).

Pada layanan eMBB, network slicing difokuskan pada penyediaan kapasitas bandwidth yang tinggi untuk mendukung aplikasi seperti video streaming beresolusi tinggi, *augmented reality*, dan *virtual reality*. Song et al. (2020) dan Filali et al. (2022) menunjukkan bahwa slice untuk eMBB dirancang dengan prioritas pada throughput yang besar dan stabil, sehingga mampu meningkatkan kualitas pengalaman pengguna (Quality of Experience/QoE).

Sementara itu, pada layanan URLLC, network slicing berperan dalam menyediakan latensi yang sangat rendah dan tingkat keandalan yang tinggi. Layanan ini banyak digunakan pada aplikasi kritis seperti kendaraan otonom, telemedicine, dan industri otomatis. Wu et al. (2022) dan Shen et al. (2023) menunjukkan bahwa pengalokasian sumber daya secara khusus pada slice URLLC mampu menjamin waktu respons yang cepat serta meningkatkan reliabilitas komunikasi.

Pada layanan mMTC, network slicing digunakan untuk mendukung konektivitas perangkat dalam jumlah besar, seperti pada sistem *Internet of Things* (IoT). Karakteristik utama layanan ini adalah kebutuhan efisiensi energi dan kemampuan menangani koneksi masif dengan trafik data yang relatif kecil. Wijethilaka & Liyanage (2021) serta Sanchez-Iborra et al. (2019) menunjukkan bahwa pendekatan ini memungkinkan pengelolaan perangkat IoT secara efisien melalui alokasi sumber daya yang ringan namun skalabel.

Hasil analisis menunjukkan bahwa keunggulan utama network slicing terletak pada kemampuannya dalam mengakomodasi ketiga jenis layanan tersebut secara bersamaan dalam satu infrastruktur jaringan yang sama. Setiap slice dapat dikonfigurasi secara independen sesuai kebutuhan spesifik layanan, sehingga menciptakan fleksibilitas yang tinggi dalam pengelolaan jaringan.

Namun demikian, implementasi *network slicing* pada berbagai layanan ini juga menghadapi tantangan, seperti kompleksitas dalam pengalokasian sumber daya secara simultan, potensi konflik antar slice, serta kebutuhan mekanisme orkestrasi yang lebih canggih. Dubey et al. (2024) dan Hurtado Sánchez et al. (2022) menunjukkan bahwa pengelolaan multi-slice secara bersamaan memerlukan pendekatan optimasi yang lebih adaptif, khususnya dengan memanfaatkan kecerdasan buatan.

Secara keseluruhan, implementasi *network slicing* pada layanan eMBB, URLLC, dan mMTC menunjukkan bahwa teknologi ini mampu menjadi solusi utama dalam mendukung fleksibilitas layanan pada jaringan 5G, meskipun masih terdapat berbagai tantangan yang perlu diatasi dalam implementasi nyata.

Perbandingan Penelitian Terdahulu

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai posisi penelitian ini dibandingkan dengan penelitian terdahulu, dilakukan analisis komparatif terhadap berbagai studi yang relevan terkait network slicing pada jaringan 5G. Perbandingan ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan dalam hal fokus penelitian, metode yang digunakan, temuan utama, serta keterbatasan dari masing-masing studi.

Melalui analisis komparatif ini, dapat diidentifikasi pola umum penelitian serta kesenjangan (*research gap*) yang masih belum banyak dikaji, khususnya terkait integrasi *end-to-end* antara arsitektur, teknologi pendukung, dan implementasi layanan. Dengan demikian, penelitian ini menempatkan diri sebagai kajian yang berupaya memberikan perspektif yang lebih terintegrasi dan komprehensif dibandingkan penelitian sebelumnya. Hasil perbandingan penelitian terdahulu disajikan secara sistematis pada Tabel 1 untuk mempermudah analisis dan interpretasi.

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Fokus Penelitian	Metode	Temuan Utama	Keterbatasan
1	Barakabitze et al. (2020)	Arsitektur & konsep NS	Survey	Klasifikasi arsitektur dan tantangan	Tidak fokus pada implementasi layanan
2	Wijethilaka & Liyanage (2021)	NS untuk IoT	Survey	Mendukung fleksibilitas IoT	Terbatas pada domain IoT
3	Song et al. (2020)	<i>Resource allocation</i>	<i>Dynamic allocation</i>	Efisiensi resource meningkat	Tidak <i>end-to-end</i>
4	Nadeem et al. (2022)	QoS berbasis NS	QoS-based	QoS meningkat	Fokus pada D2D
5	Filali et al. (2022)	<i>RAN slicing</i>	Deep RL	Optimasi eMBB & URLLC	Kompleksitas tinggi
6	Hurtado Sánchez et al. (2022)	<i>Resource management</i>	Survey DRL	DRL efektif	Minim implementasi nyata
7	Sanchez-Iborra et al. (2019)	IoV	Multi-RAT slicing	Mendukung kendaraan	Domain spesifik
8	Cunha et al. (2024)	Keamanan NS	ML + SDN + NFV	Keamanan meningkat	Kompleks
9	Dubey et al. (2024)	AI-based slicing	AI approach	Efisiensi meningkat	Masih konseptual
10	Shen et al. (2023)	Virtualisasi & 6G	Survey	Integrasi AI & slicing	Fokus 6G
11	Penelitian Ini	Analisis peran NS dalam fleksibilitas layanan 5G	Systematic Literature Review (SLR)	Menyajikan analisis terintegrasi dari arsitektur, teknologi pendukung, hingga implementasi pada eMBB, URLLC, dan mMTC	Tidak melakukan validasi eksperimen atau simulasi

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa sebagian besar penelitian terdahulu terkait *network slicing* pada jaringan 5G masih berfokus pada aspek tertentu secara spesifik, seperti arsitektur jaringan, alokasi sumber daya, maupun implementasi pada domain aplikasi tertentu seperti *Internet of Things (IoT)* dan *Internet of Vehicles (IoV)*. Pendekatan yang digunakan juga bervariasi, mulai dari studi survei dan konseptual hingga pendekatan berbasis kecerdasan buatan, seperti *deep reinforcement learning*, untuk optimasi jaringan (Filali et al., 2022; Dubey et al., 2024).

Dari sisi kontribusi, penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa *network slicing* mampu meningkatkan fleksibilitas jaringan melalui mekanisme isolasi layanan, alokasi sumber daya yang dinamis, serta integrasi dengan teknologi pendukung seperti *Software Defined Networking (SDN)*, *Network Function Virtualization (NFV)*, dan kecerdasan buatan. Hal ini menegaskan bahwa *network slicing* merupakan solusi penting dalam mengakomodasi kebutuhan layanan yang heterogen pada jaringan 5G.

Namun demikian, sebagian besar penelitian masih membahas aspek-aspek tersebut secara terpisah, sehingga belum memberikan gambaran yang menyeluruh terkait implementasi *network slicing* secara end-to-end. Keterbatasan lain yang juga ditemukan adalah minimnya integrasi antara desain arsitektur, mekanisme manajemen, serta implementasi pada berbagai kategori layanan 5G.

Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan menyajikan analisis yang lebih komprehensif dan terintegrasi mengenai peran *network slicing* dalam mendukung fleksibilitas layanan pada jaringan 5G. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup analisis terhadap arsitektur, teknologi pendukung, serta implementasi pada layanan eMBB, URLLC, dan mMTC, sehingga diharapkan dapat memberikan perspektif yang lebih holistik dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya.

Analisis Research GAP

Berdasarkan hasil sintesis dan perbandingan penelitian terdahulu, terdapat beberapa kesenjangan penelitian (research gap) yang dapat diidentifikasi dalam kajian *network slicing* pada jaringan 5G.

Pertama, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek tertentu secara terpisah, seperti arsitektur jaringan, alokasi sumber daya, atau implementasi pada domain spesifik seperti *Internet of Things (IoT)* dan *Internet of Vehicles (IoV)*. Pendekatan yang bersifat parsial ini menyebabkan terbatasnya pemahaman yang menyeluruh mengenai

bagaimana network slicing dapat diimplementasikan secara terintegrasi dari sisi perancangan hingga penerapan layanan.

Kedua, meskipun berbagai penelitian telah mengkaji optimasi network slicing menggunakan pendekatan berbasis kecerdasan buatan, seperti machine learning dan deep reinforcement learning, sebagian besar masih berada pada tahap konseptual dan simulasi. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi pada lingkungan nyata (real-world implementation) serta evaluasi performa secara komprehensif masih relatif terbatas.

Ketiga, aspek integrasi end-to-end network slicing yang mencakup domain Radio Access Network (RAN), core network, dan edge computing belum banyak dibahas secara menyeluruh. Padahal, integrasi lintas domain ini merupakan faktor kunci dalam mendukung fleksibilitas layanan yang menjadi tujuan utama jaringan 5G.

Keempat, masih terdapat keterbatasan dalam kajian yang menghubungkan secara langsung antara network slicing dan kebutuhan spesifik layanan 5G, yaitu eMBB, URLLC, dan mMTC, dalam satu kerangka analisis yang terpadu. Sebagian besar penelitian cenderung membahas masing-masing layanan secara terpisah, sehingga belum memberikan gambaran komprehensif mengenai implementasi multi-layanan dalam satu infrastruktur jaringan.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini berkontribusi dengan menyajikan analisis yang lebih komprehensif dan terintegrasi mengenai peran network slicing dalam mendukung fleksibilitas layanan pada jaringan 5G. Penelitian ini menggabungkan berbagai aspek penting, mulai dari arsitektur jaringan, teknologi pendukung seperti SDN, NFV, dan MEC, hingga implementasi pada berbagai kategori layanan 5G, sehingga mampu memberikan perspektif yang lebih holistik dibandingkan penelitian terdahulu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *network slicing* merupakan teknologi kunci dalam jaringan 5G yang mampu meningkatkan fleksibilitas layanan melalui pembagian jaringan menjadi beberapa slice yang dapat dikonfigurasi sesuai kebutuhan. Teknologi ini terbukti mampu mendukung berbagai kategori layanan 5G, yaitu *enhanced Mobile Broadband (eMBB)*, *Ultra-Reliable Low-Latency Communications (URLLC)*, dan *massive Machine-Type Communications (mMTC)*, dengan memanfaatkan integrasi teknologi seperti *Software Defined Networking (SDN)*, *Network Function Virtualization (NFV)*, dan *Mobile Edge Computing (MEC)* untuk pengelolaan sumber daya yang lebih dinamis dan efisien.

Penelitian ini memberikan kontribusi berupa pemahaman yang lebih komprehensif mengenai peran network slicing melalui pendekatan terintegrasi yang mencakup aspek arsitektur, teknologi pendukung, serta implementasi layanan. Dengan demikian, network slicing memiliki potensi besar sebagai solusi dalam memenuhi kebutuhan layanan yang heterogen pada jaringan 5G.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena menggunakan pendekatan studi pustaka tanpa validasi melalui eksperimen atau simulasi. Selain itu, sebagian besar literatur yang dikaji masih membahas aspek tertentu secara terpisah, sehingga integrasi *end-to-end network slicing* belum banyak dieksplorasi secara mendalam.

Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan kajian berbasis eksperimen atau simulasi guna mengevaluasi kinerja network slicing secara lebih konkret. Selain itu, diperlukan penelitian lanjutan terkait integrasi *end-to-end*, pemanfaatan kecerdasan buatan untuk optimasi sumber daya, serta penguatan aspek keamanan dan isolasi antar *slice* guna meningkatkan keandalan jaringan 5G di masa depan.

REFERENSI

- Barakabitze, A., Ahmad, A., Mijumbi, R., & Hines, A. (2020). 5G network slicing using SDN and NFV: A survey of taxonomy, architectures and future challenges. *Computer Networks*, 167, 106984. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2019.106984>
- Cunha, J., Ferreira, P., Castro, E. M., Oliveira, P. C., Nicolau, M. J., Núñez, I., Sousa, X. R., & Serôdio, C. (2024). Enhancing network slicing security: Machine learning, software-defined networking, and network functions virtualization-driven strategies. *Future Internet*, 16(7), 226. <https://doi.org/10.3390/fi16070226>
- Dubey, M., Singh, A. K., & Mishra, R. (2024). AI based resource management for 5G network slicing: History, use cases, and research directions. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, e8150. <https://doi.org/10.1002/cpe.8327>
- Filali, A., Mlika, Z., Cherkaoui, S., & Kobbane, A. (2022). Dynamic SDN-based radio access network slicing with deep reinforcement learning for URLLC and eMBB services. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 9(2), 824–837. 10.48550/arXiv.2202.06435
- Hurtado Sánchez, J. A., Casilimas, K., & Rendón, O. (2022). Deep reinforcement learning for resource management on network slicing: A survey. *Sensors*, 22(7), 2623. <https://doi.org/10.3390/s22083031>
- Nadeem, L., Amin, Y., Loo, J., Azam, M. A., & Chai, K. K. (2022). Quality of service based resource allocation in D2D

- enabled 5G-CNs with network slicing. *Physical Communication*, 51, 101523. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phycom.2022.101703>
- Sanchez Iborra, R., Santa, J., Gallego Madrid, J., Covaci, S., & Gómez Skarmeta, A. F. (2019). Empowering the Internet of Vehicles with multi-RAT 5G network slicing. *Sensors*, 19(14), 3107. <https://doi.org/10.3390/s19143107>
- Shen, X., Gao, J., Wu, W., Li, M., Zhou, C., & Zhuang, W. (2023). Holistic network virtualization and pervasive network intelligence for 6G. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25(1), 566–603. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.00519>
- Song, F., Li, J., Ma, C., Zhang, Y., Shi, L., & Jayakody, D. N. K. (2020). Dynamic virtual resource allocation for 5G and beyond network slicing. *IEEE Open Journal of Vehicular Technology*, 1, 45–66. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9078057>
- Wijethilaka, S., & Liyanage, M. (2021). Survey on network slicing for Internet of Things realization in 5G networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 23(2), 957–994. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9382385>
- Wu, Y.-J., Hwang, W.-J., Shen, C.-Y., & Chen, Y.-Y. (2022). Network slicing for mMTC and URLLC using software-defined networking with P4 switches. *Electronics*, 11(13), 2058 <https://www.mdpi.com/2079-9292/11/14/2111>