

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS JARINGAN WIRELESS VOIP DENGAN MANAJEMEN ROUTERBOARD DI POLITEKNIK NEGERI MALANG

Junaedi Adi Prasetyo¹, Yoyok Heru Prasetyo Isnomo², Mila Kusumawardani³

^{1,2} Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Malang

Abstrak

Sistem *Wireless VoIP* yang diimplementasikan di Politeknik Negeri Malang mungkin saja mengalami penurunan kualitas QoS karena meningkatnya trafik oleh pengguna. Bertambahnya pengguna layanan VoIP mengakibatkan *server* VoIP tidak mampu melayani permintaan akses data *voice* dengan kualitas yang baik sehingga kebutuhan akan manajemen layanan VoIP sangat diperlukan untuk dapat menjaga kualitas layanan data *voice* pada VoIP.

Agar kualitas layanan *voice* tetap terjaga, perlu dilakukan manajemen pada sistem VoIP. Manajemen sistem VoIP ini dilakukan dengan cara tetap memprioritaskan paket data VoIP pada jaringan yang dibangun. Dengan membuat prioritas ini diharapkan walaupun terjadi trafik yang padat pada jaringan, kualitas layanan VoIP tetap terjaga karena paket VoIP telah menjadi prioritas utama.

Pada penelitian ini dilakukan implementasi *wireless* VoIP di Politeknik Negeri Malang menggunakan manajemen mikrotik dengan tujuan untuk mengetahui performansi QoS (*Quality of Services*) antara sistem tanpa manajemen mikrotik dengan sistem menggunakan manajemen mikrotik. Dalam implementasi sistem ini dilakukan 2 kali pengujian, yaitu pengujian QoS ketika tanpa manajemen mikrotik dan ketika menggunakan manajemen mikrotik. Dari kedua pengujian tersebut akan dibandingkan performansinya dengan melakukan pencapturan data menggunakan *software* VQ *manager*. Adapun parameter QoS yang akan diambil adalah *delay*, *jitter*, *packet loss* dan *throughput*.

Dari pengukuran diketahui bahwa ketika server VoIP melayani ≤ 3 panggilan bersamaan, nilai MOS antara sistem yang termanajemen (MOS = 3,7) dengan sistem tanpa manajemen (MOS=3,7) hampir sama karena nilai *delay* dan *packet loss* sistem tanpa manajemen dan sistem dengan manajemen tidak berbeda jauh, yaitu 107 ms dan 83 ms, dan nilai *packet loss*nya sama yaitu 5%. Dan ketika melayani > 3 panggilan bersamaan, ada perbedaan sebesar 0,18 dari nilai MOS antara sistem yang termanajemen (MOS = 3,48) dengan sistem tanpa manajemen (MOS=3,3) dengan nilai *delay* dan *packet loss* sistem tanpa manajemen dan sistem dengan manajemen, yaitu 527 ms dan 340 ms, dan nilai *packet loss*nya sama yaitu 8% dan 7,2%. Perbedaan ini terjadi karena pada sistem dengan manajemen, paket VoIP menjadi prioritas utama daripada paket data yang lainnya, sehingga nilai MOS/ kualitas layanan *voice* masih terjaga.

Kata Kunci: *Wireless*, VoIP, Mikrotik, Manajemen

1. Pendahuluan

Dunia telekomunikasi semakin berkembang seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi. Jika sebelumnya telekomunikasi masih bersifat analog dan terbatas karena masih menggunakan kabel, sekarang telekomunikasi sudah berkembang menjadi digital dan terus berkembang mengarah pada *Next Generation Network* (NGN) yang akan berplatform pada teknologi *Internet Protocol* (IP). NGN adalah generasi dimana semua komunikasi baik telepon genggam, telepon rumah, PABX akan menjadi satu dalam jaringan. Saat ini teknologi yang mulai mengarah ke NGN adalah *Voice over Internet Protocol* (VoIP).

Teknologi VoIP merupakan kabar baik bagi pengguna telepon, karena pengguna dapat berkomunikasi tanpa harus menggunakan pulsa telepon dalam jaringan VoIP. VoIP dapat diimplementasikan pada suatu perusahaan, kantor,

kampus, atau perumahan melalui jaringan lokal. Biasanya suatu kantor atau kampus sudah memiliki komputer pada tiap divisi bahkan pada tiap ruang kerja, kondisi ini dapat dimanfaatkan untuk mempermudah komunikasi antar divisi. Penggunaan komputer di sini menjadi hal yang sangat penting, karena VoIP yang akan dibangun hanya membutuhkan jaringan *wireless*, komputer, *head phone*, dan *sound card*, bahkan untuk sebuah *smartphone* tidak memerlukan perangkat tambahan apapun.

Dengan kemajuan teknologi seperti sekarang, keterbatasan akses pada jaringan *wireline* sudah teratasi dengan adanya jaringan *wireless*. Penggunaan perangkat *mobile* seperti *smartphone* dan *laptop* juga semakin berkembang, jadi sudah seharusnya sistem VoIP dapat digunakan saat ini.

Sistem VoIP yang telah diimplementasikan mungkin saja mengalami penurunan kualitas QoS

karena meningkatnya trafik oleh pengguna. Bertambahnya pengguna layanan VoIP mengakibatkan *server* VoIP tidak mampu melayani permintaan akses data *voice* dengan kualitas yang baik sehingga kebutuhan akan manajemen layanan VoIP sangat diperlukan untuk dapat menjaga kualitas layanan data *voice* pada VoIP.

Karena dibutuhkan manajemen pada layanan VoIP, maka dibutuhkan suatu perangkat yang digunakan untuk memajemen layanan tersebut. Mikrotik adalah salah satu alat yang dapat digunakan untuk melakukan manajemen pada jaringan VoIP.

Penelitian ini dibuat untuk membangun jaringan VoIP dengan teknologi *wireless* di Politeknik Negeri Malang yang termanajemen oleh mikrotik sehingga kualitas layanan *voice* tetap terjaga kualitasnya. Dengan sistem ini pengguna *smartphone* atau *laptop* dapat menggunakan layanan VoIP melalui jaringan *wireless* di seluruh area Politeknik Negeri Malang, dan diharapkan mahasiswa atau dosen dapat berkomunikasi secara gratis melalui jaringan VoIP yang telah dibangun dengan kualitas suara yang tetap terjaga.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah :

- Bagaimana mendesain jaringan *wireless* dan *server* VoIP di Polinema.
- Bagaimana mengimplementasikan *server* VoIP sebagai layanan *voice* melalui jaringan *wireless* di Polinema.
- Bagaimana performansi QoS dari VoIP *server* dalam melayani permintaan layanan *voice* diukur dari *jitter*, *delay*, *packet loss*, dan MOS.
- Bagaimana kualitas QoS dari VoIP *server* setelah dilakukan manajemen pada mikrotik.

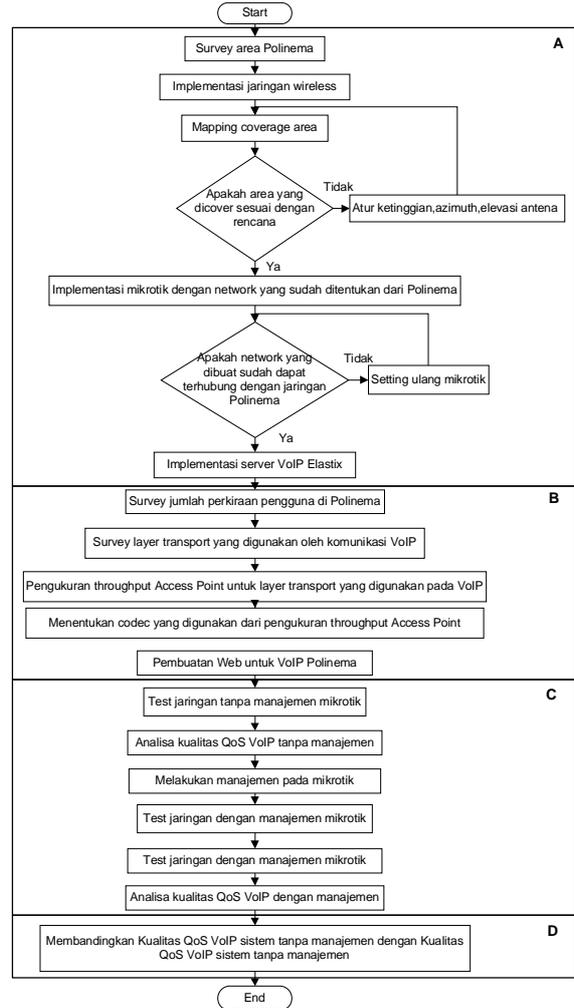
3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pembuatan sistem ini adalah:

- Membuat desain jaringan VoIP *server* agar dapat diakses di seluruh area di Politeknik Negeri Malang.
- Melakukan implementasi VoIP *server* IP PBX dengan menggunakan Linux Elastix yang dapat diakses melalui jaringan *wireless* serta dimanajemen oleh sebuah router mikrotik.
- Mengetahui hasil performansi kualitas QoS dalam melayani permintaan layanan *voice* yang melalui jaringan *wireless* dengan melakukan pengukuran *jitter*, *delay*, *packet loss*.
- Mengetahui kualitas layanan *voice* setelah adanya sistem dengan manajemen mikrotik.

4. Tahapan Penelitian

Berikut dijelaskan tahapan penelitian yang dijelaskan dengan *flowchart*:



Gambar 4.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Keterangan:

A. Mendesain Jaringan *Wireless* dan *Server* VoIP di Polinema

Dalam mendesain jaringan *wireless* dan *server* VoIP di Polinema, ada beberapa tahapan yang harus dilakukan:

- Survey area di Polinema**
Survey ini dilakukan untuk menempatkan AP dan menentukan AP yang tepat.
- Implementasi jaringan *wireless***
Dilakukan implementasi jaringan *wireless* dan menempatkan AP berdasarkan hasil *survey*.
- Mapping Coverage Area**
Mapping digunakan untuk mengetahui *coverage* dan mencari titik optimum dari AP.
- Implementasi mikrotik**
Implementasi mikrotik sesuai dengan jaringan yang sudah ditentukan agar dapat diakses dari seluruh area Polinema.
- Implementasi *server* VoIP Elastix**
Implementasi *server* VoIP dengan nomer jaringan dari Polinema.

B. Mengimplementasikan Server VoIP Sebagai Layanan Voice Melalui Jaringan Wireless di Polinema

Pada tahap ini dilakukan survey kepada calon pengguna layanan VoIP hingga membuat suatu web untuk memudahkan pengguna.

1. *Survey* perkiraan pengguna VoIP di Polinema. Ditentukan kemungkinan jumlah pengguna yang akan menggunakan VoIP berdasarkan perkembangan, khususnya *gadget smartphone*.
2. *Survey Layer Transport* komunikasi VoIP. Dilakukan observasi *layer transport* apakah yang digunakan dalam komunikasi VoIP, apakah yang digunakan adalah TCP atau UDP.
3. Pengukuran *Troughput Layer Transport* mengukur besar *troughput* tiap *access point*.
4. Menentukan *Codec* berdasarkan *Troughput*. Ditentukan *codec* berdasarkan besarnya *troughput*.
5. Membuat Web untuk VoIP Polinema. Untuk mengenalkan VoIP milik Polinema dan proses registrasi pengguna VoIP di Polinema.

C. Mengetahui Performansi QoS Dari VoIP Server Dalam Melayani Permintaan Layanan Voice

Dilakukan pengujian performansi QoS server VoIP dalam melayani voice. Berikut dijelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan:

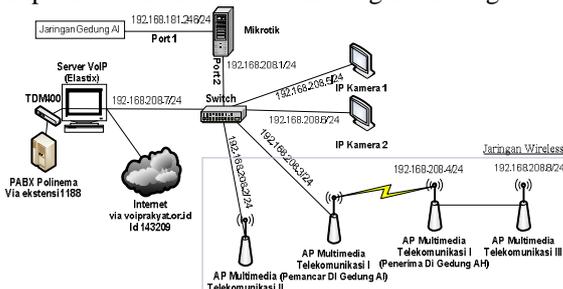
1. Pengujian sistem tanpa menggunakan manajemen mikrotik. Pencarian data QoS untuk layanan data *voice*.
2. Melakukan Manajemen Mikrotik proses manajemen mikrotik, seperti memprioritaskan paket data VoIP, melakukan manajemen kecepatan milik IP kamera, dan membatasi aktifitas selain VoIP.
3. Pengujian *system* menggunakan manajemen. Trafik dan pengguna yang sudah ada tadi akan dimanajemen oleh mikrotik.

D. Membandingkan Kualitas Layanan Voice

Analisa yang dilakukan adalah membandingkan sistem tanpa manajemen dengan sistem dengan manajemen dengan melihat nilai kualitas QoS *voice*.

5. Diagram Jaringan

Berikut adalah jaringan *wireless* VoIP yang di implementasikan di Politeknik Negeri Malang.



Gambar 5.1 Desain Sistem Wireless VoIP

server VoIP, IP kamera dan jaringan *wireless* berada pada jaringan yang sama. Untuk komunikasi yang berasal dari jaringan lain, komunikasi VoIP akan masuk melalui IP 192.168.181.246 yang berada di gedung AI. IP PBX dapat berkomunikasi dengan PABX analog milik Polinema melalui ekstensi 1188 dan juga terhubung internet secara *peer* dengan server voiprakyat.

6. Implementasi Sistem

Dalam penelitian ini ada 3 implementasi yang dilakukan, yaitu:

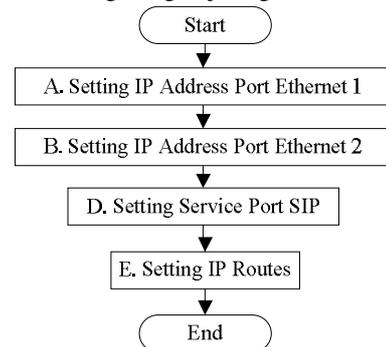
- Implementasi mikrotik
- Implementasi Jaringan Wireless
- Implementasi Server VoIP

A. Implementasi Mikrotik

Selain digunakan sebagai penghubung untuk menghubungkan network yang berbeda di area Polinema, mikrotik juga dipakai untuk melakukan manajemen.

1. Implementasi Mikrotik Agar Terhubung Dengan jaringan Polinema

Berikut adalah tahap implementasi mikrotik agar terhubung dengan jaringan di Polinema.



Gambar 6.1 Diagram implementasi mikrotik agar terhubung dengan jaringan Polinema

a. Setting IP Address Port Ethernet 1

Port Ether.1 diberi IP 192.168.181.246/24 agar terhubung ke jaringan gedung AI.

b. Setting IP Address Port Ethernet 2

Port Ether.2 diberi IP 192.168.208.1. Ini adalah gateway network 192.168.208.1.

c. Setting Service Port SIP

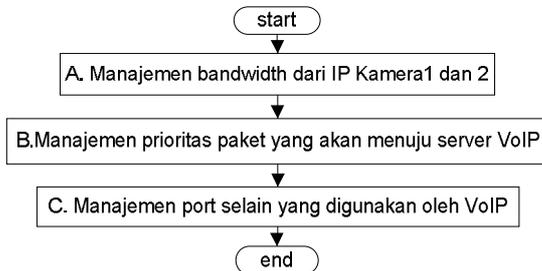
Port (5060 dan 5061) harus di-*enable* agar layanan VoIP dapat dilewatkan oleh mikrotik.

d. Setting IP Routes

Ip routes ini digunakan agar pengguna yang berada di network 192.168.208.0/24 terhubung dengan *network* yang ada di Polinema.

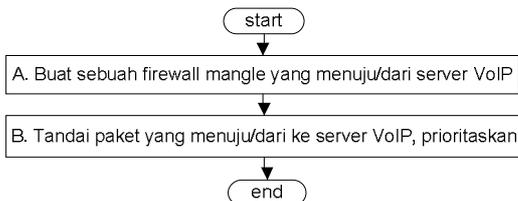
2. Implementasi Manajemen Layanan Data VoIP Pada Mikrotik

Berikut adalah diagram implementasi manajemen mikrotik:



Gambar 6.2 Diagram manajemen mikrotik

- a. **Manajemen Bandwidth IP Kamera 1 dan 2**
Setting dilakukan dengan menggunakan *queue*. Jadi kecepatan dari IP kamera 1 dan IP kamera 2 akan dibatasi menjadi 100 Kbps.
- b. **Pengaturan Prioritas Paket VoIP**
Membuat prioritas paket VoIP adalah hal utama yang dilakukan. Jika paket VoIP telah menjadi prioritas, maka disaat ada trafik pengiriman paket VoIP akan tetap lancar. Berikut diagram pembuatan prioritas.



Gambar 6.3 Diagram pembuatan prioritas paket VoIP

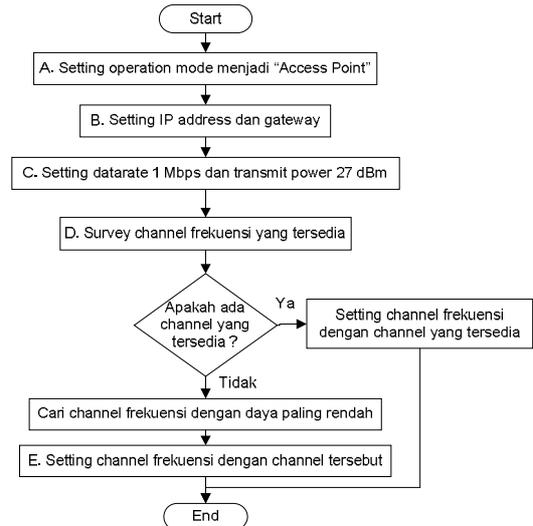
- a. **Firewall mangle Dari Server VoIP**
Fungsi dari mangle digunakan untuk menandai paket VoIP.
- b. **Menandai paket menuju/dari Server VoIP**
Menandai paket voip pada port mikrotik untuk dilakukan prioritas paket.
- c. **Manajemen Untuk Bandwidth Port Selain VoIP**
Manajemen *port* selain yang digunakan oleh voip (selain port 5060 dan 5061). Pada penelitian ini port yang dimanajemen adalah port 0-1000 dengan diberikan prioritas 8.

B. Implementasi Jaringan Wireless

Ada 3 AP yang diimplementasikan, yaitu AP Multimedia Telekomunikasi I, II dan III.

1. Implementasi AP Multi. Telekomunikasi II

Access Point Multimedia Telekomunikasi II adalah access point dengan IP address 192.168.208.2.

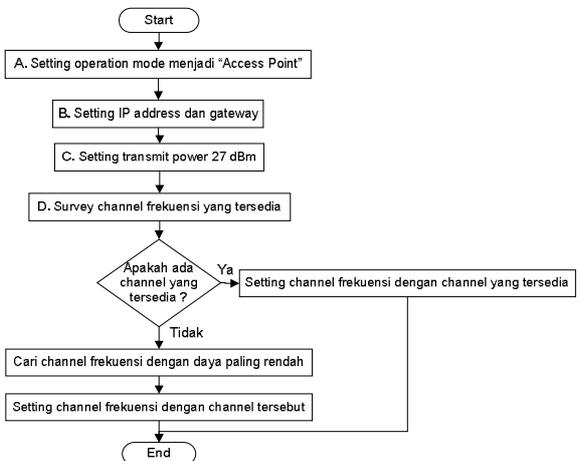


Gambar 6.4 Diagram Implementasi AP Multimedia Telekomunikasi II

2. **Implementasi AP Mult. Telekomunikasi I**
Access Point Multimedia Telekomunikasi I digunakan untuk komunikasi Point to Point antara gedung AH dan gedung AI.

a. Implementasi Pemancar Gedung AI

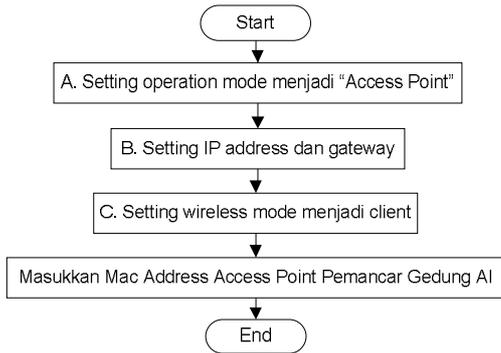
Access Point pemancar Gedung AI adalah *access point* dengan IP address 192.168.208.3.



Gambar 6.5 Diagram Implementasi pemancar gedung AI

b. Implementasi Penerima Gedung AH

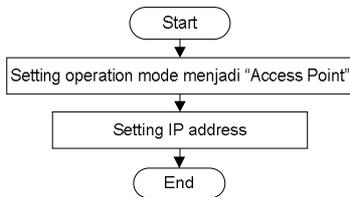
Access Point penerima Gedung AH adalah *access point outdoor* dengan IP address 192.168.208.4.



Gambar 6.6 Diagram Implementasi penerima gedung AH

3. Implementasi AP Multimedia Telekomunikasi III

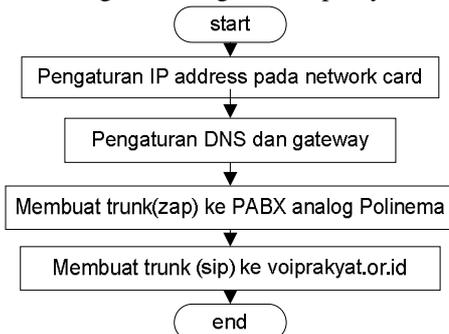
Access Point Multimedia telekomunikasi III adalah AP yang berada di gedung AH untuk komunikasi VoIP.



Gambar 6.7 Diagram Implementasi AP Multimedia Telekomunikasi III

C. Implementasi Server VoIP

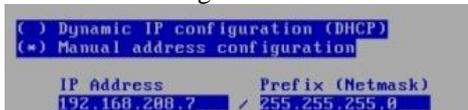
Server VoIP yang diimplementasikan berada di network 192.168.208.0 dengan IP 192.168.208.7. Server dapat berkomunikasi dengan PABX Politeknik Negeri Malang, dan voiprakyat.



Gambar 6.8 Diagram implementasi server VoIP

1. Pengaturan IP Address pada Network Card

Masuk ke *setup* lalu *setting* IP address dari server IPPBX dengan IP address 192.168.208.7



Gambar 6.9 Setting IPv4 untuk eth0

2. Pengaturan DNS dan Gateway

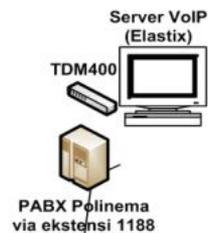
Masuk ke *setup* lalu *setting* gateway 192.168.208.1 dan DNS 172.16.17.50



Gambar 6.10 Pengaturan DNS dan gateway

3. Trunk Zap Ke PABX Polinema

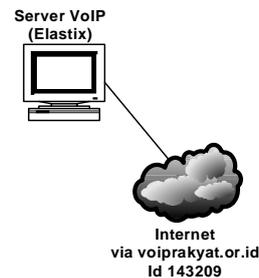
Untuk membuat komunikasi dengan PABX Polinema, diperlukan sebuah trunk yang terhubung dengan PABX Polinema. Trunk ini melewati card TDM 400



Gambar 6.11 Skema trunk zap ke PABX Polinema

4. SIP Trunk Ke Voip Rakyat

Berikut langkah-langkah membuat SIP trunk ke VoIP rakyat, yaitu sebagai berikut :



Gambar 6.12 Skema SIP trunk ke VoIP rakyat

Buat *user* di VoIP rakyat lalu buat SIP Trunk pada IP PBX:



Gambar 6.13 Tampilan SIP trunk pada IP PBX

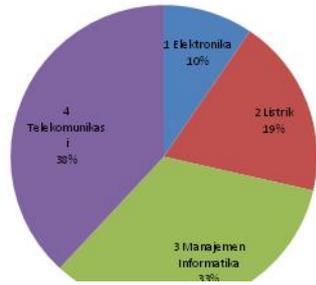
7. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini, akan dijelaskan tentang hasil dari penelitian yang dilakukan, dimulai dari survey jumlah pengguna sampai hasil komunikasi pada Access Point.

7.1 Hasil Survey Jumlah Pengguna

Survey dilakukan dengan cara mengambil data pemilik *smartphone* android di jurusan Teknik Elektro:

Per sentase Pengguna Di Jurusan Elektro



Gambar 7.1 Persentase Pengguna Di Jur.Elektro

Pembahasan:

Dari hasil *survey* jumlah pengguna *smartphone* android di salah satu kelas di tiap prog. studi di Jur. Elektro diketahui bahwa pengguna android paling banyak adalah di Telekomunikasi lalu disusul oleh program studi Manajemen Informatika, Listrik dan Elektronika.

Jika data diatas dibuat acuan untuk kelas yang lainnya di tiap program studi, maka akan dihasilkan data seperti berikut:

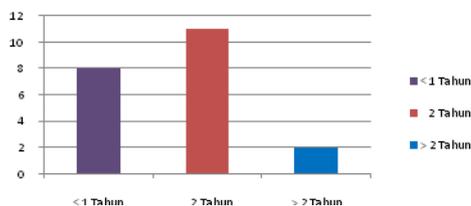
Tabel 7.1 Tabel Perkiraan Jumlah Pemakai

No	Program Studi	User/Kelas	Jum. Kelas	User/prodi
1	Elektronika	2	19	38
2	Listrik	4	16	64
3	Manaj.Informatika	7	24	168
4	Telekomunikasi	8	21	168
Total Pengguna Di Jurusan Teknik Elektro				438

7.1.2 Hasil Survey Lama Pemakaian Smartphone

Pada *survey* tersebut juga dilakukan *survey* untuk mengetahui berapa lama pengguna tersebut telah memakai *smartphone*. Data ini digunakan untuk mengetahui berapa pertumbuhan *smartphone* android dalam 2 tahun terakhir.

Lama Pemakaian Smartphone



Gambar 7.2 Grafik Lama Pemakaian Smartphone

Pembahasan:

Dari data lama pemakaian *smartphone* android, diketahui bahwa kebanyakan pengguna baru memakai android 2 tahun terakhir ini. Jika dilihat dari *trend* pemakaian android saat ini di Indonesia maka kemungkinan kenaikan jumlah

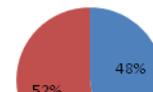
pengguna android setiap tahunnya di Polinema akan semakin meningkat. Karena menurut *survey*, setiap tahunnya pemakai android meningkat 40%.

7.1.3 Hasil Survey Pengguna Tentang VoIP

Dari responden *survey* tersebut, dilakukan *survey* juga apakah mereka mengerti tentang VoIP. *Survey* ini dilakukan untuk mengetahui apakah pengguna *smartphone* tersebut mengerti atau tidak.

Pengetahuan Tentang VoIP

User Mengerti VoIP ■ User Tidak Mengerti VoIP



Gambar 7.3 Persentase Pengetahuan Pengguna Tentang VoIP

Pembahasan:

Dari hasil *survey* pengguna tentang pengetahuannya tentang VoIP, 53% pengguna android belum mengerti apakah itu VoIP dan 47 % mengerti tentang VoIP. Dari hasil *survey* tersebut dapat disimpulkan bahwa pengguna yang memakai android belum tentu menggunakan atau mengetahui VoIP. Jadi dalam hal ini kemungkinan pengguna hanya 48 % dari total jumlah semua pengguna.

7.1.4 Hasil Survey Pengguna Tentang Dibangunnya VoIP

Dan yang terakhir dilakukan *survey* kepada responden apakah perlu dibangun sistem *wireless* VoIP di Politeknik Negeri Malang.

Survey Dibangunnya Wireless VoIP



Gambar 7.4 Bagan Persentase Dibangunnya VoIP

Pembahasan:

Dari 21 responden, 95% responden setuju jika dibangun sebuah sistem *wireless* VoIP Di Politeknik Negeri Malang dan 5% menyatakan tidak perlu dibangun sistem *wireless* VoIP.

7.2 Hasil Implementasi Jaringan Wireless

Berikut dijelaskan hasil implementasi jaringan *wireless*, diantaranya adalah :

7.2.1 Komunikasi Gedung AI dan Gedung AH

Dibawah ini adalah hasil implementasi komunikasi antara gedung AI dan gedung AH dan yang di analisa adalah sebagai berikut:

7.2.1.1 Link Budget

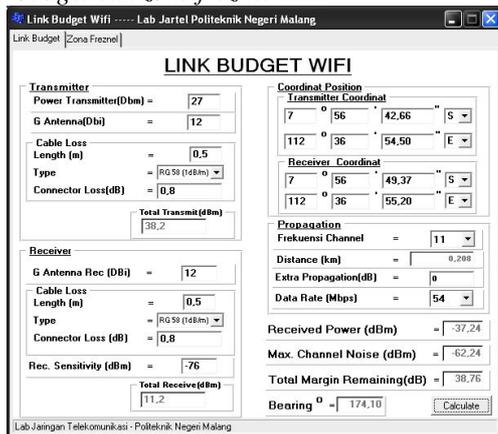
Dari komunikasi *point to point* antara gedung AI dan AH, *access point* gedung AH mendapatkan *signal* sebesar 36 dB dari pemancar gedung AI.



Gambar 7.5 Signal Diterima AP DI Gedung AH

Pembahasan:

Analisa komunikasi *point to point* antara gedung AI dan AH menggunakan program yang telah dibuat. Pada program akan dicari berapa besar *link budget* dan *zone freznel*.



Gambar 7.6 Hasil Program Link Budget WIFI

Dengan menggunakan program *link budget wifi*, daya yang diterima oleh AP penerima gedung AH adalah -37,24 dBm. Jadi *signal margin* adalah: $\text{Signal Margin} = \text{Rec. Sensitivity AP Gedung AH} - \text{Daya Diterima AP Gedung AH}$
 $\text{Signal Margin} = -76 - (-37,24) = 38,76 \text{ dB}$

Ada perbedaan sebesar 2,76 dB antara perhitungan dan hasil yang sebenarnya. Perbedaan ini terjadi karena pada implementasinya ada *variable extra loss* propagasi seperti rugi-rugi karena cuaca dan suhu yang dapat mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima.

7.2.1.2 Zone Freznel

Untuk mencari *zone freznel* komunikasi *point to point*, yang perlu diketahui adalah jarak Penerima dengan pemancar dan jarak antara pemancar dengan halangan. Ketinggian halangan juga dibutuhkan untuk menentukan ketinggian pemancar dan penerima agar komunikasi dalam kondisi *Line Of Sight*.

$$F_1 = 17,3 \sqrt{\frac{d_1 + d_2}{f(d_1 + d_2)}}$$

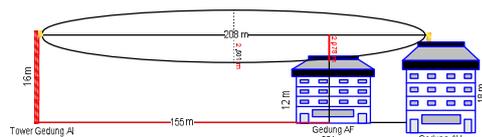
$$F_1 = 17,3 \sqrt{\frac{0,155 + 0,053}{2,462(0,208)}}$$

$$F_1 = 17,3 \sqrt{\frac{0,008215}{0,50471}}$$

$$F_1 = 17,3 \sqrt{0,008215 / 0,50471}$$

$$F_1 = 2,078 \text{ m}$$

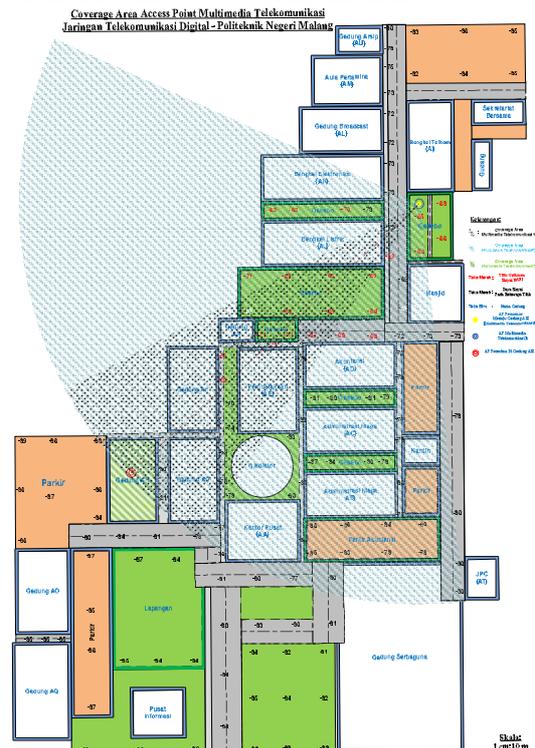
Nilai 2,078 m ini harus dipenuhi pada jarak 155 m atau minimal 60% dari 2,078 m.



Gambar 7.7 Zone Freznel Komunikasi Multimedia Telekomunikasi I

7.3 Hasil Mapping Coverage Area

Coverage area yang dilakukan *mapping* adalah *access point* multimedia telekomunikasi II. Mapping digunakan untuk mencari daerah optimum dari AP Multimedia Telekomunikasi II.

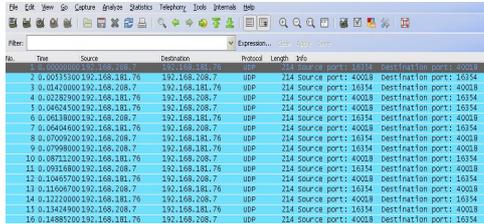


Gambar 7.8 Hasil Mapping Coverage Area Multimedia Telekomunikasi II

Pembahasan:

Dari hasil *survey* diatas, didapatkan titik optimum untuk berkomunikasi melalui AP Multimedia Telekomunikasi II (teks warna merah). Pada titik tersebut komunikasi berjalan lancar dikarenakan tidak adanya halangan dan jarak yang tidak terlalu jauh dari AP Multimedia telekomunikasi II.

7.4 Hasil Layer Transport Yang Digunakan VoIP
 Untuk mengetahui *layer transport* apa yang digunakan pada komunikasi VoIP, hal yang dilakukan adalah melakukan *capture* ketika adanya komunikasi VoIP.



Gambar 7.9 Layer Transport Pada VoIP

Pembahasan :

Diketahui bahwa komunikasi pada VoIP menggunakan *layer transport* UDP. Karena menggunakan UDP maka komunikasi pada VoIP bersifat *connectionless oriented* dan muncul yang namanya *packet loss*.

7.5 Hasil Pengukuran Troughput

Berikut adalah data pengukuran *troughput* pada jaringan yang telah dibangun.

Tabel 7.2 Hasil Akhir Pengukuran Troughput UDP Menuju Server VoIP

No	Jaringan	Troughput (Mbps)	
		Tx	Rx
1	Gedung AI	1,06	1,38
2	Multimedia Telekomunikasi I	1,08	0,96
3	Multimedia Telekomunikasi II	0,32	0,45
4	Multimedia Telekomunikasi III	0,86	0,57

Pembahasan:

Dari hasil pengukuran *troughput* pada Multimedia Telekomunikasi III ke server VoIP, nilai *troughput* nya akhirnya sebesar Tx = 0,86 Mbps dan Rx 0,57 Mbps. Padahal *troughput* awal dari Multimedia Telekomunikasi III sendiri mencapai Tx = 19,57 Mbps dan Rx 14,42 Mbps. Ini dikarenakan AP Multimedia Telekomunikasi III harus melewati AP Multimedia telekomunikasi I untuk berkomunikasi dengan *server* VoIP. Karena itu *troughputnya* yang semula Tx = 19,57 Mbps dan Rx 14,42 Mbps menjadi Tx = 0,86 Mbps dan Rx 0,57 Mbps karena *troughput* Multimedia Telekomunikasi I sendiri adalah sebesar Tx = 1,08 Mbps dan Rx 0,96 Mbps.

7.6 Hasil Codec GSM Yang Dipakai

Berikut adalah hasil komunikasi pengguna dengan Codec GSM yang di-*capture* dari *torch* mikrotik:

Et.	Prot.	Src.	Dest.	VLAN Id	Tx Rate	Rx Rate	Tx Pack.	Rx Pack.
800	gsm	192.168.208.7	192.168.181.45		35.1 kbps	35.0 kbps	50	50
800	gsm	192.168.208.7	192.168.181.98		34.8 kbps	35.0 kbps	50	50

Gambar 7.10 Hasil Capture Komunikasi VoIP Dengan Bandwith GSM

Pada hasil komunikasi di atas 192.168.208.7 bertindak sebagai server VoIP dan 192.168.181.45 dan 192.168.181.98 bertindak sebagai *client* pengguna VoIP dengan GSM. Pembahasan:

Bandwith Minimum Codec GSM ini didapatkan dari rumus :
 Bitrate GSM = 13,2 Kbps
 Panjang Paket = 20 ms

$$\text{Paket/Desik} = \frac{1}{20\text{ms}} = 50 \text{ paket}$$

$$\text{payload} = \frac{\text{Bit Rate}}{\text{paket/detik}} = \frac{135 \text{ Kbps}}{50} = 264 \text{ bit} = 33 \text{ bytes}$$

$$\text{IP Header} = (\text{IP} + \text{UDP} + \text{RTP} = 40 \text{ byte})$$

$$\text{Bandwith} = (\text{payload} + \text{IP Header}) \times \text{paket/detik}$$

$$\text{Bandwith} = (33 + 40) \times 50 = 3650 \text{ byte} = 29,2 \text{ Kbps}$$

7.7 Hasil Implementasi Server VoIP Dapat Diakses Dari Area Polinema

Untuk mengetahui apakah *server* VoIP sudah dapat diakses dari semua area Polinema, yang dilakukan adalah melakukan *trace route* dari tiap gedung yang ada di Polinema. Berikut adalah hasil *trace route* dari beberapa gedung di Polinema:

Tabel 7.3 Hasil Trace Route Gedung Di Polinema

No	Lokasi	1	2	3	4
1	Kantor Pusat	192.168.121.1	172.16.12.254	172.16.18.18	192.168.181.246
2	Gedung AH	192.168.132.1	172.16.13.254	172.16.18.18	192.168.181.246
3	Gedung AF	192.168.177.1	172.16.17.254	172.16.18.18	192.168.181.246
4	Gedung AD	192.168.177.1	172.16.16.254	172.16.18.18	192.168.181.246
5	Gedung AI	192.168.181.1	192.168.181.246	192.168.208.7	-
6	Gedung AJ	192.168.178.1	172.16.17.254	172.16.18.18	192.168.181.246

Pembahasan:

Dari hasil *trace route* dari beberapa gedung di Polinema, dapat disimpulkan bahwa *server* VoIP sudah dapat diakses dari seluruh area Polinema melalui masing – masing gateway di tiap gedung tersebut.

7.8 Hasil Komunikasi Dengan PABX Polinema

Berikut adalah hasil komunikasi dari IPPBX ke PABX Polinema untuk 1 panggilan.

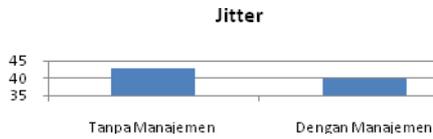
- Delay



Gambar 7.11 Grafik Perbandingan Delay Komunikasi Dengan PABX Polinema

Untuk *delay* komunikasi IP PBX dengan PABX Polinema, nilai *delay* sistem dengan manajemen lebih kecil 4ms.

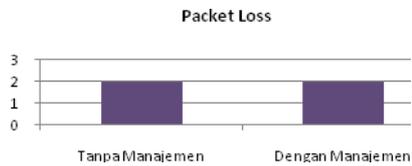
- Jitter



Gambar 7.12 Grafik Perbandingan Jitter Komunikasi Dengan PABX Polinema

Untuk jitter komunikasi IP PBX dengan PABX Polinema, nilai jitter sistem dengan manajemen lebih kecil 2ms.

- Packet Loss



Gambar 7.13 Grafik Perbandingan Packet Loss Komunikasi Dengan PABX Polinema

Untuk packet loss komunikasi IP PBX dengan PABX Polinema, baik menggunakan manajemen atau tanpa manajemen mikrotik nilainya sama.

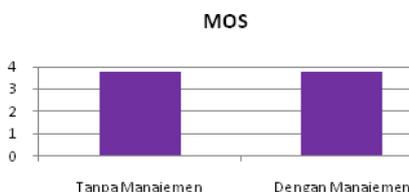
- R Factor



Gambar 7.14 Grafik Perbandingan R Factor Komunikasi Dengan PABX Polinema

Untuk R-factor komunikasi IP PBX dengan PABX Polinema, baik menggunakan manajemen atau tanpa manajemen mikrotik nilainya masih dalam standar VoIP dalam rentang 70 sampai 100.

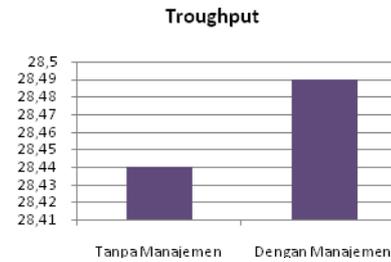
- MOS



Gambar 7.15 Grafik Perbandingan MOS Komunikasi Dengan PABX Polinema

Untuk MOS komunikasi IP PBX dengan PABX Polinema, baik menggunakan manajemen atau tanpa manajemen mikrotik nilainya masih dalam standar VoIP, yaitu pada nilai 3,8.

- Troughput



Gambar 7.16 Grafik Perbandingan Troughput Komunikasi Dengan PABX Polinema

Untuk throughput komunikasi IP PBX dengan PABX Polinema, yang menggunakan manajemen mikrotik lebih baik daripada tanpa manajemen mikrotik, ini dikarenakan delay yang terjadi pada komunikasi dengan manajemen mikrotik lebih kecil daripada delay tanpa manajemen mikrotik.

7.9 Hasil Komunikasi Dengan Server VoIP Rakyat

Berikut adalah hasil komunikasi dari VoIPrakyat ke IPPBX Polinema untuk 1 panggilan.

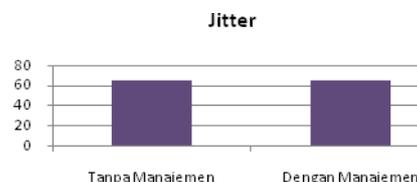
- Delay



Gambar 7.17 Grafik Perbandingan Delay Komunikasi Dengan Voip Rakyat

Untuk delay komunikasi dari voip rakyat ke IP PBX, baik menggunakan manajemen atau tanpa manajemen mikrotik nilai delay-nya masih dalam standar VoIP, yaitu masih dibawah 500 ms.

- Jitter



Gambar 7.18 Grafik Perbandingan *Jitter* Komunikasi Dengan Voip Rakyat Untuk *jitter* komunikasi IP dari voip rakyat ke IP PBX, baik menggunakan manajemen atau tanpa manajemen mikrotik nilai *jitter*-nya masih dalam standar VoIP dan nilainya sama.

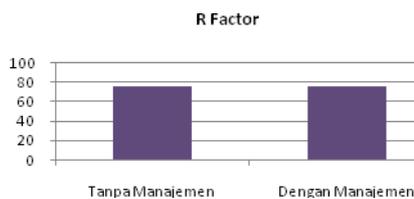
- Packet Loss



Gambar 7.19 Grafik Perbandingan *Packet Loss* Komunikasi Dengan Voip Rakyat

Untuk *packet loss* komunikasi IP PBX dengan PABX Polinema, baik menggunakan manajemen atau tanpa manajemen mikrotik nilainya sama dan masih dalam standar VoIP.

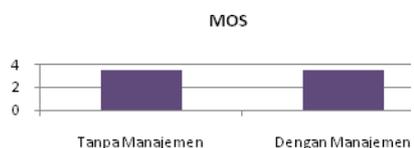
- R Factor



Gambar 7.20 Grafik Perbandingan *R Factor* Komunikasi Dengan Voip Rakyat

Untuk *R-factor* komunikasi dari voip rakyat ke IPPBX, baik menggunakan manajemen atau tanpa manajemen nilainya masih dalam standar VoIP, nilainya hampir sama pada angka 76,8.

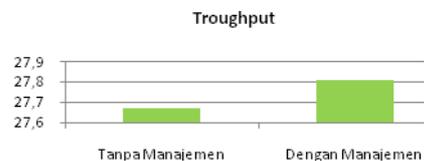
- MOS



Gambar 7.21 Grafik Perbandingan *MOS* Komunikasi Dengan Voip Rakyat

Untuk *MOS* komunikasi dari voip rakyat ke IPPBX, baik menggunakan manajemen atau tanpa manajemen mikrotik nilainya masih dalam standar VoIP, yaitu pada nilai 3,6.

- *Troughput*



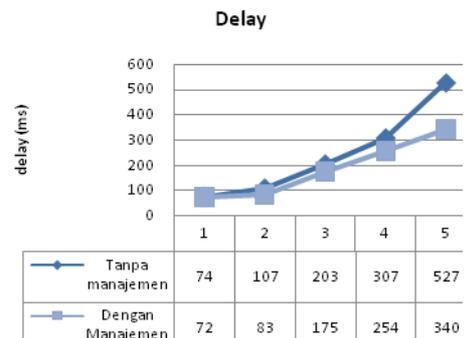
Gambar 7.22 Grafik Perbandingan *Troughput* Komunikasi Dengan Voip Rakyat

Untuk *troughput* komunikasi IP PBX dengan PABX Polinema, yang menggunakan manajemen mikrotik lebih baik daripada tanpa manajemen mikrotik, sekitar 0,15 kps.

7.10 Hasil Komunikasi AP Multimedia Telekomunikasi II

Pada uji coba di Access Point Multimedia telekomunikasi II, dilakukan uji coba dari 1 sampai 5 panggilan bersamaan baik menggunakan manajemen mikrotik dan tanpa manajemen mikrotik.

- Delay

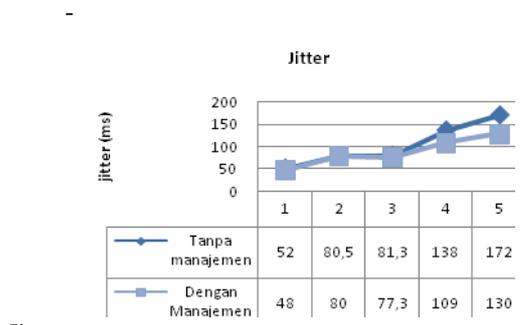


Gambar 7.23 Grafik Delay AP Multimedia Telekomunikasi II

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi/banyak panggilan maka semakin besar nilai delay nya. Pada saat 5 panggilan nilai *delay* melebihi dari rekomendasi standar VoIP (rekomendasi *delay* maksimum 500 ms).

Pada saat komunikasi tanpa manajemen mikrotik nilai *delay* menjadi besar karena trafik pada saat itu bertabrakan/berebutan dengan trafik dari beban yang menuju ke computer 192.168.208.9.

Tetapi pada saat komunikasi menggunakan manajemen mikrotik, nilai *delay* memang semakin besar sebanding dengan jumlah panggilan, tetapi nilai *delay*-nya masih lebih kecil daripada komunikasi tanpa manajemen mikrotik dikarenakan pada saat komunikasi dengan manajemen mikrotik, paket VoIP yang menuju ke server menjadi prioritas pertama pada jaringan sehingga tidak terjadi trafik/bertabrakan dengan paket beban yang menuju ke computer 192.168.208.9.

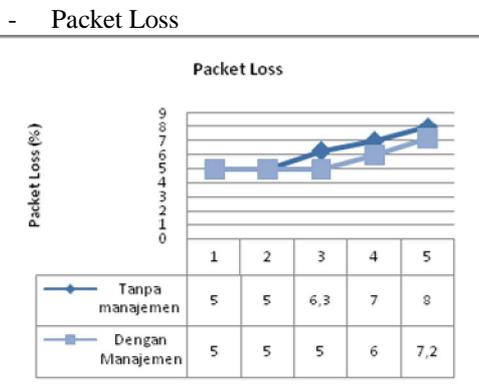


Jitter
Gambar 7.24 Grafik Jitter AP Multimedia Telekomunikasi II

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi/banyak panggilan maka semakin besar nilai jittersnya nya. Pada saat 5 panggilan nilai delay melebihi dari rekomendasi standar VoIP (rekomendasi jitter maksimum 150 ms).

Pada saat komunikasi tanpa manajemen mikrotik nilai jitter menjadi besar karena trafik pada saat itu bertabrakan/berebutan dengan trafik dari beban yang menuju ke computer 192.168.208.9 sehingga mengakibatkan adanya delay. Delay inilah yang menyebabkan adanya jitter saat komunikasi VoIP.

Tetapi pada saat komunikasi menggunakan manajemen mikrotik, nilai jitter memang semakin besar sebanding dengan jumlah panggilan,tetapi nilai jitter-nya masih lebih kecil daripada komunikasi tanpa manajemen mikrotik dikarenakan pada saat komunikasi dengan manajemen mikrotik, paket VoIP yang menuju ke server menjadi prioritas pertama pada jaringan sehingga tidak terjadi trafik/bertabrakan dengan paket beban yang menuju ke computer 192.168.208.9. Hal inilah yang membuat delay pada saat komunikasi VoIP menjadi lebih kecil dan akhirnya nilai jitter juga ikut berkurang karena adanya prioritas paket VoIP.

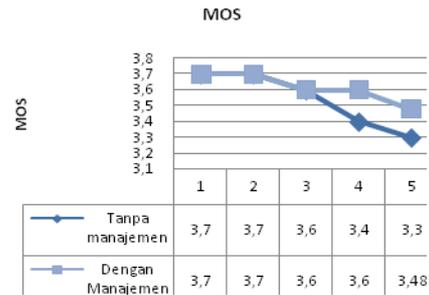


Gambar 7.25 Grafik Packet Loss AP Multimedia Telekomunikasi II

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi/banyak panggilan maka semakin

besar nilai packet loss nya. Dalam hal ini ketika adanya 1-2 panggilan bersamaan pada system dengan manajemen mikrotik dan system tanpa manajemen mikrotik nilai packet loss nya masih sama,tetapi ketika terjadi 3 sampai 5 panggilan bersamaan nilai packet loss dari system tanpa manajemen mikrotik menjadi lebih besar tetapi masih dalam standar VoIP (<10 persen).

- MOS

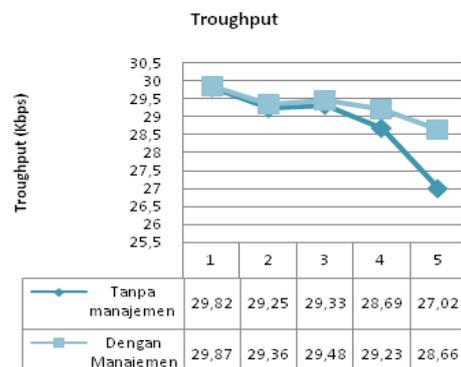


Gambar 7.26 Grafik MOS AP Multimedia Telekomunikasi II

Untuk nilai MOS VoIP pada komunikasi di AP Multimedia Telekomunikasi II, untuk 1-3 panggilan bersamaan nilai MOS nya masih relative sama. Tetapi ketika adanya 4-5 panggilan nilai MOS dari system yang termanajemen mikrotik menjadi lebih baik sekitar 0,1 -0,2. Nilai MOS dengan system yang termanajemen mikrotik menjadi lebih baik karena nilai delay dan paket loss nya menjadi lebih kecil.

- Troughput

Berikut adalah hasil rangkuman dari Troughput komunikasi dari 1 panggilan bersamaan hingga 5 panggilan bersamaan:



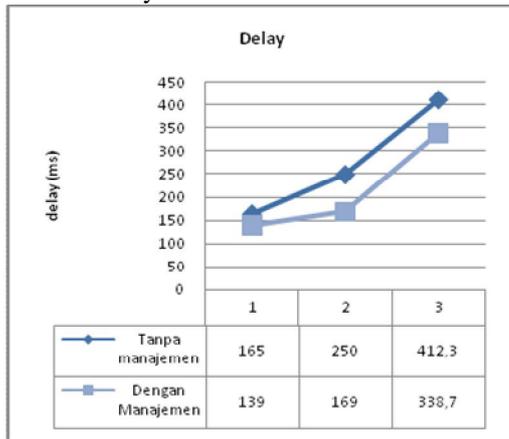
Gambar 7.27 Grafik Troughput AP Multimedia Telekomunikasi II

Untuk troughput hasil komunikasi di AP Multimedia Telekomunikasi II, nilai troughputnya hampir relatif sama pada saat 1 -3 panggilan bersamaan,yaitu berkisar pada angka 29 Kbps. Tetapi ketika adanya 4 -5 panggilan bersamaan ada perbedaan sebesar 0,4 - 0,6 Kbps.

7.11 Hasil Komunikasi AP Multimedia Telekomunikasi III

Pada uji coba di Access Point Multimedia telekomunikasi III, dilakukan uji coba dari 1 sampai 3 panggilan bersamaan baik menggunakan manajemen mikrotik dan tanpa manajemen mikrotik.

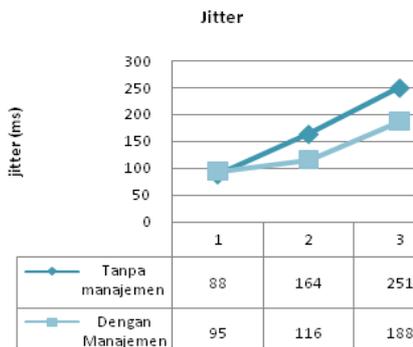
- Delay



Gambar 7.28 Grafik Delay AP Multimedia Telekomunikasi III

Pada komunikasi AP multimedia Telekomunikasi III, nilai delay sangat tinggi karena untuk komunikasinya harus melalui komunikasi *point to point* pada AP Multimedia Telekomunikasi II sebelum menuju ke server VoIP, Komunikasi *point to point* inilah yang menjadi penyebab utama *delay* komunikasi VoIP menjadi lebih besar. Apalagi ditambah dengan adanya beban sebesar 80 kbit/s yang menuju ke computer 192.168.208.9.

- Jitter

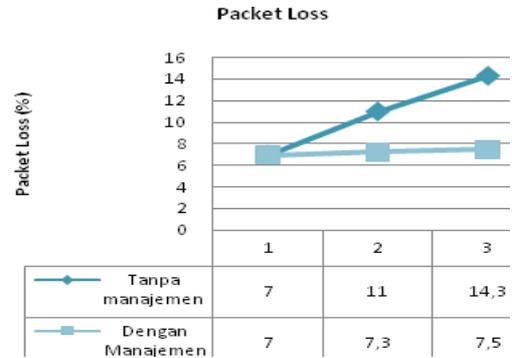


Gambar 7.29 Grafik Jitter AP Multimedia Telekomunikasi III

Dari grafik *jitter* diatas nilai komunikasi kedua sistem pada saat 3 panggilan bersamaan mencapai nilai yang melebihi rekomendasi VoIP (maksimal 150 ms). Nilai jitter sangat tinggi karena delay yang terjadi cukup tinggi pada komunikasi di AP Multimedia telekomunikasi III.

- Packet Loss

Berikut adalah hasil rangkuman dari packet loss komunikasi dari 1 panggilan bersamaan hingga 3 panggilan bersamaan:

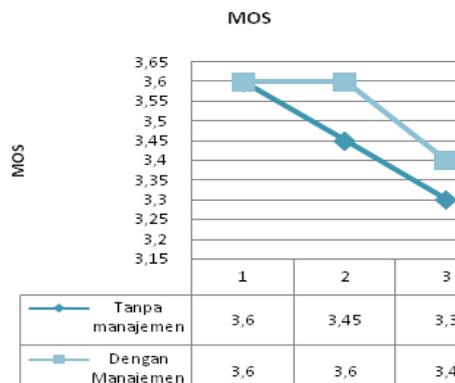


Gambar 7.30 Grafik Packet Loss AP Multimedia Telekomunikasi III

Untuk sistem dengan manajemen mikrotik, *packet loss* nya masih dalam standar VoIP, ini dikarenakan prioritas paket yang menuju ke server VoIP.

Untuk sistem tanpa manajemen mikrotik, nilai *packet loss* nya sudah tinggi pada saat 2 panggilan bersamaan dikarenakan adanya beban yang menuju ke 192.168.208.9 dan karena komunikasi *Point To Point* AP Multimedia telekomunikasi I yang rentan karena menggunakan *wireless*.

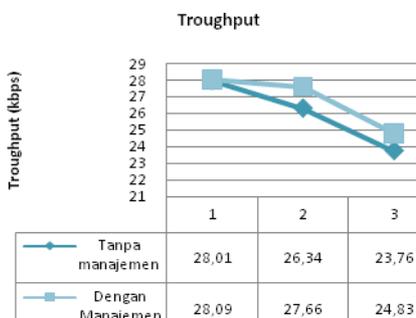
- MOS



Gambar 7.31 Grafik MOS AP Multimedia Telekomunikasi III

Pada sistem tanpa manajemen mikrotik ketika 2 panggilan bersamaan nilai MOS- nya sudah tidak masuk dalam standar VoIP (>3,6), tetapi untuk sistem dengan manajemen mikrotik, nilai MOS-nya masih dalam standar VoIP.

- Troughput



Gambar 7.32 Grafik *Troughput* AP Multimedia Telekomunikasi III

Untuk *troughput* hasil komunikasi di AP Multimedia Telekomunikasi III, nilai *troughput*nya hampir relatif sama pada saat 1 panggilan bersamaan, yaitu berkisar pada angka 28 Kbps. Tetapi ketika adanya 2 panggilan bersamaan ada perbedaan sebesar 1,32 Kbps, dan ketika 3 panggilan 1,07.

8. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah:

- Jaringan *wireless* dan *server* VoIP yang diimplementasikan dapat terhubung dan diakses dari semua gedung di Politeknik Negeri Malang. Untuk komunikasi yang berasal dari selain gedung AI harus melewati gateway 172.16.18.18 yang berada di Puskom untuk dapat berkomunikasi dengan server VoIP Polinema.
- Dari hasil pengujian layer VoIP yang digunakan, diketahui bahwa *layer transport* yang digunakan adalah UDP. Dengan bandwidth UDP AP Multimedia telekomunikasi II sebesar 0,32 Mbps, maka AP multimedia Telekomunikasi II dapat digunakan untuk melayani sebanyak 9 panggilan bersamaan.
- Dari hasil pengujian diketahui jika komunikasi VoIP menggunakan codec GSM memiliki *bandwith minimum* ± 30 Kbps. Ketika *troughput* di bawah bandwidth minimum, packet loss muncul sebesar ±5% dan delay antara 62 – 75 ms. Ini berarti semakin kecil nilai *troughput* maka *delay* dan *packet loss* akan semakin besar.
- Dari hasil pengukuran MOS server VoIP pada Access Point Multimedia Telekomunikasi II ketika melayani ≤ 3 panggilan bersamaan, nilai MOS antara sistem yang termanajemen (

MOS = 3,7) dengan sistem tanpa manajemen (MOS=3,7) hampir sama. Ini berarti manajemen mikrotik tidak memberikan hasil ketika hanya melayani sedikit panggilan. Dan ketika melayani > 3 panggilan bersamaan, ada perbedaan sebesar 0,18 dari nilai MOS antara sistem yang termanajemen (MOS = 3,48) dengan sistem tanpa manajemen (MOS=3,3). Perbedaan ini terjadi karena pada sistem dengan manajemen, paket VoIP menjadi prioritas utama daripada paket data yang lainnya, sehingga nilai MOS/ kualitas layanan *voice* masih terjaga.

9. Daftar Pustaka

- Aribagyo, Hostanto, "Pembangunan Aplikasi Softphone Pada Jaringan Voip Berbasis Sip Menggunakan Sistem Operasi Android"
- Grandistyana, Aryka. "Kajian Kerja Protokol Pada Jaringan Voice Over Internet Protokol (Voip) Pada Jaringan Intranet UGM"
- <http://mikrotik.co.id/>
- <http://voiprakyat.or.id/>
- Purbo, Onno W. 2007. Cikal Bakal "Telkom Rakyat". Jakarta: Gramedia.
- Purbo, Onno W. Buku Pegangan Internet Wireless dan Hotspot. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2006.
- Sugeng, Winarno. 2008. Membangun Telepon Berbasis VoIP. Jakarta : Gramedia.
- Towidjojo Rendra. 2013. Mikrotik Kung Fu. Jakarta: Jasakom.