

Analisa Performansi dan Kualitas Kanal VoIP Pada Sistem Embedded Wireless Berbasis 802.11 G

Risky Agri Syafindra¹, Achmad Subhan K.H²

¹Mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi

²Dosen Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Kampus ITS, Surabaya 60111

e-mail : riskyagri@yahoo.com e-mail : subhankh@eepis-its.edu

Abstrak

Dalam perkembangan teknologi sekarang ini. Sentral PBX (Private Branch Exchange) telah dikembangkan menjadi IP-PBX (Internet Protocol – PBX). Hal ini disebabkan, karena IP-PBX memiliki banyak fungsi dibanding dengan PBX. Selain lebih mudah dalam pengawasan, juga lebih efisien dalam pembiayaan.

Dalam proyek akhir ini, dibuat VoIP server yang ditanamkan pada access point yaitu firmware OpenWrt dan aplikasi Asterisk. , sehingga klien dapat menggunakan telepon digital (softphone) seperti : IP phone maupun telepon seluler yang mempunyai fasilitas wifi.

Kemudian dilakukan pengamatan (Quality of Service) berdasarkan beberapa parameter, antara lain pengukuran yang dilakukan pada jumlah klien yang melakukan komunikasi, perbandingan jaringan wireless dan jaringan wireline, dengan parameter jarak serta penghitungan nilai MOS. Secara keseluruhan QoS terbaik dari implementasi dalam proyek akhir ini adalah pada saat terjadi koneksi antara 2 klien, Karena didapatkan nilai untuk delay sebesar 20,6 ms ; nilai jitter sebesar 3,33 ms ; nilai throughput sebesar 80,77 kbps dan nilai packet loss sebesar 2,29 %. Yang kesemuanya sesuai dengan standard yang telah direkomendasikan oleh ITU-T.

Kata kunci : VoIP, QoS, Wireless

1. Pendahuluan

Dalam perkembangan teknologi sekarang ini. Sentral PBX (Private Branch Exchange) telah dikembangkan menjadi IP-PBX (Internet Protocol – PBX). Hal ini disebabkan, karena IP-PBX memiliki banyak fungsi dibanding dengan PBX. Selain lebih mudah dalam pengawasan, juga lebih efisien dalam pembiayaan, IP-PBX juga mendukung aplikasi VoIP,

sehingga user dapat menggunakan telepon digital (softphone) seperti : IP phone maupun telepon seluler yang mempunyai fasilitas wireless.

Dengan perkembangan teknologi sekarang, percakapan manusia dapat dilakukan melalui jaringan IP, sehingga Penggunaan VoIP (Voice Over Internet Protocol) juga telah berkembang. Penggunaan VoIP, dapat menggunakan jaringan infrastruktur yang sudah ada. Sehingga dapat menekan biaya telepon yang selama ini melalui jalur analog.

Oleh karena itu, dilakukan pembuatan server IP-PBX yang akan ditanam kedalam sebuah access point wireless Linksys WRT54GL. Perangkat lunak yang akan ditanamkan kedalam perangkat tersebut adalah OpenWrt dan asterisk. OpenWrt merupakan firmware access point yang bersifat opensource. Asterisk digunakan sebagai konfigurasi dari server IP-PBX tersebut dan mempunyai sifat opensource juga, sehingga murah dan mudah dalam pengembangan selanjutnya.

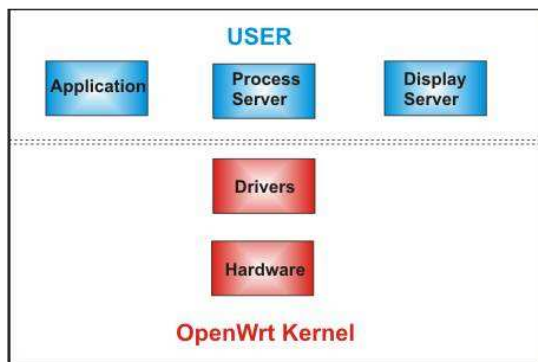
Pengguna yang mempunyai fasilitas softphone dapat terhubung ke jaringan VoIP ketika sinyal wifi berada dalam jangkauan dari access point. Kemudian pengguna melakukan pendaftaran dengan mengkonfigurasi SIP (Session Initiation Protocol) pada softphone. lalu dilakukan pengambilan MAC Address (data link layer), dan mengirimkan nomer IP ke pengguna oleh access point. Selanjutnya pengguna dapat melakukan panggilan antar pengguna yang berada dalam jangkauan access point tersebut.

Pada makalah ini terdiri dari pendahuluan yang berisi latar belakang disusunnya proyek akhir ini, Teori penunjang yang berisi landasan teori disusunnya proyek akhir ini, perancangan sistem yang berisi metode yang dilakukan dalam proyek akhir ini, hasil dari pengujian untuk mendapatkan data kemudian dianalisa serta kesimpulan dan saran agar proyek akhir ini dapat dikembangkan kedepannya.

2. Teori Penunjang

OPENWRT

OpenWRT merupakan firmware berbasis linux untuk perangkat access point yang dapat di tanamkan aplikasi ini. Pada awalnya dukungan untuk firmware ini hanya terbatas untuk pabrikan linksys seri WRT54G, namun seiring pengembangan openwrt yang pesat, maka access point pabrikan lain dapat ditanamkan openwrt. Pabrikan yang ditanamkan firmware openwrt adalah linksys, netgear, D-link, dan lain sebagainya termasuk telepon selular Openmoko. Openwrt menggunakan command-line interfaces (CLI), seperti halnya di linux. Selain itu pengguna dapat pula menginstall *web-line interfaces* yang berbasis tampilan GUI.



Gambar 1. Arsitektur OpenWrt

Pengembangan openwrt awalnya dibantu oleh kemudahan yang diberikan oleh pabrikan berlisensi GPL (General Public License). Dengan lisensi tersebut maka access point tersebut bersifat opensource sehingga pengguna dapat mengganti firmware asli dan diganti dengan OpenWrt.

Seperti halnya OS (operating system) pada perangkat komputer, firmware openwrt ini dapat digunakan untuk menginstall aplikasi lain yang mempunyai lisensi GPL tersebut. Misalnya : asterisk, pythons, IP-tables dan lain sebagainya. Sehingga untuk pengembangan selanjutnya konfigurasi dari access point ini tidak hanya terbatas pada penggunaan wifi, selain itu dapat menghitung traffic ataupun mengukur bandwidth yang terdapat pada jaringan.

Versi awal dari Openwrt ini diberi nama *White Russian*, kemudian terus dikembangkan hingga muncul versi baru yang diberi nama *Kamikaze* serta *backfire*. Website yang menyediakan paket – paket serta dapat diunduh agar dapat menggunakan firmware ini adalah www.openwrt.org.

Tabel 1. Versi OpenWrt

VERSI	TANGGAL RILIS
White Russian	Februari, 2007
Kamikaze 7.06	Juni, 2007
Kamikaze 7.07	Juli, 2007
Kamikaze 7.09	September, 2007
Kamikaze 8.09	September, 2008
Kamikaze 8.09.1	Juni, 2009
Kamikaze 8.09.2	Januari, 2010
Backfire 10.3	April, 2010

Versi firmware dari OpenWrt tersebut semakin berkembang karena beberapa versi sebelumnya ada beberapa *access point* yang tidak dapat di dukung oleh OpenWrt. Sehingga versi – versi dari OpenWrt hampir setiap tahun rilis versi terbaru. Selain itu, juga terjadi penambahan paket yang dapat di tanamkan didalam OpenWrt.

Sebelumnya OpenWrt hanya mendukung *access point* merk linksys yaitu WRT54 v.1 , sedangkan pada *stable release* yang terbaru berbagai merk access point sudah dapat menggunakan firmware OpenWrt.

VOIP

Voice over internet protocol (VoIP) adalah teknologi yang mampu melewati track suara, video dan data yang terbentuk paket melalui jaringan IP. Jaringan IP sendiri adalah merupakan jaringan komunikasi data yang berbasis *packet switch*, jadi dalam bertelepon menggunakan jaringan IP atau Internet. Dengan bertelepon menggunakan VoIP, banyak keuntungan yang dapat diambil. Diantaranya segi biaya jelas lebih murah dari tarif telepon konvensional, karena jaringan IP bersifat global dan *backbone* jaringan IP sudah tersedia. Sehingga untuk hubungan Internasional dapat ditekan hingga 70%. Selain itu, biaya maintenance dapat di tekan karena *voice* dan *data network* terpisah, sehingga IP Phone dapat ditambah, dipindah dan diubah. Hal ini karena VoIP dapat dipasang pada berbagai *ethernet* dan *IP address*, tidak seperti telepon konvensional yang harus mempunyai port tersendiri yang terletak pada sentral atau PBX.

Perkembangan teknologi internet yang sangat pesat mendorong ke arah konvergensi dengan teknologi komunikasi lainnya. Standarisasi protokol komunikasi pada teknologi VoIP seperti SIP telah memungkinkan komunikasi terintegrasi dengan jaringan komunikasi lainnya seperti PSTN. Dalam proyek akhir ini digunakan jaringan VoIP berbasis SIP dengan menggunakan IP-PBX berupa *asterisk*. Sedangkan *asterisk* nantinya akan ditanam kedalam *access point* melalui Openwrt.

SIP

SIP adalah suatu *Signalling protocol* pada layer aplikasi yang berfungsi untuk membangun, memodifikasi dan mengakhiri suatu sesi *multimedia* yang melibatkan satu atau beberapa pengguna. Sesi multimedia adalah pertukaran data antar pengguna yang bisa meliputi suara, video dan teks.

SIP tidak menyediakan layanan secara langsung, tetapi menyediakan pondasi yang dapat digunakan oleh protokol aplikasi lainnya untuk memberikan layanan yang lebih lengkap bagi pengguna, misalnya dengan RTP (*Real Time Transport Protocol*) untuk transfer data secara *real time*, dengan SDP (*Session Description Protocol*) untuk mendeskripsikan sesi multimedia, dengan MEGACO (*Media Gateway Control Protocol*) untuk komunikasi dengan PSTN (*public Switch Telephone Network*).

Meskipun demikian, fungsi dan operasi dasar SIP tidak tergantung pada protokol tersebut. SIP juga tidak tergantung pada protokol *layer transport* yang digunakan.

PARAMETER QoS

Parameter – parameter yang mempengaruhi adalah *Quality of Service* (QoS), agar didapatkan hasil suara yang menyerupai penggunaan telepon tradisional (PSTN). Beberapa parameter yang mempengaruhi QoS yaitu delay, jitter, packetloss dan throughput

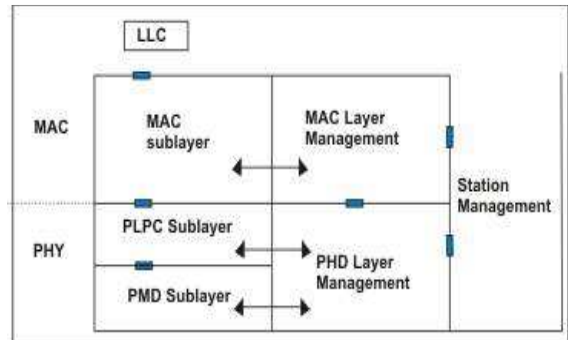
IEEE 802.11 G

Standarisasi ini terbentang sepanjang layer 1 (*physical layer*) dan layer 2 (*Data Link Layer*). Parameter dan komponen yang ada pada media komunikasi wireless beserta perangkatnya akan berkuat seputar sistem pensinyalan (*Physical layer*) dan sistem media access control (Data Link layer). Sedangkan layer – layer di atasnya seperti layer pengelamatan IP dan sebagainya tidak banyak berbeda dengan media-media lain. Standar 802.11 ini pun masih dibagi – bagi lagi menjadi substandar berdasarkan banyaknya variasi yang terdapat pada layer Physical. Substandar tersebut antara lain 802.11a, 802.11b, 802.11g dan sebagainya.

Teknologi 802.11g disahkan oleh IEEE pada Juni 2003. Meskipun mengalami keterlambatan, 802.11g sekarang menjadi standar protokol jaringan nirkabel *de facto* karena sekarang kebanyakan digunakan pada laptop. 802.11g menggunakan ISM band yang sama dengan 802.11b, tetapi memakai modulasi yang bernama *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Mempunyai kecepatan maksimum 54 Mbps (dengan nilai *throughput* yang bisa digunakan sebesar 22 Mbps).

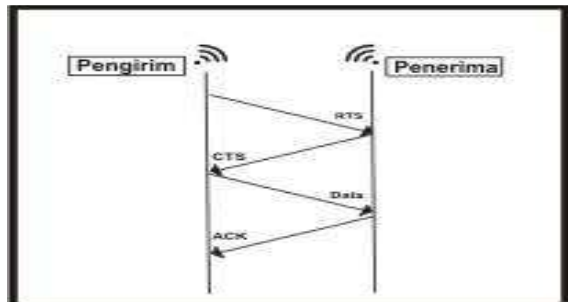
Standar IEEE 802.11 dibangun berdasarkan model referensi OSI (*Open Standard Interconnection*)

dan digunakan pada layer fisik dan lapisan data link dari OSI *layer*. Layer fisik dalam setiap definisi jaringan selalu berhubungan dengan karakteristik modulasi dan pensinyalan transmisi data. Layer data link melakukan manajemen pengalaman secara fisik dalam media fisik. 802.11 bekerja pada sublayer MAC yang berada pada lapis data link. Gambar menunjukkan layer fisik dan layer data link pada jaringan WLAN 802.11.



Gambar 2. Physical dan Data Link Layer

Metode yang digunakan didalam teknologi 802.11 adalah *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance* (CSMA). CSMA/CA merupakan salah satu metode akses yang dirancang sedemikian rupa sehingga lebih meminimalisir terjadinya *collision* / tabrakan antar paket. Prinsip kerja CSMA/CA dapat dilihat dari gambar 3.



Gambar 3. Prinsip Kerja CSMA/CA

3. Perancangan Sistem

PARAMETER QoS

Pengukuran parameter QoS pada jaringan VoIP untuk mendapatkan performansi dan kualitas kanal. Pada model pengukuran QoS, yang diukur adalah semua yang terdapat pada semua parameter QoS meliputi *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*. Jumlah klien yang akan diujikan dimulai dari sesi

komunikasi 2 klien, 6 klien, 10 klien, 16 klien dan 20 klien.

PENGUJIAN QoS TERHADAP JARAK

Pengujian ini dilakukan agar mendapatkan QoS ketika klien berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain. Kriteria dari pengujian adalah sebagai berikut :

1. Pengujian dilakukan di gedung lama lantai 3 PENS-ITS. Kemudian dilakukan pengukuran jarak dari tempat access point ke tempat yang akan dijadikan tempat pengujian.
2. Setelah didapatkan tempat yang akan digunakan pengujian maka selanjutnya dilakukan pengukuran level sinyal (RSSI) yang berada ditempat tersebut.
3. Pengujian dilakukan sekali dengan waktu durasi sesi komunikasi selama 30 menit agar didapatkan hasil QoS yang maksimal.
4. Pengujian dilakukan sebanyak 6 tempat yang memiliki level sinyal yang berbeda – beda.

Pengukuran tersebut berdasarkan jarak, yaitu sejauh 5 meter, 10 meter, 20 meter, 30 meter dan 50 meter dari *access point*. Sehingga tiap kenaikan jarak kedua klien akan mundur sejauh nilai jarak diatas.

PERBANDINGAN QoS MELALUI JARINGAN WIRELESS DAN WIRELINE

Pengujian perbandingan aplikasi VoIP melalui media kabel (wireline) dan nirkabel (*wireless*), digunakan untuk mengetahui perbandingan komunikasi VoIP dari kedua media tersebut. Hal ini dilakukan untuk menjadi pembanding kualitas jaringan VoIP. Media nirkabel ataupun media wireless memiliki karakteristik beban pada komunikasi data yang berbeda. Pada pengujian ini, digunakan aplikasi Wireshark untuk melihat nilai – nilai pada parameter QoS. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk mengetahui nilai rata – rata dari QoS. Seperti pada subbab sebelumnya bahwa nilai QoS yang diukur antara lain *delay*, *jitter*, *throughput* serta *packetloss*.

PARAMETER MOS

Selain menggunakan aplikasi Wireshark didalam pengukuran, digunakan pula metode MOS untuk mendapatkan analisa tentang performansi dan kualitas kanal VoIP secara subjektif. MoS (Mean Opinion Source) merupakan parameter subjektif untuk mengukur kualitas suara pada VoIP. Selain mengambil data langsung melalui pendapat perorangan, nilai MOS juga dapat diambil melalui pendekatan matematis. Pendekatan matematis yang digunakan untuk menentukan kualitas suara berdasarkan penyebab menurunnya kualitas suara

dalam jaringan VoIP. Kriteria penilaian kualitatif yang digunakan dapat dilihat pada **tabel 2**.

Tabel 2. Skala Absolut pada metode MOS

Skala Absolut	Quality	Keterangan
5	Excellent	Sangat jelas dan sangat jernih
4	Good	Jelas dan jernih
3	Fair	Cukup jelas dan cukup jernih
2	Poor	Tidak jelas dan tidak jernih
1	Bad	Sangat tidak jelas dan sangat tidak jernih

PENGUJIAN RESOURCES MEMORY ACCESS POINT

Pengujian ini menggunakan parameter resources memory ram dari *access point*. Ram yang tersedia pada *access point* WRT54GL adalah 16 Mb, sedangkan memory ram yang tersisa jika asterisk server berhasil ditanam adalah 2 Mb. Memori ram digunakan untuk proses semua komunikasi yang terjadi pada server, sehingga setiap panggilan dapat memakan resources memori ram pada *access point*. Kriteria dari pengujian ini adalah :

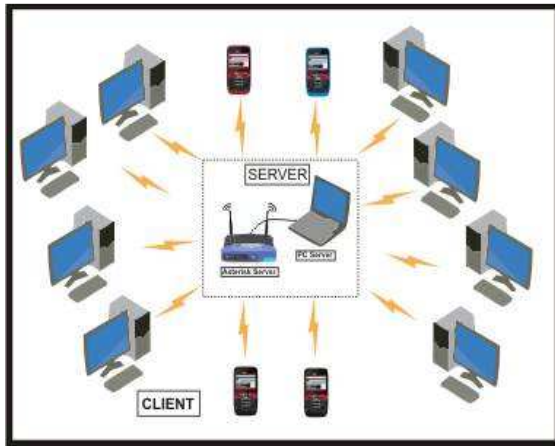
1. Menghitung besar *resources* memori ram terhadap 100 klien yang melakukan komunikasi pada *access point*, untuk mendapatkan standar jumlah maksimal klien dari pengujian terhadap kemampuan *access point* dalam menerima banyak klien.
2. Setelah mendapatkan standar nilai jumlah maksimal klien dari pengujian, selanjutnya dilakukan penghitungan resources memory dengan menguji 10, 20, 50 dan 100 klien, agar mendapat nilai secara *realtime* dalam pengujian.
3. Kemudian dilakukan pengamatan hingga *resources* memori mencapai titik rendah sampai batas maksimal klien.

4. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan setelah sistem jadi dan bisa berjalan dengan normal. Adapaun pada pembuatan sistem yang dilakukan adalah :

1. Proses pembuatan dan konfigurasi dari sisi server, adalah proses instalasi firmware OpenWrt, instalasi Asterisk server dan konfigurasi asterisk.
2. Proses konfigurasi dari sisi klien adalah instalasi dan konfigurasi Xlite serta telepon selular yang menyediakan fasilitas SIP *phone*.

Gambar 4. Menunjukkan sistem yang telah jadi dan siap untuk dilakukan pengujian, sehingga mendapatkan data untuk selanjutnya dilakukan analisa.



Gambar 4. Pengujian Sistem

Hasil pengujian sistem VoIP berdasarkan parameter QoS adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Delay

Pengujian ke -	Delay (ms)				
	2klien	6klien	10klien	16klien	20klien
1	20,5	20,45	21,75	20,68	21,02
2	21,12	20,48	20,3	20,84	20,64
3	20,57	20,41	20,7	21,44	20,59
4	20,79	20,43	20,5	20,89	25,75
5	20,35	20,3	20,3	21,24	20,65
6	20,49	20,69	20,6	20,45	20,94
7	20,79	30,67	20,7	21,48	22,05
8	20,4	20,89	20,7	21,17	20,49
9	20,44	20,94	21,33	20,47	20,49
10	20,52	20,63	21	20,31	20,85
Rata - rata	20,6	20,63	20,79	20,89	21,347

Berdasarkan **tabel 3** Terlihat bahwa semakin banyak jumlah klien yang melakukan komunikasi, maka nilai *delay* juga semakin tinggi. Pada tabel terlihat bahwa pengujian terhadap 2 klien memiliki nilai rata-rata *delay* sebesar 20,6 ms, pengujian 6 klien sebesar 20,63 ms, pengujian 10 klien sebesar 20,79 ms, pengujian 16 klien sebesar 20,89 ms dan 20 klien sebesar 21,347 ms.

Menurut standar dari ITU-T untuk komunikasi VoIP disarankan memiliki nilai *delay* sebesar 140 ms. Sehingga nilai rata-rata *delay* tersebut sampai 20

klien memiliki nilai yang masih diterima untuk melakukan komunikasi.

Tabel 4. Hasil Pengujian Jitter

Pengujian ke -	Jitter (ms)				
	2 klien	6 klien	10 klien	16 klien	20 klien
1	2,55	2,94	7,11	8,61	6,62
2	3,125	3,125	6,84	6,1	14,49
3	4,1	4,025	6,61	7,55	7,23
4	4,9	4,2	6,39	5,71	6,55
5	4,2	4,025	5,06	5,52	7,25
6	1,55	3,45	5,39	6,71	5,18
7	3,15	3,5	4,71	5,45	6,59
8	3,15	3,31	5,02	5,01	7,23
9	2,74	3,25	4,83	6,07	6,1
10	3,9	3,49	5,47	6,22	6,2
Rata -rata	3,33	3,49	5,74	6,295	7,38

Jitter merupakan variasi *delay* yang terjadi akibat adanya selisih waktu atau interval antara kedatangan paket pada penerima. Sehingga nilai *delay* dan nilai *jitter* berbanding lurus, semakin tinggi nilai *delay*, maka nilai *jitter* pun juga akan semakin tinggi.

Dari tabel diatas didapatkan nilai rata-rata *delay* untuk komunikasi 3 klien sebesar 3,33 ms, 6 klien sebesar 3,15 ms, 10 klien sebesar 5,74ms, 16 klien sebesar 6,295ms dan 20 klien sebesar 7,38 ms.

Seperti pada *delay*, bahwa nilai *jitter* bergantung dari banyaknya jumlah klien yang melakukan komunikasi data. Hal ini disebabkan oleh lintasan tempuh pada setiap klien berbeda. Selain itu juga dapat disebabkan karena ada *collision* pada jaringan, sehingga menyebabkan paket – paket tersebut memiliki waktu tempuh yang berbeda.

Tabel 5. Hasil Pengujian Throughput

Pengujian ke -	throughput(ms)				
	2klien	4 klien	10klien	16klien	20klien
1	80,75	81,28	80	80,44	80,38
2	80,7	81,4	81,7	80,14	79,07
3	80,69	81,19	81,7	80,39	79,99
4	80,73	81,18	81,8	80,19	80,22
5	80,77	81,12	81,8	80,55	80,15
6	80,76	79,96	78,84	78,93	80,21
7	80,76	79,98	79,33	79,33	80,2
8	80,88	79,77	79,3	80,11	80,21
9	80,96	79,63	79,11	80,12	80,23
10	80,67	80,51	78,9	80,92	80,2
Rata-rata	80,77	80,51	80,25	80,112	80,09

Dari **tabel 5** nilai *throughput* rata-rata pada percobaan dengan 2 klien sebesar 80,77 kbps, pada 6 klien sebesar 80,51 kbps, pada 10 klien sebesar 80,25 kbps, pada 16 klien sebesar 80,112 kbps dan 20 klien sebesar 80,9 kbps.

Tabel 6. Hasil Pengujian Packet Loss

Penguji an ke -	Packet loss (%)				
	2 klien	6 klien	10 klien	16klien	20 klien
1	1,82	1,71	8,48	2,825	5,94
2	4,69	1,75	1,51	3,575	2,5
3	2,14	1,31	2,21	6,175	1,58
4	3,225	1,43	1,77	3,625	6,26
5	1,2	1,01	1,51	4,8	4,875
6	1,76	2,44	1,78	1,05	5,54
7	3,26	4,45	2,9	7,525	6,127
8	1,37	3,47	3,64	4,75	1,45
9	1,64	3,6	4,06	1,625	1,46
10	1,84	2,37	5,23	0,8	5,16
Rata-rata	2,29	2,354	3,309	3,675	4,09

Dari **tabel 6** dapat dilihat bahwa nilai rata –rata *packet loss* untuk komunikasi 2 klien sebesar 2,29 %, pada komunikasi 6 klien sebesar 2,345 %, komunikasi 10 klien sebesar 3,309%, komunikasi 16 klien 3,575% dan pada komunikasi 20 klien sebesar 4,09%.

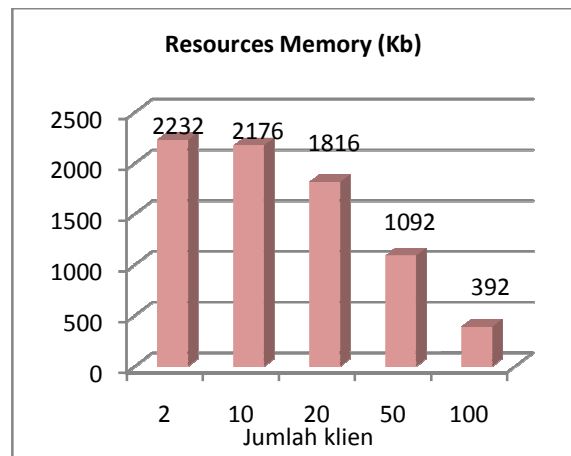
Tabel 7. Hasil Pengujian Komunikasi Terhadap Jarak

Pengujian dengan jarak (m)	RSSI (dB)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Throughput (kbps)	Packet loss (%)
5	-37	20,275	2,775	79,625	1,5
10	-61	20,3	2,825	79,475	1,6
20	-72	20,6	2,9	79,125	2,925
30	-73	20,75	3,025	78,275	3,825
40	-75	22,7	3,4	77,775	11,875
50	-81	24,925	3,575	74,75	13,225

Tabel 7 diatas merupakan tabel dari pengujian pada komunikasi 2 klien dengan menggunakan jarak. Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak pada komunikasi yang dilakukan, semakin rendah pula nilai pada parameter QoS (*Quality of service*) yang didapat. Pada jarak 5 meter, didapatkan nilai *delay* sebesar 20,275 ms, *jitter* 2,775 ms, *throughput* 79,625 kbps dan *packet loss* 1,5%. Pada pengujian jarak terjauh sebesar 50 meter didapatkan nilai *delay* sebesar 24,925 ms, *jitter* 3,575 ms, *throughput* 74,74 kbps dan *packet loss* sebesar 13,225%.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui resources memori ketika terjadi terjadi banyak panggilan ketika terjadi komunikasi antara klien setiap menitnya. Apabila resources memori yang

digunakan dalam proses buffer terlalu besar, maka ram yang tersisa tidak dapat mampu lagi menampung klien yang melakukan panggilan lagi. Pada *access point* memori ram yang tersisa adalah 2528 kb atau sekitar 2,5 mb dari 14 mb yang telah tersedia dalam *access point* WRT54GL. Berdasarkan Pengujian didapatkan grafik seperti berikut :



Gambar 5. Resources Memori Server berdasarkan jumlah klien

Sehingga perhitungan untuk mendapatkan resources memori tiap klien setiap terjadi panggilan adalah sebagai berikut :

$$resource\ Memori = \frac{Memory\ awal(Kb) - Memory\ akhir(Kb)}{Jumlah\ Call}$$

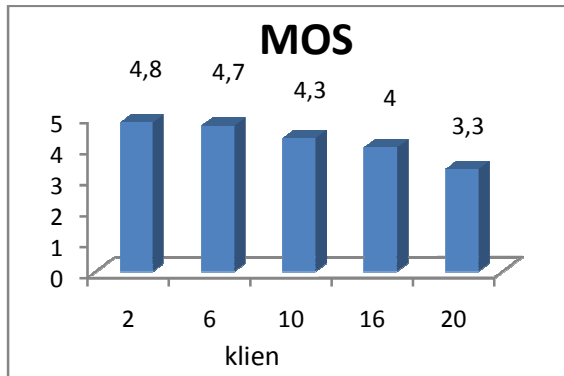
Dan, didapatkan nilai resources memori tiap klien seperti terlihat pada tabel

Tabel 8. Resources Memory Tiap Klien

Klien per 30 detik	Resources memori tiap klien (KB)
2	0,49
10	0,58
20	1,18
50	2,39
100	3,56

Sedangkan pada pengujian MOS (*Mean Opinion Score*) koresponden sebanyak 20 klien, kemudian tiap koresponden melakukan komunikasi dengan kondisi jaringan pada 2 klien melakukan

komunikasi, 6 klien melakukan komunikasi, 10 klien melakukan komunikasi, 16 klien melakukan komunikasi dan dengan menggunakan 20 klien didalam komunikasi, didapatkan hasil sebagai berikut



Gambar 6. Hasil Pengujian MOS

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Ketersediaan *bandwidth* sangat berpengaruh pada nilai QoS yang didapatkan. Karena ketika kebutuhan *bandwidth* jauh lebih besar dari *bandwidth* yang tersedia maka nilai *delay*, *jitter* dan *packet loss* akan semakin besar.
2. Secara keseluruhan nilai *delay*, *jitter* dan *packet loss* pada pengukuran dengan menggunakan codec G.711 masih berada pada kategori yang diperbolehkan untuk komunikasi VoIP, untuk *delay* < 150 ms, *jitter* < 75 ms dan *packet loss* < 5%.
3. *Resources memory* minimal yang dialokasikan oleh *access point* pada tiap klien sebesar 0,49 KB.
4. Secara keseluruhan QoS terbaik dari implementasi dalam proyek akhir ini adalah pada saat terjadi koneksi antara 2 klien, Karena didapatkan nilai untuk *delay* sebesar 20,6 ms ; nilai *jitter* sebesar 3,33 ms ; nilai *throughput* sebesar 80,77 kbps dan nilai *packet loss* sebesar 2,29 %. Yang kesemuanya sesuai dengan standard yang telah direkomendasikan oleh ITU-T.
5. Untuk *best effort* dari implementasi proyek akhir ini adalah saat *access point* dapat menampung antara 16 klien hingga 20 klien. Dengan nilai *delay* 20,89 ms; *jitter* sebesar 6,295 ms; *packet loss* sebesar 3,675 % dan *throughput* sebesar 80,112 kbps. Dimana, pada sesi komunikasi hingga 20 klien, terdapat satu *drop call*.

Saran

Hasil dari proyek akhir ini masih belum Hasil dari proyek akhir ini masih belum sempurna, oleh karena itu ada beberapa saran yang mungkin dapat menjadi masukan bagi yang ingin mengembangkan proyek akhir ini. Saran – saran yang dibutuhkan untuk pengembangan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan dua buah *access point*, sehingga cakupan wilayah aplikasi ini lebih luas, walaupun pada *access point* tidak dapat melakukan *handover* ketika klien berpindah tempat.
2. Pada proyek akhir ini, klien yang diuji masih ada yang menggunakan komputer sebagai klien, diharapkan kedepannya dapat menggunakan telepon selular dalam pengujian.
3. Selain parameter pengukuran *Quality of Service (QoS)* VoIP pada buku ini, masih ada beberapa parameter yang lain dalam mengukur QoS dari jaringan VoIP, antara lain : pengukuran Protokol *overhead*, VAF (*Voice Activity Factor*), Grafik Distribusi *active state* serta *silent state*, dan *Silent Insertion Descriptor*.

Daftar Pustaka

- [1] Susantok, Mochamad, "Studi Analisis Pengukuran Performansi dan Kualitas Layanan (QoS) pada Jaringan VoIP Berbasis Session Initiation Protocol", Tugas Akhir Teknologi Informasi PENS – ITS, 2007.
- [2] Kurniawan, "Pengujian Kualitas Percakapan Dalam Jaringan VoIP Menggunakan NIST Emulator", Tugas Akhir Teknik Elektro - ITB, 2007.
- [3]. Trabatas Tharom, Teknik dan Bisnis VoIP, Elex Media Komputindo, Jakarta, 2002.
- [4]. Edhi Wahyu, Trafik Telekomunikasi Bab-1, <http://edhywahyu.com> [11]. "Methods for Subjective Determination of Transmission Quality, ITU - T P.800", 1996.