

Analisis Algoritma Penjadwalan Priority Queueing (PQ) Terhadap Quality of Service (QoS) pada Jaringan Mobile WiMAX Menggunakan OPNET Modeler

Yoga Pradafa Harahap¹, Aditya Prapanca²

^{1,2}Jurusan Teknik Informatika, Universitas Negeri Surabaya

¹yoga.17051204001@mhs.unesa.ac.id

²adityaprapanca@unesa.ac.id

Abstrak— Kualitas sebuah layanan pada jaringan *mobile WiMAX* bergantung pada *service class* dan penjadwalan yang digunakan. *Priority Queueing* merupakan algoritma penjadwalan dimana sebuah antrian diurutkan berdasarkan urutan antrian, paket dengan prioritas tinggi akan dipilih dan mendapatkan urutan paling awal. Adanya algoritma penjadwalan bertujuan untuk berlaku adil terhadap *QoS* pada layanan-layanan yang digunakan seperti *FTP*, *HTTP*, *video conference* dan *VoIP*. Pada simulator *OPNET Modeler* yang digunakan layanan menggunakan *Type of Service* untuk mengidentifikasi sebuah antrian. Lalu layanan tersebut disesuaikan dengan *service class* yang digunakan pada *WiMAX*. Hasilnya, pada penggunaan algoritma *Priority Queueing* nilai *throughput* terbaik pada masing-masing layanan yaitu, layanan *FTP* sebesar 2259.30954 bps, layanan *HTTP* sebesar 3112.70472 bps, *video conference* sebesar 4000.45667 bps dan, layanan *VoIP* sebesar 3200.45111 bps. Nilai *delay* terbaik pada masing-masing layanan yaitu, layanan *FTP* sebesar 5255.47904 ms, layanan *HTTP* sebesar 587.16361 ms, layanan *video conference* sebesar 2.28657 ms dan, layanan *VoIP* sebesar 260.62925 ms. Nilai *jitter* terbaik pada masing-masing layanan yaitu, layanan *FTP* sebesar 0.000000000142109 ms, layanan *HTTP* sebesar 0.04461279 ms, layanan *video conference* sebesar 0.000164906 ms dan, layanan *VoIP* sebesar 0.00009812018 ms. Nilai *packet loss* pada masing-masing layanan yaitu, layanan *FTP* sebesar 0%, layanan *HTTP* sebesar 0%, layanan *video conference* sebesar 0.02830% dan, layanan *VoIP* sebesar 0.00353%. Jadi rata-rata nilai *QoS* pada 4 layanan yang diuji mendapatkan nilai 3.1875 masuk pada kategori "Memuaskan".

Kata Kunci— *Mobile WiMAX*, *Priority Queueing*, *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*.

I. PENDAHULUAN

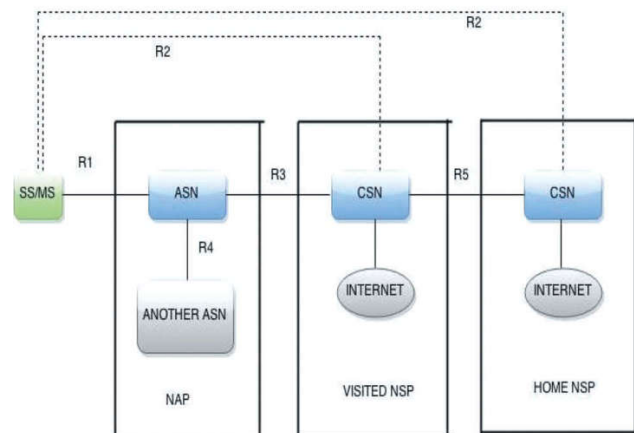
WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) adalah sebuah teknologi nirkabel pita lebar yang memiliki kecepatan akses yang tinggi dan jangkauan yang luas. *WiMAX* merupakan dasar dari *WMAN* (*Wireless Metropolitan Area Network*) yang dikembangkan oleh *IEEE* (*Institute of Electrical and Electronics Engineering*) 802.16 grup [1].

Standar yang digunakan pada teknologi *WiMAX* yaitu standar *IEEE 802.16-2004* yang mendukung *fixed application* yang dikenal dengan *fixed WiMAX* dan standar *IEEE 802.16-2005* yang mendukung aplikasi *mobile* yang dikenal dengan *mobile WiMAX*. *Mobile WiMAX* menggunakan *Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access (SOFDMA)* sebagai teknik modulasi, dimana frekuensinya (2-11) GHz pada *Non Light of Sight (NLOS)* dan frekuensi (10-66) GHz pada *Light of Sight (LOS)*. Oleh karena itu jaringan *WiMAX* pada

umumnya memiliki frekuensi berkisar 3.5GHz dan bandwidth berkisar (2-20) MHz [2].

Arsitektur jaringan pada standar *IEEE 802.16e-2005* digambarkan secara *logical* menggunakan *Network Reference Model (NRM)*. Sistem komunikasi pada *mobile WiMAX* dikelompokkan pada 3 komponen yaitu, *Mobile Station (MS)*, *Base Station (BS)*, *Access Service Network (ASN)*, dan *Connectivity Service Network (CSN)* seperti pada Gambar 1.

1. *MS/SS* adalah perangkat *mobile* yang melakukan koneksi terhadap *BS*. *MS* dikenal juga dengan istilah pengguna pada jaringan *WiMAX*.
2. *BS* adalah sebuah unit yang melakukan komunikasi ke *MS*, sehingga dapat menjalankan aktivitas jaringan.
3. *ASN* adalah jaringan yang menyediakan akses nirkabel pada *MS*.
4. *CSN* adalah jaringan yang menyediakan konektivitas IP sehingga dapat berhubungan ke internet



Gambar 1 Network Reference Model (NRM) Standar IEEE 802.16e-2005 [3]

Kestabilan sebuah layanan dalam memberikan *Quality of Service (QoS)* pada jaringan *mobile WiMAX* bergantung pada jenis layanan dan *service class* yang digunakan. Layanan yang bersifat *real-time* seperti *video conference* dan *Voice over Internet Protocol (VoIP)* merupakan layanan yang sensitif terhadap *delay* dan *jitter*. Terdapat *service class* yang disediakan untuk menjamin kualitas sebuah layanan yaitu *Unsolicited Grant Service (UGS)* yang mendukung terhadap layanan *VoIP*, *Real-Time Polling Service (rtPS)* yang mendukung terhadap layanan video, *Non-real-time Polling Service (nrtPS)* yang mendukung terhadap layanan *File Transfer Protocol (FTP)*, *Best Effort (BE)* yang mendukung

terhadap layanan *Hypertext Transfer Protocol (HTTP)*, dan *Extended real-time Polling Service (ertPS)* yang mendukung terhadap layanan *VoIP* dengan *silence suppression* [4].

Service class Unsolicited Grant Service (UGS) di desain untuk mendukung aliran data secara *real-time* yang mana paket data tersebut berisi sebuah data yang berukuran konstan seperti *VoIP* tanpa *silence suppression*. *UGS* juga mendukung adanya pembagian *bandwith* secara konstan. Akan tetapi jika tidak adanya panggilan suara, maka *bandwith* yang disediakan akan terbuang. *Service class Real-time Polling Service (rtPS)* didesain untuk mendukung aliran data secara *real-time* dimana paket data tersebut berisi sebuah data yang berukuran variabel seperti video *MPEG*. Keuntungan pada *service class rtPS* adalah mengurangi tingkat lalu lintas yang dipesan. *rtPS* pada *Base Station (BS)* dilalui menggunakan permintaan *unicast*, dimana permintaan tersebut dilakukan secara terus menerus untuk memenuhi persyaratan *delay*. *Service class Non-real-time Polling Service (nrtPS)* di desain untuk mendukung aliran data *non-real-time* pada variabel *traffic bit rate* dan tidak ada garansi pada *delay* yang dihasilkan. Toleransi *delay* pada *nrtPS* didapatkan pada aliran data yang bersifat *real-time* dengan membutuhkan paket data berukuran variabel dengan *bit rate* minimum. Aliran *nrtPS* pada *Base Station* dilalui menggunakan permintaan transmisi. *Service class Best Effort (BE)* di desain untuk mendukung aliran data yang tidak memerlukan klasifikasi layanan. *Service class BE* menggunakan *bandwith* yang tersisa setelah *bandwith* telah dialokasikan kepada *service class* lainnya. Layanan yang menggunakan *service class* ini antara lain *email* dan *FTP*. *Service class Extended real-time Polling Service (ertPS)* mendukung *service class* yang sama dengan *UGS* karena tidak ada transmisi lalu lintas yang terjadi pada saat periode diam. Selain itu *Base Station (BS)* menempatkan *MST* dalam keadaan aktif dan tidak ada *bandwith* yang dialokasikan pada periode diam. Layanan yang cocok menggunakan *service class* ini adalah *VoIP* dengan menggunakan *silence suppression* [5].

Pada penelitian [6] membahas tentang penggunaan beberapa algoritma penjadwalan antara lain, *WiMAX fair scheduling algorithm*, *First in First Out (FIFO)*, *Priority*, dan *Round Robin (RR)*. Berdasarkan penelitian tersebut, penggunaan pada algoritma penjadwalan digunakan untuk mengontrol pertukaran pesan baik pada pengirim maupun pada penerima. Tujuan pada komunikasi nirkabel adalah untuk meningkatkan jumlah node yang ditransmisikan pada satu waktu ketika node mengirimkan paket secara bersamaan tanpa ada gangguan sehingga memaksimalkan kinerja *throughput*, misalnya pada *Time-division multiple access (TDMA)*. hasilnya, penjadwalan tersebut membantu dalam peningkatan kapasitas node pada topologi mesh jaringan *WiMAX*. Dalam merancang algoritma penjadwalan yang efisien dan adil, algoritma tersebut mampu menyelesaikan masalah perebutan *bandwith* dan menentukan urutan transmisi untuk pengguna.

Pada penelitian [7] Penggunaan algoritma penjadwalan memiliki tujuan yaitu, membagi *bandwith* secara adil, memberikan garansi *QoS*, memaksimalkan *throughput*, mengurangi *delay*, dan meminimalkan *packet loss*. Dalam

penelitian tersebut juga memberikan keterangan mengenai beberapa algoritma penjadwalan, dimana algoritma penjadwalan kesulitan dalam menangani seluruh parameter pada *QoS* dalam satu sistem.

Performa kualitas layanan dapat dievaluasi juga dengan menggunakan Algoritma Penjadwalan yaitu *Priority Queueing (PQ)*. Algoritma *PQ* merupakan sebuah mekanisme penjadwalan dimana sebuah paket diurutkan berdasarkan urutan, dimana paket yang berada urutan paling awal dan memiliki nilai paket tersebut masuk pada prioritas utama [8]. Paket yang berada prioritas akhir akan dipilih jika paket pada prioritas utama kosong, hal ini dapat memberhentikan resource prioritas akhir jika lalu lintas sangat padat [9].

Pada penelitian [10] membahas tentang performa jaringan sensor nirkabel dan *Priority Queueing* sistem, peneliti memberikan kesimpulan bahwa *Priority Queueing* sistem tidak dianjurkan untuk diterapkan pada lapisan jaringan tunggal tetapi, digabungkan antara *MAC layer* dan lapisan jaringan. Kedua, *Priority Queueing* sistem selalu meningkatkan kehandalan dan *delay* pada jaringan selama ada lalu lintas pada jaringan tersebut. Selain itu topologi jaringan dan ukuran paket juga mempengaruhi kualitas jaringan. Ketiga, *delay* pada paket prioritas tidak selalu bagus daripada paket non-prioritas, karena ketika antrian yang berisi paket prioritas selesai, rata-rata *delay* paket meningkat ke prioritas baru hingga antrian tersebut diproses sebelum akhirnya dieksekusi ke antrian selanjutnya. Keempat sistem pada *Priority Queueing* sangat berpengaruh pada keadaan jaringan tersebut, jika lalu lintas jaringan tersebut sedang maka akan berdampak pada pengurangan *delay*. Tetapi jika pada lalu lintas yang padat, maka akan mempengaruhi kehandalan jaringan tersebut daripada *delay*.

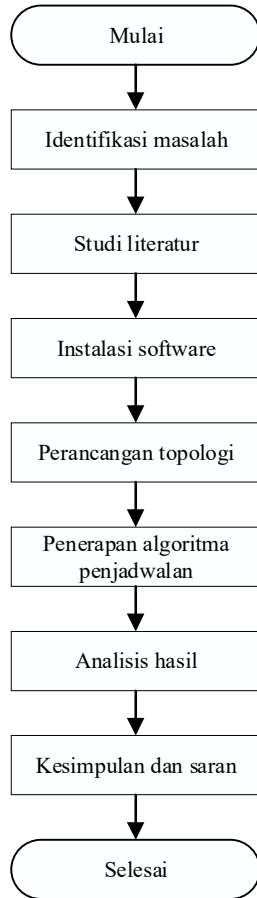
Pada penelitian [11] yang membahas tentang keamanan pada *QoS* di jaringan *mobile* dan *WiMAX*, peneliti memberikan kesimpulan bahwa *UGS* adalah *service class* yang paling baik digunakan terhadap layanan *VoIP*. *Service class UGS* dirancang untuk lalu lintas jaringan dengan kecepatan transmisi yang stabil. *UGS* juga memproses panggilan pada *VoIP* dengan sangat optimal. Pada layanan video, *service class rtPS* lebih baik dibandingkan *BE* pada rata-rata *jitter*. Kemudian *mobile WiMAX* juga dapat mendukung layanan *Quadruple play-data, speech*, video dan mobilitas menggunakan jaringan tunggal yang mana dapat digunakan oleh pengguna yang menggunakan aplikasi berbasis internet ketika melakukan perjalanan dengan kecepatan sekitar 120km/jam.

Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, penelitian ini berfokus pada algoritma *Priority Queueing* sebagai algoritma penjadwalan. Dimana penggunaan algoritma tersebut diharapkan mendapatkan *quality of service* yang baik pada layanan-layanan di jaringan *mobile WiMAX*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam merencanakan dan melaksanakan penelitian, alur penelitian dibutuhkan agar penelitian tidak melebar dan sesuai dengan lingkup pembahasan. Dalam penelitian ini berfokus pada penggunaan algoritma penjadwalan *Priority Queueing* terhadap *quality of service* pada layanan-layanan di jaringan

mobile WiMAX. Penelitian ini menggunakan software simulator OPNET Modeler v14.5 educational. Alur penelitian seperti pada Gambar 2



Gambar 2 Alur Penelitian

A. Perancangan Sistem

Pada penelitian ini jaringan mobile WiMAX dirancang dan disimulasikan menggunakan simulator OPNET Modeler v14.5 educational. Jaringan yang dirancang terdiri dari, Mobile station (MS), Base station (BS), WiMAX configuration, profile configuration, QoS configuration, application configuration, server, dan IP backbone. Konfigurasi jaringan mobile WiMAX seperti pada tabel I.

TABEL I
 KONFIGURASI JARINGAN MOBILE WiMAX

Komponen	Keterangan
Dimensi jaringan WiMAX	Cell hexagonal
Jumlah cell	7
Radius cell	4 km
Model Base Station (BS)	wimax bs router adv
Jumlah BS per 1 cell	1
Subscriber Station	mobile
Model Subscriber Station (SS)	wimax ss wkstn adv
Jumlah SS per 1 cell	6 / 8 / 10 (3 pengujian)
Model IP backbone	Router slip64 dc
Model server	mip6 ppp server adv
Link node BS ke IP backbone	ppp adv
Link node IP backbone ke server	ppp DS3

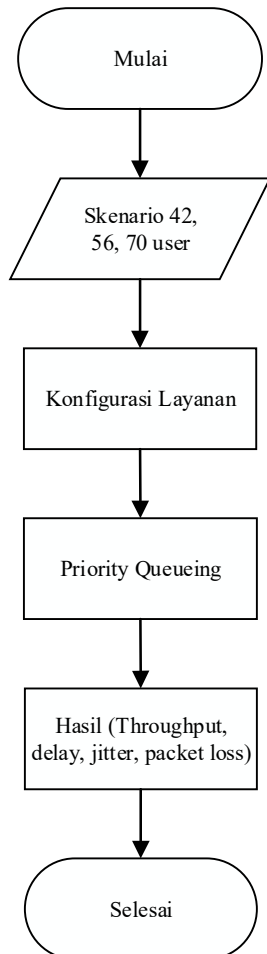
B. Perancangan Implementasi

Perancangan implementasi dalam penelitian ini menggunakan algoritma Priority Queueing sebagai algoritma penjadwalan untuk menganalisis QoS terhadap beberapa layanan yang diuji pada jaringan mobile WiMAX. Mekanisme algoritma penjadwalan Priority Queueing adalah mengurutkan sebuah paket berdasarkan urutan antrian, antrian dengan prioritas tinggi akan mendapatkan urutan paling awal. Pada simulator OPNET Modeler sebuah layanan menggunakan Type of Service (ToS) untuk mengidentifikasi sebuah antrian. Kemudian masing-masing layanan disesuaikan dengan service class yang digunakan pada WiMAX, seperti pada tabel II berikut.

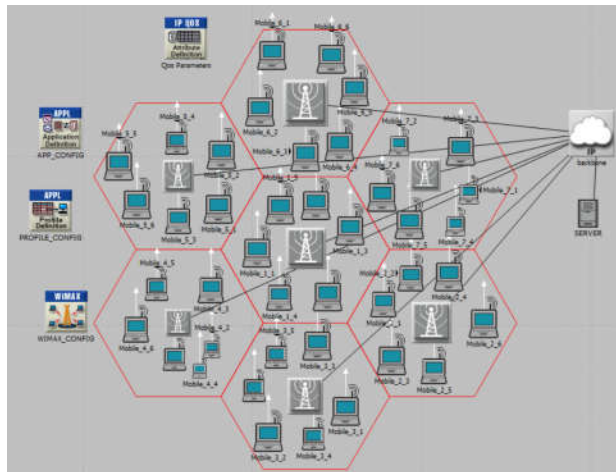
TABEL II
 SERVICE CLASS DAN PRIORITAS PADA LAYANAN

Layanan	ToS	Service Class	Prioritas
VoIP tanpa Silence Suppression	Interactive voice	UGS	Tinggi
Video conference	Streaming multimedia	rtPS	Sedang
FTP	Best effort	nrtPS	Rendah
HTTP	Best effort	BE	Rendah

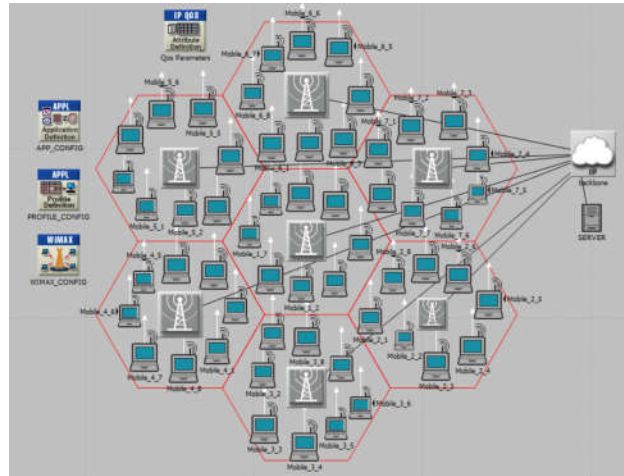
Implementasi jaringan mobile WiMAX akan dilakukan skenario pengujian sebanyak 3 kali, skenario pertama dengan 42 pengguna dimana terdapat 15 layanan video conference, 12 layanan VoIP, 8 layanan HTTP dan 7 layanan FTP. Skenario kedua dengan 56 pengguna dimana terdapat 25 layanan video conference, 15 layanan VoIP, 8 layanan HTTP, dan 8 layanan FTP. Skenario ketiga dengan 70 pengguna dimana terdapat 25 layanan video conference, 25 layanan VoIP, 10 layanan HTTP, dan 10 layanan FTP seperti pada Gambar 4, 5, dan 6. Setiap pengujian akan disimulasikan menggunakan simulator OPNET Modeler v14.5 educational dan dilakukan running selama 300 detik. Berikut alur simulasi pada Gambar 3.



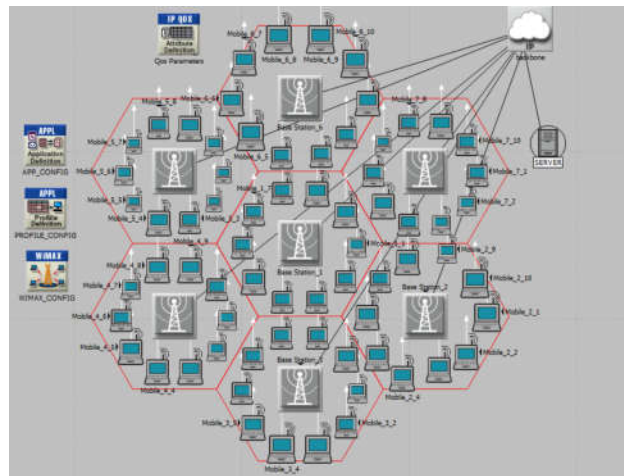
Gambar 3 Alur Simulasi



Gambar 4 Skenario dengan 42 pengguna



Gambar 5 Skenario dengan 56 pengguna



Gambar 6 Skenario dengan 70 pengguna

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui *QoS* terhadap layanan yang diuji pada jaringan *mobile WiMAX*, parameter *QoS* yang digunakan yaitu,

1. *Throughput* adalah kecepatan sebenarnya melakukan pengiriman data pada sebuah jaringan dengan satuan bit per second, perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut (1).

$$Throughput = \frac{\text{Paket data yang diterima}}{\text{Total durasi simulasi}} \quad (1)$$

2. *Delay* adalah total waktu yang dibutuhkan pada saat pengiriman data dari pengirim sampai ke penerima, perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut (2).

$$Delay = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket yang diterima}} \quad (2)$$

3. *Jitter* adalah variasi pada panjang antrian, pengolahan data, dan penghimpunan sebuah paket diakhir perjalanan. *Jitter* sering dikenal dengan istilah variasi delay. perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut (3).

$$Jitter = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \quad (3)$$

4. *Packet Loss* adalah jumlah total paket yang hilang terjadi karena kolisi dan kongesti pada jaringan [12], perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut (4).

$$Packet\ Loss = \frac{(Paket\ dikirim - Paket\ diterima)}{Paket\ yang\ dikirim} \times 100 \quad (4)$$

Setelah dilakukan pengujian dan mengetahui kualitas layanan yang diuji, selanjutnya hasil dari tiap parameter *QoS* tersebut akan disesuaikan dengan tabel Standar TIPHON [13], seperti pada tabel III

TABEL III
STANDAR TIPHON

Kategori	Throughput (bps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)	Indeks
Sangat bagus	100	< 150	0	0	4
Bagus	75	150 -300	75	3	3
Sedang	50	300 - 450	125	15	2
Buruk	< 25	> 450	225	25	1

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Throughput

Setelah dilakukan pengukuran *throughput* di ketiga skenario pada jaringan *mobile WiMAX* terhadap 4 layanan yang diuji yaitu *FTP*, *HTTP*, *video conference*, dan *VoIP* didapatkan hasil seperti pada tabel IV, V, dan VI.

TABEL IV
PENGUKURAN THROUGHPUT SKENARIO 1

Layanan	Rata-rata throughput (bps)	Indeks	Kategori
<i>FTP</i>	2180.382695	4	Sangat bagus
<i>HTTP</i>	3112.49804	4	Sangat bagus
<i>Video conference</i>	4000.456667	4	Sangat bagus
<i>VoIP</i>	3200.45111	4	Sangat bagus

TABEL V
PENGUKURAN THROUGHPUT SKENARIO 2

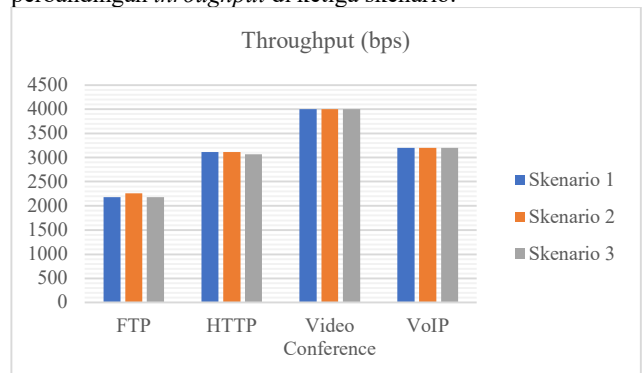
Layanan	Rata-rata throughput (bps)	Indeks	Kategori
<i>FTP</i>	2259.30954	4	Sangat bagus
<i>HTTP</i>	3112.70472	4	Sangat bagus
<i>Video conference</i>	4000.28538	4	Sangat bagus
<i>VoIP</i>	3200.36475	4	Sangat bagus

TABEL VI
PENGUKURAN THROUGHPUT SKENARIO 3

Layanan	Rata-rata throughput (bps)	Indeks	Kategori
<i>FTP</i>	2181.23092	4	Sangat bagus
<i>HTTP</i>	3068.62713	4	Sangat bagus

<i>Video conference</i>	4000.28724	4	Sangat bagus
<i>VoIP</i>	3200.23670	4	Sangat bagus

Berdasarkan penjelasan pada tabel diatas diketahui bahwa seluruh layanan di ketiga skenario memiliki *throughput* yang sangat bagus. Pada layanan *FTP* *throughput* berada di rentang 2180 – 2259 bps. Pada layanan *HTTP* *throughput* berada di rentang 3068 – 3112 bps. Pada layanan *video conference* *throughput* berada di rentang 4000.28538 - 4000.45667 bps. Pada layanan *VoIP* *throughput* berada di rentang 3200.23670 - 3200.45111 bps. Pada layanan *FTP* dan *HTTP* skenario ketiga terjadi penurunan *throughput*. Layanan *video conference* dan *VoIP* *throughput* yang didapat lebih stabil diantara 2 layanan sebelumnya. Hal ini dikarenakan pada layanan *HTTP* dan *FTP* mendapatkan prioritas rendah dan menggunakan *service class Best Effort (BE)* dimana *service class* tersebut menggunakan bandwidth yang tersisa dari layanan lainnya dengan prioritas yang lebih tinggi. Berikut pada Gambar 7 adalah grafik perbandingan *throughput* di ketiga skenario.



Gambar 7 grafik rata-rata throughput 3 skenario

B. Pengujian Delay

Setelah dilakukan pengukuran *delay* di ketiga skenario pada jaringan *mobile WiMAX* terhadap 4 layanan yang diuji yaitu *FTP*, *HTTP*, *video conference*, dan *VoIP* didapatkan hasil seperti pada tabel VII, VIII, dan IX.

TABEL VII
PENGUKURAN DELAY SKENARIO 1

Layanan	Rata-rata delay (ms)	indeks	kategori
<i>FTP</i>	5347.14468	1	Buruk
<i>HTTP</i>	619.73299	1	Buruk
<i>Video conference</i>	3.91904	4	Sangat bagus
<i>VoIP</i>	260.62925	3	bagus

TABEL VIII
PENGUKURAN DELAY SKENARIO 2

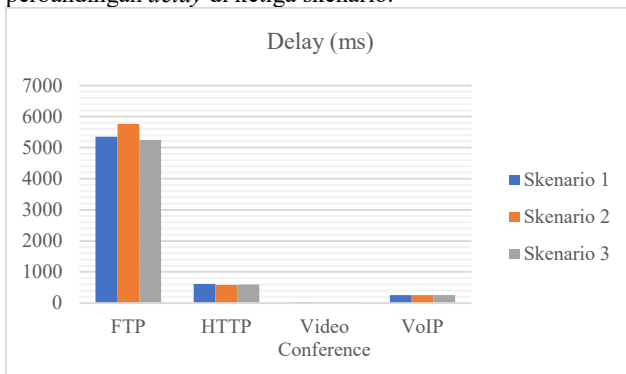
Layanan	Rata-rata delay (ms)	indeks	kategori
<i>FTP</i>	5765.04190	1	Buruk
<i>HTTP</i>	587.16361	1	Buruk
<i>Video conference</i>	2.28657	4	Sangat bagus
<i>VoIP</i>	260.97962	3	bagus

TABEL IX

PENGUKURAN DELAY SKENARIO 3

Layanan	Rata-rata delay (ms)	indeks	kategori
FTP	5255.47904	1	Buruk
HTTP	593.82045	1	Buruk
Video conference	2.55247	4	Sangat bagus
VoIP	260.93365	3	bagus

Berdasarkan penjelasan pada tabel diatas diketahui bahwa pada ketiga skenario, *delay* pada layanan *FTP* mendapatkan *delay* yang buruk di rentang 5255.47904 - 5765.041 ms. Pada layanan *HTTP* mendapatkan *delay* yang buruk di rentang 587.16361 - 619.73299 ms. *Delay* dikatakan buruk dikarenakan standar yang digunakan adalah TIPHON dengan *delay* melebihi 450 ms. Hal ini dikarenakan *FTP* dan *HTTP* mendapatkan urutan prioritas yang rendah, sehingga terjadi tingginya penundaan pada saat penerimaan paket. Pada layanan *video conference* mendapatkan *delay* yang sangat bagus di rentang 2.28657 - 3.91904 ms. *Delay* dikatakan sangat bagus ketika berada dibawah 150 ms sesuai standar TIPHON. Hal ini dikarenakan banyaknya pengguna pada layanan *video conference* yang melakukan *request* secara terus menerus sehingga berpengaruh pada transmisi layanan lainnya. Pada layanan *VoIP* yang mendapatkan prioritas tinggi masih mendapatkan *delay* yang baik di rentang 260.62925 - 260.97962 ms. Berikut pada Gambar 8 adalah grafik perbandingan *delay* di ketiga skenario.



Gambar 8 grafik rata-rata delay 3 skenario

C. Pengujian Jitter

Setelah dilakukan pengukuran *jitter* di ketiga skenario pada jaringan *mobile WiMAX* terhadap 4 layanan yang diuji yaitu *FTP*, *HTTP*, *video conference*, dan *VoIP* didapatkan hasil seperti pada tabel X, XI, dan XII.

TABEL X

PENGUKURAN JITTER SKENARIO 1

Layanan	Rata-rata jitter (ms)	indeks	kategori
FTP	0.000540453	3	Bagus

TABEL XI

PENGUKURAN JITTER SKENARIO 2

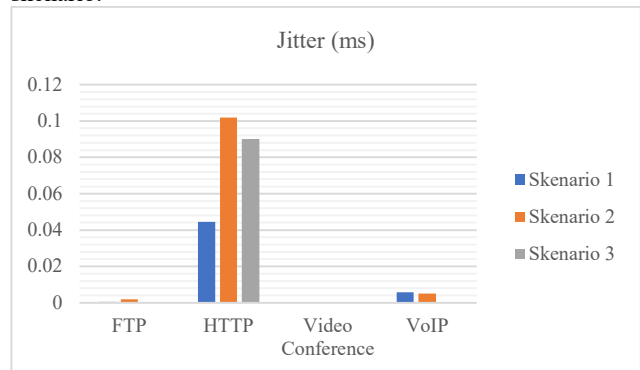
Layanan	Rata-rata jitter (ms)	indeks	kategori
FTP	0.001893466	3	Bagus
HTTP	0.101864529	3	Bagus
Video conference	0.000164906	3	Bagus
VoIP	0.005000422	3	Bagus

TABEL XII

PENGUKURAN JITTER SKENARIO 3

Layanan	Rata-rata jitter (ms)	indeks	kategori
FTP	0.000000000142109	3	Bagus
HTTP	0.090019691	3	Bagus
Video conference	0.000258212	3	Bagus
VoIP	0.00009812018	3	Bagus

Berdasarkan penjelasan pada tabel diatas diketahui bahwa pada ketiga skenario, *jitter* pada layanan *FTP* mendapatkan *jitter* yang bagus di rentang 0.000000000142109 - 0.000540453 ms. Pada layanan *HTTP* mendapatkan *jitter* yang bagus di rentang 0.044612787 - 0.101864529 ms. Pada layanan *video conference* mendapatkan *jitter* yang bagus di rentang 0.000164906 - 0.00038155 ms. Pada layanan *VoIP* mendapatkan *jitter* yang bagus di rentang 0.00009812018 - 0.005887165 ms. *Jitter* dikatakan bagus ketika berada dibawah 75 ms sesuai standar TIPHON dan juga tidak tingginya penghimpunan paket ketika paket tersebut diterima. Berikut pada Gambar 9 adalah grafik perbandingan *jitter* di ketiga skenario.



Gambar 9 grafik rata-rata jitter 3 skenario

D. Pengujian Packet Loss

Setelah dilakukan pengukuran *packet loss* di ketiga skenario jaringan *mobile WiMAX* terhadap 4 layanan yang diuji yaitu *FTP*, *HTTP*, *video conference*, dan *VoIP* didapatkan hasil seperti pada tabel XIII, XIV, dan XV.

TABEL XIII
PENGUKURAN PACKET LOSS SKENARIO 1

Layanan	Rata-rata packet loss (%)	indeks	kategori
FTP	0	4	Sangat bagus
HTTP	0	4	Sangat bagus
Video conference	0.02830	3	bagus
VoIP	0.01334	3	bagus

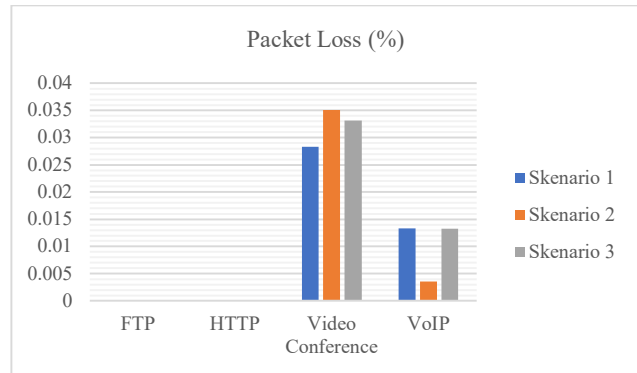
TABEL XIV
PENGUKURAN PACKET LOSS SKENARIO 2

Layanan	Rata-rata packet loss (%)	indeks	kategori
FTP	0	4	Sangat bagus
HTTP	0	4	Sangat bagus
Video conference	0.03509	3	bagus
VoIP	0.00353	3	bagus

TABEL XV
PENGUKURAN PACKET LOSS SKENARIO 3

Layanan	Rata-rata packet loss (%)	indeks	kategori
FTP	0	4	Sangat bagus
HTTP	0	4	Sangat bagus
Video conference	0.03320	3	bagus
VoIP	0.01327	3	bagus

Berdasarkan penjelasan pada tabel diatas diketahui bahwa pada ketiga skenario, pada layanan *FTP* mendapatkan *packet loss* yang sangat bagus sebesar 0%. Pada layanan *HTTP* mendapatkan *packet loss* yang sangat bagus sebesar 0%. Pada layanan *video conference* mendapatkan *packet loss* yang bagus di rentang 0.02830 - 0.03509%. Pada layanan *VoIP* mendapatkan *packet loss* yang bagus di rentang 0.00353 - 0.01334%. Sesuai standar TIPHON *packet loss* dikatakan sangat bagus ketika berada di 0%. Ketika berada dibawah 3% *packet loss* dikatakan bagus. Berikut pada Gambar 10 adalah grafik perbandingan *packet loss* di ketiga skenario.



Gambar 10 grafik rata-rata packet loss 3 skenario

E. Nilai Quality of Service

Berdasarkan pengujian layanan-layanan di jaringan *mobile WiMAX* didapatkan hasil sebagai kategori untuk menentukan semua parameter *QoS*. Berdasarkan standar TIPHON kategori tersebut dikelompokkan menjadi 4 “Sangat Memuaskan” dengan nilai 3,8 – 4, “Memuaskan” dengan nilai 3 – 3,79, “Kurang Memuaskan” dengan nilai 2 – 2,99, dan “Jelek” dengan nilai 1 – 1,99. Berdasarkan pada tabel XVI masing-masing layanan yang diuji dikelompokkan berdasarkan kategori dan nilai *QoS*. *FTP* dan *HTTP* masuk pada kategori “Memuaskan” dengan nilai 3. Layanan *video conference* masuk pada kategori “Memuaskan” dengan nilai 3.5. Layanan *VoIP* masuk pada kategori “Memuaskan” dengan nilai 3.25.

TABEL XVI
NILAI QoS PADA LAYANAN YANG DIUJI

Layanan	Skenario	Nilai	Kategori
FTP	1	3	Memuaskan
	2	3	Memuaskan
	3	3	Memuaskan
HTTP	1	3	Memuaskan
	2	3	Memuaskan
	3	3	Memuaskan
Video Conference	1	3.5	Memuaskan
	2	3.5	Memuaskan
	3	3.5	Memuaskan
VoIP	1	3.25	Memuaskan
	2	3.25	Memuaskan
	3	3.25	Memuaskan

Layanan *FTP* nilai *QoS* pada ketiga skenario mendapatkan rata-rata nilai sebesar 3 dengan kategori “Memuaskan”. Layanan *HTTP* nilai *QoS* pada ketiga skenario mendapatkan rata-rata nilai sebesar 3 dengan kategori “Memuaskan”. Layanan *video conference* nilai *QoS* pada ketiga skenario mendapatkan rata-rata nilai sebesar 3.5 dengan kategori “Memuaskan”. Layanan *VoIP* nilai *QoS* pada ketiga skenario mendapatkan rata-rata nilai sebesar 3.25 dengan kategori “Memuaskan”. Berdasarkan standar TIPHON rata-rata nilai *QoS* terhadap 4 layanan yang diuji dengan menggunakan algoritma penjadwalan yaitu *Priority Queueing* dapat

dikategorikan “Memuaskan” dengan nilai 3.1875. Rata-rata kualitas seluruh layanan yang diuji seperti pada tabel XVII

TABEL XVII
RATA-RATA KUALITAS LAYANAN

Layanan	Nilai	Kategori
FTP	3	Memuaskan
HTTP	3	Memuaskan
Video conference	3.5	Memuaskan
VoIP	3.25	Memuaskan
Rata-rata	3.1875	Memuaskan

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian 4 layanan yaitu, *FTP*, *HTTP*, *video conference*, dan *VoIP* pada jaringan *mobile WiMAX* dengan menggunakan algoritma penjadwalan yaitu *Priority Queueing* yang diujikan sebanyak 3 skenario, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Penerapan algoritma *Priority Queueing* sebagai algoritma penjadwalan memiliki kelemahan pada beberapa layanan. Pada *traffic* jaringan yang padat, layanan dengan prioritas tinggi seperti *VoIP* mendapatkan *delay* yang baik, namun *delay* yang terbaik didapatkan pada layanan *video conference*. Hal ini dikarenakan banyaknya pengguna pada *video conference* yang melakukan *request* secara terus menerus yang berpengaruh pada transmisi pada layanan *VoIP*.
2. Nilai *throughput* pada setiap layanan didapatkan hasil sebagai berikut: layanan *FTP* mendapatkan nilai *throughput* terbaik pada skenario kedua sebesar 2259.30954 bps. Pada layanan *HTTP* mendapatkan nilai *throughput* terbaik pada skenario kedua sebesar 3112.70472 bps. Layanan *video conference* mendapatkan nilai *throughput* terbaik pada skenario pertama sebesar 4000.45667 bps. Layanan *VoIP* mendapatkan nilai *throughput* terbaik pada skenario pertama sebesar 3200.45111 bps. Semua layanan pada parameter *throughput* dapat dikategorikan bagus sesuai standar TIPHON.
3. Nilai *delay* pada setiap layanan didapatkan hasil sebagai berikut: layanan *FTP* mendapatkan nilai *delay* terbaik pada skenario ketiga sebesar 5255.47904 ms. Pada layanan *HTTP* mendapatkan nilai *delay* terbaik pada skenario kedua sebesar 587.16361 ms. Pada layanan *video conference* mendapatkan nilai *delay* terbaik pada skenario kedua sebesar 2.28657 ms. Pada layanan *VoIP* mendapatkan nilai *delay* terbaik pada skenario pertama sebesar 260.62925 ms. Pada layanan *video conference* dan *VoIP* *delay* yang didapat dikategorikan bagus. Pada layanan *HTTP* dan *FTP* *delay* yang didapat dikategorikan buruk.
4. Nilai *jitter* pada setiap layanan didapatkan hasil sebagai berikut: layanan *FTP* mendapatkan nilai *jitter* terbaik pada skenario ketiga sebesar 0.000000000142109 ms. Pada layanan *HTTP* mendapatkan nilai *jitter* terbaik pada skenario pertama sebesar 0.04461279 ms. Pada layanan *video conference* mendapatkan nilai *jitter* terbaik pada skenario kedua sebesar 0.000164906 ms. Pada layanan

VoIP mendapatkan nilai *jitter* terbaik pada skenario ketiga sebesar 0.00009812018 ms. Seluruh layanan yang diuji mendapatkan nilai *jitter* yang dikategorikan bagus.

5. Nilai *packet loss* pada setiap layanan didapatkan hasil sebagai berikut: layanan *FTP* mendapatkan nilai *packet loss* terbaik pada ketiga skenario sebesar 0%. Pada layanan *HTTP* mendapatkan nilai *packet loss* terbaik pada ketiga skenario sebesar 0%. Pada layanan *video conference* mendapatkan nilai *packet loss* terbaik pada skenario pertama sebesar 0.02830%. Pada layanan *VoIP* mendapatkan nilai *packet loss* terbaik pada skenario kedua sebesar 0.00353%. *Packet loss* pada layanan *FTP* dan *HTTP* dikategorikan sangat bagus. Pada layanan *video conference* dan *VoIP* masuk pada kategori bagus.
6. Hasil nilai *QoS* pada masing-masing layanan yang diuji sebagai berikut: layanan *FTP* dan *HTTP* pada ketiga skenario mendapatkan nilai 3 dan masuk pada kategori “Memuaskan”. Layanan *video conference* pada ketiga skenario mendapatkan nilai 3.5 dan masuk pada kategori “Memuaskan”. Layanan *VoIP* pada ketiga skenario mendapatkan nilai 3.25 dan masuk pada kategori “Memuaskan”. Jadi rata-rata nilai *QoS* berdasarkan standar TIPHON terhadap 4 layanan yang dilakukan pengujian sebanyak 3 kali dengan menggunakan algoritma penjadwalan *Priority Queueing* di jaringan *mobile WiMAX* yaitu mendapatkan nilai 3.1875 masuk pada kategori “Memuaskan”.

V. SARAN

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menemukan algoritma yang lebih cocok dengan jaringan *mobile WiMAX* dan dapat diimplementasikan secara nyata
2. Diharapkan penelitian selanjutnya dilakukan uji coba dengan simulator yang berbeda untuk dapat dijadikan perbandingan hasil dari simulasi jaringan *mobile WiMAX* menggunakan *OPNET Modeler* dengan simulator lainnya

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur atas rahmat dan ridho Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kemudahan terhadap saya atas pengerjaan dan penyelesaian penelitian ini. Shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya. Terima kasih kepada seluruh keluarga saya dan terutama orang tua saya yang telah memberikan dukungan doa dan semangat dalam menuntut ilmu selama ini. Terima kasih juga kepada dosen pembimbing saya yang telah membimbing saya dari awal sampai akhir. Terima kasih juga kepada seluruh teman-teman yang telah mendukung saya. Dan terakhir terima kasih kepada seluruh pihak dari universitas maupun diluar universitas yang sudah mendukung jalannya pengerjaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Murhaban and A. Ashari, “Analisa Metode Handover Pada Jaringan WiMAX,” *IJCCS*, vol. X, no. 1, pp. 59-70, 2016.

- [2] A. A. Abdulrazzaq, A. J. Abid and A. H. Ali, "QoS Performances Evaluation for Mobile WIMAX Networks based on OPNET," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. XIII, no. 9, pp. 6545-6550, 2018.
- [3] N. Lal and S. Kumar, "An Efficient Uplink Scheduler for WiMAX Communication System with Prevention from Security Attacks," vol. XXIV, no. 2, pp. 133-152, 2019.
- [4] K. A. B. A, E. K. M and B. J, "Wi-Fi and WiMax QoS Performance Analysis on High-Level-Traffic using OPNET Modeler," *Pertanika Journal Science & Technology*, vol. XXV, no. 4, pp. 1343-1356, 2017.
- [5] B. M. AL-Mahadeen and A. Al-Msedan, "Improving the QoS of VoIP over WiMAX Networks Using OPNET Modeler," *IJCSNS*, vol. XVII, no. 8, pp. 132-142, 2017.
- [6] K. Abdalgader and D. K. Saini, "Data Streams Scheduling Approach for WiMAX Networks," *Journal of Communications*, vol. XV, no. 6, pp. 469-479, 2020.
- [7] Z. A. Shareef, M. Hussin, A. Abdullah and A. Muhammed, "Class-based QoS scheduling of WiMAX networks," *High Speed Networks*, vol. XXIV, pp. 345-362, 2018.
- [8] M. Cildo, A. Ibarra and F. Mallor, "Accumulating priority queues versus pure priority queues for managing patients in emergency departments," *Operations Research for Health Care*, vol. XXIII, pp. 2-19, 2019.
- [9] D. Strzeciwlk and W. M. Zuberek, "Modeling and Performance Analysis of Weighted Priority Queueing for Packet-Switched Networks," *Journal of Computer and Communications*, vol. VI, pp. 195-208, 2018.
- [10] C. Eduardo, C. Jaime, D. Manuel , R. Bartolome and T. M. Jose, "Performance analysis of wireless sensor networks and priority queueing systems," *IJSNET*, vol. XXX, no. 2, pp. 126-139, 2019.
- [11] A. Rahmanovic and M. Saracevic, "Analysis of Security of QoS in WiMAX and Mobile Networks," *SAR*, vol. III, no. 3, pp. 124-132, 2020.
- [12] W. Rika, "Analisis QoS (Quality of Service) pada Jaringan Internet (Studi Kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon - LIPD)," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. II, no. 2, pp. 162-172, 2016.
- [13] "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)," *TR 101 329 v2.1.1*, 1999.