

Analisis Pengaruh Pointing Sudut Antena Subscriber Unit (SU) Terhadap Quality Of Service (QoS) Pada Jaringan Testbed WiMax Standar IEEE 802.16d

Danang Ardhy Haryanto¹, Sigit Kusmaryanto²

Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia, 0341551661

danangardhy@gmail.com¹, sigitkus@ub.ac.id²

Abstrak— Penelitian ini membahas pengaruh perubahan sudut pointing antenna subscriber jaringan wimax standar 802.16d. *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) IEEE 802.16d* merupakan salah satu teknologi yang mampu memberikan data secara cepat dan efisien secara nirkabel. Dalam implementasinya, WiMAX memiliki kekhawatiran apakah perubahan sudut pointing pada antena penerima mempengaruhi sinyal yang diterima oleh antena penerima menjadi lemah dan performansi menjadi terganggu dengan cara melihat 4 parameter yaitu signal to noise ratio, throughput, delay dan packet loss. Sudut pointing antena penerima akan dirubah secara mekanik (manual). Hasil penelitian menunjukan untuk nilai signal to noise ratio (SNR) terbesar terdapat pada sudut 180° di sudut azimuth subscriber 1 dengan nilai 27.7 dB. Semakin besar nilai SNR, maka kualitas transmisi sinyal akan semakin baik. Nilai delay pada perubahan sudut pointing antena berdasarkan standar ITU-T G.114 termasuk dalam kategori baik dengan nilai <150ms. Nilai delay terbesar yaitu 0.03493 s pada perubahan sudut elevasi subscriber unit 1 sebesar 30° dengan scheduling RTPS sedangkan nilai delay terkecil yaitu 0.00413 s pada perubahan sudut elevasi -30° subscriber unit 1 dengan scheduling UGS. Nilai throughput pada perubahan sudut pointing antena relatif baik. Nilai throughput terbesar yaitu 3.57813 Mbit/s pada perubahan sudut azimuth subscriber unit 2 270° dengan scheduling UGS sedangkan nilai throughput terkecil 0.64355 Mbit/s pada perubahan sudut azimuth subscriber unit 1 0° dengan scheduling UGS. Semakin besar nilai throughput maka proses penerimaan paket data di sisi pengguna semakin cepat. Nilai packet loss pada perubahan sudut pointing antena dengan nilai terbesar 27.7% pada sudut elevasi 30° subscriber 2 dengan scheduling RTPS. Sedangkan nilai terendah 1.12% pada sudut azimuth 270° subscriber 2 dengan scheduling BE. Menurut standar TIPHON 2012, nilai packet loss pada nilai tertinggi termasuk kategori buruk karena memiliki persentase >15% sedangkan pada nilai terendah termasuk kategori bagus karena memiliki presentase 0 – 15%.

Kata kunci : WiMAX 802.16d, sudut pointing antena, QoS, live streaming.

1. Pendahuluan

WiMAX merupakan pengembangan dari teknologi Broadband Wireless Access (BWA) yang memiliki kecepatan akses yang tinggi dan jangkauan yang luas. Berdasarkan Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEEE) 802.16 Air Interface Standard, WiMAX memberikan arsitektur point-to-multipointing, sehingga menjadikannya metode ideal bagi operator untuk menyediakan broadband ke lokasi dimana koneksi kabel dinilai sulit atau mahal. Tetapi dalam praktek pentransmisian WiMAX memiliki beberapa masalah. Salah satunya adalah apakah perubahan sudut pointing antena penerima (receiver) yang tidak mengarah tepat pada antena pemancar (transmitter) akan mempengaruhi performansi WiMAX. Biasanya disebabkan oleh faktor kesalahan manusia, kerusakan komponen pendukung dan bencana alam yang membuat antena bergeser sudut pointing. Pergeseran sudut antena bisa mengakibatkan

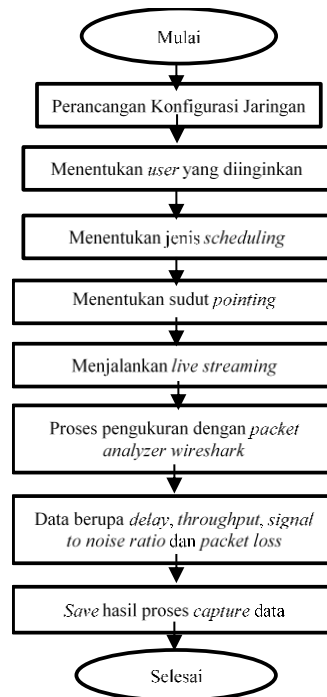
penerimaan sinyal yang tidak optimal sehingga mempengaruhi performansi WiMAX terhadap suatu layanan.

Sudut pointing antenna yang dimaksud adalah arah sudut antenna penerima terhadap antenna pemancar. Prinsip pointing adalah bagaimana mengatur jalur komunikasi radio yang memberikan performansi (kinerja) tertinggi. Salah satu keunggulan WiMAX adalah menawarkan Quality of Service (QoS) yang berbeda dalam varian scheduling sesuai dengan aplikasi pengguna.

Pengaplikasian layanan live streaming pada WiMAX membutuhkan frekuensi downlink yang dibuat lebih tinggi daripada frekuensi uplink, hal ini berhubungan dengan masalah daya yang harus disediakan oleh penyedia layanan. Semakin tinggi frekuensi maka gangguan (noise) akan semakin besar, sehingga diperlukan daya yang lebih besar agar kualitasnya lebih terjamin. Semakin jauh jarak Base Station dengan user juga berpengaruh terhadap kebutuhan daya. Namun, di sisi lain daya pancar yang besar dapat berpengaruh pada kesehatan (radiasi, anemia, dll.) sehingga kebutuhan daya pancar yang dihasilkan menjadi pertimbangan yang sangat penting. Selain itu, pada aplikasi live streaming masalah yang ada bertambah dengan kebutuhan akan ketersediaan bandwidth yang mempengaruhi kualitas gambar yang ditampilkan.

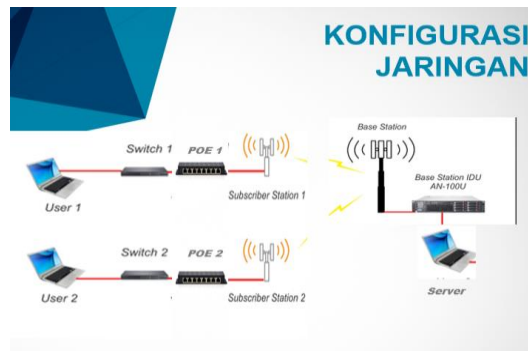
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Universitas Brawijaya Malang. Data primer diperoleh dari hasil capturing data dengan menggunakan *packet analyzer wireshark*.



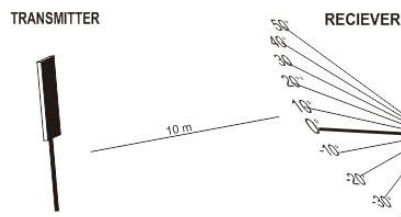
Gambar 1. Diagram alir pengambilan data.

Dalam pengambilan data akan dilakukan dengan merubah sudut pointing antenna subscriber station (SS) 1 dan subscriber station (SS) 2 yaitu 0° (sejajar), -30° , dan 30° pada sudut elevasi dan 0° , 90° , 180° dan 270° pada sudut azimuth yang menggunakan busur derajat di Laboratorium Telekomunikasi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan menggunakan *client* atau pengguna yang mengakses aplikasi *live streaming*. *Live streaming* yang digunakan pada penelitian ini berupa video yang di-streaming yang menggunakan program *VLC media player*. Aplikasi *Wireshark* akan dihubungkan dengan WiMAX 802.16d yang digunakan untuk mendapatkan nilai *signal to noise ratio*, *throughput*, *packet loss* dan *delay* yang menjadi nilai parameter pada penelitian ini. Gambar 2 merupakan ilustrasi konfigurasi jaringan.

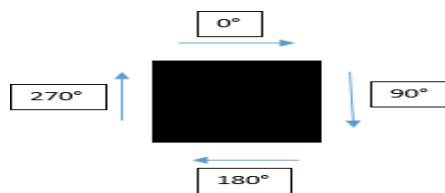


Gambar 2. Konfigurasi jaringan pengambilan data primer.

Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan ilustrasi skenario perubahan sudut antena penerima pada proses pengambilan data. Gambar 3 merupakan skenario pengambilan data saat sudut azimuth. Gambar 4 merupakan skenario pengambilan data saat sudut elevasi.



Gambar 3. Ilustrasi pengambilan data sudut elevasi.



Gambar 4. Ilustrasi pengambilan data sudut azimuth.

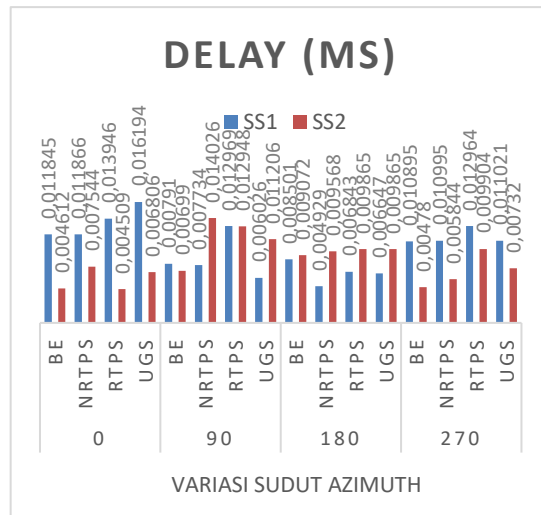
3. Hasil Dan Pembahasan

A. Analisis Perbandingan Uji Delay

Berikut merupakan hasil pengujian data untuk parameter *delay* dengan mengubah sudut azimuth antena SS1 dan SS2 dengan kondisi 4 *scheduling*.

Tabel 1. Data hasil pengujian Delay pengaruh sudut azimuth

Antena	scheduling	Variasi Sudut	Delay (ms)
SS1	BE	0	0.011845
SS1	BE	90	0.00791
SS1	BE	180	0.008501
SS1	BE	270	0.010895
SS1	NRTPS	0	0.011866
SS1	NRTPS	90	0.007734
SS1	NRTPS	180	0.004929
SS1	NRTPS	270	0.010995
SS1	RTPS	0	0.013946
SS1	RTPS	90	0.012969
SS1	RTPS	180	0.006843
SS1	RTPS	270	0.012964
SS1	UGS	0	0.016194
SS1	UGS	90	0.006026
SS1	UGS	180	0.006647
SS1	UGS	270	0.011021
SS2	BE	0	0.004612
SS2	BE	90	0.00699
SS2	BE	180	0.009072
SS2	BE	270	0.00478
SS2	NRTPS	0	0.007544
SS2	NRTPS	90	0.014026
SS2	NRTPS	180	0.009568
SS2	NRTPS	270	0.005844
SS2	RTPS	0	0.004509
SS2	RTPS	90	0.012948
SS2	RTPS	180	0.009865
SS2	RTPS	270	0.009904
SS2	UGS	0	0.006806
SS2	UGS	90	0.011206
SS2	UGS	180	0.009865
SS2	UGS	270	0.00732



Gambar 5. Diagram Pengujian Delay Sudut Azimuth (ms)

Pada Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian delay untuk dua subscriber antenna penerima, yaitu SS1 dan SS2 dengan pengaruh sudut azimuth. Berdasarkan pada gambar berikut, nilai delay untuk 2 subscriber antenna penerima pada WiMAX. Pada subscriber 1 (SS1) scheduling BE (Best Effort) didapatkan nilai terbesar untuk delay sebesar 0.011845 pada sudut 0°. Dan pada scheduling NRTPS (Non-Real Time Polling Service) didapatkan nilai terbesar untuk delay sebesar 0.011886 pada sudut 0°. Dan pada scheduling RTPS (Real Time Polling Service) didapatkan nilai terbesar untuk delay sebesar 0.013946 pada sudut 0°. Dan pada scheduling UGS (Unsoclaited Granular Service) didapatkan nilai terbesar untuk delay sebesar 0.016194 pada sudut 0°.

Pada subscriber 2 (SS2) untuk scheduling BE (Best Effort) didapatkan nilai delay terbesar sebesar 0.009702 pada sudut 180°. Dan pada scheduling NRTPS (Non-Real Time Polling Service) didapatkan nilai terbesar untuk delay sebesar 0.014026 pada sudut 90°. Dan pada scheduling RTPS (Real Time Polling Service) didapatkan nilai terbesar untuk delay sebesar 0.012948 pada sudut 90°. Dan pada scheduling UGS (Unsoclaited Granular Service) didapatkan nilai delay terbesar sebesar 0.011206 pada perubahan sudut azimuth 90°.

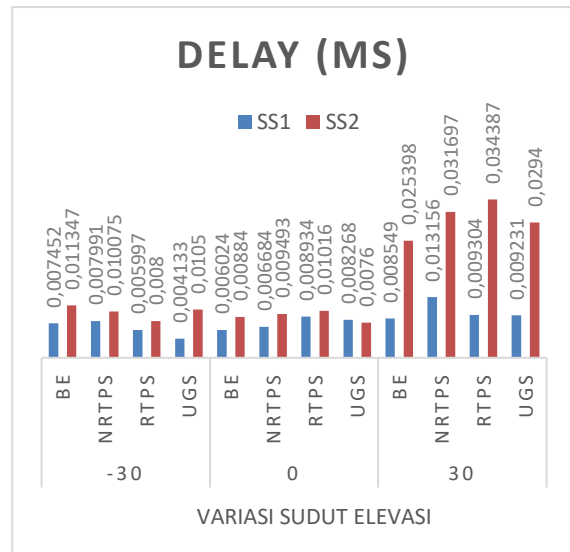
Untuk SS1 hasil nilai delay terbesar berada pada scheduling UGS (Unsoclaited Granular Service) dengan nilai 0.016194 pada perubahan sudut azimuth sebesar 0° dan pada nilai terkecil berada pada scheduling NRTPS (Non-Real Time Polling Service) dengan nilai sebesar 0.04929 pada perubahan sudut azimuth 180°.

Untuk SS2 hasil nilai terbesar berada pada scheduling NRTPS (Non-Real Time Polling Service) dengan nilai sebesar 0.014026 pada perubahan sudut azimuth 90° dan pada nilai terkecil

berada pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) dengan nilai 0.004509 pada perubahan sudut azimuth 0°.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Delay

Antena	Scheduling	Variasi Sudut	Delay (ms)
SS1	BE	-30	0.007452
SS1	BE	0	0.006024
SS1	BE	30	0.008549
SS1	NRTPS	-30	0.007991
SS1	NRTPS	0	0.006684
SS1	NRTPS	30	0.013156
SS1	RTPS	-30	0.005997
SS1	RTPS	0	0.008934
SS1	RTPS	30	0.009304
SS1	UGS	-30	0.004133
SS1	UGS	0	0.008268
SS1	UGS	30	0.009231
SS2	BE	-30	0.011347
SS2	BE	0	0.00884
SS2	BE	30	0.025398
SS2	NRTPS	-30	0.010075
SS2	NRTPS	0	0.009493
SS2	NRTPS	30	0.031697
SS2	RTPS	-30	0.008
SS2	RTPS	0	0.01016
SS2	RTPS	30	0.034387
SS2	UGS	-30	0.0105
SS2	UGS	0	0.0076
SS2	UGS	30	0.0294



Gambar 6. Diagram Pengujian Delay Pengaruh Sudut Elevasi

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian *delay* untuk dua *subscriber* antenna penerima, yaitu SS1 dan SS2 dengan pengaruh sudut elevasi. Berdasarkan pada gambar berikut, nilai *delay* untuk 2 *subscriber* antenna penerima pada WiMAX. Pada *subscriber* 1 (SS1) *scheduling* BE (*Best Effort*) didapatkan nilai terbesar untuk *delay* sebesar 0.08549 pada sudut 30°. Dan pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *delay* sebesar 0.013156 pada sudut 30°. Dan pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *delay* sebesar 0.009304 pada sudut 30°. Dan pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *delay* sebesar 0.009231 pada sudut 30°.

Pada *subscriber* 2 (SS4) untuk *scheduling* BE (*Best Effort*) didapatkan nilai *delay* terbesar sebesar 0.025398 pada sudut 30°. Dan pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *delay* sebesar 0.031697 pada sudut 300°. Dan pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *delay* sebesar 0.034387 pada sudut 30°. Dan pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) didapatkan nilai *delay* terbesar sebesar 0.0294 pada perubahan sudut elevasi 30°.

Untuk SS1 hasil nilai *delay* terbesar berada pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) dengan nilai 0.013156 pada perubahan sudut elevasi sebesar 30° dan pada nilai terkecil berada pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) dengan nilai sebesar 0.004133 pada perubahan sudut elevasi -30°.

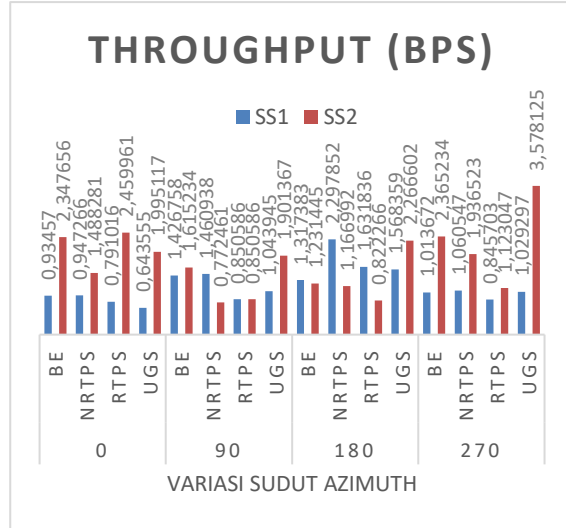
Untuk SS2 hasil nilai terbesar berada pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) dengan nilai sebesar 0.034387 pada perubahan sudut elevasi 30° dan pada nilai terkecil berada pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) dengan nilai 0.0076 pada perubahan sudut elevasi -30°.

B. Analisis Perbandingan Uji Throughput

Berikut merupakan tabel hasil pengujian data untuk parameter *throughput* dengan mengubah sudut azimuth antenna (SS1 dan SS2) dengan kondisi empat *scheduling*.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian *Throughput*

Antena	Scheduling	Variasi Sudut	Throughput (byte/second)
SS1	BE	0	0.935
SS1	BE	90	1.427
SS1	BE	180	1.317
SS1	BE	270	1.014
SS1	NRTPS	0	0.947
SS1	NRTPS	90	1.461
SS1	NRTPS	180	2.298
SS1	NRTPS	270	1.061
SS1	RTPS	0	0.791
SS1	RTPS	90	0.851
SS1	RTPS	180	1.632
SS1	RTPS	270	0.846
SS1	UGS	0	0.644
SS1	UGS	90	1.044
SS1	UGS	180	1.568
SS1	UGS	270	1.029
SS2	BE	0	2.348
SS2	BE	90	1.615
SS2	BE	180	1.231
SS2	BE	270	2.365
SS2	NRTPS	0	1.488
SS2	NRTPS	90	0.772
SS2	NRTPS	180	1.167
SS2	NRTPS	270	1.937
SS2	RTPS	0	2.460
SS2	RTPS	90	0.851
SS2	RTPS	180	0.822
SS2	RTPS	270	1.123
SS2	UGS	0	1.995
SS2	UGS	90	1.901
SS2	UGS	180	2.267
SS2	UGS	270	3.578



Gambar 7. Diagram Pengujian *Throughput* (Mbps) Pengaruh Sudut Azimuth

Pada Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian *throughput* untuk dua *subscriber* antenna penerima, yaitu SS1 dan SS2 dengan pengaruh sudut azimuth. Berdasarkan pada gambar berikut, nilai *throughput* untuk 2 *subscriber* antenna penerima pada WiMAX. Pada *subscriber* 1 (SS1) *scheduling* BE (*Best Effort*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 1.427 pada sudut 90°. Dan pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 2.298 pada sudut 180°. Dan pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 1.632 pada sudut 180°. Dan pada *scheduling* UGS (*Unscoclaited Granular Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 1.568 pada sudut 180°.

Pada *subscriber* 2 (SS2) untuk *scheduling* BE (*Best Effort*) didapatkan nilai *throughput* terbesar sebesar 2.365 pada sudut 270°. Dan pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 1.937 pada sudut 270°. Dan pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 2.460 pada sudut 0°. Dan pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) didapatkan nilai *throughput* terbesar sebesar 3.578 pada perubahan sudut azimuth 270°.

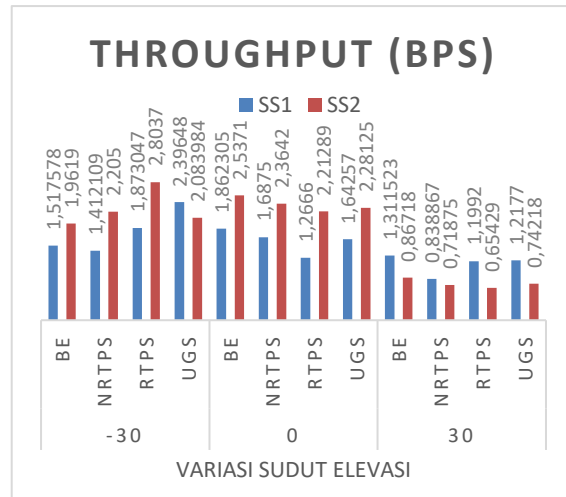
Untuk SS1 hasil nilai *throughput* terbesar berada pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) dengan nilai 2.298 pada perubahan sudut azimuth sebesar 180° dan pada nilai

terkecil berada pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) dengan nilai sebesar 0.644 pada perubahan sudut azimuth 0°.

Untuk SS2 hasil nilai terbesar berada pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) dengan nilai sebesar 3.578 pada perubahan sudut azimuth 270° dan pada nilai terkecil berada pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) dengan nilai 0.772 pada perubahan sudut azimuth 90°.

Tabel 6. Data Hasil Pengujian *Throughput*

Antena	Scheduling	Variasi Sudut	Throughput (byte/second)
SS1	BE	-30	1.518
SS1	BE	0	1.862
SS1	BE	30	1.312
SS1	NRTPS	-30	1.412
SS1	NRTPS	0	1.688
SS1	NRTPS	30	0.839
SS1	RTPS	-30	1.873
SS1	RTPS	0	1.267
SS1	RTPS	30	1.199
SS1	UGS	-30	2.396
SS1	UGS	0	1.643
SS1	UGS	30	1.218
SS2	BE	-30	1.962
SS2	BE	0	2.537
SS2	BE	30	0.867
SS2	NRTPS	-30	2.205
SS2	NRTPS	0	2.364
SS2	NRTPS	30	0.719
SS2	RTPS	-30	2.804
SS2	RTPS	0	2.213
SS2	RTPS	30	0.654
SS2	UGS	-30	2.084
SS2	UGS	0	2.281
SS2	UGS	30	0.742



Gambar 8. Diagram Pengujian *Throughput* Sudut Pengaruh Sudut Elevasi

Pada Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian *throughput* untuk dua *subscriber* antenna penerima, yaitu SS1 dan SS2 dengan pengaruh sudut elevasi. Berdasarkan pada gambar berikut, nilai *throughput* untuk 2 *subscriber* antenna penerima pada WiMAX. Pada *subscriber* 1 (SS1) *scheduling* BE (*Best Effort*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 1.862 pada sudut 0°. Dan pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 1.688 pada sudut -0°. Dan pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 1.873 pada sudut -30°. Dan pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 2.396 pada sudut -30°.

Pada *subscriber* 2 (SS2) untuk *scheduling* BE (*Best Effort*) didapatkan nilai *throughput* terbesar sebesar 2.537 pada sudut 0°. Dan pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 2.364 pada sudut 30°. Dan pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbesar untuk *throughput* sebesar 2.804 pada sudut -30°. Dan pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) didapatkan nilai *throughput* terbesar sebesar 2.281 pada perubahan sudut elevasi 0°.

Untuk SS1 hasil nilai *throughput* terbesar berada pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) dengan nilai 2.396 pada perubahan sudut elevasi sebesar -30° dan pada nilai terkecil berada pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) dengan nilai sebesar 0.839 pada perubahan sudut elevasi 30°.

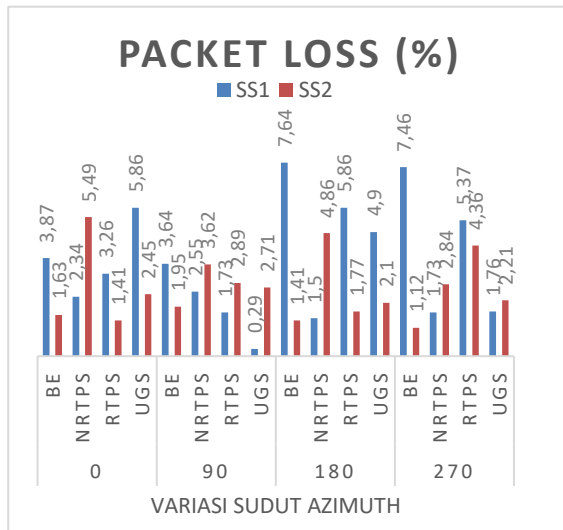
Untuk SS2 hasil nilai terbesar berada pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) dengan nilai sebesar 2.804 pada perubahan sudut elevasi -30° dan pada nilai terkecil berada pada

scheduling RTPS (*Real Time Polling Service*) dengan nilai 0.654 pada perubahan sudut azimuth 30°.

C. Analisis Perbandingan Uji Packet loss

Tabel 7. Data Hasil Pengujian *Packet Loss*

Antena	Scheduling	Variasi Sudut	Packet Loss (%)
SS1	BE	0	3.87
SS1	BE	90	3.64
SS1	BE	180	7.64
SS1	BE	270	7.46
SS1	NRTPS	0	2.34
SS1	NRTPS	90	2.55
SS1	NRTPS	180	1.5
SS1	NRTPS	270	1.73
SS1	RTPS	0	3.26
SS1	RTPS	90	1.73
SS1	RTPS	180	5.86
SS1	RTPS	270	5.37
SS1	UGS	0	5.86
SS1	UGS	90	0.29
SS1	UGS	180	4.9
SS1	UGS	270	1.76
SS2	BE	0	1.63
SS2	BE	90	1.95
SS2	BE	180	1.41
SS2	BE	270	1.12
SS2	NRTPS	0	5.49
SS2	NRTPS	90	3.62
SS2	NRTPS	180	4.86
SS2	NRTPS	270	2.84
SS2	RTPS	0	1.41
SS2	RTPS	90	2.89
SS2	RTPS	180	1.77
SS2	RTPS	270	4.36
SS2	UGS	0	2.45
SS2	UGS	90	2.71
SS2	UGS	180	2.1
SS2	UGS	270	2.21



Gambar 9. Diagram Pengujian *Packet loss (%)* Pengaruh Sudut Azimuth

Pada Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian *packet loss* untuk dua *subscriber* antenna penerima, yaitu SS1 dan SS2 dengan pengaruh sudut azimuth. Berdasarkan pada gambar berikut, nilai *packet loss* untuk 2 *subscriber* antenna penerima pada WiMAX. Pada *subscriber* 1 (SS1) *scheduling* BE (*Best Effort*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 3.64 pada sudut 90°. Dan pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 1.5 pada sudut 180°. Dan pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 1.73 pada sudut 90°. Dan pada *scheduling* UGS (*Unscloaited Granular Service*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 0.29 pada sudut 90°.

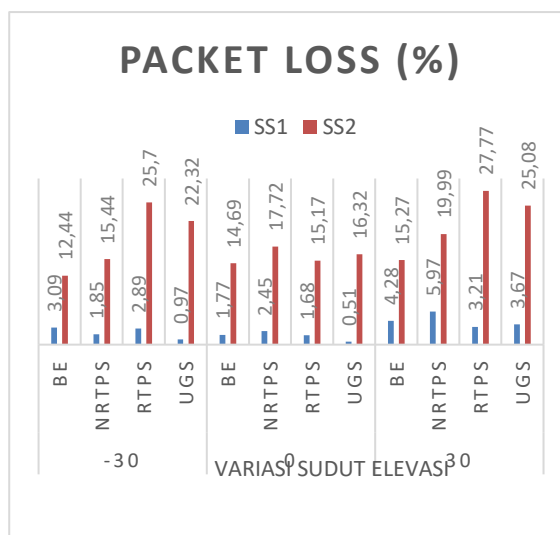
Pada *subscriber* 2 (SS2) untuk *scheduling* BE (*Best Effort*) didapatkan nilai *packet loss* terbaik sebesar 1.12 pada sudut 270°. Dan pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 2.84 pada sudut 270°. Dan pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 1.41 pada perubahan sudut 0°. Dan pada *scheduling* UGS (*Unscloaited Granular Service*) didapatkan nilai *packet loss* terbaik sebesar 2.1 pada perubahan sudut azimuth 180°.

Untuk SS1 hasil nilai *packet loss* terbaik berada pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) dengan nilai 0.29 pada perubahan sudut azimuth sebesar 90° dan pada nilai terlambat berada pada *scheduling* BE (*Best Effort*) dengan nilai sebesar 7.64 pada perubahan sudut azimuth 180°.

Untuk SS2 hasil nilai terbaik berada pada *scheduling* BE (*Best Effort*) dengan nilai sebesar 1.12 pada perubahan sudut azimuth 270° dan pada nilai terlambat berada pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) dengan nilai 5.49 pada perubahan sudut azimuth 270°.

Tabel 8. Data Hasil Pengujian *Packet Loss* Pengaruh Sudut Elevasi

Antena	Scheduling	Variasi Sudut	Packet Loss (%)
SS1	BE	-30	3.09
SS1	BE	0	1.77
SS1	BE	30	4.28
SS1	NRTPS	-30	1.85
SS1	NRTPS	0	2.45
SS1	NRTPS	30	5.97
SS1	RTPS	-30	2.89
SS1	RTPS	0	1.68
SS1	RTPS	30	3.21
SS1	UGS	-30	0.97
SS1	UGS	0	0.51
SS1	UGS	30	3.67
SS2	BE	-30	12.44
SS2	BE	0	14.69
SS2	BE	30	15.27
SS2	NRTPS	-30	15.44
SS2	NRTPS	0	17.72
SS2	NRTPS	30	19.99
SS2	RTPS	-30	25.7
SS2	RTPS	0	15.17
SS2	RTPS	30	27.77
SS2	UGS	-30	22.32
SS2	UGS	0	16.32
SS2	UGS	30	25.08



Gambar 10. Diagram Pengujian *Packet Loss* Pengaruh Sudut Elevasi

Pada Gambar 10 menunjukkan hasil pengujian *packet loss* untuk dua *subscriber* antenna penerima, yaitu SS1 dan SS2 dengan pengaruh sudut elevasi. Berdasarkan pada gambar berikut, nilai *packet loss* untuk 2 *subscriber* antenna penerima pada WiMAX. Pada *subscriber* 1 (SS1) *scheduling* BE (*Best Effort*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 1.77 pada sudut 0°. Dan pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 1.85 pada sudut -30°. Dan pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 1.68 pada sudut 0°. Dan pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 0.51 pada sudut 0°.

Pada *subscriber* 2 (SS2) untuk *scheduling* BE (*Best Effort*) didapatkan nilai *packet loss* terbaik sebesar 12.44 pada sudut -30°. Dan pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 15.44 pada sudut -30°. Dan pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) didapatkan nilai terbaik untuk *packet loss* sebesar 15.17 pada sudut 0°. Dan pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) didapatkan nilai *packet loss* terbaik sebesar 16.32 pada perubahan sudut elevasi 0°.

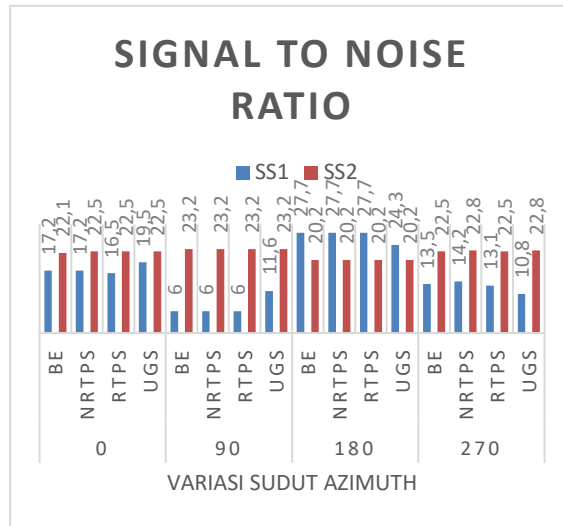
Untuk SS1 hasil nilai *packet loss* terbaik berada pada *scheduling* UGS (*Unsoclaited Granular Service*) dengan nilai 0.51 pada perubahan sudut elevasi sebesar 0° dan pada nilai terlambat berada pada *scheduling* NRTPS (*Non-Real Time Polling Service*) dengan nilai sebesar 5.97 pada perubahan sudut elevasi 30°.

Untuk SS2 hasil nilai terbaik berada pada *scheduling* BE (*Best Effort*) dengan nilai sebesar 12.44 pada perubahan sudut elevasi -30° dan pada nilai terlambat berada pada *scheduling* RTPS (*Real Time Polling Service*) dengan nilai 27.77 pada perubahan sudut azimuth 30° .

D. Analisis Perbandingan Uji *Signal to Noise Ratio*

Tabel 9. Data Hasil Pengujian *Signal to Noise*

Antena	Scheduling	Variasi Sudut	Signal to Noise Ratio
SS1	BE	0	17.2
SS1	BE	90	6
SS1	BE	180	27.7
SS1	BE	270	13.5
SS1	NRTPS	0	17.2
SS1	NRTPS	90	6
SS1	NRTPS	180	27.7
SS1	NRTPS	270	14.2
SS1	RTPS	0	16.5
SS1	RTPS	90	6
SS1	RTPS	180	27.7
SS1	RTPS	270	13.1
SS1	UGS	0	19.5
SS1	UGS	90	11.6
SS1	UGS	180	24.3
SS1	UGS	270	10.8
SS2	BE	0	22.1
SS2	BE	90	23.2
SS2	BE	180	20.2
SS2	BE	270	22.5
SS2	NRTPS	0	22.5
SS2	NRTPS	90	23.2
SS2	NRTPS	180	20.2
SS2	NRTPS	270	22.8
SS2	RTPS	0	22.5
SS2	RTPS	90	23.2
SS2	RTPS	180	20.2
SS2	RTPS	270	22.5
SS2	UGS	0	22.5
SS2	UGS	90	23.2
SS2	UGS	180	20.2
SS2	UGS	270	22.8



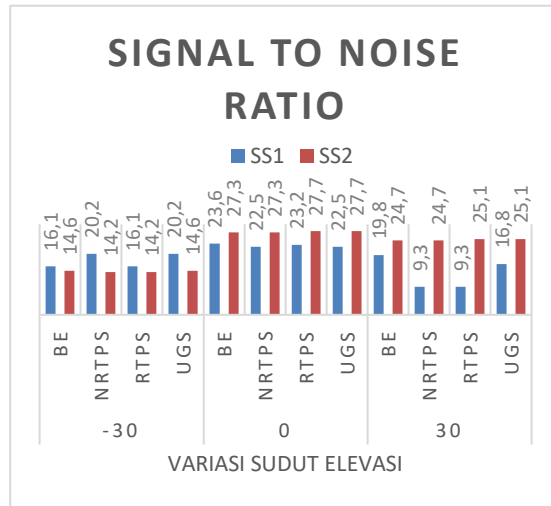
Gambar 11. Diagram Pengujian *Signal to Noise Ratio* Pengaruh Sudut Azimuth

Pada gambar 11 menunjukkan bahwa pada *Subscriber 1* nilai SNR terbesar berada pada *scheduling* BE, NRTPS, dan RTPS dengan nilai 27.7 pada perubahan sudut azimuth 180° sedangkan nilai SNR terkecil berada pada *scheduling* BE, NRTPS, RTPS dengan nilai 6 pada perubahan sudut azimuth 90° .

Dan pada *subscriber 2* nilai SNR terbesar berada pada *scheduling* BE, NRTPS, RTPS, UGS dengan nilai 23.2 pada perubahan sudut azimuth 90° sedangkan nilai SNR terkecil berada pada *scheduling* BE dengan nilai 22.1 pada perubahan sudut azimuth 0° .

Tabel 10. Data Hasil Pengujian *Signal to Noise Ratio* Pengaruh Sudut Elevasi

Antena	Scheduling	Variasi Sudut	Signal to Noise Ratio
SS1	BE	-30	16.1
SS1	BE	0	23.6
SS1	BE	30	19.8
SS1	NRTPS	-30	20.2
SS1	NRTPS	0	22.5
SS1	NRTPS	30	9.3
SS1	RTPS	-30	16.1
SS1	RTPS	0	23.2
SS1	RTPS	30	9.3
SS1	UGS	-30	20.2
SS1	UGS	0	22.5
SS1	UGS	30	16.8
SS2	BE	-30	14.6
SS2	BE	0	27.3
SS2	BE	30	24.7
SS2	NRTPS	-30	14.2
SS2	NRTPS	0	27.3
SS2	NRTPS	30	24.7
SS2	RTPS	-30	14.2
SS2	RTPS	0	27.7
SS2	RTPS	30	25.1
SS2	UGS	-30	14.6
SS2	UGS	0	27.7
SS2	UGS	30	25.1



Gambar 12 Diagram Pengujian *Signal to Noise Ratio* Pengaruh Sudut Elevasi

Pada gambar 12 menunjukkan bahwa pada *Subscriber 1* nilai SNR terbesar berada pada *scheduling* BE, dan RTPS dengan nilai 23.6 dan 23.2 pada perubahan sudut elevasi 0° sedangkan nilai SNR terkecil berada pada *scheduling* NRTPS, dan RTPS dengan nilai 9.3 pada perubahan sudut elevasi 30°.

Dan pada *subscriber 2* nilai SNR terbesar berada pada *scheduling* RTPS, dan UGS dengan nilai 27.7 pada perubahan sudut elevasi 0° sedangkan nilai SNR terkecil berada pada *scheduling* NRTPS, dan RTPS dengan nilai 14.2 pada perubahan sudut elevasi -30°.

4. Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan analisis simulasi dan perhitungan tentang pengaruh perubahan sudut *pointing* antena terhadap *quality of service* (QoS) aplikasi *video on demand* pada WiMAX 802.16d, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai signal to noise ratio (SNR) terbesar terdapat pada sudut 180° di sudut azimuth berada pada *scheduling* BE, NRTPS, dan RTPS dengan nilai 27.7 dan dengan nilai 27.7 dB berada pada *scheduling* RTPS dan UGS di sudut elevasi 0°. Semakin besar nilai SNR, maka kualitas transmisi sinyal akan semakin baik.
2. Nilai delay cendrung fluktuatif pada data dari hasil pengukuran dengan metode *point to multipoint*. Nilai delay pada variasi perubahan sudut *pointing* antena tergolong dalam kategori baik menurut ITU-T G.114 bahwa nilai delay yang baik pada jaringan < 150 ms.
3. Nilai *packet loss* pada perubahan sudut *pointing* antena dengan nilai terbesar 27.7% pada sudut elevasi 30° *subscriber 2* dengan *scheduling* RTPS. Sedangkan nilai terendah 1.12% pada sudut azimuth 270° *subscriber 2* dengan *scheduling* BE. Menurut standar TIPHON 2012, nilai *packet loss* pada nilai tertinggi termasuk kategori buruk karena memiliki persentase >15% sedangkan pada nilai terendah termasuk kategori bagus karena memiliki persentase 0 – 15%.

4. Nilai throughput pada perubahan sudut pointing antena dengan sudut azimuth dan elevasi untuk metode *point to multipoint* mengalami nilai yang fluktuatif namun tidak memiliki selisih yang signifikan.
5. Semua hasil nilai simulasi tidak luput dari faktor *reflection* dan *diffraction* yang besar karena terjadi didalam ruangan dan error akibat internal sistem.

Daftar Pustaka

- [1] ITU-T .2003. *Recommendation ITU- T G.114: One-Way Transmission Time. (Online)*. <http://www.itu.int/rec/TRECG.114-200305-I/en> (diakses 12 JANUARI 2018)
- [2] TIPHON. 1998. *General aspects of Quality of Service (QoS)*.
- [3] Redline Communications. 2010. AN 100 U dan AN 100 UX.
- [4] Andrew, Jeffrey G., Anuraba, Ghosh. 2007. *Fundamental of WiMAX :Understanding Broadband Wireless Networking. United states : Pearson Education*.
- [5] Wikipedia. *Line of sight propagation. (Online)*. http://en.wikipedia.org/wiki/Line-of-sight_propagation (diakses tanggal 12 Januari 2018)
- [6] Laboratorium Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. 2014. Modul Praktikum S2: WiMAX Band 3,5 GHz.
- [7] Jarno Niemela and Jukka Lempiainen. *Impact of Mechanical Antenna Downtilt on Performance of WCDMA Cellular Network. Tampere University of Technology Tampere, Finland*.
- [8] Whiska, Rama Widi. 2016. Analisis pengaruh *Pointing* Sudut Antena Terhadap QoS Varian *Real Time Polling Service (RTPS)* Pada WiMAX 802.16d. Tidak dipublikasikan: Malang.