Analisis Performansi Design Jaringan Mobile Virtual Network Operator (MVNO) (Studi Kasus Operator X)

Meyti Eka Apriyani.[1], Rendy Munadi.[2], Rina Pudji Astuti.[2]
Teknik Telekomunikasi, Pascasarjana Institut Teknologi Telkom
meyti24@gmail.com rnd@ittelkom.ac.id, rpa@ittelkom.ac.id

Abstract

Based on existing condition of the operators suggests that the capacity from the network of several operators have not been utilized optimally. The number of available capacity and allows the presence of unused new operators to provide a mobile communication service without the need to have their own radio spectrum nor infrastructure. Therefore, the proposed MVNO as technical and business models in increased revenue share for existing operators in the telecommunications business in the future.

To optimize existing condition of the operator network capacity exists, so in this paper proposed a network architecture for operators existing the sharing network with a new operator, which can improve network QoS for both existing operators and new operators network. Therefore, the proposed network configuration is sharing the network is not only in the core network but also on the sub-core network routing algorithm which uses a combination of algorithms in the sub-core EIGRP and OSPF network in the core network.

From the test results to a proposed new network configuration obtained improved QoS. Using OSPF algorithms to be increase throughput, decrease delay and packet loss is 8%, 13% and 9%, from the benchmark. To use the EIGRP algorithm increase throughput, decrease delay and packet loss is 13%, 16%, and 40% from the benchmark. As for the combination algorithm OSPF_EIGRP an increase in throughput, delay and packet loss decreased is 26%, 5% and 8% from the benchmark. For combination algorithm EIGRP_OSPF increase throughput, decrease delay and packet loss is 21%, 19% and 22% from the benchmark. From the test results the authors proposed the use of combination OSPF_EIGRP algorithms for sharing network at the core network and subcore network.

Kata kunci: benchmarks, core network, EIGRP, OSPF, MVNO

Abstrak

Berdasarkan kondisi existing dari operator yang ada menunjukkan bahwa kapasitas jaringan dari beberapa operator tersebut belum digunakan secara optimal. Masih banyaknya kapasitas yang tersedia dan belum terpakai memungkinkan hadirnya operator baru untuk menyelenggarakan suatu layanan komunikasi bergerak tanpa perlu memiliki *spektrum* radio maupun infrastruktur sendiri. Oleh karena itu, diusulkan MVNO sebagai model teknis maupun bisnis dalam peningkatan *revenue share* bagi operator existing di bisnis telekomunikasi di masa depan.

Untuk mengoptimalkan kondisi eksisting kapasitas jaringan dari operator yang ada, maka pada thesis ini diusulkan arsitektur jaringan bagi operator existing dalam *sharing* jaringan dengan operator baru, yang dapat meningkatkan QoS baik bagi jaringan operator existing maupun jaringan operator baru. Oleh karena itu, diusulkan konfigurasi jaringan dengan cara melakukan *sharing* jaringan tidak hanya di sisi *core network* namun juga di sisi *sub-core network* dimana menggunakan algoritma *routing* kombinasi dari algoritma EIGRP pada *sub-core network* dan OSPF pada *core network.*

Dari hasil pengujian terhadap usulan konfigurasi jaringan yang baru didapat peningkatan QoS. Untuk penggunaan algoritma OSPF terjadi peningkatan *throughput*, penurunan *delay* dan paket loss masing-masing sebesar 8%, 13% dan 9%, dari kondisi *benchmark.* Untuk penggunaan algoritma EIGRP terjadi peningkatan *throughput*, penurunan *delay* dan paket loss masing-masing sebesar 13%, 16%, dan 40% dari kondisi *benchmark.* Sedangkan untuk kombinasi algoritma OSPF_EIGRP terjadi peningkatan *throughput*, penurunan *delay* dan paket loss masing-masing sebesar 26%, 5% dan 8% dari kondisi *benchmark.* Untuk algoritma kombinasi EIGRP_OSPF terjadi peningkatan *throughput*, penurunan *delay* dan paket loss masing-masing sebesar 21%, 19% dan 22% dari kondisi *benchmark.* Dari hasil pengujian penulis mengusulkan penggunaan kombinasi algoritma OSPF_EIGRP untuk *sharing* jaringan pada sisi *core network* dan *subcore network.*

Kata kunci : *benchmark, core network,* EIGRP, OSPF, MVNO

1. Pendahuluan

Pengenalan terhadap *Mobile Virtual Network Operator* (MVNO) dipandang sebagai kemajuan kearah prinsip pasar bebas yang lebih berkembang dan memberikan konstribusi terhadap penggunaan secara efisien infrastruktur telekomunikasi yang ada.

MVNO merupakan tipe model jaringan *sharing* yang muncul karena adanya keterbatasan *resource* pada operator yang baru sehingga MVNO dapat mengoptimaslkan kapasitas jaringan milik MNO dan menumbuhkan iklim bisnis yang beragam dalam bidang telekomunikasi. Prinsip dasar jaringan MVNO adalah memberikan layanan kepada pelanggan dengan menyewa kapasitas jaringan dari Seiring dengan perkembangan dan kebutuhan akan layanan data bergerak dan laju data yang tinggi di wilayah Jakarta, diperlukan suatu jaringan WCDMA yang mampu melayani kebutuhan layanan.

1.1 Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah dalam tesis ini antara lain:

1. Bagaimana mengoptimalkan teknologi UMTS yang ada agar dapat diimplementasikan sebagai jaringan akses MVNO.
2. Bagaimana memberikan usulan perancangan performansi jaringan dan kelayakan ekonomi implementasi MVNO sebagai model bisnis.
3. Bagaimana performansi konsep infrastruktur jaringan dari skenario hasil simulasi, jika performansi masih didalam batas *standard* ITU-T, maka tidak perlu di lakukan optimasi, jika tidak, maka perlu merancang skema optimasi tersebut.

1.2 Tujuan

Tesis ini disusun dengan tujuan sebagai berikut :

1. Menganalisis dan mengusulkan konfigurasi yang optimal untuk implementasi MVNO.
2. Menganalisis kelayakan ekonomi dan jaringan untuk implementasi MVNO sebagai model bisnis telekomunikasi indonesia.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam tesis ini adalah:

1. Jaringan yang digunakan dalam analisis adalah jaringan *core* operator UMTS Telkomsel Jakarta.
2. Tidak membahas aspek tekno ekonomi tentang sensitivitas ekonomi pengelaran model bisnis MVNO.
3. Trafik aplikasi yang diimplementasikan adalah HTTP Server.
4. Pengukuran performansi untuk beberapa skenario dilakukan dengan menggunakan simulasi dengan tools OPNET *Modeler* 14.0.
5. Parameter pengukuran performansi yang disimulasikan adalah *delay*, *losspacket* dan *throughput*.

2. Dasar Teori

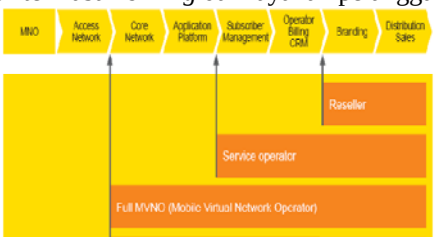
2.1 Definisi MVNO

Umumnya, MVNO adalah perusahaan yang tidak memiliki band komunikasi berlisensi, tapi menjual layanan nirkabel di bawah nama merek mereka sendiri, dengan menggunakan jaringan lain yaitu Jaringan *Mobile Operator* (MNO).

2.2 Kategori MVNO

Ada berbagai model MVNO, dari *Reseller* yang sederhana untuk E*nhanced Service Provider* (ESP) dan bahkan untuk MVNO penuh. Model bisnis yang tepat dan pemasaran merek, dan sebagai faktor kunci keberhasilan.

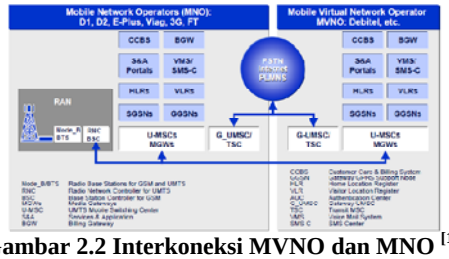
Secara umum, ada tiga kategori MVNOs, yaitu *reseller*, *Service Subscriber*, *Enhanced Service Provider* dan *Full* MVNO. Setiap kategori memiliki campuran yang berbeda infrastruktur jaringan dan tugas operasional di daerah masing-masing seperti *branding*, kepemilikan SIM, jaringan infrastruktur termasuk *billing* dan layanan pelanggan.



Gambar 2.1 Kategori MVNO

2.3 Interkoneksi MNO dengan MVNO

Jaringan yang sering digunakan untuk interkoneksi MNO dengan MVNO adalah jarigan UMTS. Secara teknik dalam jaringan UMTS terjadi pemisahan antara *circuit switch* (cs) dan *packet switch* (ps) pada link yang menghubungkan *mobile equipment* (*handphone*) dengan BTS. Kecepatan akses data yang bisa didapat dari UMTS adalah sebesar 384 kbps pada frekuensi 5 KHz. 3G yang oleh ETSI disebut dengan UMTS (*Universal Mobile Telecommunication Services*) memilih teknik modulasi WCDMA (wideband CDMA).



Gambar 2.2 Interkoneksi MVNO dan MNO [1]

2.4 *Routing*

Routing adalah salah satu masalah dalam jaringan komputer.

2.4.1 EIGRP (*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*)

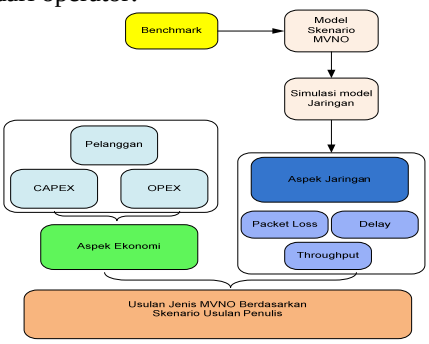
EIGRP (*Enhanched Interior Gateway Routing Protocol*) adalah routing protocol yang hanya diadopsi oleh router cisco atau sering disebut sebagai *proprietary protocol* pada cisco.

2.4.2 *Open Source Path First* (OSPF)

Routing *Open Shortest Path First* (OSPF) adalah sebuah routing protocol standard terbuka yang telah diimplementasikan oleh sejumlah besar vendor jaringan

3.Model Sistem

Diawali dengan menganalisis *environment* yang mendorong diperlukannya layanan MVNO. Diantaranya *market share operator*, efektifitas kapasitas jaringan, dan juga kesiapan infrastruktur dari operator.

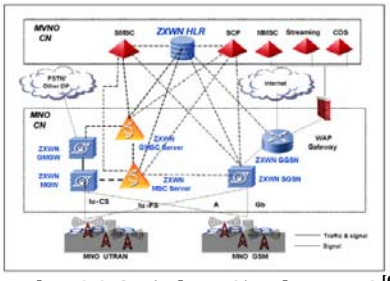


Gambar 3.1 Skema Pemodelan Sistem

3.1 Aspek Teknologi

3.1.1 Model Performansi Jaringan

Analisis simulasi bertujuan untuk mencari suatu sistem dan teknologi yang optimal dan menganalisis dampaknya terhadap aspek ekonomi sebagai acuan dalam membuat kebijakan atau keputusan dalam investasi.



Gambar 3.2 Arsitektur Simple MVNO[6]

Model yang digunakan dalam simulasi adalah model *benchmark* jaringan MVNO yang digunakan peneliti yaitu menggunakan skema jaringan MVNO Negara Cina.

Berikut ini arsitektur jaringan MVNO yang nantinya akan disimulasikan dalam penelitian kali ini. Untuk menjadi sistem komunikasi bergerak global UMTS, maka dapat menambah server database sendiri. *Simple* MVNO terdiri dari HLR (*virtual* HLR),

platform WIN/CAMEL, pusat *billing* dan pusat *customer*. ZXWN HLR mengirimkan kapasitas yang lebar mencapai 40M sambungan dan mendukung fungsi virtual HLR.

3.1.2 Tahapan desain konfigurasi

Dalam desain konfigurasi jaringan untuk simulasi ini terdapat beberapa tahapan yaitu:

1. Desain simulasi
2. Penentuan skenario simulasi
3. Penentuan parameter yang dianalisis.

3.1.3 Desain simulasi

Model simulasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kondisi eksisting jaringan UMTS Telkomsel Jakarta dengan menggunakan 4 buah RNC terkoneksi dengan jaringan *core network* UMTS yaitu SGSN dan GGSN. Keempat RNC tersebut memiliki daerah layanan yang berbeda-beda sesuai dengan konfigurasi yang telah ada.

3.1.4 Penentuan parameter pemodelan sistem

Pada Tesis ini akan dilakukan pengujian simulasi pada sistem dengan melakukan pengiriman layanan *Web browsing* yang merupakan salah satu kategori layanan UMTS yaitu *background* yang menyediakan fasilitas HTTP. Dengan parameter seperti di bawah ini :

1. *Bitrate* Uplink dan Downlink 64 Kbps
2. *Framesize information*, 352 x 288 *pixel*
3. *Frame interarrival time information* 15,2 *frame/second*.
4. Tipe layanan HTTP *multicast*

3.1.5 Penentuan Skenario Simulasi

Pengujian dilakukan dengan beberapa macam skenario yaitu :

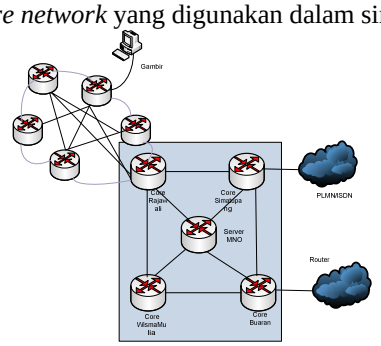
1. Jaringan yang digunakan untuk *sharing* adalah jaringan *core* network MNO dengan *capacity* sebesar 10 GB dengan pembagian kapasitas bagi MVNO adalah 2GB.
2. Pengaruh manajemen *routing*, berdasarkan jarak sebagai redaman dengan *routing* OSPF dan EIGRP dan pengaruh *background trafic* dianggap tetap sebesar 2 Mbps.
3.

3.1.6 Skenario Pengujian

Tujuan penelitian dari simulasi ini adalah untuk mengevaluasi QoS pada jaringan *sharing* untuk *core network* khususnya teknologi UMTS pada Telkomsel Jakarta. Skenario simulasinya yaitu dengan layanan yang digunakan adalah HTTP generator trafik yang digunakan adalah trafik CBR (*Constant Bit Rate*).

3.1.6.1 Skenario I

Skenario pengujian yang dilakukan di OPNET memakai spesifikasi *core network* PT. Telkomsel. Berikut ini gambaran *core network* yang digunakan dalam simulasi **:**



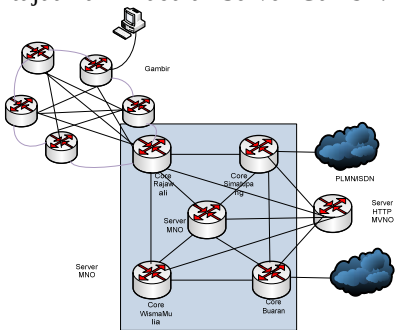
Gambar 3.3 Konfigurasi Jaringan awal

Gambar 3.3 terlihat konfigurasi jaringan awal *core network* yang digunakan dalam simulasi jaringan yang terdiri dari 4 bagian *core network* yaitu *core network Rajawali, core network Simatupang, core network Wisma mulia* dan *core network Buaran.*

Server yang digunakan sebagai server tujuan adalah server Gambir yang terletak pada sub *core network* Rajawali. Masing masing *core network* menggunakan *bandwidth* sebesar 2 Mbps. Hubungan *core network* dengan server MNO bersifat topologi Mesh. Topologi mesh memiliki susunan pada setiap peralatan yang ada didalam jaringan saling terhubung satu sama lain.

3.1.6.2 Skenario II

Apabila jaringan yang digunakan saling *sharing* antara MVNO dengan MNO. Gambar 3.3 menjelaskan tentang jaringan *Simple* MVNO dengan sumber *benchmark* negara implementasi yaitu Cina. Jaringan yang digunakan adalah Jaringan dari *server* MVNO dengan tujuan akhir adalah *Server* Gambir.

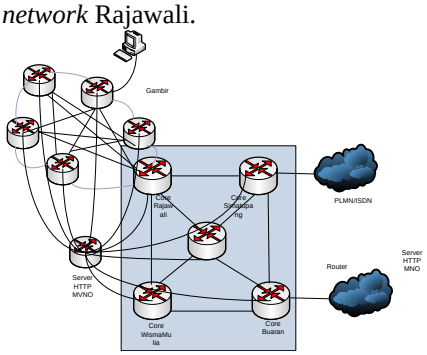


Gambar 3.3 Konfigurasi Jaringan Simple MVNO [6]

Sharing hanya terjadi pada *core network* Telkomsel dengan jaringan MVNO. Jaringan MVNO terhubung secara topologi mesh hanya dengan jaringan utama MNO Telkomsel, sehingga terjadi pembebanan hanya pada *core network* utama MNO.

3.1.6.3 Skenario III

Pada skenario II dengan arsitektur jaringan *Simple* MVNO dengan *sharing* pada *core network* menyebabkan *delay* yang ditimbulkan membesar, sama halnya dengan *throughput* yang terjadi. Skenario berikutnya adalah skenario usulan penulis dengan menggunakan topologi *mesh* pada seluruh *core network* utama maupun *core network* Rajawali.



Gambar 3.4 Konfigurasi Jaringan Simple MVNO Usulan

Topologi yang digunakan adalah mesh dengan menghubungkan server MVNO dengan *core network* MNO, sehingga server MVNO terhubung langsung dengan sub *core network* dengan *core network* jaringan MNO.

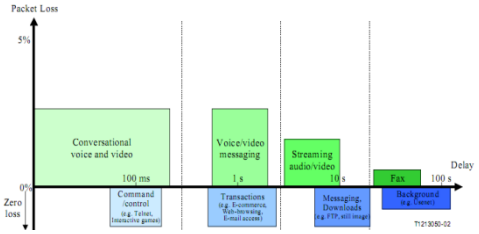
3.2 Aspek Ekonomi

Biaya-biaya yang dikeluarkan dalam implementasi MVNO sebagai model bisnis jaringan akses *broadband* dapat dibagi menjadi *Capital Expenditure* (CAPEX) dan *Operation Expenditure* (OPEX). CAPEX merupakan keseluruhan investasi untuk pengadaan perangkat dan sarana penunjang lainnya. Sedangkan OPEX merupakan biaya-biaya operasional yang

dikeluarkan secara periodic untuk menjalankan aktifias layanan, termasuk biaya-biaya sewa dan perijinan yang diperlukan.

4. Analisa Hasil Pengujian

Analisis dilakukan setelah dilakukan simulasi. Hasil pengujian dikelompokkan berdasarkan per algoritma *routing* dan algoritma *schedulling*. Disetiap kelompok akan di analisis *trend* dari 3 skenario dan di uraikan gambaran performansi secara umum dan detail dalam bentuk angka, meliputi rata rata performansi terbaik dan rata rata performansi terburuk untuk setiap sel. Dilihat juga *trend* peformansi *server* untuk aplikasi HTTP. Semua hasilnya akan dianalisis dengan menggunakan perbandingan standar yang ada seperti ITU-T, Thipson dan Cisco yang bisa kita lihat dari gambar berikut ini.



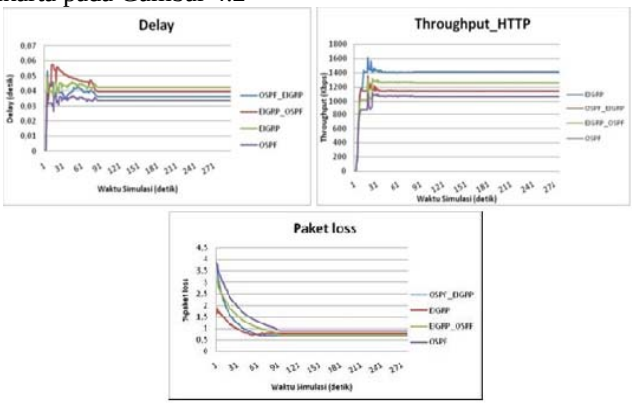
Gambar 4.1 Standard QoS ITU-T

4.1 Analisis Skenario pertama, manajemen *routing* dengan layanan HTTP

Dalam skenario ini akan dijelaskan pengaruh masing masing manajemen *routing* berdasarkan jarak sebagai redaman *delay* dengan *routing Distance vector* (DV) yaitu EIGRP dan *Link State* (LS) yaitu OSPF dalam *core network* terhadap performansi layanan HTTP pada jaringan PT. Telkomsel Jakarta yang telah disimulasikan pada tesis ini.

4.1.1 Jaringan Server Telkomsel

Pada simulasi skenario manajemen *routing* ini didapatkan data *delay*, *throughput* dan paket loss untuk layanan HTTP area Jakarta pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 *Delay, throughput dan paket loss* HTTP server di Jaringan Telkomsel skenario manajemen *routing*

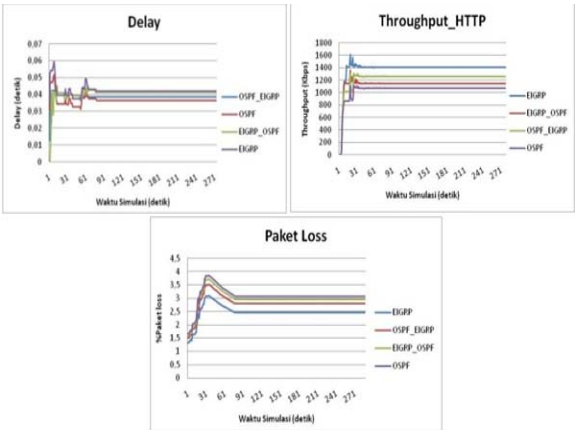
Dari gambar, terlihat bahwa algoritma EIGRP memiliki nilai *delay* paling tinggi, yaitu nilai rata-rata *delay* 0.0452 s sedangkan algoritma OSPF memiliki rata-rata *delay* 0.0311 s. Untuk algoritma usulan OSPF_EIGRP memiliki rata-rata *delay* 0.0332 dan algoritma EIGRP_OSPF memiliki rata-rata *delay* 0.0362 s.

Throughput usulan yaitu OSPF_EIGRP menghasilkan *throughput* dengan nilai rata-rata 1140 Kbps. Sedangkan *throughput* algoritma EIGRP dengan nilai rata-rata *throughput* mencapai 1391 Kbps, dan *throughput* terendah terletak pada algoritma OSPF dengan rata-rata *throughput* sebesar 1049 Kbps. Sedangkan untuk *throughput* algoritma usulan EIGRP_OSPF adalah 1234 Kbps.

Paket loss untuk scenario *routing* server. Pada scenario *routing* OSPF memiliki prosentase paket loss paling besar dibandingkan dengan *routing* OSPF dengan rata-rata nilai paket loss sebesar 2.364% sedangkan nilai paket loss terkecil terletak pada *routing* EIGRP dengan nilai rata-rata sebesar 1.196%. Penghitungan rata-rata *packet loss* untuk algoritma OSPF_EIGRP sebesar 2.284% dan untuk algoritma EIGRP_OSPF nilai rata-rata paket loss nya adalah 1.891%

4.1.2 Jaringan *Simple* MVNO

Terlihat pada Gambar 4.3 *delay* HTTP skenario Simple MVNO. Untuk *routing* EIGRP *delay* rata-rata meningkat dari 0.0452 s menjadi 0.0583 s, sedangkan untuk *delay* rata-rata *routing* OSPF meningkat dari 0.031 s menjadi 0.0312 s dan *routing* OSPF_EIGRP *delay* meningkat dari 0.0332 s menjadi 0.0382 s. *Routing* EIGRP_OSPF *delay* meningkat dari 0.0362 s menjadi 0.0507 s.



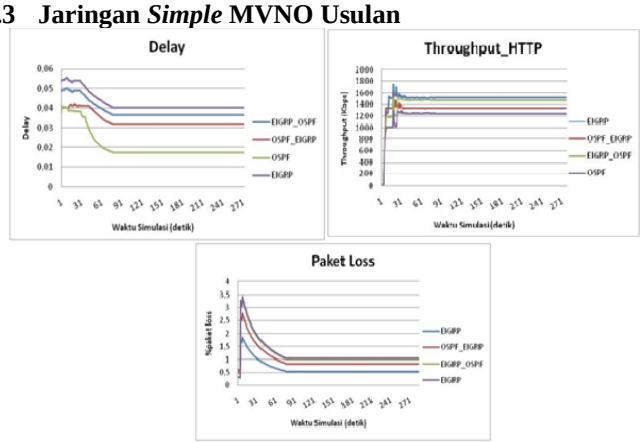
Gambar 4.3 *Delay, throughput dan paket loss* HTTP server di Jaringan Simple MVNO skenario manajemen *routing*

Dari hasil simulasi terjadi peningkatan untuk semua *routing* yang digunakan, untuk EIGRP menurun dengan prosentase 20%, algoritma OSPF_EIGRP menurun dengan prosentase 6%, algoritma EIGRP_OSPF menurun dengan prosentase sebesar 21% dan algoritma OSPF menurun sebesar 4%.

Paket loss *routing* OSPF memiliki prosentase paket loss paling besar dengan rata-rata paket loss sebesar 2.371% sedangkan nilai paket loss terkecil terletak pada *routing* EIGRP dengan rata-rata 1.896%.

Sedangkan untuk *routing* OSPF_EIGRP rata-rata paket loss sebesar 2.285% dan rata paket loss EIGRP_OSPF sebesar 2.155%.

4.1.3 Jaringan *Simple* MVNO Usulan



Gambar 4.4 *Delay, throughput dan paket loss* HTTP server di Jaringan Simple MVNO usulan skenario manajemen *routing*

Pada simulasi skenario *routing* algoritma ini didapatkan data *delay* untuk layanan HTTP seperti Gambar 4.4. Terlihat pada Gambar 4.4 *delay* HTTP skenario usulan *Simple* MVNO. Untuk *routing* OSPF *delay* rata-rata sebesar 0.0275 s, sedangkan untuk *delay* rata-rata routing OSPF_EIGRP menjadi 0.0362 s dan *routing* EIGRP_OSPF menjadi 0.0426 s serta *routing* EIGRP sebesar 1.170 s.

Throughput usulan yaitu EIGRP menghasilkan *throughput* paling besar yaitu dengan nilai rata-rata 1308 Kbps.

Sedangkan *throughput* ke dua terdapat pada algoritma EIGRP_OSPF dengan nilai rata-rata *throughput* mencapai 1297 Kbps, dan *throughput* terendah terletak pada algoritma OSPF sebesar 1095 Kbps dan *throughput* OSPF_EIGRP sebesar 1289 Kbps.

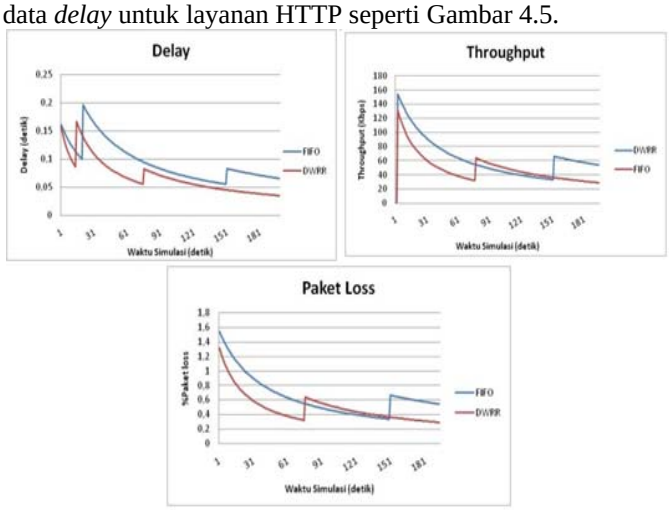
Terlihat paket loss untuk skenario *routing* server. Pada scenario *routing* OSPF rata-rata nilai paket loss sebesar 2.164% sedangkan nilai paket loss terkecil terletak pada *routing* EIGRP dengan nilai rata-rata sebesar 1.170%.

Penghitungan rata-rata *packet loss* untuk algoritma OSPF_EIGRP sebesar 2.106% dan EIGRP_OSPF sebesar 1.755%.

4.1.4 Analisis Skenario kedua, manajemen *scheduling*

4.1.4.1 Jaringan Telkomsel

Pada simulasi skenario *schedulling* algoritma ini didapatkan data *delay* untuk layanan HTTP seperti Gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Delay, throughput dan paket loss* HTTP server di Jaringan Telkomsel skenario manajemen *scheduling*

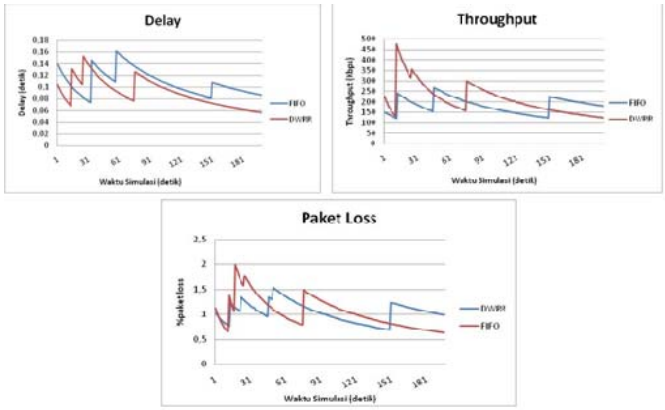
Dari Gambar terlihat bahwa FIFO memiliki nilai rata-rata *delay* sebesar 0.068 s sedangkan DWRR memiliki rata-rata *delay* sebesar 0.094 s.

Throughput algoritma DWRR lebih besar dibandingkan dengan *delay* FIFO. *Throughput* rata-rata algoritma *schedulling* DWRR mencapai 63 Kbps, sedangkan *throughput* rata-rata algoritma *schedulling* FIFO sebesar 49 Kbps.

Dengan paket loss rata-rata yang terjadi pada algoritma FIFO adalah 0.639% sedangkan paket loss algoritma DWRR mencapai 0.491%.

4.1.5 Jaringan Simple MVNO

Dari gambar terlihat bahwa DWRR memiliki nilai rata-rata *delay* sebesar 0.080 s sedangkan FIFO memiliki rata-rata *delay* sebesar 0.112 s *Simple* MVNO untuk kedua algoritma *schedulling*. Peningkatan *delay* untuk algoritma FIFO adalah 19.1% sedangkan untuk algoritma DWRR adalah 18%. Peningkatan *delay* terjadi karena adanya sharing jaringan MNO dengan MVNO sehingga menimbulkan peningkatan *delay*.



Gambar 4.6 *Delay, throughput dan paket loss* HTTP server di Jaringan Simple MVNO skenario manajemen *scheduling*

Throughput rata-rata algoritma *schedulling* DWRR meningkat menjadi 210 Kbps, sedangkan *throughput* rata-rata algoritma *schedulling* FIFO meningkat menjadi sebesar 184 Kbps.

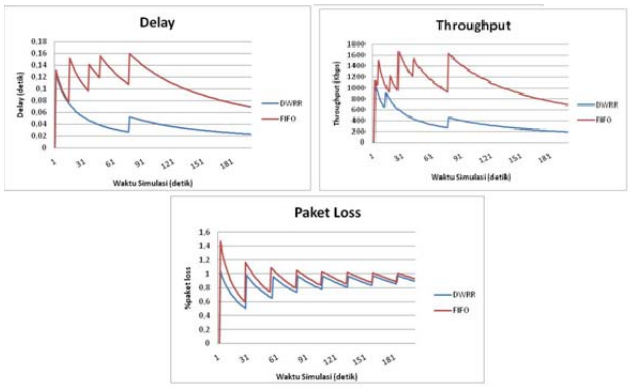
Peningkatan *throughput* yang tinggi ini dikarenakan penggunaan algoritma *schedulling* pada jaringan Simple MVNO. Sehingga dapat dianalisis bahwa MVNO dapat memaksimalkan kapasitas jaringan sehingga *throughput* yang terjadi dapatmeningkat.

Dengan paket loss rata-rata yang terjadi pada algoritma FIFO adalah 1.040 % sedangkan paket loss algoritma DWRR mencapai 1.037%.

Dari hasil simulasi terlihat peningkatan paket loss yang terjadi pada jaringan Simple MVNO. Prosentase peningkatan terjadi pada FIFO algoritma *schedulling* sebesar 62% sedangkan pada DWRR meningkat sebesar 100%.

4.1.6 Jaringan Usulan *Simple* MVNO

Dari gambar terlihat bahwa DWRR memiliki nilai rata-rata *delay* sebesar 0.060 s sedangkan FIFO memiliki rata-rata *delay* sebesar 0.109 s.



Gambar 4.7 *Delay, throughput dan paket loss* HTTP server di Jaringan Simple MVNO usulan skenario manajemen *scheduling*

Penurunan *delay* terjadi pada jaringan usulan *Simple* MVNO untuk kedua algoritma *schedulling* dengan perbandingan jaringan *Simple* MVNO. Penurunan *delay* untuk algoritma FIFO adalah 2.75 % sedangkan untuk algoritma DWRR adalah 33%.

Throughput algoritma DWRR lebih besar dibandingkan dengan *delay* FIFO. *Throughput* rata-rata algoritma *schedulling* DWRR meningkat menjadi 342 Kbps, sedangkan *throughput* rata-rata algoritma *schedulling* FIFO meningkat menjadi sebesar 197 Kbps

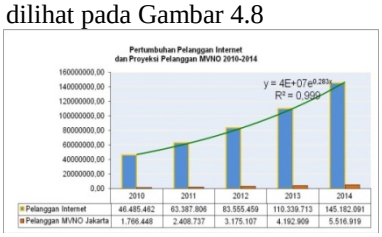
Dari hasil simulasi prosentase peningkatan *throughput* pada algoritma FIFO dan DWRR adalah 7% dan 62% sehingga sangat efektif dalam penggunaan skema usulan jaringan dan penggunaan algoritma *schedulling* yang ada.

Dari hasil simulasi terlihat penurunan paket loss yang terjadi pada jaringan usulan *Simple* MVNO. Prosentase penurunan terjadi pada FIFO algoritma *schedulling* sebesar 11% sedangkan pada DWRR

meningkat sebesar 22%. Hal ini disebabkan terjadinya *sharing* jaringan yang dilakukan, sehingga menimbulkan rata-rata waktu tunggu yang lebih besar baik algoritma FIFO maupun DWRR.

4.2 Analisis Ekonomi

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka model regresi yang terbaik berdasarkan nilai koefisien determinasi adalah model regresi eksponensial. Sehingga proyeksi jumlah pelanggan seluler di Indonesia yang akan digunakan dalam tesis ini dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Pertumbuhan Pelanggan internet

4.3 Analisis Penilaian Kelayakan Investasi

4.3.1.1 *Net Present Value* (NPV)

Dari perhitungan evaluasi investasi diperoleh nilai NPV sebagai berikut :

1. NPV untuk pelanggan *pesimis* sebesar Rp. 43 juta
2. NPV untuk pelanggan *moderate* sebesar Rp. 116 juta
3. NPV untuk pelanggan *optimis* sebesar Rp. 188 juta.

4.3.1.2 *Internal Rate of Return* (IRR)

Dari perhitungan evaluasi investasi diperoleh nilai IRR sebagai berikut :

1. IRR untuk pelanggan *pesimis* sebesar 74.90 %.
2. IRR untuk pelanggan *moderate* sebesar 184.36 %.
3. IRR untuk pelanggan *optimis* sebesar 373.6 %.

4.3.1.3 *Payback Period* (PP)

Dari perhitungan evaluasi investasi diperoleh nilai PP sebagai berikut :

1. PP untuk pelanggan *pesimis* adalah 1 Tahun 4 Bulan.
2. PP untuk pelanggan *moderate* adalah 0 Tahun 7 Bulan.
3. PP untuk pelanggan *optimis* adalah 0 Tahun 3 Bulan.

Hasil perhitungan menunjukan bahwa semua skenario memenuhi kriteria kelayakan, sehingga *Simple* MVNO layak diimplementasikan.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi, pengujian dan analisis dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

1. Manajemen algoritma *routing* yang terbaik untuk layanan data dengan prioritas *throughput* dan paket loss adalah algoritma EIGRP_OSPF untuk skenario usulan penulis *Simple* MVNO, di mana OSPF digunakan pada *core network* sedangkan EIGRP digunakan pada *subcore network* karena peningkatan *throughput* sebesar 26% dan penurunan paket loss sebesar 8% dari kondisi *benchmark.*
2. Manajemen algoritma *routing* yang terbaik untuk layanan data dengan prioritas *delay* pada area *core network* adalah algoritma EIGRP_OSPF untuk skenario usulan penulis Simple MVNO, karena peningkatan *delay* hanya mencapai 5% dari kondisi *benchmark.*
3. Manajemen algoritma *schedulling* yang terbaik untuk layanan data dengan prioritas *delay* pada area *core network* adalah algoritma DWRR untuk skenario usulan penulis *Simple* MVNO, karena *delay* lebih kecil 60 ms dengan melihat prioritas standar cenderung lebih mengarah ke *delay* terkecil, sesuai dengan standar ITU-T dengan *delay* di bawah 150 ms.
4. Manajemen algoritma *schedulling* yang terbaik untuk layanan data dengan prioritas *throughput* pada area *core network* adalah algoritma DWRR untuk skenario usulan penulis Simple MVNO, karena paket loss algoritma DWRR mencapai 0.854%, sesuai dengan standar Cisco yang dapat ditoleransi sampai dengan 1%
5. MVNO sebagai akses broadband layak diimplementasikan untuk semua proyeksi jumlah pelanggan dengan NPV terendah sebesar Rp. 43 juta, IRR terendah sebesar 74.90% dan PP terbesar selama 1 tahun 4 Bulan

5.2 Saran

Saran yang dapat dikembangkan untuk tesis ke depannya :

1. Sebaiknya untuk penelitian lebih lanjut menggunakan disarankan dengan menggunakan algoritma *routing* yang lain seperti IGRP dan RIP dengan penggunaan layanan yang lebih *real time* seperti *video streaming* dll, karena dapat terlihat perbedaan paramater *Quality of Service* seperti *throughput, delay* dll.
2. Sebaiknya penelitian selanjutnya menggunakan algoritma *scedulling* atau antrian yang digunakan ditambah dengan RED (*Random Early Detection*) dan CBQ (*Class Based Quening*). Karena masing-masing algoritma *scedulling* mempunyai kelebihan dan kelemahan yang berbeda. Hal ini dapat disesuaikan dengan jenis layanan dan *background traffic.*
3. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya dengan analisa *sensitivitas*, karena analisa *sensitivitas* dilakukan dengan mengubah nilai suatu parameter dan melihat dampaknya terhadap nilai NPV

6. Daftar Pustaka

1. Dr. Lutz Gruneberg. " *MVNO Business Model & Process Overview*". 2007
2. D. Setiawan. "*Infrastuktur Sharing ITU GSR 2008*". Depkominfo, 2008
3. D. Varuotas et al. "*Economic viability of 3G Mobile Virtual Network Operator* ". University of Athens, 2002.
4. J. Haucap."*Competition Policy and MVNO's*". ITU, 2006.
5. M. Doorsanchar. "*Recommendations on MVNO*". New Delhi, 2008.
6. N. Attenbo. "*MVNO in Israel*". Ministry of communication, 2007.
7. Study Group. "*HCPT Contribution paper on MVNO Regulation*". Bandung, 2009.
8. J. Kanervisto. "*MVNO Pricing Structures in Finland*". Helsinki, 2005.
9. I. Cristiani. "*Studi penggunaan routing Protokol OSPF dan EIGRP"*.
10. D. Janazzo et all. "*Annual Report and Analysis of Competitive Market Conditions with Respect to Commercial Mobile Service*". US Wireless Matrix, 2005.
11. W. Docket. "*In the Matter of Tenth Annual Report and Analysis of Competitive Market Conditions with Respect to Commercial radio service*". FCC, 2005. C. Dippon. "*Economic Assessment Methods and Policy Framework*". University of Florida, 2007.
12. M. Lahteenoja. "*OPEX Model*". The Celtic Initiative, 2005.
13. A. D Little. "*Mobile Virtual Network Operator*". Fraser Curley, 2001.
14. M. S Kim. "*A Compensation Method of MVNO Service in Korean Mobile Telecommunications Market*". Hankuk University. Korea, 2009.
15. Virgin Mobile. "*Retail strategy for entering the Indian Handset market*".2008
16. M. Doorsanchar."*Recommendations on Mobile Virtual Network Operator (MVNO)"*. New Delhi, 2008.
17. Dr. Ir. Hendrawan. "Toward the Ambient Intelligence Era". Bandung. 2009