

Analisis Performansi NRM-VNE dan VNE-MGA pada *Virtual Network Embedding*

1st Yusuf Azarya Eka Putra

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

yusufazarya@student.telkomuniversity.

ac.id

2nd Arif Indra Irawan

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

arifindrairawan@telkomuniversity.ac.id

3rd Sofia Sa'idah

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

sofiasaidahsfi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Di kehidupan kita sehari-hari, penggunaan internet menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan zaman modern yang akan melibatkan lebih banyak elemen jaringan dan *end-users*, *volume traffic* yang lebih besar dan fitur yang lebih beragam. Untuk memenuhi kebutuhan demand ini maka *Network Virtualization* (NV) muncul sebagai jawaban namun diikuti juga dengan permasalahan *Virtual Network Embedding* (VNE) yang memiliki tujuan utama untuk mencapai efektifitas dan efisiensi dalam sebuah jaringan virtual. Penelitian ini ingin melakukan perbandingan performa antara dua algoritma *Virtual Network Embedding* (VNE) yaitu metode NRM-VNE dan VNE MGA melalui tiga nilai metrik evaluasi yaitu *long-term average revenue*, *acceptance ratio* dan *revenue to cost*. Metode NRM-VNE menggunakan algoritma *Node Ranking Metrics* (NRM) dimana algoritma ini menghitung nilai ranking untuk semua node dan link virtual yg kemudian diurutkan sesuai dengan ranking tertinggi sedangkan metode VNE-MGA menggunakan algoritma modifikasi genetika yang melalui beberapa operasi tertentu untuk mencapai solusi yang optimal. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan didapatkan bahwa metode VNE-MGA memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan metode NRM-VNE di tiga metrik evaluasi namun metode NRM-VNE lebih baik dari aspek *total time cost* yang dibutuhkan untuk menjalankan simulasi. Hal ini terjadi karena metode NRM-VNE melakukan pemusatan kinerja pada node dan link dengan ranking tertinggi di jaringan substrat sehingga mempengaruhi nilai metrik evaluasi yang didapatkan sedangkan metode VNE-MGA melakukan operasi pengecekan untuk menilai apakah pemerataan kinerja telah mencapai nilai optimal di setiap node dan link sehingga ini membuat nilai metrik evaluasi jadi lebih baik dibandingkan metode sebelumnya.

Kata kunci— *Network Virtualization* (NV), *Virtual Network Embedding* (VNE), NRM-VNE, VNE-MGA, Metrik Evaluasi.

I. PENDAHULUAN

Di kehidupan kita sehari-hari, penggunaan internet menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan zaman modern. Hal ini membuat banyaknya demand yang akan melibatkan lebih banyak elemen jaringan dan *end-users*, *volume traffic* yang lebih besar dan fitur yang lebih beragam. Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel telah mengalami lompatan besar dalam beberapa dekade terakhir

dan salah satu inovasi yang paling signifikan adalah munculnya teknologi 5G. Salah satu tantangan utama dalam implementasi jaringan 5G adalah kebutuhan untuk mengelola sumber daya jaringan secara lebih efisien dan fleksibel. Dalam konteks ini, *Network Virtualization* menjadi teknologi kunci yang memungkinkan operator jaringan untuk memisahkan fungsi jaringan dari perangkat keras fisik, sehingga menciptakan jaringan virtual yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik pengguna atau aplikasi [1].

Virtual Network Embedding (VNE) adalah konsep yang muncul dari *Network Virtualization*, yang mengacu pada proses pemetaan jaringan virtual ke jaringan fisik yang mendasarinya. Proses ini melibatkan pengalokasian sumber daya fisik seperti bandwidth, CPU dan memori untuk mendukung fungsi jaringan virtual. *Virtual Network Embedding* (VNE) menerapkan teknologi jaringan virtual pada infrastruktur substrat untuk memberikan layanan yang optimal dan relevan. *Virtual Network Embedding* (VNE) muncul sebagai metode untuk mengalokasikan jaringan substrat sebagai *main resource* yang akan bersinggungan juga dengan alokasi *main resource* di berbagai node dan link [2]. Di berbagai jurnal ada berbagai macam penyelesaian masalah *Virtual Network Embedding* (VNE) seperti menggunakan algoritma genetika yaitu VNE-MGA dan *metode computing, network and storage resource constraints* salah satunya adalah *Node Ranking Metric* (NRM) VNE. NRM-VNE adalah algoritma VNE berbasis *two-stage* yang menggunakan sistem *Node Ranking Metric* pada saat fase pemetaan node dan kemudian mengurutkannya sesuai dengan nilai dari *Node Ranking Metric* yang dihasilkan sedangkan VNE-MGA adalah metode VNE yang menggunakan algoritma genetika untuk memecahkan masalah optimasi yang didasarkan pada seleksi alam dalam sebuah populasi [3]. Penelitian dan jurnal tentang permasalahan *Virtual Network Embedding* (VNE) pada *Network Virtualization* (NV) sudah banyak dilakukan sebelumnya dengan metode yang beragam dan menggunakan

algoritma dan logika yang berbeda. Pada Tugas Akhir ini mengambil dan membandingkan performansi dua metode VNE yang berbeda yaitu NRM-VNE dan VNE-MGA.

II. KAJIAN TEORI

A. Teknologi 5G dan *Ultra-Reliable Low Latency* (URLLC)

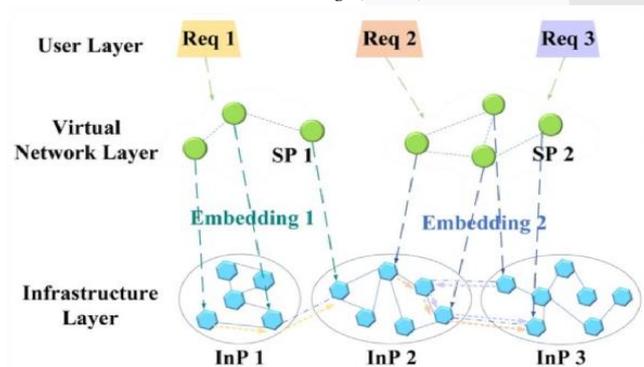
Teknologi seluler generasi kelima (5G) memberikan sesuatu yang baru dan layanan yang revolusioner kepada pengguna khususnya kecepatan transfer data yang lebih tinggi dan interkoneksi berbagai perangkat jaringan yang akan mentransformasi dunia digital. 5G muncul karena *demand* yang semakin meningkat dan berbagai layanan yang beragam seperti *Industrial Internet of Things* (IoT), *Autonomous Vehicles* dan *Remote Healthcare* [4].

Diharapkan 5G mampu untuk mengirim data dengan delay kurang dari 1 milisekon serta kecepatan *download* yang mencapai 20 Gbps, hal ini terlihat sangat menjanjikan dibandingkan dengan teknologi seluler sebelumnya (4G) yang memiliki delay 70 millisekon dan kecepatan *download* 1 Gbps [5].

Ultra-Reliable Low Latency Communications (URLLC) adalah komponen kunci dari arsitektur 5G yang dirancang untuk mendukung layanan yang membutuhkan kehandalan yang sangat tinggi dan latensi yang sangat rendah [6]. Salah satu fitur dan aspek utama dari *Ultra-Reliable Low Latency* (URLLC) dalam arsitektur 5G yaitu *Network Slicing* yang memungkinkan jaringan 5G dibagi menjadi beberapa jaringan virtual, masing-masing dioptimalkan untuk berbagai jenis layanan. *Ultra-Reliable Low Latency* (URLLC) dapat beroperasi pada bagiannya sendiri, memastikan bahwa persyaratan yang ketat terpenuhi tanpa gangguan dari jenis lalu lintas lainnya. Fitur *Network Slicing* akan mengarah kepada *Network Virtualization* (VN) yang bersinggungan dengan masalah *Virtual Network Embedding* (VNE) [7].

Syarat komunikasi *Ultra-Reliable Low Latency* (URLLC) membutuhkan jaringan yang fleksibel dan reliabel sehingga membutuhkan *Virtual Network Embedding* (VNE) untuk memilih dan melakukan pemetaan jaringan yang efektif dan efisien dalam menggunakan resource yang ada.

B. *Virtual Network Embedding* (VNE)



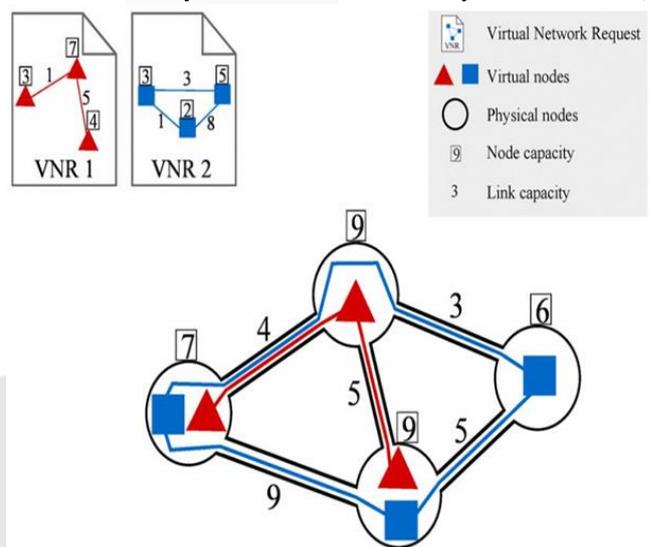
GAMBAR 2.1

ILUSTRASI EMBEDDING DARI NODE FISIK KE BEBERAPA NODE VIRTUAL

Permasalahan *Virtual Network Embedding* (VNE) bermula dari pertanyaan bagaimana penerapan mekanisme virtualisasi terhadap sumber daya jaringan dimana sumber daya virtual harus direalisasikan oleh sumber daya substrat. Penting untuk diketahui bahwa sumber daya substrat sendiri

dapat bersifat virtual, hal ini biasanya disebut *nested virtualization* [8]. Dalam hal ini, hanya lapisan paling bawah yang harus terdiri dari sumber daya fisik yang dapat dilihat pada gambar 2.1.

Abstraksi dari perangkat keras yang disediakan oleh solusi virtualisasi memungkinkan sumber daya substrat untuk melakukan hosting pada sumber daya virtual dengan jenis yang sama. Biasanya sumber daya substrat dipartisi/dibagi untuk menampung beberapa sumber daya virtual misalnya, node virtual dapat dihosting oleh node substrat yang tersedia sedangkan satu node substrat dapat menampung beberapa node virtual. Dengan demikian pemetaan node virtual ke node substrat didefinisikan sebagai hubungan $n : 1$ (partisi sumber daya substrat yang ketat). Dalam beberapa kasus, sumber daya substrat juga dapat digabungkan untuk membuat sumber daya virtual yang baru yang menyebabkan terbentuknya link virtual baru yang dapat menjangkau beberapa link dalam jaringan substrat. Dalam hal ini link virtual antara dua node virtual v dan w dipetakan ke link yang ada di dalam jaringan substrat yang menghubungkan host substrat v dan w yang menyebabkan setiap link substrat kemudian dapat menjadi bagian dari beberapa link virtual, dengan demikian pemetaan link virtual ke link substrat didefinisikan sebagai hubungan $n : m$ (partisi dan kombinasi sumber daya substrat).



GAMBAR 2.2

PROSES MAPPING DUA JARINGAN VIRTUAL KE SATU JARINGAN SUBSTRAT

Pada Gambar 2.2 menggambarkan sebuah skenario dimana dua jaringan virtual dengan tiga node masing-masing dihosting pada satu jaringan substrat dengan empat node. Dari skenario diatas dapat dilihat juga bahwa node substrat dapat melakukan hosting ke beberapa node virtual (hingga dua dalam skenario) begitu juga dengan link substrat yang dapat melakukan hosting lebih dari satu link virtual selain itu, salah satu link virtual mencakup dua link substrat, sehingga mewakili sumber daya virtual yang digabungkan dari beberapa sumber daya substrat. Biasanya ada beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan selama pemetaan yang paling utama adalah kandidat sumber daya substrat yang

dipilih harus dapat mendukung kinerja dari sumber daya virtual misalnya, link virtual 1000 Mbit/s tidak bisa dipetakan ke link substrat 100 Mbit/s. Demikian juga, daya CPU yang diminta oleh node virtual harus kurang dari (atau sama dengan) daya CPU yang disediakan oleh node substrat. Jika redundansi diperlukan diperlukan maka lebih banyak sumber daya substrat yang harus dicadangkan namun intinya sumber daya substrat harus digunakan secara ekonomis, oleh karena itu pemetaan harus dilakukan [9].

Masalah pemetaan sumber daya virtual ke sumber daya substrat untuk mendapatkan hasil yang optimal ini yang dikenal secara umum sebagai *Virtual Network Embedding*. Masalah ini biasanya dimodelkan dengan menganotasi *Virtual Network Request* (VNR) dengan permintaan beberapa node dan link demikian juga, jaringan substrat dianotasi dengan sumber daya node dan link (seperti yang digambarkan pada Gambar 2.2). Dalam kondisi optimal permintaan dan sumber daya harus dicocokkan untuk menyelesaikan masalah *Virtual Network Embedding* (VNE) sehingga sumber daya virtual pertama kali dipetakan ke kandidat sumber daya substrat setelah semua sumber daya virtual dapat dipetakan, seluruh jaringan disematkan dan sumber daya substrat dihabiskan maka masalah *Virtual Network Embedding* (VNE) telah mencapai kondisi optimal [10].

C. Algoritma Node Ranking Metric

Node Ranking Metric-Virtual Network Embedding (NRM-VNE) adalah salah satu dari algoritma two-stage yang dibagi menjadi 2 fase pemetaan yaitu pemetaan node dan pemetaan link. Proses pemetaan node dicapai dengan memilih node substrat yang memiliki sumber daya CPU dan kapasitas penyimpanan yang cukup sedangkan proses pemetaan link dilakukan dengan memilih sumber daya bandwidth yang cukup, setelah melalui dua fase pemetaan ini akan menghasilkan nilai *Node Ranking Metric*. *Node Ranking Metric* dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$NRM(n) = \{CPU(n) + ST(n)\} \times \sum_{e \in nbr(n)} BW(e) \quad (1)$$

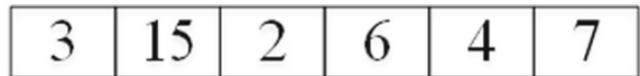
Metode NRM-VNE ini memilih node substrat dengan sumber daya substrat yang paling memadai untuk melakukan pemetaan node dan menggunakan shortest path algorithm untuk melakukan pemetaan link. Pada fase pertama pemetaan node, hitung *Node Ranking Metric* untuk setiap node substrat dan node virtual kemudian urutkan node substrat dan node virtual dengan nilai *Node Ranking Metric* tertinggi.

D. Modified Genetic Algorithm (MGA)

Algoritma genetika sendiri adalah sebuah metode pencarian heuristik yang digunakan untuk menemukan solusi yang dioptimalkan berdasarkan teori seleksi alam dan biologi evolusi. Algoritma ini diadopsi untuk menyelesaikan permasalahan *Virtual Network Embedding* (VNE) karena dinilai mampu untuk mencari solusi yang optimal dari set data yang besar dan kompleks dan mampu melakukan optimisasi yang dibatasi atau tidak dibatasi [12]. Penyelesaian *Virtual Network Embedding* (VNE) melalui

algoritma genetika ini memiliki beberapa tahap proses untuk mencapai optimasi yaitu sebagai berikut.

- *Chromosome encoding* dan Inisialisasi populasi

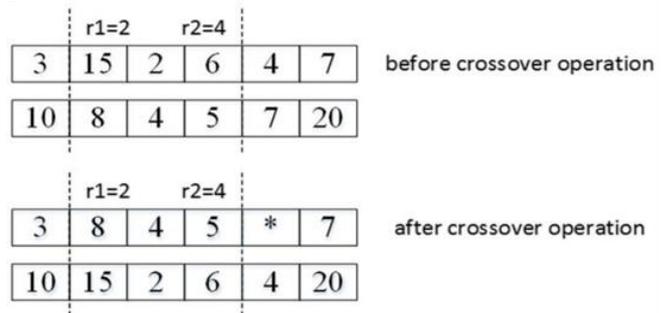


GAMBAR 2.3
CONTOH CHROMOSOME ENCODING

Dimensi kromosom ditentukan atau diatur berdasarkan jumlah node virtual di setiap *virtual network request*, setiap dimensi vektor menentukan target pemetaan untuk setiap node virtual. Setelah *encoding* kromosom selesai maka selanjutnya adalah memulai proses inisialisasi populasi, masalah pertama dalam inisialisasi ini adalah jumlah populasi awal.

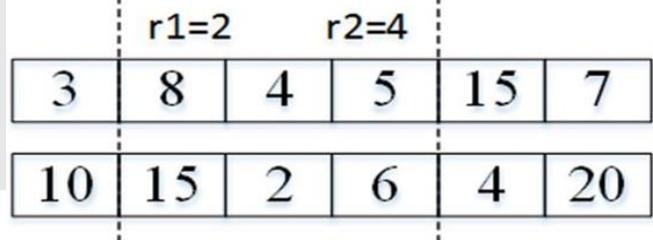
- *Crossover operation* dan *Mutation operation*

Pada tahap ini setelah inisialisasi populasi pada kromosom dilanjutkan dengan operasi *crossover* dimana tahap ini menggunakan pemetaan parsial untuk mengklasifikasikan solusi induk menjadi beberapa pasangan grup. Setelah menyelesaikan operasi *crossover* ada kemungkinan beberapa pasangan grup memiliki nomor serial yang identik sehingga menimbulkan konflik, angka konflik ini dilambangkan dengan tanda bintang (*) yang ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.4.



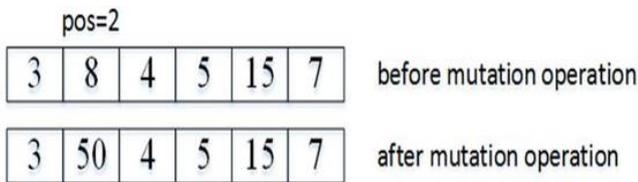
GAMBAR 2.4
ILUSTRASI CROSSOVER OPERATION

Langkah selanjutnya adalah untuk mengeliminasi nomor serial yang konflik dengan menggunakan metode pemetaan parsial, proses penyelesaian *serial number* yang konflik ini dapat dilihat ilustrasinya pada gambar 2.5 dibawah ini.



GAMBAR 2.5
ILUSTRASI ELIMINASI KONFLIK SERIAL NUMBER

Pada saat proses operasi mutasi selesai dilakukan maka akan menghasilkan pemetaan node substrat baru yang dapat menjamin kapasitas CPU untuk memenuhi kebutuhan kapasitas CPU dari node virtual. Operasi mutasi ini bertujuan untuk mengurangi bandwidth yang tidak perlu dan mengurangi pemborosan sumber daya dalam proses pemetaan selanjutnya, ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut.



GAMBAR 2.6
ILUSTRASI MUTATION OPERATION

- *Feasibility checking* dan *Selecting operation*
Feasibility checking mempunyai tugas utama untuk melakukan cek berkala terhadap dua aspek yaitu pertama untuk melakukan cek apakah kapasitas CPU di node substrat mampu memenuhi permintaan kapasitas CPU di node virtual, kedua untuk melakukan kalkulasi apakah jalur substrat terpendek sudah menjamin sumber daya bandwidth yang diperlukan dari link virtual pada situasi bahwa node substrat yang dipetakan node virtual telah ditentukan.
- *Fitness function*
Fitness function inilah yang menjadi hasil final dari *Virtual Network Embedding* (VNE) berdasarkan *modified genetic algorithm* yang disebut VNE-MGA yang didapatkan dengan persamaan (2) sebagai berikut.

$$f(X) = \sum_{l_v \in L_v} BW(l_v) \times hops(l_v) \quad (2)$$

E. Metriks Evaluasi

Untuk menilai dan membandingkan performa dari metode NRM-VNE dan VNE-MGA ada 3 metriks evaluasi yang akan dinilai disetiap metode VNE, yaitu *long-term average revenue* (R), *acceptance ratio* (acceptance) dan *revenue to cost ratio* (R/C) [14].

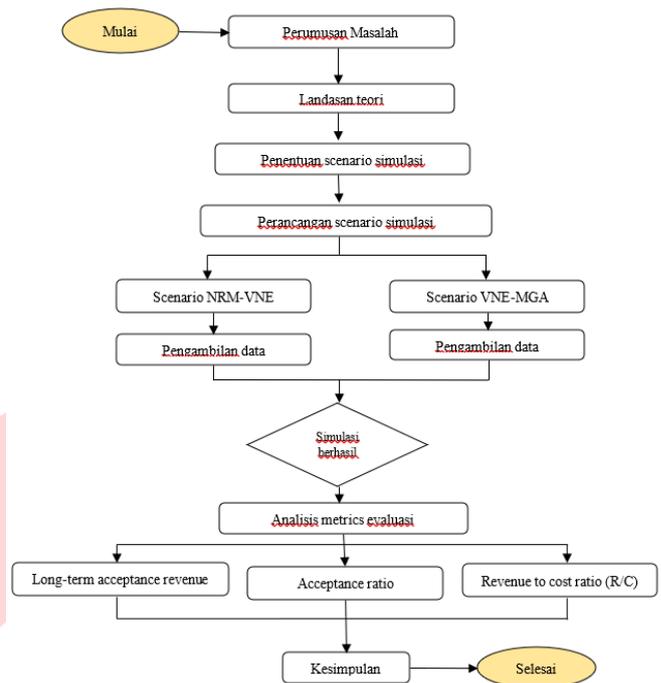
- *The Long-term average revenue* (R)
Algoritma *Virtual Network Embedding* (VNE) yang efektif dan efisien harus mampu memaksimalkan revenue dan mampu meningkatkan pemanfaatan sumber daya jaringan substrat dalam jangka panjang.
- *The Acceptance ratio*
Acceptance ratio dari permintaan virtual jaringan dapat mencerminkan kemampuan melakukan host untuk permintaan virtual jaringan yang tiba secara dinamis. Semakin besar nilai dari *acceptance ratio* berarti algoritma ini dapat menjamin kualitas pengalaman yang baik. *Acceptance ratio* adalah kondisi dimana jumlah VNR yang berhasil diterima atas jumlah total VNR yang diminta.
- *The Revenue to cost ratio*
Revenue to cost ratio mencerminkan kemampuan untuk memanfaatkan sumber daya jaringan substrat secara efisien. Nilai R/C yang lebih besar berarti pemanfaatan sumber daya jaringan substrat yang lebih tinggi berarti kinerja algoritma yang lebih baik. Dimana R/C mewakili rasio pendapatan terhadap biaya dan revenue yang berasal dari menerima VNR terhadap biaya yang dikonsumsi dengan mengakomodasi VN yang diminta.

III. METODE

A. Desain Sistem

Pada bab ini membahas mengenai gambaran umum penelitian seperti spesifikasi perangkat pendukung penelitian, alur penelitian, scenario penelitian, dan diagram

alir sistem. Skema atau langkah penelitian yang akan dilaksanakan dapat dilihat pada diagram alir yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



GAMBAR 3.1
DIAGRAM ALIR PENELITIAN

B. Perangkat Keras (*Hardware*)

Hardware yang digunakan adalah sebuah laptop dengan spesifikasi seperti yang diuraikan pada tabel 3.1 sebagai berikut.

TABEL 3.1
SPESIFIKASI PERANGKAT KERAS (*HARDWARE*)

No.	Jenis	Keterangan
1.	Processor	AMD RYZEN 5
2.	RAM	3 GB
3.	Harddisk	50 GB

C. Perangkat Lunak (*Software*)

Software yang dimaksud adalah aplikasi atau simulator yang digunakan untuk melakukan simulasi jaringan sesuai dengan penelitian ini. *Software* tersebut diuraikan secara spesifik pada tabel berikut.

TABEL 3.2
SPESIFIKASI PERANGKAT LUNAK (*SOFTWARE*)

No.	Jenis	Keterangan
1.	Sistem Operasi	Linux Ubuntu 18.04
2.	Simulator Jaringan	Bahasa pemrograman Python, PyCharm
3.	Library yang digunakan	networkx, pytorch, gym, numpy, matplotlib dan ortools

D. Skenario Simulasi

Pada penelitian ini, simulasi akan dilakukan dengan scenario mengubah jumlah node yang digunakan dan mengubah algoritma *Virtual Network Embedding* (VNE) yang akan dipakai dalam simulasi. Jumlah node yang digunakan adalah dimulai dari 100, 200, 300, 400 dan 500

node sedangkan algoritma yang dipakai adalah metode NRM-VNE dan VNE-MGA. Pada tiap simulasi akan dinilai performansi dari metode NRM-VNE dan VNE-MGA terhadap jumlah node yang digunakan dengan menggunakan tiga metrics evaluasi yaitu *long-term average revenue* (R), *acceptance ratio* dan *revenue to cost ratio* (R/C). Pengambilan data dimulai dengan menggunakan modul dan script yang sesuai kemudian dilakukan modifikasi *script* agar sesuai dengan parameter umum dan skenario yang telah direncanakan. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *script* python. Hasil dari pengolahan data kemudian dianalisis dan diberikan kesimpulan.

- Skenario *Long-term Average Revenue* (R)

Skenario ini ditujukan untuk mengetahui nilai dan performansi metode NRM VNE dan VNE-MGA melalui metrics evaluasi *long-term average revenue* terhadap jumlah node yang berbeda. Penjabaran lengkap dari skenario ini diberikan oleh Tabel 3.3 berikut.

TABEL 3.3
SKENARIO SIMULASI *LONG-TERM AVERAGE REVENUE*

No.	Skenario	Jumlah Node
1.	NRM-VNE terhadap <i>Long-term Average Revenue</i> (R)	100, 200, 300, 400 dan 500 node
2.	VNE-MGA terhadap <i>Long-term Average Revenue</i> (R)	100, 200, 300, 400 dan 500 node

- Skenario *Acceptance ratio*

Skenario ini ditujukan untuk mengetahui nilai dan performansi metode NRM-VNE dan VNE-MGA melalui metrics evaluasi *acceptance ratio* terhadap jumlah node yang berbeda. Penjabaran lengkap dari skenario ini diberikan oleh Tabel 3.4 berikut.

TABEL 3.4
SKENARIO SIMULASI *ACCEPTANCE RATIO*

No.	Skenario	Jumlah Node
1.	NRM-VNE terhadap <i>Acceptance ratio</i>	100, 200, 300, 400 dan 500 node
2.	VNE-MGA terhadap <i>Acceptance ratio</i>	100, 200, 300, 400 dan 500 node

- Skenario *Revenue to cost ratio* (R/C)

Skenario ini ditujukan untuk mengetahui nilai dan performansi metode NRM-VNE dan VNE-MGA melalui metrics evaluasi *revenue to cost ratio* terhadap jumlah node yang berbeda. Penjabaran lengkap dari skenario ini diberikan oleh Tabel 3.5 berikut.

TABEL 3.5
SKENARIO SIMULASI *REVENUE TO COST RATIO* (R/C)

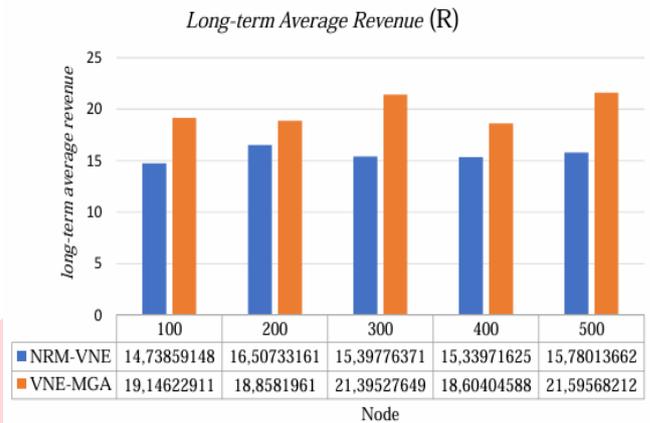
No.	Skenario	Jumlah Node
1.	NRM-VNE terhadap <i>Revenue to cost ratio</i>	100, 200, 300, 400 dan 500 node
2.	VNE-MGA terhadap <i>Revenue to cost ratio</i>	100, 200, 300, 400 dan 500 node

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian bertujuan mendapatkan hasil nilai untuk membandingkan performansi dari dua algoritma *Virtual Network Embedding* (VNE) yaitu berbeda yaitu metode NRM-VNE dan VNE-MGA yang dianalisis menggunakan metrics evaluasi *long-term average revenue* (R), *acceptance ratio* dan *revenue to cost ratio* (R/C).

A. Analisis Skenario *Long-term Average Revenue* (R)

Pada scenario ini, dilakukan simulasi dengan dua metode *Virtual Network Embedding* (VNE) yaitu NRM-VNE dan VNE-MGA di sebuah jaringan dengan 100, 200, 300, 400 dan 500 node yang dilakukan secara bergantian di setiap algoritma.



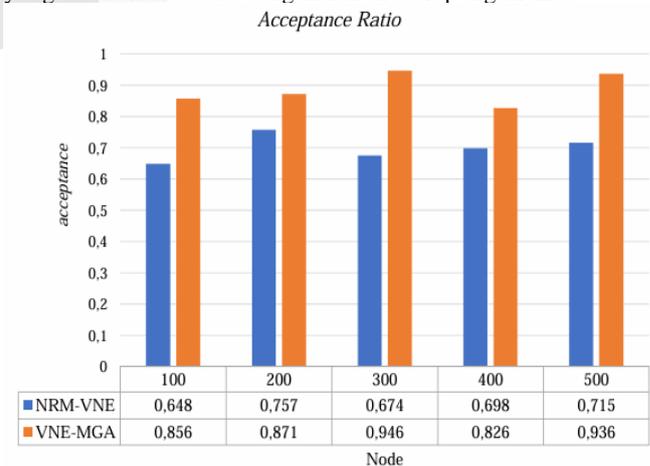
GAMBAR 4.1
SKENARIO *LONG-TERM AVERAGE REVENUE* (R) PADA METODE NRM VNE DAN VNE-MGA

Pada Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa grafik dari metrics evaluasi *long-term average revenue* di metode NRM-VNE cenderung stabil meskipun ada sedikit penurunan di 100 node dan sedikit kenaikan di 200 node namun secara nilai keseluruhan dari grafik tersebut hasil dari metode NRM-VNE cukup stabil namun dari grafik tersebut juga bisa dilihat bahwa nilai metode NRM-VNE tidak mampu mengungguli nilai yang didapat dari metode VNE-MGA di setiap jumlah node yang telah diuji.

Hal ini terjadi karena meskipun simulasi yang dilakukan pada metode NRM VNE jauh lebih cepat namun proses simulasinya sangat membebani kapasitas node/CPU yang berdampak pada performansi jangka panjang sedangkan pada metode VNE-MGA proses simulasinya jauh lebih lambat namun teruji untuk performansi jangka panjang, hal ini juga didukung karena algoritma genetika yang ada di metode VNE-MGA menghasilkan populasi yang unggul.

B. Analisis Skenario *Acceptance ratio*

Sama seperti pengujian sebelumnya, pada scenario ini dilakukan simulasi dengan dua metode *Virtual Network Embedding* (VNE) yaitu NRM-VNE dan VNE-MGA di sebuah jaringan dengan 100, 200, 300, 400 dan 500 node yang dilakukan secara bergantian di setiap algoritma.



GAMBAR 4.2

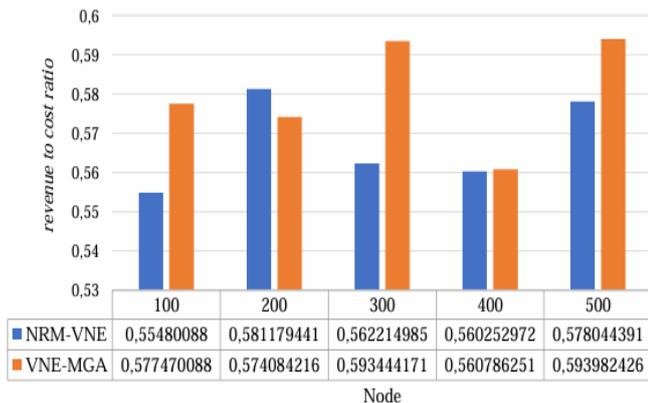
SKENARIO ACCEPTANCE RATIO PADA METODE NRM-VNE DAN VNE-MGA

Pada Gambar 4.2, dapat dilihat bahwa pada hasil *acceptance ratio* dari metode VNE-MGA kembali mengungguli semua hasil simulasi dari NRM-VNE di setiap jumlah node pada jaringan simulasi. Di setiap jumlah node performa VNE-MGA terus meningkat kecuali di node 400 dimana performanya mengalami penurunan namun di node 500 performanya kembali meningkat. Hal ini terjadi karena adanya proses *improved mutation operation* di metode VNE-MGA yang mampu mengurangi konsumsi sumber daya bandwidth sehingga mampu meningkatkan hasil simulasi yang berkualitas sedangkan pada metode NRM-VNE performansinya tidak sebaik performansi metode VNE-MGA, ini terjadi karena adanya pembebanan kinerja dari node substrat yang menyebabkan menipisnya sumber daya substrat sehingga nilai *acceptance ratio* cenderung stagnan bahkan menurun.

C. Analisis Skenario Revenue to cost ratio (R/C)

Seperti dua pengujian sebelumnya, pada scenario ini dilakukan simulasi dengan dua metode *Virtual Network Embedding* (VNE) yaitu NRM-VNE dan VNE-MGA di sebuah jaringan dengan 100, 200, 300, 400 dan 500 node yang dilakukan secara bergantian di setiap algoritma.

Revenue to Cost Ratio (R/C)



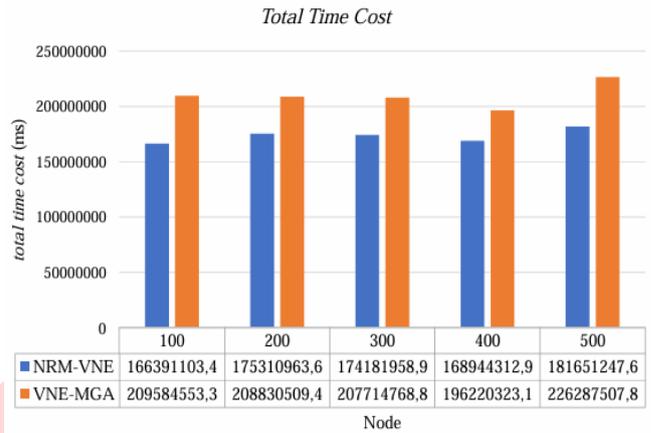
GAMBAR 4.3

SKENARIO REVENUE TO COST RATIO (R/C) PADA METODE NRM-VNE DAN VNE-MGA

Di Gambar 4.3 kita dapat melihat ada perbedaan hasil dibandingkan grafik grafik sebelumnya, dimana ada beberapa hasil performansi metode NRM-VNE mampu unggul dibandingkan dengan metode VNE-MGA yaitu di simulasi jaringan dengan 200 node namun selain itu di simulasi jaringan dengan 100, 300 dan 500 node performansi metode VNE-MGA jauh lebih unggul dibandingkan dengan metode NRM-VNE. Hal ini terjadi karena metode NRM-VNE menggunakan algoritma *Node Ranking Metric* dimana metode ini memang cukup efektif untuk mendapatkan nilai *revenue to cost ratio* (R/C) di performansi jangka pendek karena memiliki total cost time yang jauh lebih singkat namun ini juga menyebabkan *downgrade* performansi yang signifikan di simulasi jaringan selanjutnya, terlihat grafik dari metode NRM-VNE di simulasi jaringan 200 node turun drastis di simulasi jaringan 300 node.

Metode NRM-VNE memang cukup bagus untuk mendapatkan nilai R/C yang berkualitas di performansi jaringan jangka pendek namun metode ini sangat

menghabiskan sumber daya substrat itu sendiri sehingga ini menurunkan nilai efektifitas dan efisiensi sebuah jaringan substrat, hal ini dapat kita lihat pada gambar 4.4 sebagai berikut.



GAMBAR 4.4

HUBUNGAN METRIKS EVALUASI DENGAN TOTAL TIME COST

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang didapat serta analisis yang dilakukan pada tugas akhir ini mengenai analisis performansi NRM-VNE dan VNE-MGA, dapat diambil kesimpulan bahwa secara keseluruhan metode VNE-MGA memiliki performansi, efektifitas dan efisiensi yang lebih baik dari NRM-VNE, hal ini mampu dibuktikan sesuai hasil dari tiga metrik evaluasi yang telah diuji. Metode NRM-VNE memiliki performansi yang lebih rendah daripada VNE MGA di hampir semua metrik evaluasi namun memiliki kelebihan *total time cost* yang jauh lebih unggul daripada metode VNE-MGA, kelebihan ini sangat membantu untuk membuat jaringan substrat dengan performansi jangka pendek dengan waktu yang singkat. Metode VNE-MGA mampu unggul disemua aspek metrik evaluasi dikarenakan menganut sistem *modified genetic algorithm* dimana algoritma ini sangat cocok untuk mengolah data (dalam hal ini adalah *Virtual Network Request* (VNR)) dalam jumlah besar dan dalam jangka waktu yang lama. Banyaknya jumlah node mempengaruhi nilai metrik evaluasi *Long-term Average Revenue* (R), *Acceptance ratio*, *Revenue to cost ratio* (R/C) baik itu yang menggunakan metode NRM-VNE atau VNE-MGA untuk mencapai performa yang stabil dan konsisten.

REFERENSI

- [1] R. Mulyawan, "Network Virtualization," 4 September 2019. [Online]. Available: <https://rifqimulyawan.com/literasi/network-virtualization/>. [Accessed Agustus 2024]. 23
- [2] H. Wu, F. Zhou, Y. Chen and R. Zhang, "On Virtual Network Embedding: Paths and Cycles," in *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 17, no. 3, pp. 1487-1500, Sept. 2020, doi: 10.1109/TNSM.2020.3002849.
- [3] R. Mulyawan, "Genetic Algorithm," Agustus 2024. [Online]. Available: <https://rifqimulyawan.com/literasi/genetic-algorithm/>. [Accessed 27 Agustus 2024].

- [4] S. Akhila and Hemavathi, "5G Ultra-Reliable Low-Latency Communication: Use Cases, Concepts and Challenges," 2023 10th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), New Delhi, India, 2023, pp. 53-58.
- [5] P. Marsch et al., "5G Radio Access Network Architecture: Design Guidelines and Key Considerations," in IEEE Communications Magazine, vol. 54, no. 11, pp. 24-32, November 2016, doi: 10.1109/MCOM.2016.1600147CM.
- [6] Antenova Ltd, "URLLC: What it is and how it works," 30 Januari 2024. [Online]. Available: <https://blog.antenova.com/urllc-what-it-is-and-how-it-works>. [Accessed 20 Agustus 2024].
- [7] P. Popovski, K. F. Trillingsgaard, O. Simeone and G. Durisi, "5G Wireless Network Slicing for eMBB, URLLC, and mMTC: A Communication-Theoretic View," in IEEE Access, vol. 6, pp. 55765-55779, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2872781.
- [8] S. Wu, N. Chen, A. Xiao, P. Zhang, C. Jiang and W. Zhang, "AI-Empowered Virtual Network Embedding: A Comprehensive Survey," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, doi: 10.1109/COMST.2024.3424533.
- [9] A. Fischer, J. F. Botero, M. T. Beck, H. de Meer and X. Hesselbach, "Virtual Network Embedding: A Survey," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 15, no. 4, pp. 1888-1906, Fourth Quarter 2013, doi: 10.1109/SURV.2013.013013.00155.
- [10] Cheng, Xiang & Su, Sen & Zhang, Zhongbao & Shuang, Kai & Yang, Fangchun & Luo, Yan & Wang, Jie. (2012). Virtual Network Embedding through topology awareness and optimization. Computer Networks. 56. 1797–1813. 10.1016/j.comnet.2012.01.022.
- [11] P. Zhang, H. Yao and Y. Liu, "Virtual Network Embedding Based on Computing, Network, and Storage Resource Constraints," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 5, pp. 3298-3304, Oct. 2018, doi: 10.1109/JIOT.2017.2726120.
- [12] "What Is *the* Genetic Algorithm?" Mathworks, 2024. [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/gads/what-is-the-genetic-algorithm.html>. [Accessed 17 Agustus 2024].
- [13] Zhang, Peiying & Yao, Haipeng & Li, Maozhen & Liu, Yunjie. (2019). Virtual Network Embedding based on modified genetic algorithm. Peer-to-Peer Networking and Applications. 12. 10.1007/s12083-017-0609-x.
- [14] C. Zhao, S. Zhou, J. Yang and Y. Li, "A Strategy for Performance Evaluation on Virtual Network Embedding Algorithms," 2019 IEEE 19th International Conference on Communication Technology (ICCT), Xi'an, China, 2019, pp. 1327-1331, doi: 10.1109/ICCT46805.2019.8947125.