



TESIS - TE 142599

**IMPLEMENTASI WIRELESS VOIP DAN
OPTIMIZED LINK STATE ROUTING PROTOKOL
SEBAGAI SARANA KOMUNIKASI PADA DAERAH
TERTINGGAL BERBASIS FRAMEWORK
OPENVOICE**

**Asriadi
2213203201**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
Dr. Istas Pratomo, ST., MT.**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEKOMUNIKASI MULTIMEDIA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



TESIS - TE 142599

**IMPLEMENTATION WIRELESS VOIP AND
OPTIMIZED LINK STATE ROUTING PROTOCOL
AS TELECOMMUNICATION INFRASTRUCTURE
FOR REMOTE AREAS BASED ON OPENVOICE
FRAMEWORK**

Asriadi
2213203201

SUPERVISOR
Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
Dr. Istas Pratomo, ST., MT.

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEKOMUNIKASI MULTIMEDIA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

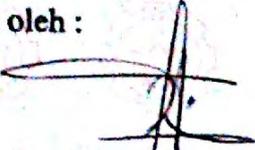
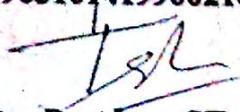
Asriadi

NRP. 2213203201

Tanggal ujian : 18 Januari 2016

Periode wisuda : Maret 2016

Disetujui oleh :

- 
1. **Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA** (Pembimbing)
NIP. 196510141990021001
 2. **Dr. Istas Pratomo, ST., MT.** (Pembimbing)
NIP. 197903252003121001
 3. **Dr. Ir. Suwadi, MT.** (Penguji)
NIP . 196808181993031002
 4. **Dr. Ir. Wirawan, DEA.** (Penguji)
NIP . 196311091989031011
 5. **Dr. Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.** (Penguji)
NIP . 196411301989032001
 6. **Dr. Ir. Endroyono, DEA.** (Penguji)
NIP . 196504041991021001



IMPLEMENTASI WIRELESS VOIP, DAN OPTIMIZED LINK STATE ROUTING PROTOKOL SEBAGAI SARANA KOMUNIKASI PADA DAERAH TERTINGGAL BERBASIS FRAMEWORK OPENVOICE

Nama Mahasiswa : Asriadi
NRP : 2213203201
Pembimbing : Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA
: Dr. Ista Pratomo, ST, MT

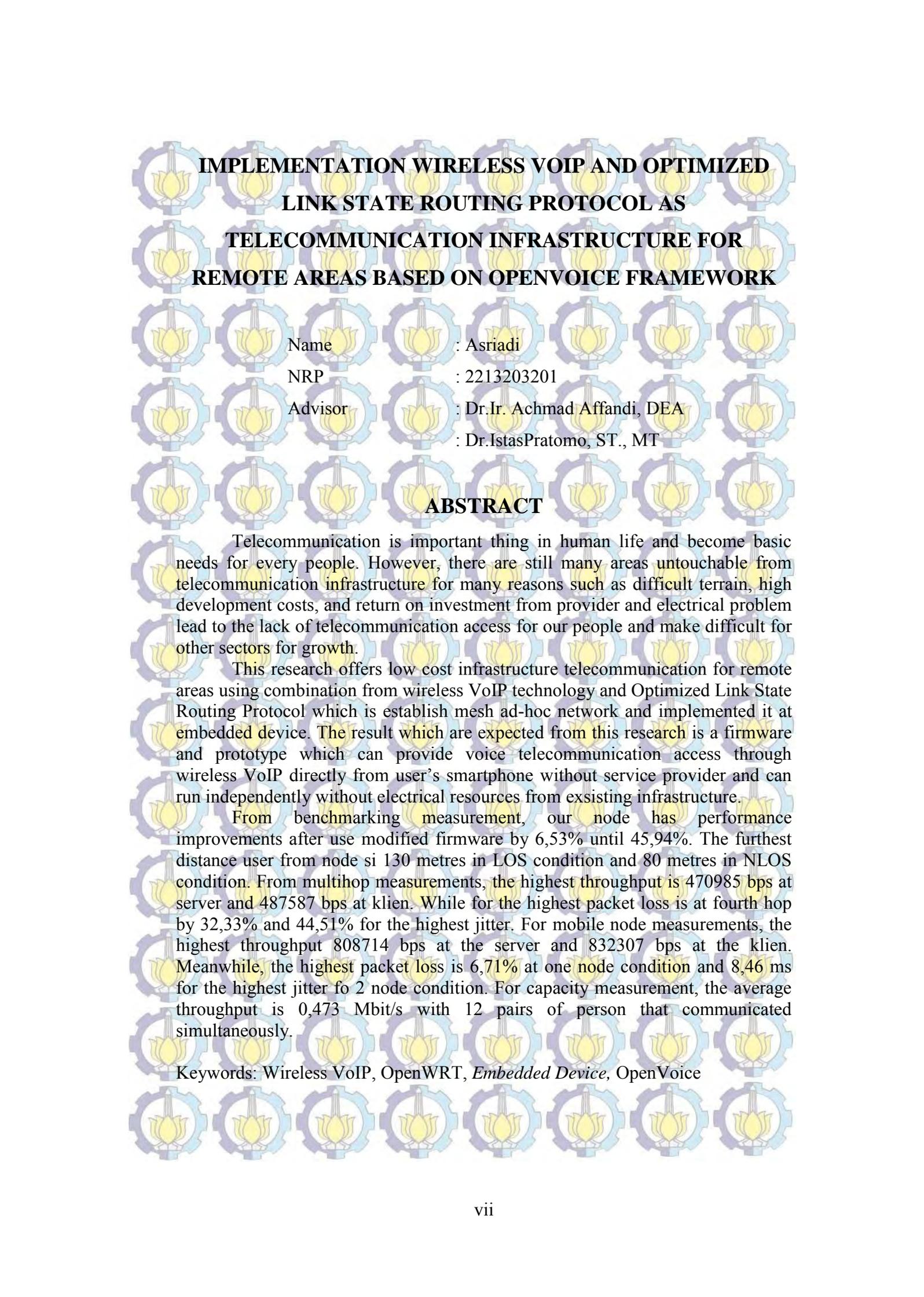
ABSTRAK

Telekomunikasi adalah bagian penting dalam kehidupan manusia. Kebutuhan akan informasi sudah menjadi kebutuhan dasar setiap orang. Namun, masih banyaknya daerah yang belum tersentuh oleh infrastruktur telekomunikasi yang diakibatkan oleh sulitnya medan, biaya pembangun infrastruktur yang tinggi, return on investment dari operator serta masalah kelistrikan menyebabkan susah akses telekomunikasi yang berdampak pada susah berkembang sektor-sektor kehidupan masyarakat.

Penelitian ini menawarkan solusi infrastruktur murah pada daerah terpencil menggunakan kombinasi dari wireless VoIP dan optimized link state routing protocol yang membentuk jaringan mesh adhoc yang diimplementasikan pada embedded device. Hasil yang diinginkan dari penelitian ini adalah sebuah framework berbentuk firmware serta prototype yang dapat menyediakan akses telekomunikasi suara melalui wireless VoIP langsung pada ponsel pengguna tanpa bantuan operator selular serta dapat beroperasi secara mandiri tanpa adanya pasokan energi listrik dari infrastruktur yang sudah ada.

Dari pengujian sistem berupa benchmarking device, terjadi peningkatan kinerja setelah memakai firmware hasil modifikasi sebesar 6,53% sampai 45,94%. Jarak terjauh pengguna dari node adalah 130 meter pada kondisi LOS dan 80 meter pada kondisi NLOS. Pada pengujian multihop didapatkan pengurangan throughput tertinggi pada hop pertama yaitu 470985 bps pada server dan 487587 bps pada klien. Sedangkan untuk paket loss tertinggi ada pada hop ke-4 sebesar 32,33% dan jitter sebesar 44,51%. Untuk pengujian dengan node bergerak didapatkan throughput tertinggi sebesar 808714 bps pada server dan 832307 bps pada klien. Sedangkan paket loss tertinggi sebesar 6,71% pada kondisi 1 node dan 8,46 ms untuk jitter pada kondisi 2 node. Untuk pengujian kapasitas pengguna per node didapatkan rata-rata throughput sebesar 0.473 Mbit/s dengan kondisi 12 pasang berkomunikasi secara simultan.

Kata Kunci: Wireless VoIP, OpenWRT, *Embedded Device*, OpenVoice



IMPLEMENTATION WIRELESS VOIP AND OPTIMIZED LINK STATE ROUTING PROTOCOL AS TELECOMMUNICATION INFRASTRUCTURE FOR REMOTE AREAS BASED ON OPENVOICE FRAMEWORK

Name : Asriadi
NRP : 2213203201
Advisor : Dr.Ir. Achmad Affandi, DEA
: Dr.IstasPratomo, ST., MT

ABSTRACT

Telecommunication is important thing in human life and become basic needs for every people. However, there are still many areas untouchable from telecommunication infrastructure for many reasons such as difficult terrain, high development costs, and return on investment from provider and electrical problem lead to the lack of telecommunication access for our people and make difficult for other sectors for growth.

This research offers low cost infrastructure telecommunication for remote areas using combination from wireless VoIP technology and Optimized Link State Routing Protocol which is establish mesh ad-hoc network and implemented it at embedded device. The result which are expected from this research is a firmware and prototype which can provide voice telecommunication access through wireless VoIP directly from user's smartphone without service provider and can run independently without electrical resources from existing infrastructure.

From benchmarking measurement, our node has performance improvements after use modified firmware by 6,53% until 45,94%. The furthest distance user from node si 130 metres in LOS condition and 80 metres in NLOS condition. From multihop measurements, the highest throughput is 470985 bps at server and 487587 bps at klien. While for the highest packet loss is at fourth hop by 32,33% and 44,51% for the highest jitter. For mobile node measurements, the highest throughput 808714 bps at the server and 832307 bps at the klien. Meanwhile, the highest packet loss is 6,71% at one node condition and 8,46 ms for the highest jitter fo 2 node condition. For capacity measurement, the average throughput is 0,473 Mbit/s with 12 pairs of person that communicated simultaneously.

Keywords: Wireless VoIP, OpenWRT, *Embedded Device*, OpenVoice

KATA PENGANTAR

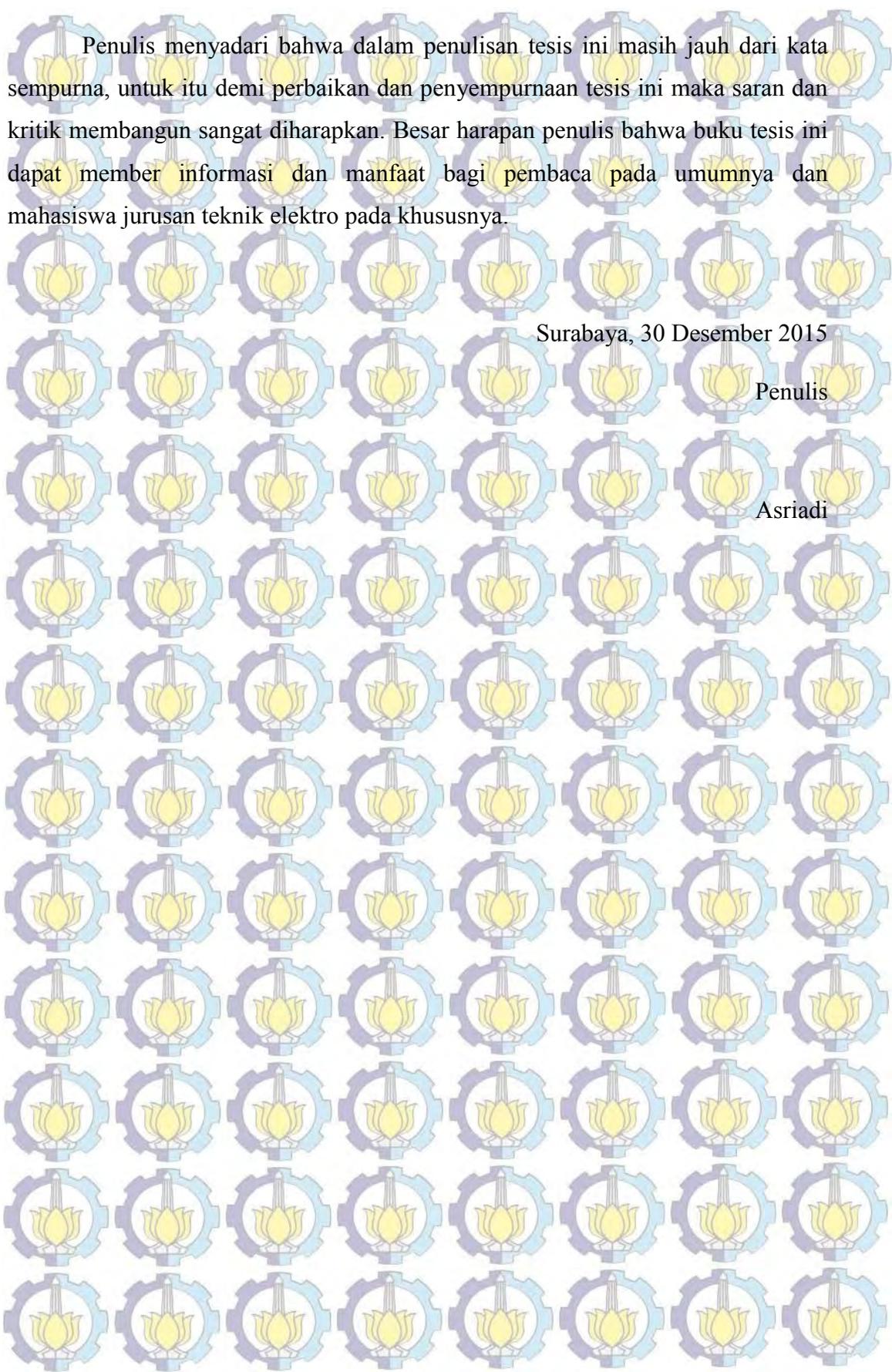
Dengan Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang
Segala puja dan puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan
karunia yang telah dilimpahkan kepada penulis sehingga penulisan thesis dengan
judul :

IMPLEMENTASI WIRELESS VOIP, DAN OPTIMIZED LINK STATE ROUTING PROTOKOL SEBAGAI SARANA KOMUNIKASI PADA DAERAH TERTINGGAL BERBASIS FRAMEWORK OPENVOICE

Dapat diselesaikan dengan baik. Buku thesis ini disusun untuk memenuhi
salah satu syarat memperoleh gelar magister pada program studi teknik elektro
dengan bidang keahlian telekomunikasi multimedia, institute teknologi sepuluh
nopember.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih
sedalam-dalamnya kepada :

1. Kedua orangtuaku, ayahanda Nojeng dg. Lewa dan ibunda Darmawati dg.
Ngonca tercinta yang telah mendidik dan merawat penulis sampai bisa berada
pada posisi ini.
2. Bapak Achmad Affandi dan Istas Pratomo atas bimbingan serta kesabarannya
terhadap penulis sehingga bisa menyelesaikan tesis ini tepat pada waktunya.
3. Bapak Wirawan selaku dosen wali yang telah membimbing dan mengarahkan
degan baik selama perkuliahan.
4. Bapak dan Ibu dosen telekomunikasi multimedia yang telah member banyak
pengetahuan baru bagi penulis selama masa perkuliahan.
5. Rekan-rekan S2 dan S1 di lab B301, B304 dan B306 atas kebaikan serta
kerjasamanya selama penulis menempuh studi pascasarja di jurusan teknik
elektro.



Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu demi perbaikan dan penyempurnaan tesis ini maka saran dan kritik membangun sangat diharapkan. Besar harapan penulis bahwa buku tesis ini dapat member informasi dan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa jurusan teknik elektro pada khususnya.

Surabaya, 30 Desember 2015

Penulis

Asriadi

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2	7
2.1 <i>Mobile Adhoc Network</i>	7
2.2 Routing Protokol	7
2.3 Optimized Link State Routing Protokol	8
2.3.1 OLSR Daemon	12
2.4 <i>Wireless Mesh Network</i>	12
2.5 Voice Over IP	13
2.5.1 Signaling Protokol	14
2.5.2 Media Transfer Protokol	16

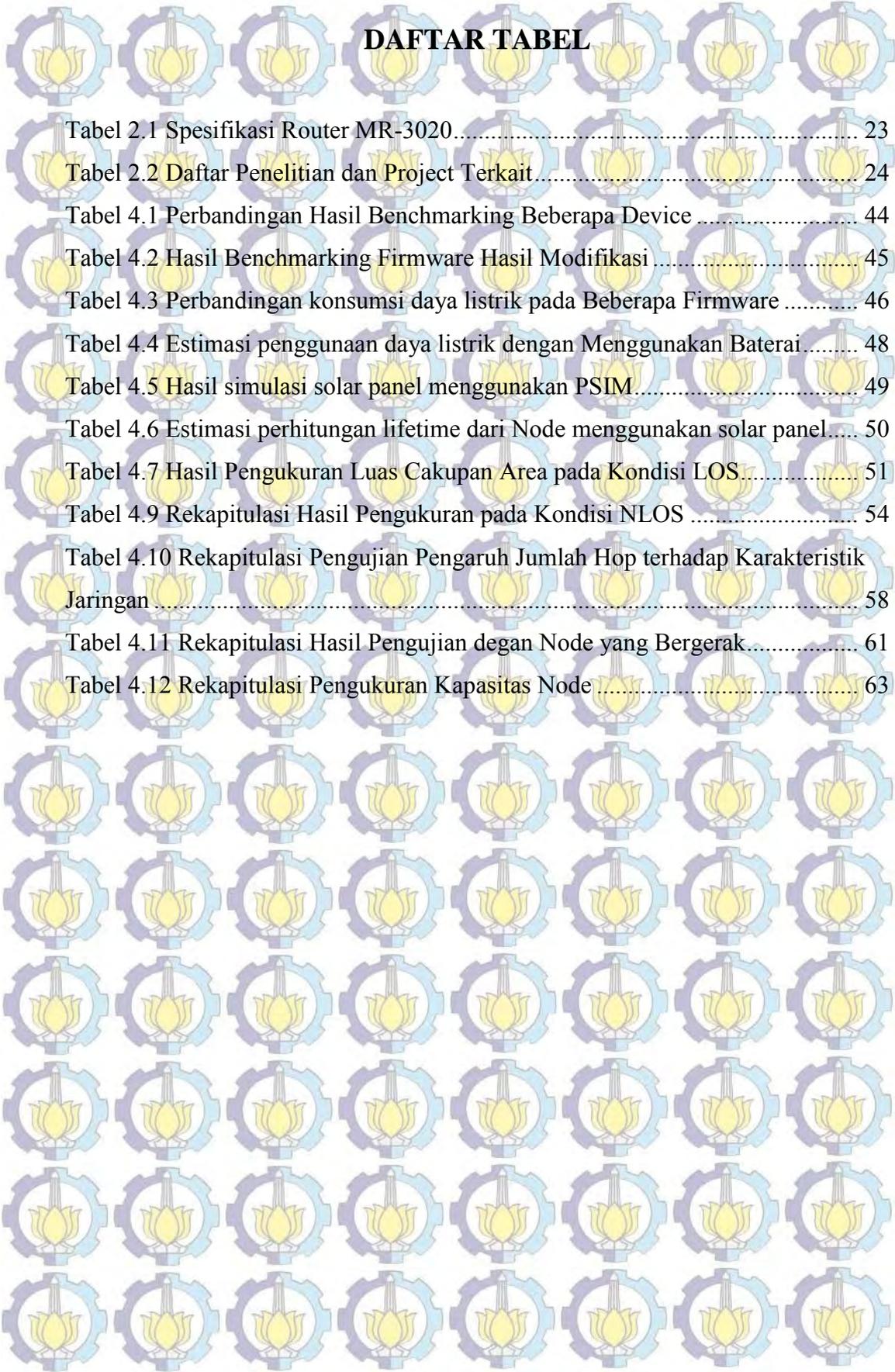
2.5.3	Parameter Quality of Service	17
2.5.4	Coder Decoder (Codec)	19
2.5.5	Mobile VoIP	20
2.6	OpenVoice	21
2.6.1	Asterisk	21
2.6.2	MR-3020	22
2.7	Penelitian Terkait	23
BAB 3		25
3.1	Rancangan Penelitian	25
3.2	Gambaran Umum Sistem	26
3.3	Perancangan Firmware OpenVoice	27
3.3.1	Persiapan Komputer Compiler	27
3.3.2	Persiapan Source Code Firmware	27
3.3.3	Konfigurasi Firmware	28
3.3.4	Compiling Firmware	30
3.4	Pemasangan Firmware pada Router	30
3.5	Konfigurasi OpenVoice Sistem	32
3.5.1	Konfigurasi Sistem	32
3.5.2	Konfigurasi Asterisk	32
3.5.3	Konfigurasi OLSR Routing Protokol	33
3.6	Skenario Pengujian Sistem	33
3.6.1	Cakupan Area	34
3.6.2	Benchmarking Device	35
3.6.3	Konsumsi Listrik dan Node Lifetime	36
3.6.4	Pengujian Komunikasi dengan Skema Multihop	36
3.6.5	Pengujian dengan Node yang Bergerak	37

3.6.6	Kapasitas Pengguna per Node.....	38
3.7	Proses Penyimpulan Hasil Penelitian.....	39
BAB 4	.....	41
4.1	OpenVoice Firmware.....	41
4.2	Benchmarking Device.....	43
4.3	Konsumsi Listrik dan Node Lifetime.....	46
4.4	Luas Cakupan Area.....	51
4.4.1	Kondisi Line of Sight (LOS).....	51
4.4.2	Kondisi Non Line of Sight (NLOS).....	54
4.5	Pengujian Komunikasi dengan Skema Multihop.....	57
4.6	Pengujian dengan Node yang Bergerak.....	61
4.7	Kapasitas Pengguna per Node.....	63
BAB 5	.....	65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	.....	67
LAMPIRAN	.....	71
7.1	Membuat OpenVoice Firmware.....	71
7.2	Konfigurasi Network dan Wireless Interface pada Node.....	72
7.3	Konfigurasi Asterisk.....	73
7.4	Konfigurasi Routing Protokol OLSR.....	75
RIWAYAT HIDUP	.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Jaringan Mobile Adhoc Network	7
Gambar 2.2 Perbandingan system broadcasting (a) Link state broadcast (b) MPR broadcast	9
Gambar 2.3 Format Paket OLSR	10
Gambar 2.4 Cara kerja OLSR dalam topologi sederhana	11
Gambar 2.5 SIP Signaling Protokol	15
Gambar 2.6 IAX Signaling Protokol	16
Gambar 2.7 Jenis Codec dan Karakteristiknya	20
Gambar 2.8 Router MR-3020 (a) Original (b) Hasil Modifikasi	22
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> tahapan penelitian	25
Gambar 3.2 Implementasi OpenVoice Network	26
Gambar 3.3 Arsitektur dasar OpenVoice Sistem	27
Gambar 3.4 Konfigurasi Firmware	28
Gambar 3.5 Pemilihan Paket-Paket yang akan dicompile	29
Gambar 3.6 Memasukkan preconfigured file kedalam firmware	29
Gambar 3.7 Proses kompilasi firmware	30
Gambar 3.8 Halaman awal router MR-3020	31
Gambar 3.9 Proses flashing firmware OpenVoice	31
Gambar 3.10 Tampilan awal firmware OpenVoice	31
Gambar 3.11 Ilustrasi Pengujian luas cakupan area dalam kondisi LOS	35
Gambar 3.12 Ilustrasi Pengujian luas cakupan area dalam kondisi NLOS	35
Gambar 3.13 Layout lokasi pengukuran luas jangkauan node	35
Gambar 3.14 <i>Ilustrasi Jumlah Hop terhadap Panggilan</i>	37
Gambar 3.15 Layout lokasi pengukuran komunikasi multihop	37
Gambar 3.16 Skema Simulasi Node Bergerak	38
Gambar 3.17 Ilustrasi pengukuran kapasitas 1 node	38
Gambar 4.1 Analisa firmware menggunakan binwalk	41
Gambar 4.2 Tampilan firmware berbasis command line	43
Gambar 4.3 Tampilan firmware berbasis web based	43

Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Hasil Benchmarking tahap I.....	44
Gambar 4.5 Hasil Benchmarking Firmware Hasil Modifikasi.....	46
Gambar 4.6 Integrasi Node dengan Management Energi.....	47
Gambar 4.7 Wiring Diagram dari Power Management.....	48
Gambar 4.8 Grafik Monitoring Uptime tanpa Mini Solar Panel.....	49
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Node Lifetime.....	50
Gambar 4.10 Grafik Monitoring Uptime Integrasi dengan Mini Solar Panel.....	51
Gambar 4.11 Pengaruh Jarak terhadap Throughput pada Kondisi LOS.....	53
Gambar 4.12 Pengaruh Jarak terhadap Jitter.....	53
Gambar 4.13 Pengaruh Jarak terhadap Paket Loss.....	54
Gambar 4.14 Pengaruh Jarak dengan Throughput pada Kondisi NLOS.....	55
Gambar 4.15 Pengaruh Jarak terhadap Jitter pada Kondisi NLOS.....	56
Gambar 4.16 Pengaruh Jarak terhadap Paket Loss pada Kondisi NLOS.....	56
Gambar 4.17 Visualisasi komunikasi multihop antar node.....	57
Gambar 4.18 Hasil trace route terhadap hop yang dilewati.....	57
Gambar 4.19 Pengaruh Jumlah Hop terhadap Throughput.....	59
Gambar 4.20 Pengaruh Jumlah Hop terhadap Jitter.....	60
Gambar 4.21 Pengaruh Jumlah Hop terhadap Paket Loss.....	61
Gambar 4.22 Kurva Pengaruh Pergerakan Node Terhadap Throughput.....	62
Gambar 4.23 (a) Kurva pengaruh pergerakan terhadap paket loss. (b) Kurva pengaruh pergerakan terhadap jitter.....	63



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Router MR-3020.....	23
Tabel 2.2 Daftar Penelitian dan Project Terkait.....	24
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Benchmarking Beberapa Device.....	44
Tabel 4.2 Hasil Benchmarking Firmware Hasil Modifikasi.....	45
Tabel 4.3 Perbandingan konsumsi daya listrik pada Beberapa Firmware.....	46
Tabel 4.4 Estimasi penggunaan daya listrik dengan Menggunakan Baterai.....	48
Tabel 4.5 Hasil simulasi solar panel menggunakan PSIM.....	49
Tabel 4.6 Estimasi perhitungan lifetime dari Node menggunakan solar panel....	50
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Luas Cakupan Area pada Kondisi LOS.....	51
Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Pengukuran pada Kondisi NLOS.....	54
Tabel 4.10 Rekapitulasi Pengujian Pengaruh Jumlah Hop terhadap Karakteristik Jaringan.....	58
Tabel 4.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian degan Node yang Bergerak.....	61
Tabel 4.12 Rekapitulasi Pengukuran Kapasitas Node.....	63

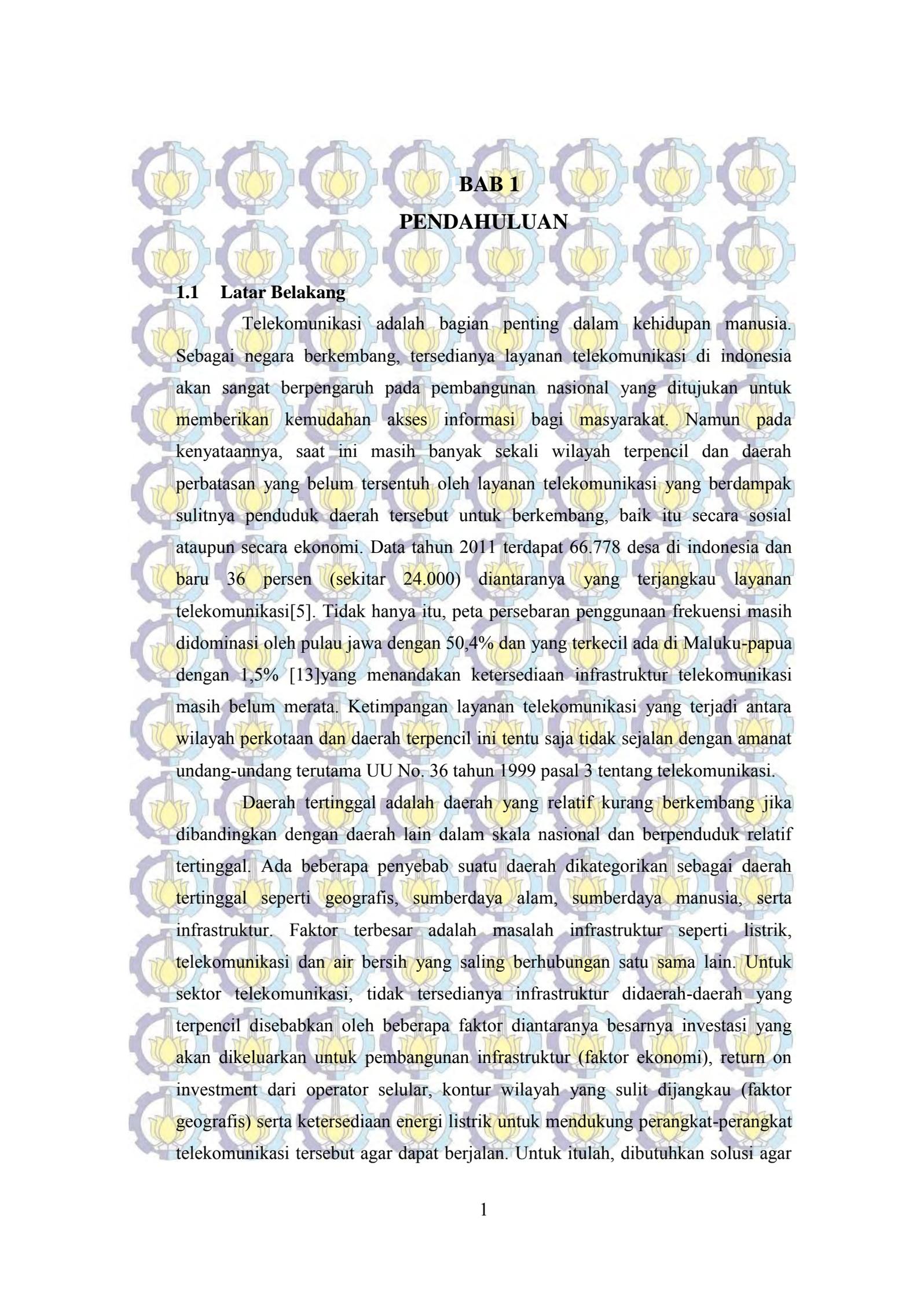
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 7.1 Membuat Firmware OpenVoice 69

Lampiran 7.2 Konfigurasi Network dan Wireless Interface 70

Lampiran 7.3 Konfigurasi Asterisk 71

Lampiran 7.4 Konfigurasi Routing Protokol OLSR 73



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Telekomunikasi adalah bagian penting dalam kehidupan manusia. Sebagai negara berkembang, tersedianya layanan telekomunikasi di Indonesia akan sangat berpengaruh pada pembangunan nasional yang ditujukan untuk memberikan kemudahan akses informasi bagi masyarakat. Namun pada kenyataannya, saat ini masih banyak sekali wilayah terpencil dan daerah perbatasan yang belum tersentuh oleh layanan telekomunikasi yang berdampak sulitnya penduduk daerah tersebut untuk berkembang, baik itu secara sosial ataupun secara ekonomi. Data tahun 2011 terdapat 66.778 desa di Indonesia dan baru 36 persen (sekitar 24.000) diantaranya yang terjangkau layanan telekomunikasi [5]. Tidak hanya itu, peta persebaran penggunaan frekuensi masih didominasi oleh pulau Jawa dengan 50,4% dan yang terkecil ada di Maluku-Papua dengan 1,5% [13] yang menandakan ketersediaan infrastruktur telekomunikasi masih belum merata. Ketimpangan layanan telekomunikasi yang terjadi antara wilayah perkotaan dan daerah terpencil ini tentu saja tidak sejalan dengan amanat undang-undang terutama UU No. 36 tahun 1999 pasal 3 tentang telekomunikasi.

Daerah tertinggal adalah daerah yang relatif kurang berkembang jika dibandingkan dengan daerah lain dalam skala nasional dan berpenduduk relatif tertinggal. Ada beberapa penyebab suatu daerah dikategorikan sebagai daerah tertinggal seperti geografis, sumberdaya alam, sumberdaya manusia, serta infrastruktur. Faktor terbesar adalah masalah infrastruktur seperti listrik, telekomunikasi dan air bersih yang saling berhubungan satu sama lain. Untuk sektor telekomunikasi, tidak tersedianya infrastruktur di daerah-daerah yang terpencil disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya besarnya investasi yang akan dikeluarkan untuk pembangunan infrastruktur (faktor ekonomi), return on investment dari operator selular, kontur wilayah yang sulit dijangkau (faktor geografis) serta ketersediaan energi listrik untuk mendukung perangkat-perangkat telekomunikasi tersebut agar dapat berjalan. Untuk itulah, dibutuhkan solusi agar

layanan telekomunikasi dapat berjalan pada daerah berkebutuhan khusus seperti di daerah terpencil.

Perkembangan teknologi yang semakin pesat berdampak pada peningkatan yang signifikan terhadap teknologi wireless. Teknologi wireless menjadi salah satu teknologi yang paling populer dalam beberapa tahun terakhir. Mobile ad-hoc Networks (MANETs) merupakan bagian dari teknologi wireless yang paling populer dalam teknologi komunikasi jaringan untuk diteliti[22]. Teknologi MANET dengan penggunaan routing protocol yang dinamis seperti OLSR (Optimized Link State Protokol) merupakan teknologi yang ideal diterapkan pada situasi dimana tidak tersedianya infrastruktur telekomunikasi karena dengan menggunakan ini kita hanya perlu menggunakan node-nodenya untuk mengirimkan data-data ke tempat yang diinginkan. Keunggulan utama selain diatas adalah rendahnya biaya dalam pengembangannya dan kemudahan dalam implementasi pada tempat, waktu dan kegunaan yang berbeda [22][3].

Berkembangnya teknologi wireless khususnya MANETs juga ikut mendorong berkembangnya teknologi VoIP. VoIP (Voice Over internet Protocol) atau IP telephony adalah teknologi yang memungkinkan kita melakukan panggilan dengan bantuan koneksi internet[7]. Teknologi ini semakin populer di masyarakat dan bisa menjadi model komunikasi masa depan [11][21]. Teknologi ini juga semakin meningkat menjadi Wireless VoIP seiring perkembangan ponsel yang dilengkapi dengan interface wireless yang memungkinkan penggunaannya menggunakan layanan VoIP di ponsel mereka seperti skype[23].

Pengaplikasian VoIP pada awalnya melalui kabel dan internet namun dengan menggunakan MANETs beserta protokolnya kita dapat membuat design atau model komunikasi yang bersifat wireless dan offline sehingga pengaplikasiannya menjadi sangat luas. Namun dalam pengaplikasian VoIP dalam komunikasi wireless ternyata mempunyai banyak tantangan diantaranya adalah terbatasnya cakupan area untuk skema yang memakai akses point atau router dalam implementasinya, terbaginya bagian-bagian dari jaringan yang dibangun diakibatkan oleh perubahan topologi jaringan yang cepat dan tidak terprediksi dikarenakan tidak stabilnya link antar node sehingga realibility, kehandalan, mobilitas dan fleksibilitas jaringan yang diinginkan bisa jadi tidak tercapai.

Kondisi ini tentunya tidak di inginkan apalagi jika teknologi wireless VoIP ini diterapkan di daerah atau kegiatan berkebutuhan khusus seperti daerah terpencil, aktifitas search and rescue, komunikasi di medan pertempuran, komunikasi pasca bencana yang mana daerah atau aktifitas tersebut merupakan daerah dan aktifitas dengan keterbatasan infrastruktur komunikasi sedangkan mobilitas tinggi sangat diperlukan dalam kegiatan didaerah-daerah seperti ini.

Untuk mengatasi ini kita dapat menerapkan Mesh Adhoc Networks dengan menggunakan OLSR yang tidak lain adalah routing protocol yang biasa dipakai oleh jaringan MANET. Mesh adhoc network adalah sebuah topologi wireless mesh yang mempunyai mobilitas sehingga dapat menutupi kelemahan pengaplikasian sistem seperti diatas. Selain itu, model ini memungkinkan kliennya untuk saling berkomunikasi satu sama lain melewati jaringan multihop, ketika satu node gagal ataupun mengalami kerusakan ataupun ada tambahan node maka topologi akan berubah secara otomatis dan mengonfigurasi secara cepat. Kondisi jaringan komunikasi akan sangat fleksibel terhadap perubahan. Model ini sendiri menawarkan keuntungan tambahan yakni area cakupan dari klien yang semulanya terbatas pada area service dari server utama menjadi lebih luas dengan adanya sifat mobilitas yang tinggi serta otomatisasi system dalam adaptasi perubahan topologi yang cepat. Mesh adhoc network adalah kandidat yang sangat cocok untuk kondisi medan yang memiliki area cukup luas dan kegiatan yang memerlukan proses cepat dalam adaptasi jaringan, infrastruktur telekomunikasi tidak tersedia atau tidak terjangkau serta biaya pengembangan yang murah [6] seperti daerah terpencil, aktifitas search and rescue, komunikasi pasca bencana alam dan komunikasi di medan pertempuran.

Ada banyak platform yang bisa digunakan untuk mengimplementasikan system ini. Salah satunya adalah sistem operasi berbasis desktop baik itu menggunakan windows ataupun linux, namun masih terdapat kekurangan jika menggunakan platform tersebut yakni sifatnya yang masih berbasis PC (Personal Computer) sehingga akan mengurangi secara drastis mobilitas dan fleksibilitas dari system yang kita bangun. Selain itu biaya pengembangan menjadi lebih mahal karena memerlukan perangkat tambahan lagi agar dapat bekerja serta konsumsi daya yang lebih tinggi. Platform lainnya adalah menggunakan

embedded device seperti single board computer, kelebihanannya adalah ukurannya yang kecil, konsumsi daya yang rendah dan telah mendukung system ini, namun single board computer ini belum memiliki interface wireless yang merupakan penunjang utama dari system ini sehingga pada saat pengaplikasian membutuhkan perangkat tambahan yang berdampak pada fleksibilitas dan biaya pengembangannya.

Platform lainnya yang bisa menutupi kelemahan diatas adalah memakai embedded device yang telah dimodifikasi dengan firmware khusus bernama OpenVoice. OpenVoice adalah firmware berbasis OpenWRT[17] (Open source wireless routers) yang didesain khusus untuk keperluan wireless VoIP dan dapat mengubah router(embedded device) menjadi sebuah linuxbox seperti halnya single board computer namun tidak menghilangkan fungsi-fungsi dasarnya sebagai router. Firmware ini mempunyai modul-modul yang bisa dimanfaatkan salah satunya adalah untuk mengimplementasikan routing protocol dari MANET dan dapat menjalankan skema mesh adhoc network dengan menjalankan layanan Wireless VoIP. Dengan menggunakan router yang telah dimodifikasi dan mengimplementasikannya kedalam system sehingga didapat beberapa keuntungan yakni biaya pengembangan yang murah karena semua bagian sudah menjadi satu pada perangkat yang dipakai, konsumsi daya rendah, realibilitas, mobilitas dan fleksibilitas yang tinggi karena ukurannya yang cukup kecil, serta sistem yang berjalan otomatis dan dapat bekerja didaerah tanpa infrastruktur komunikasi sekalipun [19] serta dapat digunakan langsung oleh pengguna dari ponsel android mereka.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana mengimplementasikan Wireless VoIP, dan Optimized Link State Routing protokol dalam sebuah prototype berbasis embedded device?
- b. Bagaimana mengimplementasikan komunikasi multihop untuk memperluas jangkauan dari layanan yang ditawarkan ?

- c. Apakah sistem yang ditanam dalam prototype ini dapat digunakan untuk melakukan panggilan dengan ponsel android?
- d. Bagaimana karakteristik dari prototype dan layanan VoIP yang dibuat

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pada penelitian ini perancangan framework OpenVoice berbasis OpenWRT.
- b. Perangkat keras/Embedded device yang digunakan dalam penelitian ini adalah MR3020.
- c. Pengujian dan pengambilan data tidak benar-benar berada di daerah terpencil namun hanya simulasi seolah-olah berada pada daerah yang terpencil.
- d. Softphone yang dipakai dalam pengujian adalah aplikasi yang sudah tersedia di playstore.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghasilkan *prototype* awal embedded device yang sudah terintegrasi dengan manajemen energi sehingga bisa diterapkan secara mandiri pada daerah sasaran untuk menggelar layanan VoIP.
- b. Mengetahui karakteristik prototype dan layanan VoIP yang dibuat.

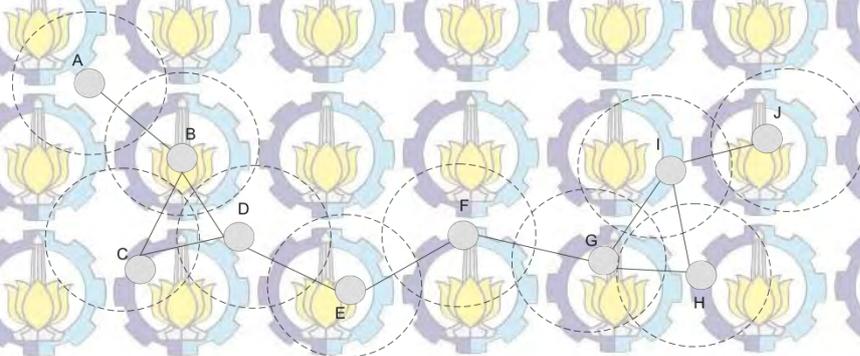
1.5 Manfaat Penelitian

Dari usulan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah untuk sistem telekomunikasi nirkabel dengan teknologi VoIP pada daerah terpencil serta sebagai solusi terhadap permasalahan infrastruktur telekomunikasi di daerah terpencil dengan design prototype ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Mobile Adhoc Network*

Mobile Adhoc Network (MANET) adalah jaringan yang terdiri dari beberapa node dan terhubung secara nirkabel untuk saling berkomunikasi satu sama lain tanpa adanya infrastruktur yang tetap [12]. Node-node yang terhubung dalam jaringan ini dapat bergerak secara bebas dengan bantuan node lainnya karena tidak adanya node yang bertindak sebagai sentral. MANET bersifat self healing, self configured dan dapat menjadi mobile mesh network menggunakan wireless link[1]. Hal ini menjadikan MANET sangat cocok untuk diterapkan pada kondisi dimana tidak tersedianya infrastruktur telekomunikasi, kondisi darurat seperti pasca bencana ataupun kegiatan-kegiatan berkebutuhan khusus seperti kegiatan search and rescue ataupun komunikasi di medan pertempuran.



Gambar 2.1 Ilustrasi Jaringan Mobile Adhoc Network

2.2 **Routing Protokol**

Routing protocol adalah sebuah aturan yang ditetapkan dalam proses pertukaran informasi routing yang akan membuat sebuah tabel routing sehingga data yang dikirimkan ketujuan menjadi lebih jelas. Routing protokol memegang peranan penting dalam implementasi sebuah network sehingga network yang dirancang bisa menjadi efektif dan efisien. Dalam lingkungan MANET, routing protokol memegang peranan yang sangat vital. Pemilihan routing protokol yang

dipakai dalam lingkungan MANET akan sangat berdampak pada kualitas network yang dibangun, penggunaan daya setiap node serta spesifikasi hardware yang akan digunakan dalam network yang dibangun. Routing protokol yang dipakai dalam lingkungan MANET terbagi atas 3 kategori yakni :

A. Reaktif routing protokol.

Reaktif routing protokol adalah routing protokol yang bersifat reaktif artinya routing protokol ini bekerja berdasarkan permintaan. Pencarian rute terpendek untuk transmisi data baru akan dilakukan saat ada data yang ingin dikirim.

Akibat dari mekanisme ini adalah terjadinya delay yang agak lama saat akan melakukan pengiriman data. AODV, DSR, TORA adalah contoh dari reaktif routing protokol.

B. Proaktif routing protokol.

Proaktif routing protokol adalah routing protokol yang bersifat proaktif, artinya setiap node membroadcast pesan setiap periode waktu tertentu ke node-node tetangga untuk selalu memperbarui routing tabel yang ada.

Mekanisme ini menjadikan rute pengiriman data akan selalu siap kapanpun data akan dikirim. OLSR, DSDV, CGSR adalah routing protokol yang bekerja berdasarkan mekanisme ini. Dalam penelitian ini akan digunakan OLSR sebagai routing protocol.

C. Hybrid routing protokol.

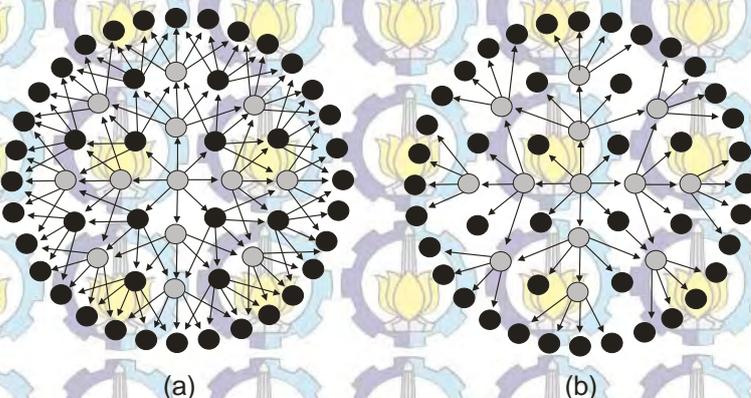
Hybrid routing protokol adalah routing protokol yang dibuat dengan mengambil keuntungan dari reaktif dan proaktif routing protokol, dengan kata lain menggabungkan keuntungan dari mekanisme kedua routing protokol tersebut. Dalam implementasinya, routing protokol jenis ini membutuhkan peralatan tambahan seperti GPS. ZRP adalah contoh dari routing protokol jenis ini.

2.3 Optimized Link State Routing Protokol

Optimized Link State Routing (OLSR) adalah salah satu routing protokol proaktif yang bisa digunakan dalam membangun MANET. Routing protokol ini bekerja dengan menggunakan tabel routing yang selalu diupdate secara berkala

dalam rangka menjaga informasi topologi yang ada sehingga bisa dipakai dalam pengiriman data[9].

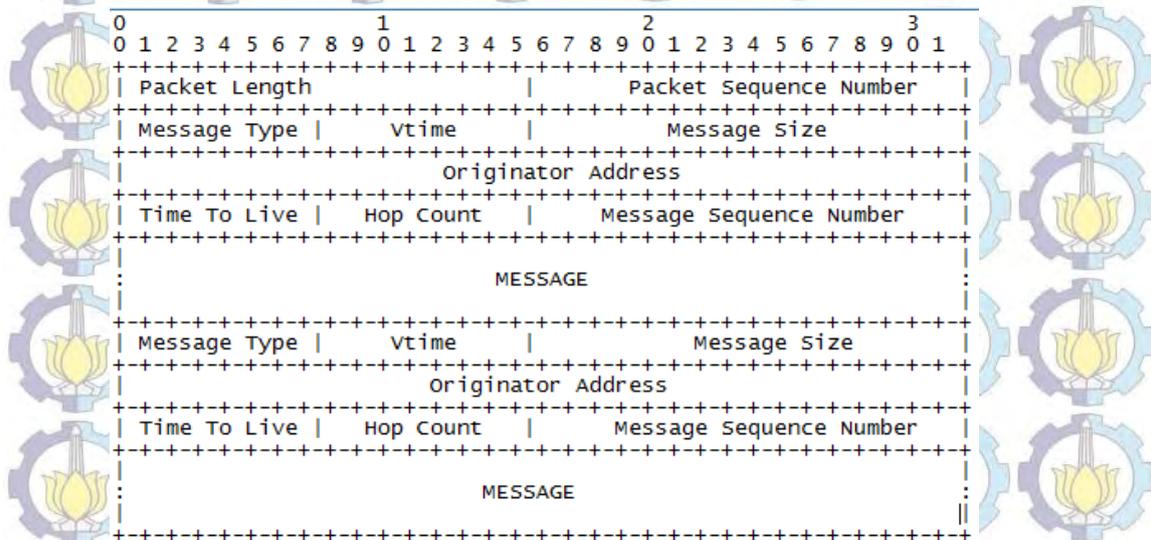
OLSR mewarisi kestabilan yang dimiliki oleh link state protokol. link state protokol murni bekerja dengan membanjiri setiap node dalam jaringan dengan paket informasi untuk menjaga tabel routingsnya tetap terupdate. Hal ini mengakibatkan tingginya jumlah pesan yang harus ditransmisikan dalam jaringan yang berdampak pada efisiensi dan keefektifan jaringan yang dibuat. OLSR merupakan optimasi dari link state protokol yang memakai mekanisme Multipoint relays (MPR) sehingga OLSR tidak perlu membanjiri paket ke seluruh jaringan namun cukup ke node yang dipilih sebagai MPRnya, selanjutnya node tersebutlah yang mengirimkan lagi paket ke node-node tetangganya. Dengan mekanisme ini maka didapatkanlah flooding control traffic yang efisien dengan mengurangi jumlah transmisi yang ada.



Gambar 2.2 Perbandingan system broadcasting (a) Link state broadcast (b) MPR broadcast

OLSR dirancang untuk dapat bekerja secara terdistribusi atau mobile sehingga protokol ini bersifat autonomous. Pengiriman setiap paket-paket informasi dilengkapi dengan sequence number sebagai penanda paket lama ataupun paket yang baru dikirimkan sehingga tidak akan ada paket yang sama diterima dua kali. Walaupun dengan kondisi node yang bergerak, pesan yang dikirimkan akan tetap sampai kepada destinasi yang dituju karena routing tabel yang selalu diperbarui oleh sistem secara otomatis. Paket-paket di OLSR saling

berkomunikasi menggunakan UDP pada port 698. Format paket OLSR bisa dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini:



Gambar 2.3 Format Paket OLSR

Secara umum mekanisme routing protokol OLSR berjalan dengan tahapan sebagai berikut:

A. Link Sensing.

Link sensing adalah mekanisme pengiriman hello packet secara berkala pada interface untuk mengecek connectivity setiap link. Tujuan dari tahapan ini adalah local link set yang menyimpan informasi interface pada node tetangga.

B. Neighbor detection.

Node pengirim hello packet akan menerima informasi mengenai status dari node-node tetangganya.

C. MPR Selection.

Penentuan node-node tetangga melalui hello packet yang dikirimkan secara berkala sebagai MPR yang nantinya akan berfungsi sebagai message broadcaster dan retransmitter paket-paket informasi.

D. Pengiriman Topologi Control Messages.

Pengiriman TC messages berfungsi untuk memberikan informasi routing tabel yang diperbarui secara berkala kepada setiap node yang ada dalam

jaringan yang nantinya akan digunakan untuk penentuan jalur untuk transmisi data.

E. Route Calculation.

Dari informasi routing tabel yang selalu diperbarui oleh hello paket dan TC messages maka setiap node memiliki informasi rute yang dapat dilalui untuk pengiriman data ke node-node yang ada didalam jaringan. Penentuan rute terbaik dan terpendek dihitung dengan memakai Dijkstra algorithm [25].

Sebagai contoh sederhana mengenai cara kerja dari olsr dapat dilihat pada gambar

2.4. Node A akan beroperasi dengan membroadcast pesan hello secara periodik

sehingga node yang lain bisa mengetahui keberadaan node A pada jaringan.

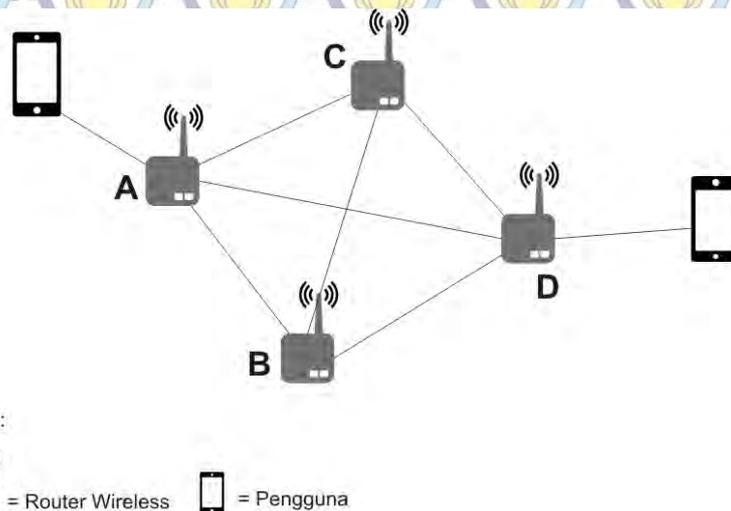
Setiap node akan menghitung berapa pesan hello yang hilang atau diterima dari

tetangga sehingga mendapatkan informasi tentang topologi dan kualitas

sambungan antar node yang akan dipakai untuk menentukan jalur yang akan

dipakai untuk meneruskan data dari service yang akan dilewatkan diatas jaringan

ini.



Gambar 2.4 Cara kerja OLSR dalam topologi sederhana

Informasi topologi yang diperoleh dari pesan hello akan dibroadcast kembali

sebagai pesan topologi control (TC) dan diteruskan kepada tetangga yang dipilih

sebagai MPR (multi point relay). Informasi yang diperoleh kemudian akan

disimpan pada routing tabel pada node sebagai panduan jalur jika ada data yang

akan dikirimkan ke node yang lain dalam jaringan.

2.3.1 OLSR Daemon

OLSR Daemon (olsrd) adalah bentuk implementasi dari OLSR routing protokol untuk MANET[26]. Olsrd dirancang untuk memudahkan penggunaan dan pemantauan dari penggunaan olsr pada jaringan MANET serta penambahan plugin-plugin tertentu untuk mengaktifkan jaringan yang dibuat. Olsrd dapat berjalan diberbagai platform seperti PC dekstop, Single board computer, komputer berbasis ARM serta embedded device seperti router dan ponsel. Namun kebanyakan dari itu berjalan dengan sistem operasi yang berbasiskan GNU/Linux

2.4 Wireless Mesh Network

Wireless mesh network (WMN) adalah sebuah jaringan yang terdiri dari beberapa node yang saling terhubung secara wireless membentuk topologi mesh. Node-node yang ada memiliki setidaknya 2 atau lebih jalur komunikasi dengan node yang lain. Dalam sebuah wireless mesh network biasanya terdiri dari mesh client dan mesh router. Setiap node yang ada tidak hanya bertindak sebagai host namun juga berfungsi sebagai relay bagi node yang lain untuk meneruskan paket-paket data ketujuan. Dengan demikian, wireless mesh network mempunyai banyak keunggulan seperti network yang bersifat reliable karena kemampuan self-healing dan self configure, biaya pemasangan yang murah, adaptif terhadap perubahan topologi serta bersifat scalable.

Dengan keuntungan diatas wireless mesh network dapat diimplementasikan dalam berbagai aplikasi seperti keperluan komunikasi militer, remote area, ataupun di daerah pegunungan. Wireless mesh network dalam implementasinya sering digabungkan dengan MANET membuat mesh adhoc network dengan sistem multihop untuk transmisi datanya. Dari sifat node-nodenya, WMN dapat dibagi menjadi 3 kategori yakni yang bersifat fixed atau tetap, yang bersifat mobile dan yang menggabungkan kedua sifat tadi.

A. Fixed Wireless Mesh Network

Fixed wireless mesh network adalah wireless mesh network yang memiliki arsitektur jaringan yang statis. Node-node yang tergabung dalam jaringan ini sengaja diatur statis dan tidak bergerak. Hal ini dilakukan untuk menjaga ketersediaan koneksi bagi pengguna ataupun kegiatan-kegiatan tertentu.

Kekurangan dari tipe ini adalah area coverage yang biasanya terbatas karena persebaran node-node yang ada.

B. Mobile Wireless Mesh Network

Mobile wireless mesh network adalah wireless mesh network yang memiliki arsitektur jaringan yang bersifat dinamis. Node-node yang ada di dalam jaringan dapat bergerak kearah manapun. Dalam implementasi, tipe ini biasanya digabungkan dengan MANET. Area coveragennya bergantung pada persebaran dan pergerakan node yang ada. Namun, ketersediaan koneksi menjadi permasalahan ketika adanya area yang menjadi blank spot ketika node-node yang ada bergerak menjauhi area tersebut. Selain itu, permasalahan daya untuk node-node yang bergerak mendapatkan perhatian serius.

C. Hybrid Wireless Mesh Network

Hybrid wireless mesh network adalah wireless mesh network yang menggabungkan kedua arsitektur yang dari fixed dan mobile wireless mesh network. Node-node yang tergabung dalam jaringan ini dapat bersifat statis dan dinamis. Dengan demikian kita mendapatkan banyak keuntungan diantaranya reliabilitas jaringan yang tinggi, area coverage yang luas, mobilitas dan fleksibilitas jaringan yang tinggi.

2.5 Voice Over IP

Voice over IP atau digital phone adalah teknologi yang memungkinkan untuk mengubah data suara yang semula analog menjadi digital kemudian ditransmisikan melalui media internet protokol (IP). VoIP menjadi salah satu teknologi paling populer dan diprediksikan untuk menjadi komunikasi masa depan [21] karena berbasis IP. Teknologi VoIP menjanjikan biaya murah dalam pengembangan dan implementasinya serta fleksibilitas sistem baik itu untuk bisnis maupun individu [7]. Hal inilah yang mendorong banyaknya aplikasi yang dapat didukung oleh teknologi ini seperti komunikasi militer, search and rescue,

komunikasi pasca bencana, komunikasi daerah terpencil ataupun untuk kepentingan bisnis.

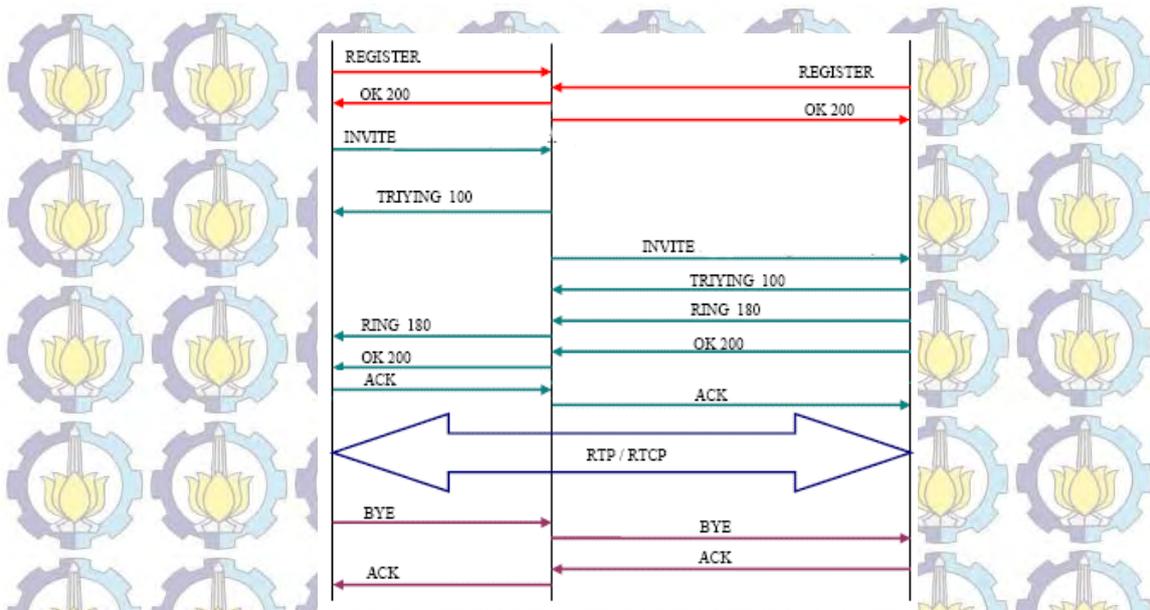
Dengan keuntungan seperti diatas, VoIP bukannya tanpa kekurangan. Permasalahan kualitas merupakan masalah besar yang ada pada teknologi ini. Untuk itulah International Telecommunication Union (ITU) telah mengeluarkan batasan-batasan parameter Quality Of Service (QoS) yang direkomendasikan untuk setiap implementasi VoIP diberbagai aplikasi [10].

2.5.1 Signaling Protokol

A. Session Initiation Protocol

Session Initiation Protocol (SIP) adalah standar signaling dan pengontrolan sesi dari komunikasi multimedia seperti suara dan video calls over Internet Protokol (IP) [3] serta telah diperkenalkan sebagai standar signaling dalam komunikasi multimedia oleh IETF melalui RFC 2543. SIP merupakan sebuah session-layer protokol yang digunakan untuk membentuk, memodifikasi, dan menterminasi sebuah sesi multimedia. Seperti layaknya HTTP, SIP merupakan client-server protokol yang menggunakan model transaksi request dan response.

SIP yang digunakan dalam teknologi VoIP terdiri dari 3 tahap yakni registrasi, inisiasi dan terminasi panggilan. Protokol SIP mempunyai beberapa kelebihan diantaranya: kemudahan integrasi dengann protokol lain standar IETF, scalable yang artinya kemudahan dalam penambahan komponen baru tanpa mempengaruhi jaringan yang sudah ada, low-complexity yang artinya paket SIP relatif mudah untuk diimplementasikan. Gambaran umum tentang SIP signaling flow dari sebuah aplikasi VoIP dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini:

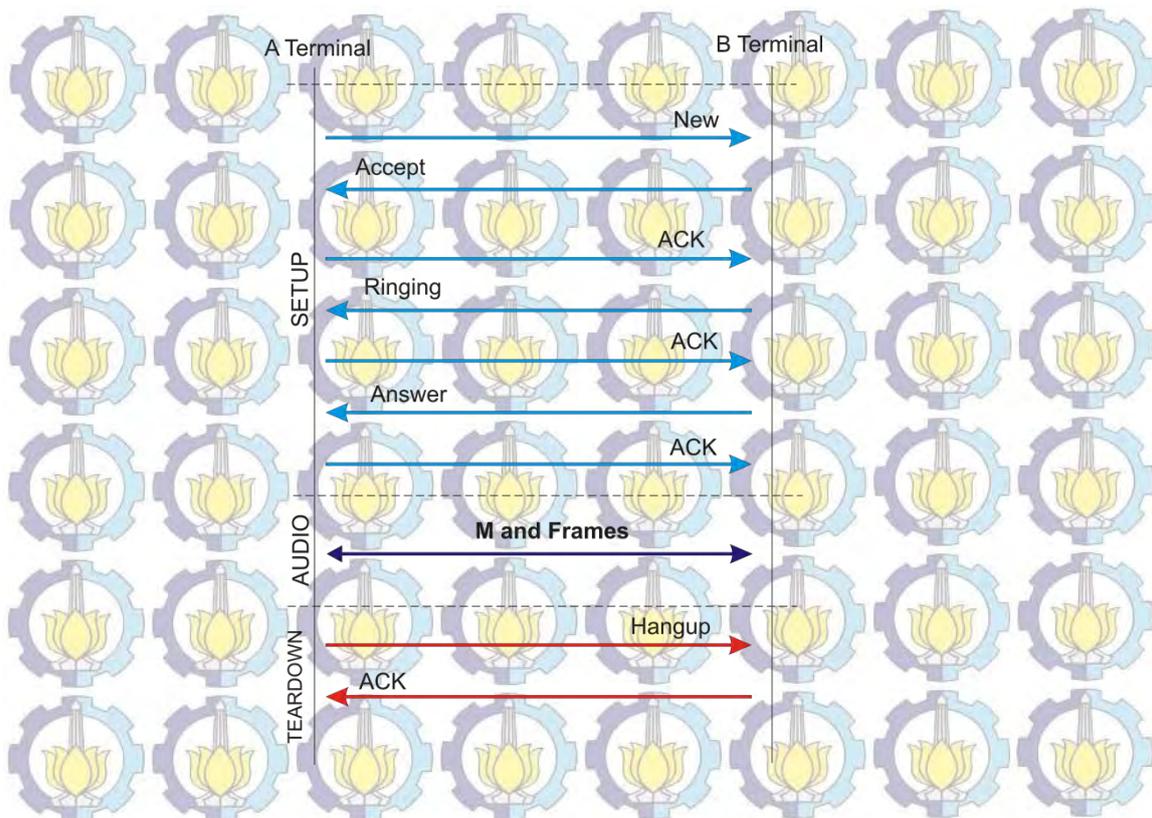


Gambar 2.5 SIP Signaling Protokol

B. Inter Asterisk Change

Inter Asterisk Exchange (IAX) adalah signaling protokol yang dibuat sebagai alternatif dari SIP. Seperti halnya SIP, IAX adalah VoIP protokol yang bisa digunakan untuk komunikasi multimedia baik itu suara maupun video namun terbatas hanya untuk komunikasi berbasis IP. Selain itu IAX adalah media dan signaling protocol point to point yang bekerja berbasiskan signal multiplexing dan multiple streams melalui UDP diantara dua user pada port 4569.

Dibandingkan dengan SIP, IAX mempunyai beberapa kelebihan diantaranya konsumsi bandwidth yang lebih rendah, mendukung NAT transparan[18]. Namun sayangnya, implementasi protokol ini ke peralatan-peralatan pendukung belum banyak di pasaran. Berbeda dengan SIP yang telah banyak diadopsi oleh banyak software dan hardware dipasaran yang menjadikannya lebih mudah dalam implementasi. Gambaran umum dari IAX signaling flow dalam implementasinya dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini:



Gambar 2.6 IAX Signaling Protokol

2.5.2 Media Transfer Protokol

A. Transmission Control Protocol.

Transmission Control Protokol (TCP) adalah salah satu protokol yang memungkinkan komunikasi antara perangkat untuk bertukar data dalam satu jaringan. Protokol ini bersifat connection oriented yang artinya Sebelum data dapat ditransmisikan antara dua host, dua proses yang berjalan pada lapisan aplikasi harus melakukan negosiasi untuk membuat sesi koneksi terlebih dahulu. Koneksi TCP ditutup dengan menggunakan proses terminasi koneksi TCP. Protokol ini cocok untuk jaringan yang membutuhkan reliabilitas tinggi serta tidak mementingkan waktu transmisi. Hal ini dikarenakan fitur flow control dan error correction yang dimiliki protokol ini. Kekurangannya adalah delay yang lama karena proses retransmisi yang ada jika paket data yang tidak sampai serta ukuran header yang lebih besar jika dibandingkan dengan UDP.

B. User Datagram Protocol.

User Datagram Protocol (UDP) adalah protokol yang mempunyai fungsi yang sama dengan TCP namun UDP lebih bersifat connectionless yang artinya data-data akan dikirim tanpa harus dilakukan proses negosiasi koneksi antara dua host yang hendak bertukar informasi. UDP sangat cocok dengan aplikasi yang membutuhkan kecepatan, dan waktu transmisi yang efektif. Keunggulan lainnya adalah ukuran header yang lebih kecil dari TCP sehingga lebih ringan. Dalam protokol ini tidak ada mekanisme error correction ataupun flow control seperti TCP sehingga tidak ada jaminan bahwa data yang dikirimkan diterima dengan baik atau malah tidak sampai di destinasi.

C. Real Time Protokol.

Real Time Protocol (RTP) adalah protokol yang didesain untuk membawa paket audio atau video melalui jaringan berbasis IP. Paket RTP berisi potongan paket-paket audio ataupun video yang ditransmisikan dengan bantuan UDP. Jika paket RTP tidak diterima dengan baik atau hilang saat transmisi, maka RTP tidak akan melakukan retransmisi sesuai cara kerja UDP. Hal ini dilakukan agar pengguna tidak mengalami delay terlalu lama karena terjadinya retransmission.

Oleh karena itu jaringan harus didesain sebaik mungkin agar tidak terjadi paket loss sehingga pengguna dapat merasakan secara real-time service dari jaringan yang dibuat.

D. Secure Real Time Protokol.

Secure Real Time Protocol (SRTP) adalah pengembangan dari RTP dengan penambahan fitur enkripsi untuk mengamankan paket-paket audio atau video yang dikirimkan. Dalam mengamankan paket-paket yang dikirim protokol ini menggunakan Advance Encryption Standart (AES) sebagai metode enkripsi payload dari paket-paket yang dikirimkan.

2.5.3 Parameter Quality of Service

Quality of Service (QoS) adalah hal yang patut mendapatkan perhatian saat pembuatan jaringan komunikasi dengan teknologi VoIP. Penerapan QoS memegang peranan penting dalam menentukan kualitas jaringan VoIP yang dibangun apakah layak dan sesuai standar ataukah tidak. QoS dalam voice call

secara spesifik mengacu ke jelas tidaknya penerimaan yang biasanya tergambar dari berapa tinggi mean opinion score yang didapatkan, reliability, konsistensi dan ketahanan sistem. Beberapa parameter QoS diantaranya adalah throughput, paket loss, dan jitter.

A. Throughput

Throughput adalah jumlah bit yang diterima dengan sukses dalam hitungan perdetik melalui sebuah sistem atau media komunikasi dalam selang waktu pengamatan tertentu dan dinyatakan dalam bit per second. Aspek utama throughput adalah persoalan ketersediaan bandwidth yang cukup untuk menjalankan aplikasi. Throughput agak sedikit berbeda jika dibandingkan dengan bandwidth meskipun memiliki satuan dan rumus yang sama. Throughput lebih menggambarkan bandwidth actual atau sebenarnya pada suatu waktu tertentu pada jaringan yang digunakan untuk melakukan download pada jaringan tersebut. Throughput dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Ukuran File yang Diterima}}{\text{Waktu Pengiriman}} \quad (1)$$

B. Jitter

Jitter merupakan variasi delay yang terjadi karena adanya selisih waktu antar kedatangan paket di penerima. Untuk mengatasi jitter maka paket data yang datang dikumpulkan dulu dalam jitter buffer selama waktu yang telah ditentukan sampai paket dapat diterima pada sisi penerima dengan urutan yang benar. Fitur ini biasanya dimiliki oleh codec yang dipakai dalam jaringan VoIP yang dibangun

C. Paket Loss.

Packet Loss adalah hilangnya paket yang dikirim ketika terjadi peak load dan congestion (kemacetan transmisi paket akibat padatnya traffic yang harus dilayani) dalam batas waktu tertentu, maka frame (gabungan data payload dan header yang di transmisikan) suara akan dibuang sebagaimana perlakuan terhadap frame data lainnya pada jaringan berbasis IP. Dalam implementasi sebuah jaringan IP maka parameter paket loss diharapkan seminimal mungkin untuk mendapatkan kualitas pelayanan sebegus mungkin terlebih jika jaringannya

melayani service seperti VoIP atau multimedia service lainnya. Paket loss dapat dicari menggunakan rumus dibawah ini:

$$\text{Paket Loss} = \frac{(\text{Paket yang Dikirim} - \text{Paket yang Diterima})}{\text{Paket yang Dikirim}} \times 100\% \quad (2)$$

D. Mean Opinion Score (MOS)

Parameter lainnya selain diatas adalah mean opinion score atau MOS. MOS adalah parameter non teknis yang menunjukkan penilaian terhadap kualitas layanan baik itu suara ataupun video. Metode penilaian dengan MOS sesuai standar ITU-T P.800 lebih bersifat subyektif karena berdasarkan pendapat dari perseorangan yang mengikuti serangkaian test berupa conversation opinion test dan listening test. Penilaian dengan metode ini direpresentasikan dari angka 1 (buruk) sampai 5 (bagus sekali).

Namun metode ini dirasakan kurang efektif dalam mengestimasi kualitas layanan VoIP dikarenakan tidak terdapatnya nilai tetap atau standar untuk parameter yang berpengaruh terhadap kualitas layanan serta dibutuhkan banyak pendapat untuk mengestimasi nilai MOS tersebut. Oleh karenanya, ITU membuat sebuah pendekatan matematis yang disebut E-Model yang digunakan untuk menentukan kualitas suara berdasarkan beberapa parameter seperti delay, paket loss, SNR, codec dan decodec dan direpresentasikan sebagai R Faktor yang dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$R = 94,2 - I_d - I_f \quad (3)$$

Keterangan:

I_d = Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh pengaruh delay

I_f = Faktor penurunan kualitas yang disebabkan oleh teknik kompresi dan packet loss yang terjadi

2.5.4 Coder Decoder (Codec)

Coder Decoder (Codec) adalah salah satu komponen penting dalam jaringan VoIP yang digunakan untuk mengubah data analog berupa suara menjadi

data digital kemudian ditransmisikan dan dirubah lagi ke analog pada sisi receiver. Codec memegang peranan penting dalam kualitas suatu jaringan VoIP. Sejalan dengan perkembangan teknologi, ada banyak jenis codec yang terstandarisasi oleh ITU-T dengan berbagai macam karakteristik dari yang paling konvensional memakai teknik Pulse Code Modulation (PCM) hingga menggunakan teknik seperti Code excited linear prediction (CELP). Fitur-fiturnya pun semakin beragam seperti echo cancellation, adaptive jitter buffer hingga silence suppression. Daftar codec yang ada beserta karakteristiknya dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini:

Codec	Bitrate (kb/s)	Frame (ms)	Bits per frame	Algorithmic delay ^a (ms)	Codec delay ^b (ms)	Compression type	Complexity (MIPS) ^c	MOS
<i>Narrowband codecs</i>								
G.711	64	0.125	8	0.125	0.25	PCM	≪1	4.1 ^d
G.723.1	6.3	30	189	37.5	67.5	MP-MLQ	≪18	3.8
G.723.1	5.3	30	159	37.5	67.5	ACELP	≪18	3.6
G.726	16	0.125	2	0.125	0.25	ADPCM	≈1	-
G.726	24	0.125	3	0.125	0.25	ADPCM	≈1	3.5
G.726	32	0.125	4	0.125	0.25	ADPCM	≈1	4.1
G.728	16	0.625	10	0.625	1.25	LD-CELP	≈30	3.61
G.729	8	10	80	15	25	CS-ACELP	≪20	3.92
G.729A	8	10	80	15	25	CS-ACELP	≪11	3.7
G.729D	6.4	10	64	15	25	CS-ACELP	<20	3.8
G.729E	11.8	10	118	15	25	CS-ACELP LPC	<30	4
GSM-FR	13	20	260	20	40	RPE-LTP	≈4.5	3.6
GSM-HR	5.6	20	112	24.4	44.4	VSEL	≈30	3.5
GSM-EFR	12.2	20	244	20	40	ACELP	≈20	4.1
AMR-NB	4.75–12.2	20	95–244	25	45	ACELP	15–20	3.5–4.1
iLBC	13.33	30	400	40	60	LPC	18	3.8
iLBC	15.2	20	304	25	40	LPC	15	3.9
Speex (NB)	2.15–24.6	20	43–492	30	50	CELP	8–25	2.8–4.2
BV16	16	5	80	5	10	TSNFC	12	4
<i>Broadband codecs</i>								
G.722	48, 56, 64	0.0625	3–4	1.5	1.5625	SB-ADPCM	5	~4.1
G.722.1	24.32	20	480, 640	40	60	MLT	<15	~4
AMR-WB (G.722.2)	6.6–23.85	20	132–477	25	45	ACELP	≈38	Various
Speex (WB)	4–44.2	20	80–884	34	50	CELP	8–25	Various
iSAC	Variable	Adaptive	Adaptive-variable	Frame + 3 ms	Adaptive	Transform coding	6–10	Various ^e
BV32	32	5	160	5	10	TSNFC	17.5	~4.1

Gambar 2.7 Jenis Codec dan Karakteristiknya

2.5.5 Mobile VoIP

Mobile VoIP adalah salah satu bentuk pemanfaatan teknologi VoIP yang menawarkan mobilitas. Berkembangnya teknologi smartphone menjadikan banyaknya ponsel dengan pilihan softphone yang dapat digunakan untuk menjadikan smartphone tersebut menjadi sebuah SIP client [11] yang terhubung secara wireless baik itu menggunakan wifi ataupun teknologi selular (3G, LTE, Wimax dll) untuk mengakses layanan VoIP. Mobile VoIP menggunakan wifi

mungkin lebih murah dibandingkan dengan selular namun memiliki keterbatasan di area coverage yang tidak seluas selular.

Mobile VoIP menawarkan banyak keuntungan diantaranya mobilitas tinggi, low cost, kemudahan dalam pengembangan dengan perawatan serta semakin banyaknya dukungan hardware dan software yang ada. Dengan keuntungan seperti ini, mobile voip dapat diimplementasikan dalam berbagai aspek seperti komunikasi diruang publik (kampus, rumah sakit dll), kegiatan search and rescue, militer ataupun komunikasi didaerah terpencil.

2.6 OpenVoice

Perkembangan teknologi semikonduktor ikut mendorong berkembangnya teknologi embedded ditandai semakin banyaknya perangkat-perangkat embedded di pasaran seperti router dan smartphone. OpenVoice adalah firmware modifikasi yang berbasiskan openWRT [17] yang dirancang seminimalis mungkin agar bisa berjalan pada platform embedded device khususnya router. Platform OpenVoice adalah platform yang dirancang khusus untuk keperluan layanan VoIP yang menjalankan routing protkoldari teknologi MANET yakni OLSR dengan dukungan modul-modul VoIP dengan memakai wifi sebagai media transmisinya.

OpenVoice adalah platform yang menawarkan kemudahan dalam impleentasinya karena sudah didukung komponen-komponen pendukung untuk teknologi VoIP dan MANET. Ditambah lagi, platform ini berjalan pada embedded device(router) yang tentunya dalam penggunaan mempunyai banyak keuntungan seperti konsumsi daya yang sedikit serta sudah dilengkapi dengan preconfigured file sehingga pengguna hanya melakukan sedikit konfigurasi untuk memakainya, hardware yang mudah didapatkan, mobilitas tinggi sehingga sangat cocok digunakan untuk keperluan komunikasi murah, komunikasi militer, search and rescue ataupun komunikasi pada daerah terpencil untuk waktu yang sementara.

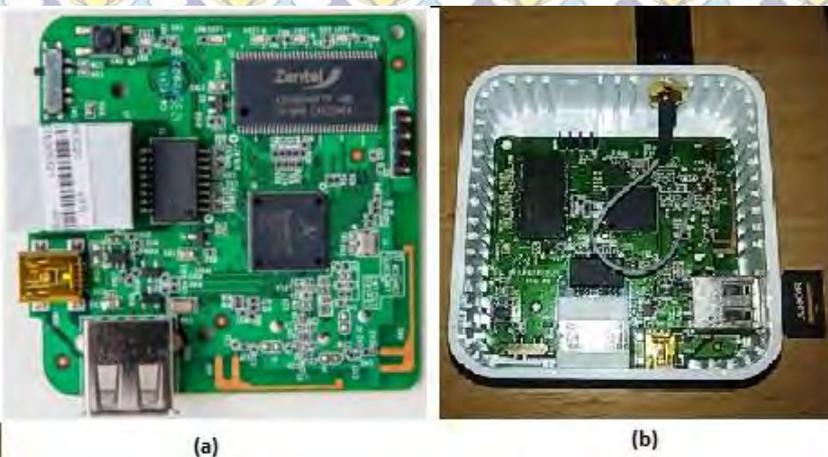
2.6.1 Asterisk

Asterisk adalah framework yang bersifat opensource yang digunakan untuk membangun sebuah jaringan komunikasi[4]. Asterisk mencakup banyak fitur yang tersedia dalam sistem PBX seperti voice mail, teleconference, VoIP,

dan distribusi panggilan otomatis. Asterisk mendukung berbagai fitur multimedia seperti Voice over IP protokol, dengan menggunakan protokol Session Initiation Protocol (SIP), Media Gateway Control Protocol (MGCP), dan H.323. Asterisk dapat berperan baik sebagai registrar atau sebagai gateway antara VOIP dan PSTN. Ukuran yang kecil dari aplikasi ini memungkinkan aplikasi ini berjalan pada embeded system seperti OpenVoice dan menjadikan router biasa menjadi sebuah VoIP server.

2.6.2 MR-3020

MR3020 adalah 3G AP/router yang mempunyai dimensi lumayan kecil untuk seukuran router yang mempunyai banyak fitur. Router ini didukung oleh AR7240 SoC dari atheros yang support openWRT dengan cpu clock mencapai 400 MHz. Didukung pula oleh Spansion S25FL032P flash rom 4MiB yang telah dimodifikasi menjadi 16 MiB pada penelitian ini sehingga tidak perlu lagi melakukan exroot untuk menjalankan seluruh service yang diperlukan, Windbond W9425G6JH SDRAM 32 MiB dan telah dimodifikasi menjadi 64 MiB pada penelitian ini. Chipset wifi controller AR9331 IEEE 802.11n 1x1 2,4 GHz System on chip (SoC) terintegrasi pada single chip serta konsumsi daya yang sangat rendah menjadinya device ini sangat cocok dengan penelitian kali ini. Kelebihan lainnya adalah router ini mudah didapatkan dimana saja sehingga semakin memudahkan bagi siapapun yang ingin mengadaptasi hasil dari penelitian ini.



Gambar 2.8 Router MR-3020 (a) Original (b) Hasil Modifikasi

Spesifikasi lengkap router MR-3020 yang akan dipakai dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Spesifikasi Router MR-3020

No	Spesifikasi	Ket.
1	Arsitektur	MIPS 24Kc V7.4
2	Vendor	Atheros
3	Bootloader	U-boot 1.1.3
4	System-On-Chip	Atheros AR9331
5	CPU Speed	400MHz
6	RAM Memory	64 MiB SDRAM
7	Flash Memory	16 MiB
8	Flash Chip	Windbond W9425G6JH
9	Wired Network	2x Ethernet 100 Mbps (switched)
10	Wireless Chip	Atheros AR9331 1x1:2
11	Wireless Antennas	2x printed on-board
12	USB	1 x USB 2.0 host
13	Serial Port	Yes (TTL pins)

2.7 Penelitian Terkait

Ada banyak penelitian dan project-project telekomunikasi didunia ini dengan tujuan untuk menyediakan akses internet dan telekomunikasi untuk daerah terpencil dengan biaya yang murah. Kebanyakan penelitian dan project tersebut menggunakan perangkat yang bersifat COTS (Commercial off-the-self) karena perangkat tersebut berharga murah dan bisa didapatkan dengan mudah oleh siapapun. Project-project tersebut seperti village telco[2] di dili, Digital Gangetic Plains[20] di Kanpur India, Wray project [14]di inggris, Fractel project[8] dan AirJaldi[24] di India, Pebbles Valley Mesh[15] di Afrika Selatan dan linkNET[16] di Zambia. Berikut adalah daftar project dan penelitian yang berhubungan dengan wireless VoIP dan Mesh-adhoc dalam menyediakan akses telekomunikasi dan internet di dunia.

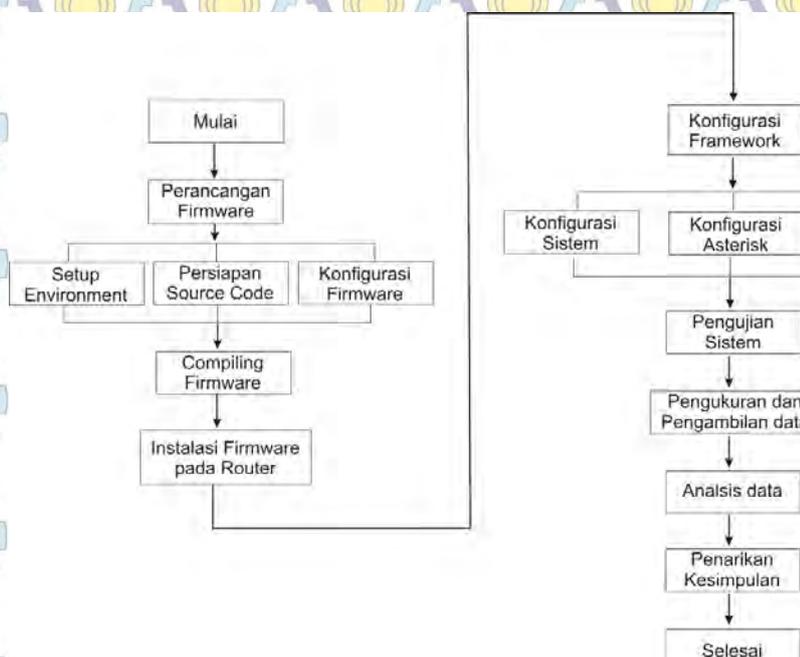
Tabel2.2 Daftar Penelitian dan Project Terkait

Nama Project	Luas Area	Mesh Node	Sumber Tenaga	Pengguna terdaftar	Routing Protokol
DGP	80 KM	Soekris	ST/SP/B	N/A	Static
Wray Mesh	2 KM ²	MeshBOx LUmesh	GS	200	AODV OLSR
<i>Macha Mesh</i>	250 KM ²	Linksys WRT54GL	GS/BSP	150	OLSR
<i>Tegola Mesh</i>	19 KM	Avila GW2348-4	GS/W/SP	500	OSPF
<i>AirJaldi</i>	41 KM	Linksys WRT54G	SP/B/UPS	10K	OLSR
Pebble Mesh	15 KM ²	Linksys WRT54G	GS/B/SP	700	OLSR
Sanggarema Mesh	3 KM ²	Linksys WRT54GL	GS/B/SP	400K	OLSR
<i>Village Telco</i>	2 KM ²	Mesh Potato	B/SP	200	BATMAN

BAB 3 PERANCANGAN DAN METODE PENGUJIAN

3.1 Rancangan Penelitian

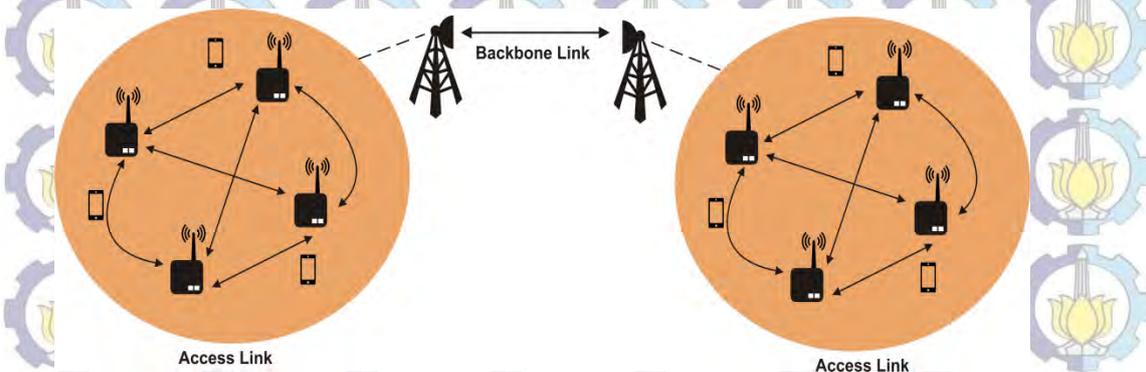
Pada penelitian ini akan dibuat sebuah firmware atau sistem operasi khusus sebagai framework komunikasi murah di daerah terpencil dengan mengimplementasikan wireless VoIP, optimized link state protocol dan mesh network di dalam framework tersebut. Pada tahap perancangan ini, firmware yang dibuat didesain khusus agar dapat berjalan pada processor dengan arsitektur yang sesuai dengan yang dipakai oleh router yang direncanakan sebelumnya yakni MR3020 dengan menghilangkan paket-paket yang tidak diperlukan untuk implementasi teknologi yang diinginkan sehingga akan menghasilkan firmware yang ringan dan stabil dalam penggunaannya nanti. Tahapan lainnya yakni menginstal firmware yang telah dibuat sebelumnya kedalam router yang diinginkan agar bisa dilakukan konfigurasi sistem sehingga dapat dipakai sesuai dengan tujuan yang diinginkan, memasang asterisk ke dalam router sebagai SIP server, serta OLSR sebagai protokol routing.



Gambar 3.1 Flowchart tahapan penelitian

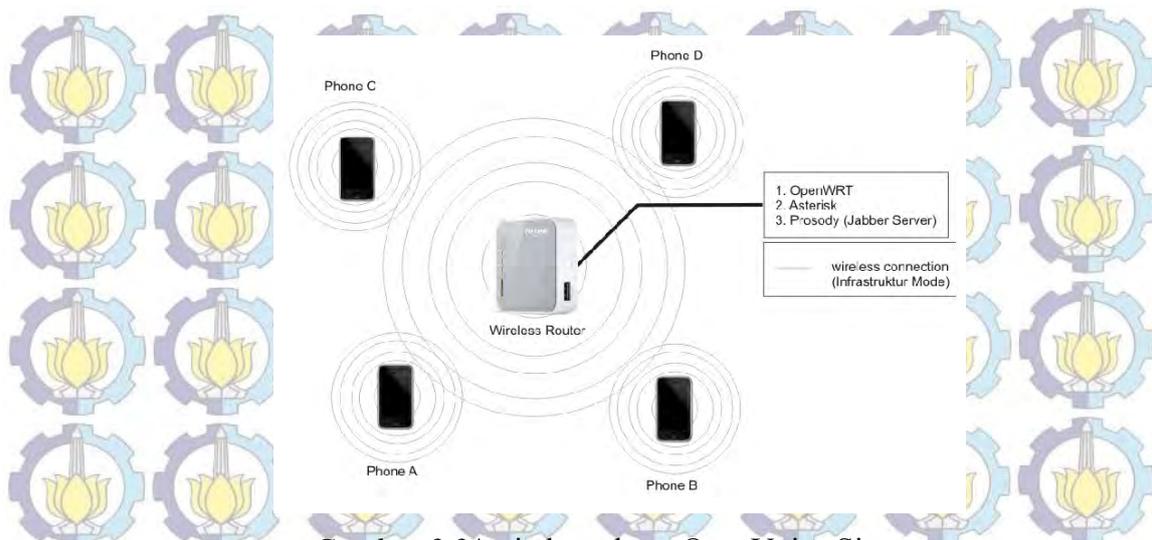
3.2 Gambaran Umum Sistem

Pada design prototype ini, sistem yang dibuat menggunakan firmware OpenVoice yang berbasiskan openWRT yang telah dimodifikasi untuk kepentingan aplikasi ini sebagai frameworknya, asterisk sebagai softswitch digunakan dalam membuat SIP server yang nantinya melayani layanan suara pada jaringan mesh adhoc yang telah dibuat menggunakan OLSR sebagai routing protokolnya yang akan menghubungkan node-node yang ada dalam sistem sehingga dapat dipakai untuk suara. Secara umum gambaran keseluruhan jaringan OpenVoice pada implementasinya menggunakan dual band pada transmisinya seperti yang terlihat pada gambar 3.2. Untuk link akses menggunakan 2,4 GHz ISM band agar bisa diakses oleh ponsel pengguna sedangkan untuk backbone link menggunakan 5 GHz point to point untuk mendapatkan jangkauan jarak yang lebih jauh. Namun dalam penelitian kali ini hanya akan melihat dari sisi akses linknya.



Gambar 3.2 Implementasi OpenVoice Network

Pada sisi klien, menggunakan handheld android yang telah dipasang softphone sebagai media untuk berkomunikasi dengan klien yang lainnya yang terhubung secara wireless dengan frekuensi ISM band 2,4 GHz kepada node-node yang ada. Arsitektur jaringan pada saat pengimplementasian prototype ini pada jalur akses dapat diilustrasikan seperti pada gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3 Arsitektur dasar OpenVoice Sistem

3.3 Perancangan Firmware OpenVoice

Untuk mendukung penelitian ini maka diperlukan untuk merancang firmware yang tepat dan cocok untuk SoC dari router yang nanti akan digunakan sebagai node-node dalam kerangka mesh-adhoc untuk mendukung aplikasi VoIP. Pada sesi ini akan dijelaskan proses perancangan dari firmware tersebut.

3.3.1 Persiapan Komputer Compiler

Beberapa hal yang perlu dipersiapkan sebelum membuat firmware yang diinginkan adalah menyiapkan komputer yang bisa digunakan untuk melakukan cross-compiling dari source code firmware yang ada. Untuk melakukan cross-compiling dari source code yang ada maka diperlukan beberapa persyaratan diantaranya komputer yang digunakan mempunyai system operasi dengan distribusi linux yang telah dilengkapi beberapa packet build tools yang nantinya akan digunakan untuk melakukan cross-compiling. Pada penelitian ini, komputer menggunakan system operasi Ubuntu 12.04 LTS dengan paket penunjang seperti build-essential, subversion, git-core, libncurses5-dev, zlib1g-dev, gawk, flex, quilt, libssl-dev, xsltproc, libxml-parser-perl, mercurial, bzip2, ecj, cvs, dan unzip. Semuanya diinstal dengan perintah apt-get menggunakan user non root melalui terminal.

3.3.2 Persiapan Source Code Firmware

Untuk melakukan cross-compiling dalam rangka membuat firmware yang diinginkan, maka diperlukan untuk mendownload source code dari openWRT

yang kemudian akan dimodifikasi sesuai dengan tujuan penelitian dalam hal ini untuk aplikasi VoIP dalam mesh-adhoc. Untuk melakukan itu, maka dilakukan dengan cara mendownload repository source code dari openWRT dengan perintah “git clone git://git.openwrt.org/openwrt.git” melalui terminal dengan menggunakan user non root. Langkah selanjutnya yakni dengan melakukan update dan instalasi feeds untuk menjaga source code dan aplikasi dari firmware tetap dalam versi terbaru.

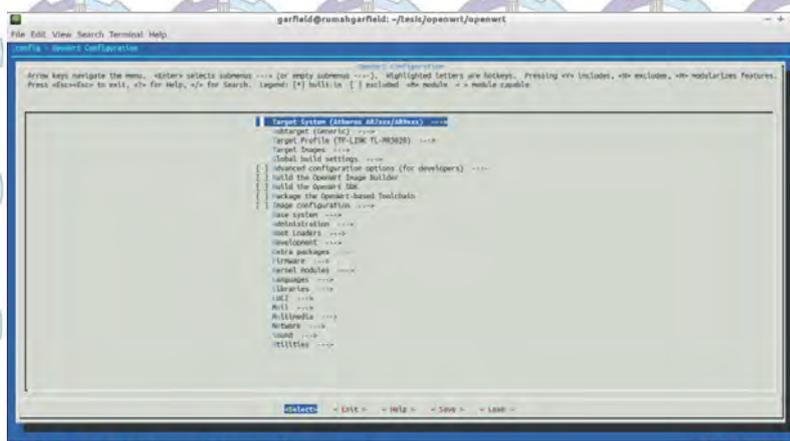
3.3.3 Konfigurasi Firmware

Setelah menyiapkan source code yang akan digunakan untuk mengenerate firmware khusus untuk aplikasi VoIP pada mesh adhoc network yang akan kita gunakan maka diperlukan konfigurasi yang tepat agar dihasilkan firmware yang ringan untuk menjalankan sistem yang kita bangun dan efisien dalam penggunaan energi.

Paket-paket yang kita akan masukkan kedalam firmware atau dicompile bersamaan dengan firmware kita adalah sebagai berikut :

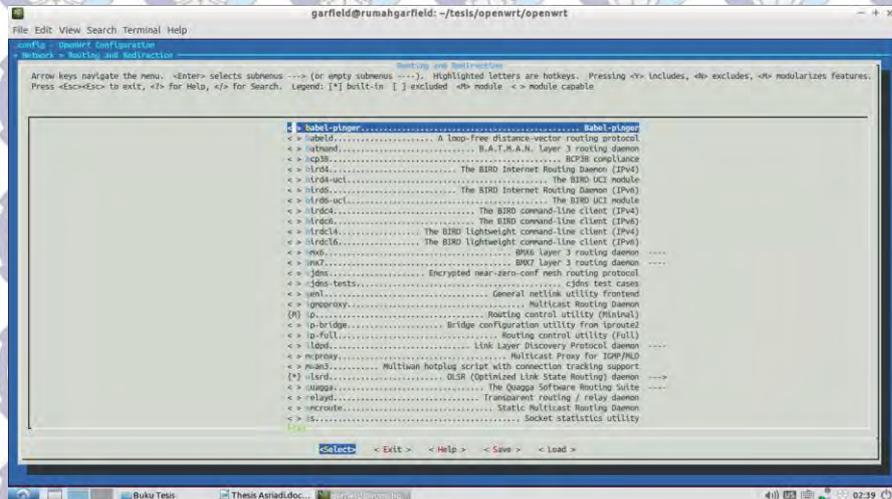
- Base module (modul standar yang diperlukan agar firmware dapat berjalan).
- Olsrdv1 (routing protocol yang akan dipakai dalam project ini).
- Asterisk v18 (Softswitch yang digunakan untuk fitur panggilan).
- Exroot modul (digunakan untuk mengatasi keterbatasan memori pada node yang berisi SIP server)

Langkah pertama adalah dengan menggunakan perintah make menuconfig agar kita bisa masuk kedalam pengaturan firmware yang akan dicompile.



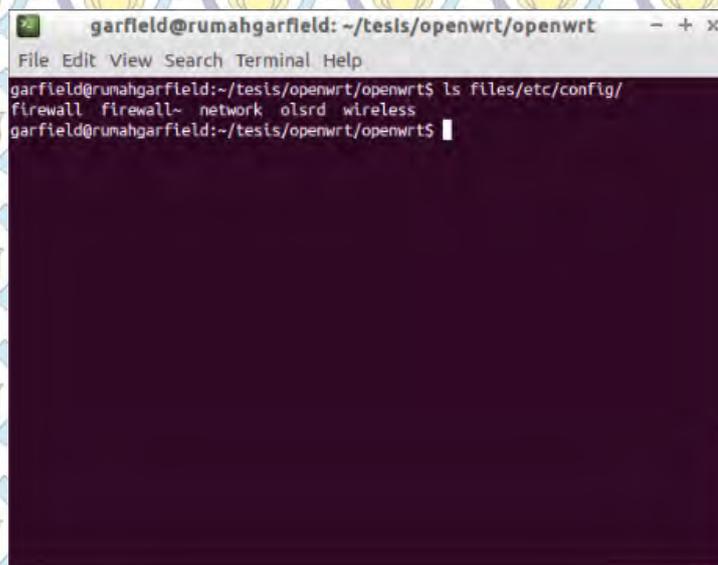
Gambar 3.4 Konfigurasi Firmware

Setelah masuk ke dalam menu maka pilihlah paket-paket yang akan dimasukkan kedalam firmware atau yang akan dicompile bersamaan untuk menghindari masalah dependency yang kemungkinan terjadi nanti kemudian save konfigurasi yang kita buat.



Gambar 3.5 Pemilihan Paket-Paket yang akan dicompile

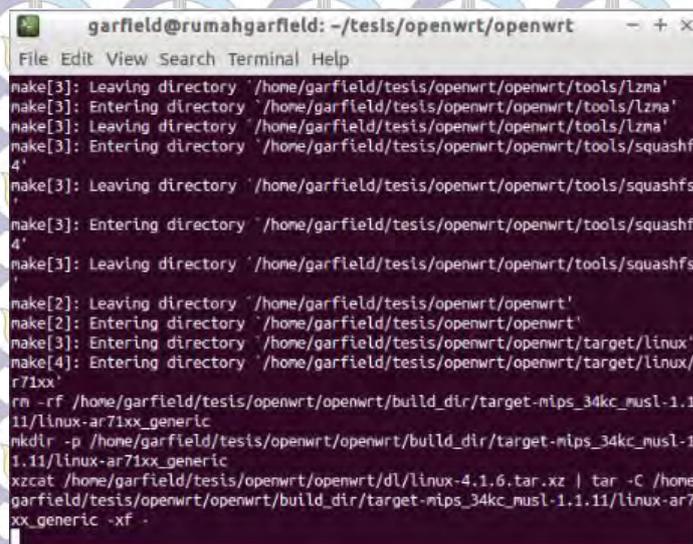
Berikutnya adalah memasukan preconfigured file kedalam sistem kita agar memudahkan penggunaan bagi orang lain yang ingin memakai hasil kerja kita nantinya. Buatlah folder files kemudian masukkanlah file yang sudah kita buat sebelumnya sesuai dengan lokasinya nanti setelah berada di dalam firmware.



Gambar 3.6 Memasukkan preconfigured file kedalam firmware

3.3.4 Compiling Firmware

Pada tahapan ini akan dilakukan proses generate firmware dan modul-modul yang akan digunakan untuk dalam aplikasi ini. Pastikan koneksi internet yang akan dipakai cukup bagus karena proses ini akan mendownload modul-modul yang digunakan untuk cross compiling serta modul-modul yang akan dimasukkan kedalam firmware ini. Masukkan perintah make V=99 pada terminal pada posisi non-root. Ini dimaksudkan agar jika terjadi error pada saat kompilasi maka kita bisa melihat jenis error dan letak error yang terjadi. Setelah semua proses selesai maka firmware dan modulnya akan berada didalam folder /bin/ar7xx pada buildroot



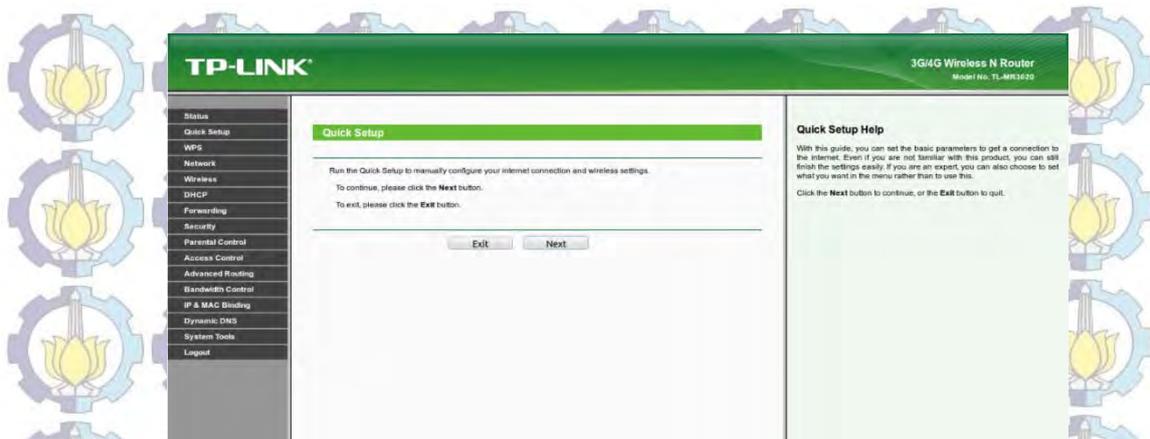
```
garfield@rumahgarfield: ~/tesis/openwrt/openwrt
File Edit View Search Terminal Help
make[3]: Leaving directory '/home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/tools/lzma'
make[3]: Entering directory '/home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/tools/lzma'
make[3]: Leaving directory '/home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/tools/lzma'
make[3]: Entering directory '/home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/tools/squashfs4'
make[3]: Leaving directory '/home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/tools/squashfs4'
make[3]: Entering directory '/home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/tools/squashfs4'
make[3]: Leaving directory '/home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/tools/squashfs4'
make[2]: Leaving directory '/home/garfield/tesis/openwrt/openwrt'
make[2]: Entering directory '/home/garfield/tesis/openwrt/openwrt'
make[3]: Entering directory '/home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/target/linux'
make[4]: Entering directory '/home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/target/linux/ar7xx'
rm -rf /home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/build_dir/target-mips_34kc_musl-1.1.11/linux-ar7xx_generic
mkdir -p /home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/build_dir/target-mips_34kc_musl-1.1.11/linux-ar7xx_generic
xzcat /home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/dl/linux-4.1.6.tar.xz | tar -C /home/garfield/tesis/openwrt/openwrt/build_dir/target-mips_34kc_musl-1.1.11/linux-ar7xx_generic -x
```

Gambar 3.7 Proses kompilasi firmware

3.4 Pemasangan Firmware pada Router

Pada tahapan ini akan dilakukan pemasangan firmware yang sudah digenerate sebelumnya ke dalam device yang diinginkan. Langkah-langkah pemasangannya sebagai berikut :

- a. Masuklah kedalam halaman administrator dari device yang kita gunakan melalui browser kita. Pada kasus ini halaman administrator dapat diakses di <http://192.168.0.254>, setelah kita masukkan username dan passwordnya maka kita akan mendapati tampilan seperti pada gambar 3.8



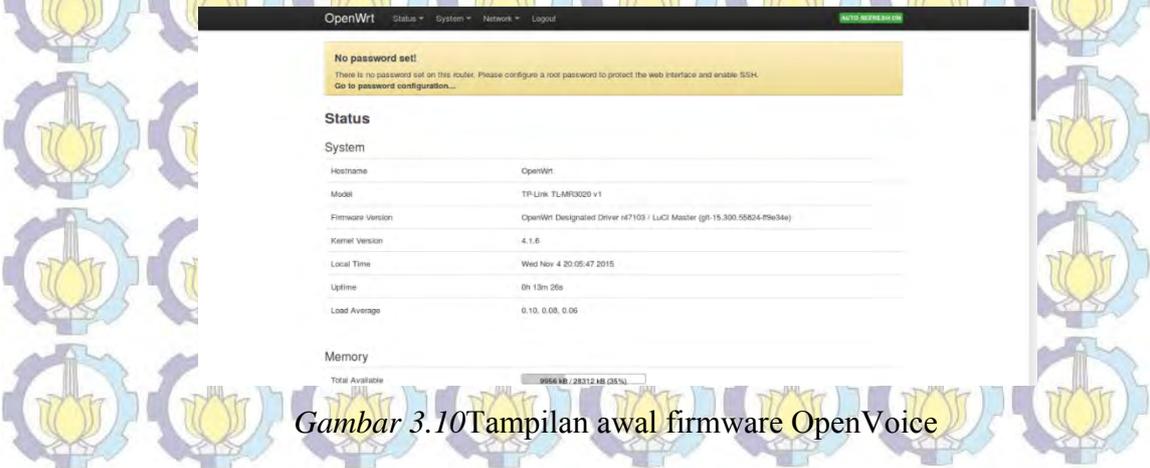
Gambar 3.8 Halaman awal router MR-3020

- b. Pilihlah menu sistem tools kemudian pilih firmware upgrade. Pilihlah firmware yang sudah kita generate sebelumnya. Setelah semua selesai maka pilihlah upgrade. Prosesnya akan berjalan 5-10 menit.



Gambar 3.9 Proses flashing firmware OpenVoice

- c. Jika tidak ada masalah waktu proses upgrade maka kita bisa mengaksesnya melalui IP 192.168.34.1



Gambar 3.10 Tampilan awal firmware Open Voice

3.5 Konfigurasi OpenVoice Sistem

Pada tahapan ini akan dilakukan konfigurasi pada opevoice system yang telah kita buat sebelumnya dan memasangnya ke router tujuan untuk membuat sebuah asterisk box.

3.5.1 Konfigurasi Sistem

Pada tahapan ini akan dilakukan konfigurasi system dan router agar dapat bekerja dalam mode mesh-adhoc sehingga dapat digunakan digunakan untuk telekomunikasi melalui VoIP over WiFi. Berikut adalah tahapan dalam konfigurasi system yang perlu dilakukan.

- Langkah pertama adalah konfigurasi network yang berada di /etc/config/network untuk memisahkan interface infrastruktur dan interface adhoc dan membuat koneksi bridge agar kedua interface dapat berkomunikasi. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini terlampir.
- Untuk konfigurasi bisa menggunakan nano editor ataupun vi editor yang secara default sudah ada didalam firmware yang sebelumnya dibuat.
- Setelah mengatur pada sisi network, langkah selanjutnya yakni konfigurasi pada sisi wireless untuk mengatur parameter-paramter seperti power, kanal, wireless protocol yang dipakai sampai pengaturan antenna yang dipakai untuk melayani pengguna. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini terlampir.

3.5.2 Konfigurasi Asterisk

Pada tahapan ini akan dilakukan konfigurasi asterisk yang akan menjadi SIP server dalam melayani pengguna yang terhubung dengan system ini. Berikut adalah tahapan dalam konfigurasi asterisk yang perlu dilakukan.

- Langkah pertama adalah pemasangan asterisk beserta library codecnya yang akan dipakai dalam sistem. Pemasangan dilakukan melalui service webbase yang dimiliki router ini agar lebih user friendly melalui repository offline yang telah dibuat sebelumnya untuk mempercepat proses instalasi paket. (gambar pemasangan asterisk lewat luci)

- Setelah pemasangan selesai, maka langkah selanjutnya adalah konfigurasi asterisk yang berada di /etc/asterisk menggunakan nano editor atau vi editor agar dapat digunakan untuk layanan telekomunikasi bagi pengguna.
- Asterisk mempunyai 2 file penting yang harus dikonfigurasi secara tepat agar fungsinya dapat berjalan dengan baik yaitu sip.conf dan extension.conf. Sip.conf berisi konfigurasi akun pengguna meliputi nomor, password, codec yang dipakai, transport protocol serta keamanan dalam melakukan telekomunikasi dengan pengguna lain dalam sistem ini. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini terlampir
- Setelah file sip.conf selesai dikonfigurasi dengan baik, maka file selanjutnya adalah extension.conf . Extension.conf adalah file yang berisi aturan routing panggilan yang terjadi jika asterisk akan melayani pengguna. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini terlampir.

3.5.3 Konfigurasi OLSR Routing Protokol

Pada tahapan ini akan dilakukan pemasangan dan konfigurasi OLSR routing protocol yang berfungsi sebagai protocol utama dalam mengatur aliran data dan menghubungkan semua node. Karena dalam firmware ini sudah diikutkan dengan preconfigure file dari olsrd pada saat proses kompilasi firmware maka yang perlu dilakukan hanya menyesuaikan dengan ip address yang digunakan oleh interface yang digunakan. Konfigurasi yang digunakan dapat dilihat pada lampiran.

3.6 Skenario Pengujian Sistem

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap prototype dan sistem yang telah dibangun sebelumnya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat dalam melayani aktifitas telekomunikasi sesuai yang diharapkan dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Dalam pengujian ini terdapat 2 kondisi umum yang akan diterapkan pada setiap percobaan pengujian sistem yakni :

- Kondisi handheld atau ponsel yang dipakai tidak dalam keadaan terpasang simcard operator untuk mensimulasikan kondisi dimana tidak ada layanan operator yang bisa dipakai untuk berkomunikasi. Begitu pula dengan

kondisi jaringan yang dipakai, tidak ada sama sekali layanan internet yang dipakai sehingga sistem yang dibuat benar-benar bekerja dalam keadaan offline.

- Kondisi lokasi untuk pengujian terdiri dari 2 macam yakni kondisi line of sight (LOS) seperti lapangan atau pelataran kampus. Kondisi kedua yakni kondisi non line of sight (NLOS) seperti daerah yang mempunyai banyak gedung atau bangunan sehingga bisa mensimulasikan karakteristik daerah yang memiliki banyak penghalang atau obstacles.

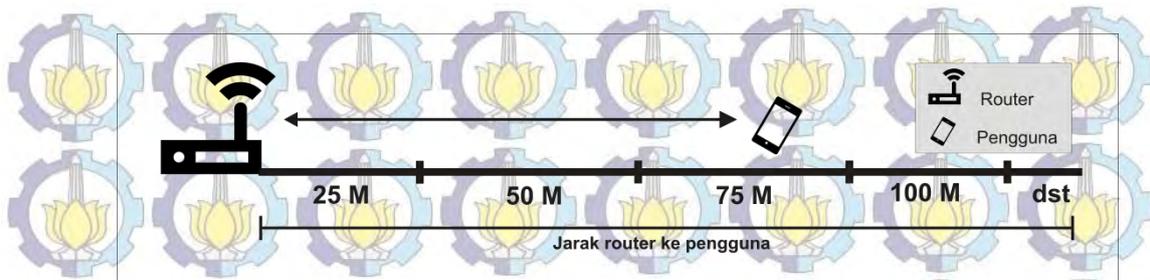
Dalam pengujian ini memakai wireshark, iperf dan fitur QoS dari softphone yang dipakai untuk mengetahui performa setiap scenario yang disimulasikan dalam pengujian ini.

3.6.1 Cakupan Area

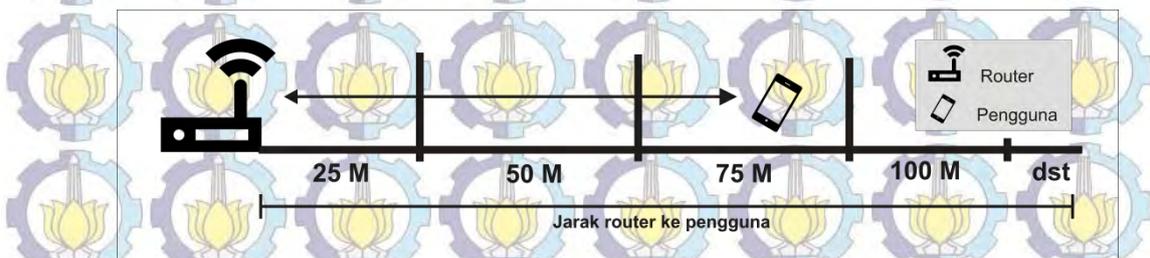
Dalam tahapan pengujian sistem yang telah dibuat sebelumnya salah satunya adalah pengujian untuk mengetahui luas cakupan area maksimal yang bisa dilakukan oleh satu node dalam melayani pengguna dengan baik. Pengujian akan dilakukan secara real time pada kondisi line of sight dan non line of sight dengan melakukan telekomunikasi suara secara langsung antar sesama pengguna.

Selain itu untuk melihat parameter level signal yang diterima oleh ponsel pada saat melakukan komunikasi digunakan tool wifi analyzer sehingga bisa didapatkan minimal level signal yang diperlukan agar bisa melakukan komunikasi. Selain itu akan dilakukan pula pengukuran throughput, jitter serta paket loss pada jarak-jarak tertentu menggunakan software iperf dan melakukan panggilan ke pengguna lain dengan menggunakan zoiper sebagai softphonenya.

Pada pengujian ini, pengguna (ponsel) bergerak menjauh dari node (router) dengan kelipatan jarak 10 meter sampai pada jarak pengguna sudah tidak bisa lagi melakukan komunikasi dengan pengguna lainnya yang terkoneksi pada node tersebut. Hal tersebut dilakukan pada kondisi LOS dan NLOS saat pengujian dilakukan.



Gambar 3.11 Ilustrasi Pengujian luas cakupan area dalam kondisi LOS



Gambar 3.12 Ilustrasi Pengujian luas cakupan area dalam kondisi NLOS



Gambar 3.13 Layout lokasi pengukuran luas jangkauan node

3.6.2 Benchmarking Device

Tahapan pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan device yang akan digunakan sebagai node dalam jaringan yang dibangun yang akan digunakan. Pengujian ini dilakukan menggunakan openssl sebagai tools dengan memberikan algoritma enkripsi dari yang paling mudah sampai yang paling kompleks untuk diselesaikan kemudian diberikan skor untuk masing-masing device berdasarkan banyaknya byte yang diproses per detik.

3.6.3 Konsumsi Listrik dan Node Lifetime

Tahapan pengujian ini dimaksudkan agar mengetahui konsumsi energi listrik dari prototype yang telah dihasilkan sehingga bisa dijadikan bahan acuan untuk kalkulasi kebutuhan daya jika akan diimplementasikan. Pengujian ini dilakukan pada hardware yang digunakan dalam berbagai kondisi dan berbagai firmware termasuk firmware yang telah dimodifikasi untuk kepentingan penelitian ini. Pengujian dilakukan dengan usb current and volt meter yang menampilkan arus dan tegangan actual yang digunakan oleh router saat bekerja

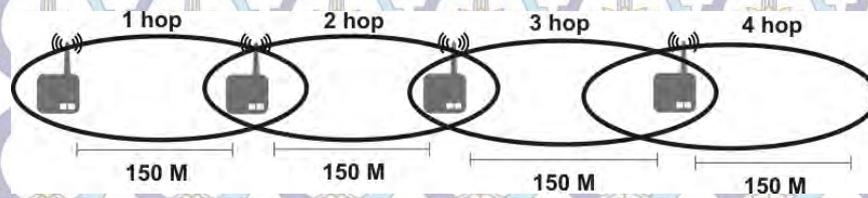
Tahapan pengujian lainnya adalah pengujian lifetime atau waktu beroperasi yang mampu dilakukan oleh node menggunakan kotak management energi yang sudah dilengkapi dengan mini solar panel dan baterai untuk penyimpanan energi pada kondisi tidak terbebani oleh pengguna dan kondisi saat node dipakai untuk melayani permintaan dari pengguna. Pengujian ini dilakukan tanpa dan menggunakan energi matahari dan akan dilakukan dengan menggunakan SNMP server yang ada di lab B301 untuk mengetahui waktu uptime pada node setelah terintegrasi dengan management energi yang telah dibuat.

3.6.4 Pengujian Komunikasi dengan Skema Multihop

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap pengaruh jumlah hop yang dilewati pada kualitas jaringan dan panggilan yang terjadi. Pengujian ini dilakukan karena sistem yang dibangun menggunakan sistem multihop dalam memperluas area cakupan dari jaringan yang ada. Pengujian dilakukan dengan meletakkan node secara horizontal pada kondisi LOS dengan rentang jarak tertentu agar satu node tidak melakukan overlapping terhadap node yang lain sehingga komunikasi yang dilakukan benar-benar melewati hop yang diinginkan. Pengujian akan dilakukan dengan software wireshark dan iperf untuk mengetahui kualitas parameter jaringan yang ada serta menggunakan fitur QoS dari softphone yang dipakai untuk mengetahui kualitas panggilan yang terjadi.

Pada pengujian ini node (router) berada dalam kondisi diam dan pengguna yang bergerak untuk melakukan ujicoba berkomunikasi melalui jumlah hop yang telah ditentukan. Saat pengukuran berlangsung, pengguna berada dekat dengan

node sehingga rendahnya daya terima tidak mempengaruhi tujuan pengujian yakni karakteristik sistem jika menggunakan sistem multihop.



Gambar 3.14 Ilustrasi Jumlah Hop terhadap Panggilan



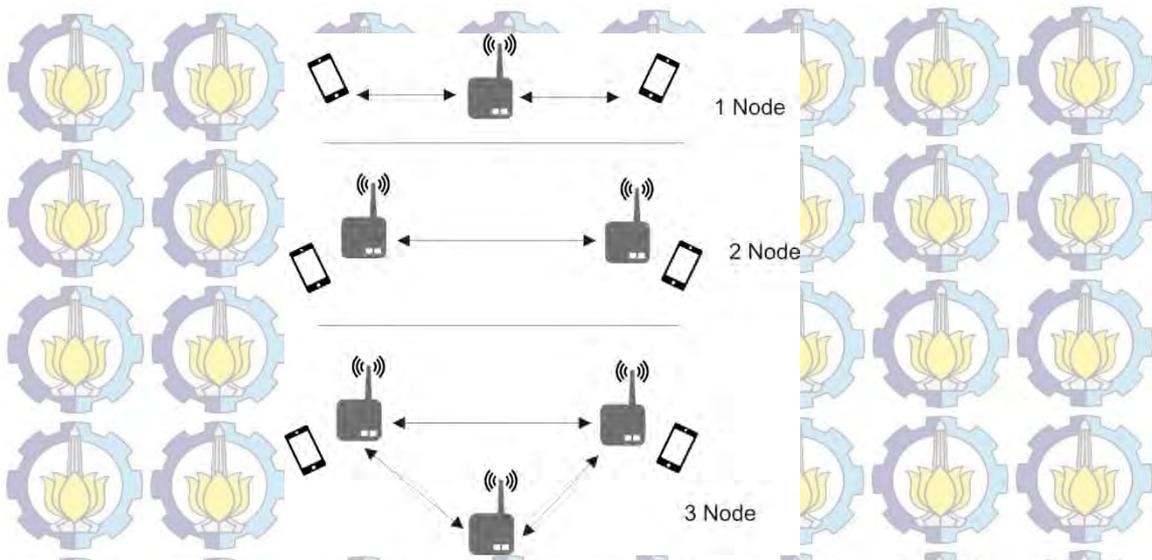
Keterangan :

■ : Node (Router)

Gambar 3.15 Layout lokasi pengukuran komunikasi multihop

3.6.5 Pengujian dengan Node yang Bergerak

Tahapan pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan node dalam menggelar layanan VoIP dalam kondisi bergerak atau dinamis. Pengujian dilakukan dengan membawa node dengan kecepatan seperti berjalan sambil melakukan aktifitas telekomunikasi selama 10 menit melalui ponsel masing-masing penguji. Selain aktifitas telekomunikasi, pengujian ini akan mengambil data throughput, jitter, dan paket loss yang terjadi selama node bergerak. Pengujian ini akan dilakukan dalam kondisi single hop dan multihop untuk melihat pengaruh hop saat node bergerak. Pengujian ini akan menggunakan software iperf, call quality dari softphone yang dipakai serta wireshark untuk ponsel. Pengujian dilakukan di lapangan ITS dengan kecepatan seperti orang berjalan.



Gambar 3.16 Skema Simulasi Node Bergerak

3.6.6 Kapasitas Pengguna per Node

Tahapan pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas pengguna yang dapat dilayani oleh node secara real time. Pengujian ini dirasa penting untuk bisa member gambaran kapasitas per node sehingga bisa memudahkan dalam estimasi penggunaan node berdasarkan jumlah pengguna pada saat implementasi. Pengujian dilakukan dengan membebani node secara berurutan dengan selang waktu 1 menit dari 2 pengguna (sepasang) awal kemudian disusul sepasang lagi namun pasangan pertama tetap berada di dalam kanal sampai pengguna terakhir tidak bisa memakai layanan VoIP lagi. Pengujian ini akan menggunakan software wireshark untuk melihat kondisi jaringan secara real time setiap ada penambahan pengguna.



Gambar 3.17 Ilustrasi pengukuran kapasitas 1 node

3.7 Proses Penyimpulan Hasil Penelitian

Penelitian ini akan terdiri dari tahap perancangan, implementasi serta pengujian yang nantinya akan menghasilkan beberapa kesimpulan. Kesimpulan diambil berdasarkan real testbed yang dilakukan dengan beberapa parameter jaringan yang telah ditentukan sebelumnya seperti throughput, packet loss, jitter serta mean opinion score (MOS).

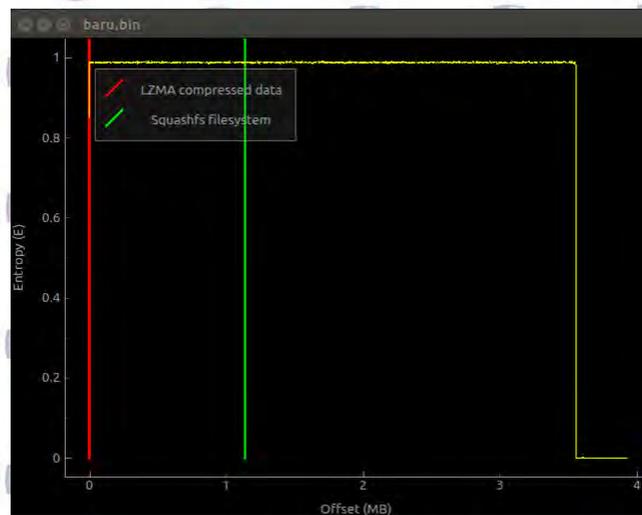
BAB 4

HASIL DAN ANALISA DATA

Pada bab ini akan disampaikan hasil dari perancangan, implementasi dan pengukuran yang telah dilakukan terhadap prototype yang telah dibuat sebagaimana tercantum pada bab sebelumnya.

4.1 OpenVoice Firmware

Langkah awal dari penelitian ini adalah merancang firmware khusus untuk menjalankan layanan VoIP pada embedded system diatas jaringan mesh-adhoc network. Seperti yang dikatakan sebelumnya bahwa firmare yang dibuat berbasiskan opensource wireless routers (OpenWRT). Seperti pada gambar 4.1 terlihat bahwa firmware yang dibuild menggunakan sistem kompresi LZMA pada bagian header yang mengambil posisi diawal firmware. Sedangkan bagian rootfs bertipe squashfs dengan sistem kompresi xz.



Gambar 4.1 Analisa firmware menggunakan binwalk

Namun, pada perancangan kali ini dilakukan beberapa modifikasi dan optimasi pada pembuatan firmware serta pada node yang digunakan. Modifikasi dan optimasi tersebut adalah :

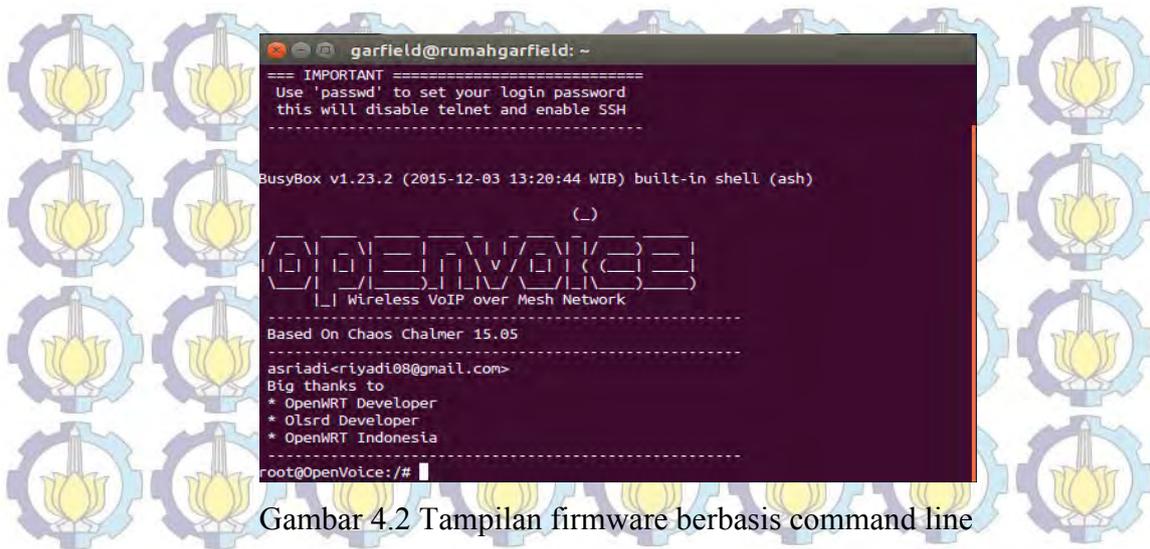
- Firmwarenya didesain lebih ringan karena hanya berisi paket-paket standar serta routing protokolnya

- b) Service-service yang tidak diperlukan dalam sistem VoIP dibuang kemudian yang tersisa dicompile kembali sehingga diperoleh firmware yang lebih hemat energi
- c) Penambahan IC flash dari 4 MB menjadi 16 MB dan Ram dari 16 menjadi 64 MB menjadikan nodenya semakin handal dari melayani service yang akan dijalankan.
- d) Modifikasi pada PCB routernya dengan menambahkan antenna external sehingga gain antenna ataupun antenna yang ingin dipakai bisa kita sesuaikan dengan keinginan kita.

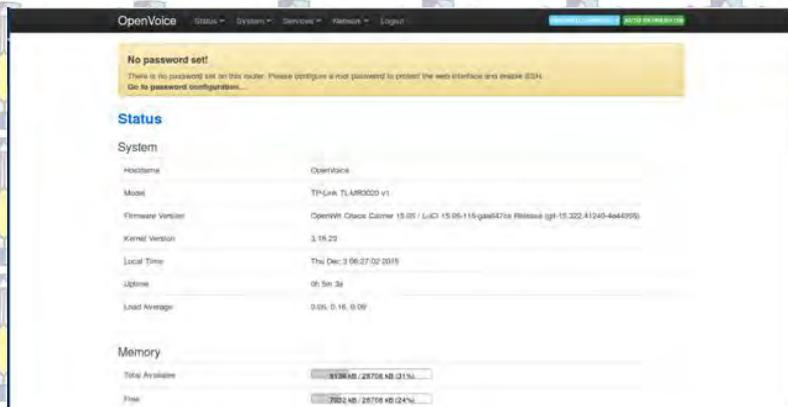
Selain itu, firmware yang dibuat juga dilengkapi berbagai macam fitur yang nantinya akan memudahkan pengguna selanjutnya dalam membangun jaringan mereka sendiri. Berikut adalah fitur-fitur yang dimiliki oleh firmware ini :

- a) Mendukung Olsrdv1 dan Olsrdv2 serta batman-adv layer 2. Namun yang dipakai dalam penelitian ini adalah Olsrdv1.
- b) Mendukung penggunaan IPv6 untuk jaringan yang lebih luas
- c) Didukung dengan Smart Queue Management dengan traffic shaping untuk layanan yang lebih luas dan bervariasi.
- d) User Friendly dengan fitur webbase
- e) Support Asterisk dengan berbagai macam codec seperti G711, G729, GSM, Speex, ilbc.

Berikut adalah tampilan dari firmware baik dari sisi command line dan fitur webbasenya.



Gambar 4.2 Tampilan firmware berbasis command line



Gambar 4.3 Tampilan firmware berbasis web based

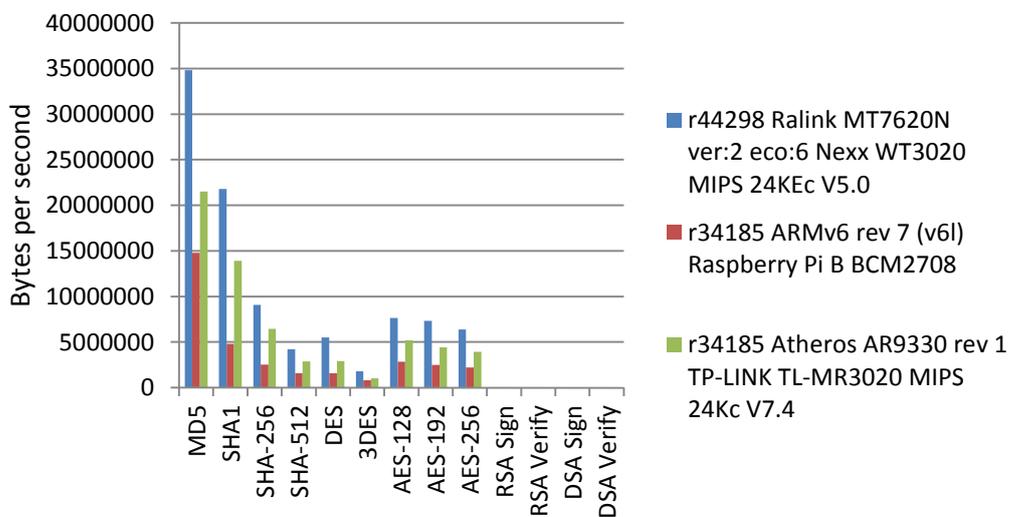
4.2 Benchmarking Device

Pengujian awal yang dilakukan adalah proses benchmarking device yang digunakan untuk mengetahui ketahanan device dalam melakukan proses komputasi terhadap algoritma yang diberikan. Proses benchmarking pertama adalah benchmarking terhadap 3 perangkat dengan menggunakan firmware yang sama kemudian selanjutnya dilakukan benchmarking terhadap device yang akan dipakai namun menggunakan firmware yang berbeda yakni firmware openWRT dan firmware OpenVoice yang merupakan hasil modifikasi dari openWRT. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Benchmarking Beberapa Device

	MR-3020	NEXX WT-3020	Raspberry Pi - B
System On Chip	Atheros AR9330 rev 1	Ralink MT7620N ver:2 eco:6	ARMv6 rev 7 (v6l)
CPU	MIPS 24Kc V7.4	MIPS 24KEc V5.0	BCM2708
MD5	21494410	34834490	14798510
SHA1	13914110	21797090	4793560
SHA-256	6464560	9086290	2514600
SHA-512	2879650	4222880	1588400
DES	2912900	5499310	1588400
3DES	1030140	1778380	804470
AES-128	5189190	7628460	2835690
AES-192	4410370	7314650	2482340
AES-256	3917060	2209650	6394860

Untuk mempermudah analisis, hasil yang diperoleh dari benchmarking tahap pertama kemudian diplot dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Hasil Benchmarking tahap I

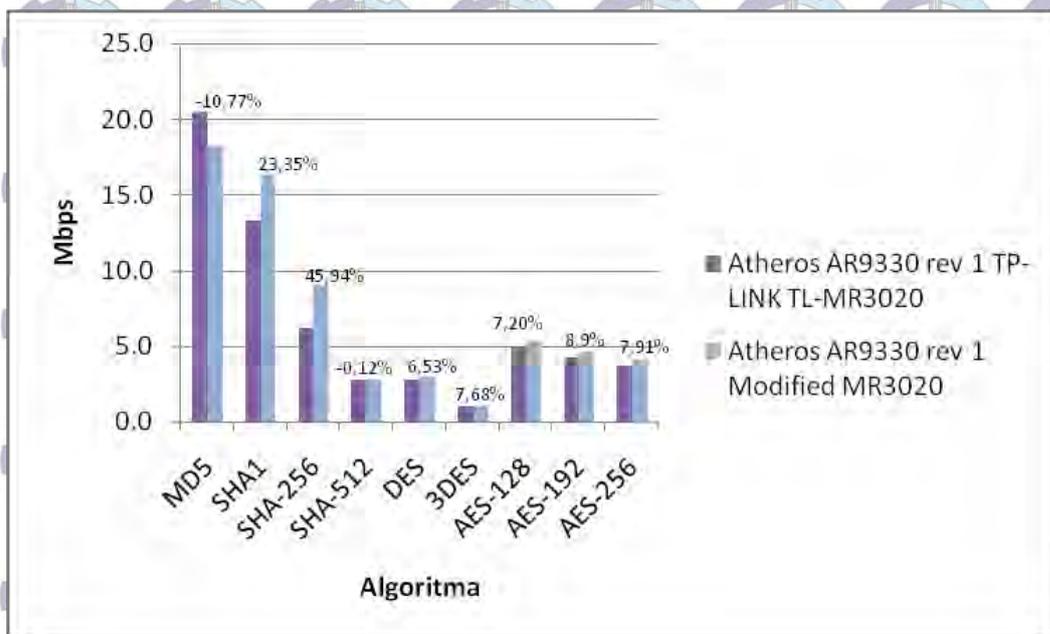
Dari grafik diatas device WT-3020 memiliki performa paling bagus diantara device dengan konsumsi daya rendah yang diujikan. Hal ini dikarenakan WT3020 memiliki CPU clock yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan device lainnya sehingga mampu memproses lebih cepat jika dibandingkan device lainnya. Namun WT-3020 memiliki keterbatasan pada driver SoC yang dimiliki dimana kita tidak bisa menjalankan mode adhoc dan infrastruktur dalam waktu yang bersamaan sedangkan pada sistem yang akan dibuat disyaratkan untuk menjalankan mode adhoc dan infrastruktur secara bersamaan agar bisa diakses oleh ponsel pengguna. Sehingga pilihan jatuh pada MR-3020 yang mampu menjalankan mode adhoc dan infrastruktur secara bersamaan.

Setelah benchmarking tahap pertama selesai, maka akan dilanjutkan dengan melakukan benchmarking dengan firmware yang telah kita modifikasi dan dibandingkan dengan firmware resmi dari developer. Hasil benchmarking dapat dilihat pada table 4.2 dibawah ini :

Tabel4.2 Hasil Benchmarking Firmware Hasil Modifikasi

	MR-3020 (Official)	MR-3020 (modifikasi)	
System On Chip	Atheros AR9330 rev 1	Atheros AR9330 rev 1	Peningkatan
CPU	MIPS 24Kc V7.4	MIPS 24Kc V7.4	
MD5	21494410	19178600	- 10,77%
SHA1	13914110	17163130	23,35%
SHA-256	6464560	9434840	45,94%
SHA-512	2879650	2876070	-0,12%
DES	2912900	3103400	6,53%
3DES	1030140	1109330	7,68%
AES-128	5189190	5563160	7,20%
AES-192	4410370	4806290	8,9%
AES-256	3917060	4227170	7,91%

Untuk mempermudah analisis, hasil yang diperoleh dari benchmarking tahap pertama kemudian diplot dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini :



Gambar 4.5 Hasil Benchmarking Firmware Hasil Modifikasi

Dari grafik tersebut bisa dilihat bahwa secara umum terjadi peningkatan performa dari node setelah dilakukan optimasi berupa pengurangan service yang tidak perlu pada firmware atau sistem operasinya dari 6,53% sampai 45,94% pada SHA256 sehingga processor dari node yang digunakan dapat memproses sebuah data lebih cepat daripada sebelumnya. Hal ini bisa membantu node untuk meningkatkan performansinya dalam melayani service-service yang ada.

4.3 Konsumsi Listrik dan Node Lifetime

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar konsumsi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat agar dapat berjalan dengan baik dalam menyediakan akses telekomunikasi pada daerah terpencil dimana sumber energi merupakan hal yang paling krusial. Pengujian dilakukan dengan USB Ampere dan volt meter pada firmware original, openwrt dan firmware hasil modifikasi. Hasil pengujian dapat dilihat pada table 4.3 berikut ini :

Tabel 4.3 Perbandingan konsumsi daya listrik pada Beberapa Firmware

No	Kondisi	Original Firmware	OpenWRT Firmware	Openvoice Firmware	Peningkatan dari firmware asli
1	Boot	0,75 watt	0,6 watt	0,6 watt	20%
2	Idle + OLSR	0,625 watt	0,525 watt	0,5 watt	20%

*Tabel 4.3 Perbandingan Konsumsi energi listrik pada Beberapa Firmware
(lanjutan)*

No	Kondisi	Original Firmware	OpenWRT Firmware	Openvoice Firmware	Peningkatan dari firmware asli
3	Idle + OLSR + USB	0.9 watt	0,825 watt	0.8 watt	11,11%
4	File Transfer + OLSR + USB	1,3 watt	1,275 watt	1,2 watt	7,69%

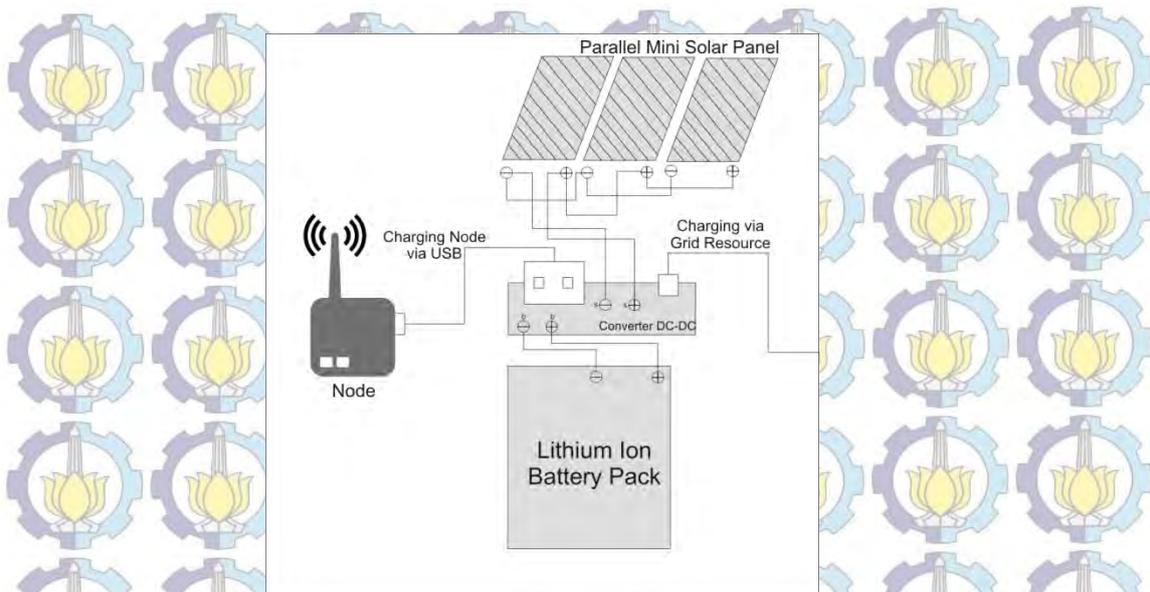
Dari table diatas bisa terlihat bahwa terjadi penghematan konsumsi energi dari 7% sampai 20% antara firmware original dengan firmware hasil modifikasi.

Hal ini dikarenakan dihilangkannya beberapa service yang tidak diperlukan untuk prototype ini sehingga dapat menghemat energi yang akan dipakai jika ingin menjalankan prototype ini pada daerah yang mengalami kekurangan pasokan energi listrik.

Selain pengukuran konsumsi energi yang diperlukan oleh node agar dapat berjalan, pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran node lifetime saat diintegrasikan dengan management energi box yang telah dilengkapi oleh baterai sebesar 22500 mAh dan mini solar panel sebagai sumber energinya jika ingin diimplementasikan secara mandiri seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.6 Integrasi Node dengan Management Energi



Gambar 4.7 Wiring Diagram dari Power Management

Tahap pertama adalah estimasi lifetime yang digunakan jika hanya menggunakan baterai. Hal ini bisa dilakukan dengan mencari energi yang diperlukan oleh node untuk beroperasi selama sehari dengan mengalikan energi yang diperlukan dalam kondisi maksimal dengan waktu sehari (24 jam). Dengan demikian didapatkan data seperti pada table 4.4 sebagai berikut ini:

Tabel 4.4 Estimasi penggunaan daya listrik dengan Menggunakan Baterai

Hari ke-	Energi awal (mA)	Energi yang dibutuhkan (mA)	Energi sisa (mA)
1	22.500	5760	16740
2	16740	5760	10980
3	10980	5760	5220
4	5220	5760	-540

Dari hasil estimasi tersebut bisa dilihat bahwa node bisa bertahan tidak sampai 4 hari namun hanya selama 3 hari 22 jam. Namun berdasarkan hasil monitoring menggunakan snmp server pada kondisi hanya memakai baterai dan tidak ada supply dari mini solar panel didapatkan node ini dapat berjalan dengan baik selama 2 hari 14 menit seperti yang terlihat pada grafik yang dihasilkan oleh cacti dibawah ini.



Gambar 4.8 Grafik Monitoring Uptime tanpa Mini Solar Panel

Pada saat node diintegrasikan dengan management energi yang sudah dilengkapi dengan baterai dan mini solar panel juga dilakukan hal yang sama yakni estimasi dan pengujian dengan snmp server untuk mendapatkan lifetimenya. Untuk estimasi dengan menggunakan baterai dan mini solar panel dilakukan dengan software PSIM dengan melakukan simulasi terhadap daya dan energi yang didapatkan oleh mini solar panel selama sehari dalam kondisi ideal. Hasil simulasi bisa dilihat pada table 4.5 berikut ini :

Tabel4.5 Hasil simulasi solar panel menggunakan PSIM

Waktu	I-Radiasi	Daya	Estimasi Arus
08.00	100	0,22	0,059
09.00	300	0,65	0,175
10.00	500	0,99	0,267
11.00	700	1,24	0,335
12.00	900	1,42	0,383
13.00	900	1,42	0,383
14.00	700	1,24	0,335
15.00	500	0,99	0,267
16.00	300	0,65	0,175
17.00	100	0,22	0,059
		Jumlah	2,438
			2438 mA

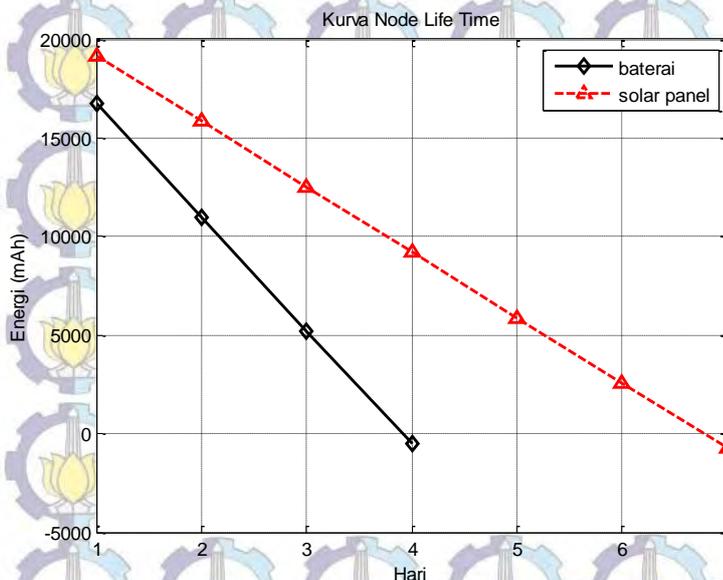
Dari simulasi tersebut diperoleh bahwa mini solar panel yang digunakan menghasilkan energi 2438 mA setiap harinya sehingga dengan data

tersebut kita bisa mengestimasi lifetime dari node jika baterai ditambahkan mini solar panel. Hasilnya bisa dilihat pada table 4.6 berikut ini :

Tabel4.6 Estimasi perhitungan lifetime dari Node menggunakan solar panel

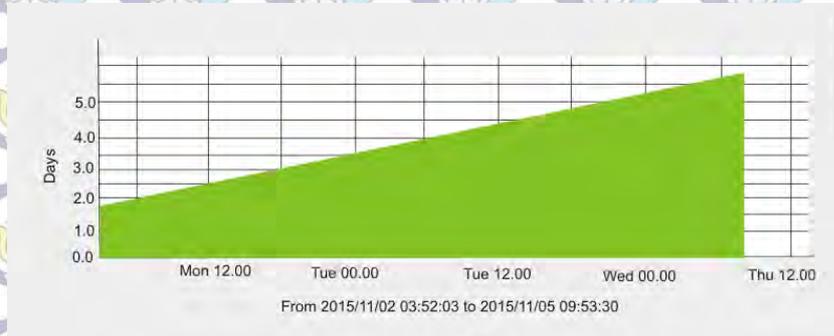
Hari ke-	Energi awal (mA)	Energi akhir (mA)	Energi akhir+solar panel (mA)
1	22500	16740	19178
2	19178	13418	15856
3	15856	10096	12534
4	12534	6774	9212
5	9212	3452	5890
6	5890	130	2568
7	2568	-3192	-754

Dari hasil estimasi tersebut bisa dilihat bahwa node bisa bertahan selama 6 hari 19 jam dengan bantuan mini solar panel yang dipasang seperti yang diperlihatkan oleh gambar 4.9 dimana pada node sudah kehabisan energi sebelum mencapai hari ketujuh. Berikut adalah grafik perbandingan lifetime node jika hanya menggunakan baterai dan menggunakan solar panel ditambah baterai.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Node Lifetime

Namun pada saat dilakukan pengukuran real time menggunakan snmp server didapatkan data bahwa ternyata node dapat berjalan secara mandiri dan bertahan selama 4 hari 15 jam seperti yang terlihat dari grafik hasil monitoring dengan snmp server yang berbasis cacti seperti gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10 Grafik Monitoring Uptime Integrasi dengan Mini Solar Panel

4.4 Luas Cakupan Area

Pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap berapa jarak maksimal dari node yang ada agar pengguna masih bisa melakukan panggilan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jarak maksimal untuk melakukan panggilan dari node beserta karakteristiknya. Pengujian ini bertempat dipelataran elektro dalam kondisi LOS dan NLOS. Pengujian ini mengamati daya terima, jitter, paket loss serta throughput pada masing-masing jarak menggunakan software iperf dan wifi analyzer. Selain itu dilakukan pula ujicoba panggilan ke pengguna lain dengan menggunakan zoiper sebagai softphonenya dan mencatat call quality yang terjadi pada masing-masing jarak pengukuran. Berikut adalah rekapitulasi dari hasil pengukuran yang telah dilakukan pada kedua kondisi tersebut.

4.4.1 Kondisi Line of Sight (LOS)

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Luas Cakupan Area pada Kondisi LOS

Jarak (m)	Daya Terima (dBm)	Throughput (bps)		Paket Loss (%)	Jitter (ms)	Call Quality
		Server	Klien			
10	-60	623028	657544	0,18	3,3433333	4,52
20	-64	609047	633514	0,15	3,26566667	4,54
30	-69	319815	360884	0	2,85366667	4,17
40	-72	220637	253842	0	2,98666667	3,97
50	-74	387536	411566	0,64333333	2,45433333	4,35

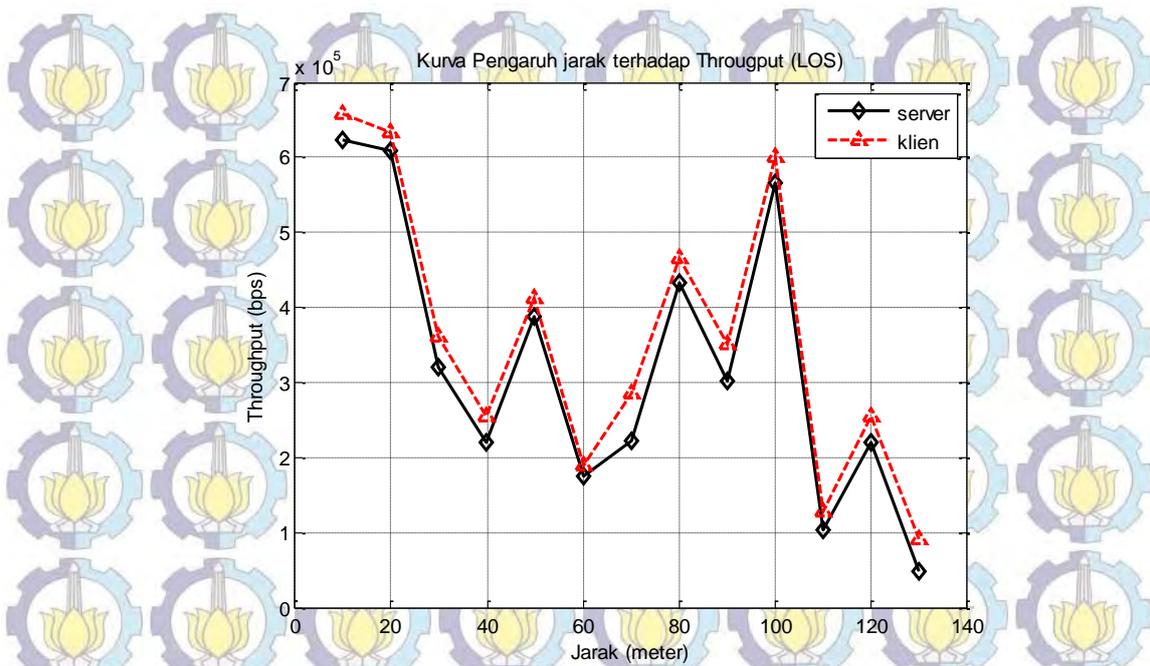
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Luas Cakupan Area pada Kondisi LOS (Lanjutan)

Jarak (m)	Daya Terima (dBm)	Throughput (bps)		Paket Loss (%)	Jitter (ms)	Call Quality
		Server	Klien			
60	-75	174762	189617	0,69	2,64333333	3,65
70	-78	221511	286173	0,65666667	4,46533333	4,32
80	-78	432537	464868	0,23	2,25	4,11
90	-80	302339	351709	8,27333333	9,337	4,15
100	-80	566231	600746	1,86666667	2,43233333	4,11
110	-81	104338	128733	0,61	4,70033333	4,1
120	-85	220637	255590	9,4	13,443	4,01
130	-88	48426	90850	33,0666667	34,2936667	3,88
140	-93	tidak terukur	Tidak terukur	Tidak terukur	tidak terukur	tidak terukur

Untuk memudahkan analisa karakteristik dari hasil pengukuran tersebut maka data tersebut diatas diplot dalam bentuk grafik seperti gambar grafik dibawah ini :

A. Throughput

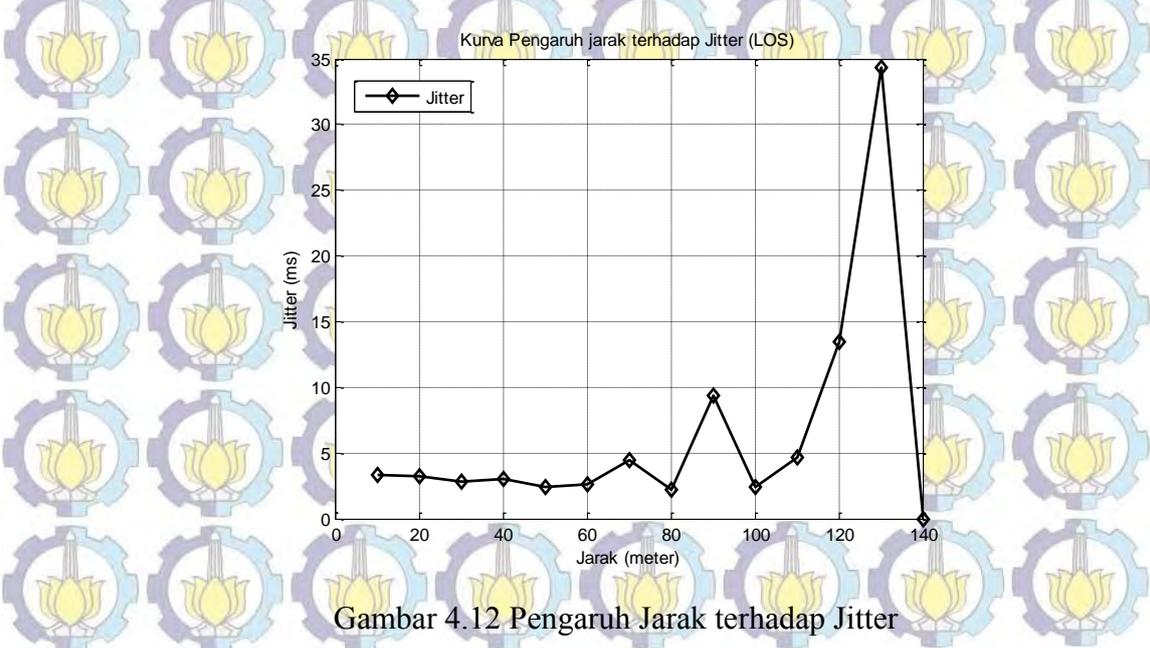
Seperti yang terlihat pada grafik 4.11 bahwa terjadi fluktuasi pada throughput yang terjadi namun memiliki trend yang cenderung menurun seiring dengan bertambahnya jarak pengguna dari node. Hal ini dikarenakan daya terima yang didapatkan oleh perangkat pengguna semakin berkurang seiring bertambahnya jarak serta kondisi lingkungan sekitar area pengukuran seperti banyaknya akses point yang berada di channel yang sama yang sangat mempengaruhi proses pengiriman data yang dilakukan karena medium yang dipakai adalah wireless yang merupakan shared medium.



Gambar 4.11 Pengaruh Jarak terhadap Throughput pada Kondisi LOS

B. Jitter

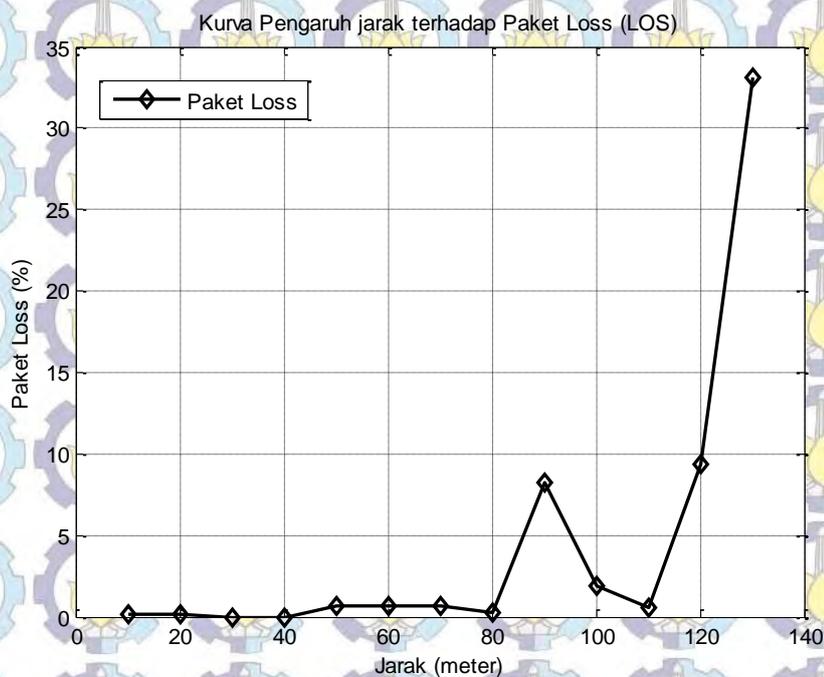
Terlihat pada grafik 4.12 bahwa terjadi peningkatan nilai jitter yang diperoleh seiring dengan bertambahnya jarak dari pengguna ke node yang ada. Ini dikarenakan semakin lemahnya daya terima pada pengguna yang berdampak pada semakin tingginya potensi untuk kegagalan transmisi data atau hilangnya sejumlah paket yang dikirimkan



Gambar 4.12 Pengaruh Jarak terhadap Jitter

C. Paket Loss

Dari grafik 4.13 yang diplot berdasarkan data hasil pengukuran yang ada terlihat bahwa terjadi kecenderungan meningkatnya paket loss sejalan dengan bertambahnya jarak dari pengguna ke node. Tingginya paket loss juga dipengaruhi oleh jitter yang ada. Hal ini disebabkan apabila semakin tinggi jitter atau variasi delay yang terjadi maka kecenderungan untuk hilangnya paket akan semakin tinggi juga.



Gambar 4.13 Pengaruh Jarak terhadap Paket Loss

4.4.2 Kondisi Non Line of Sight (NLOS)

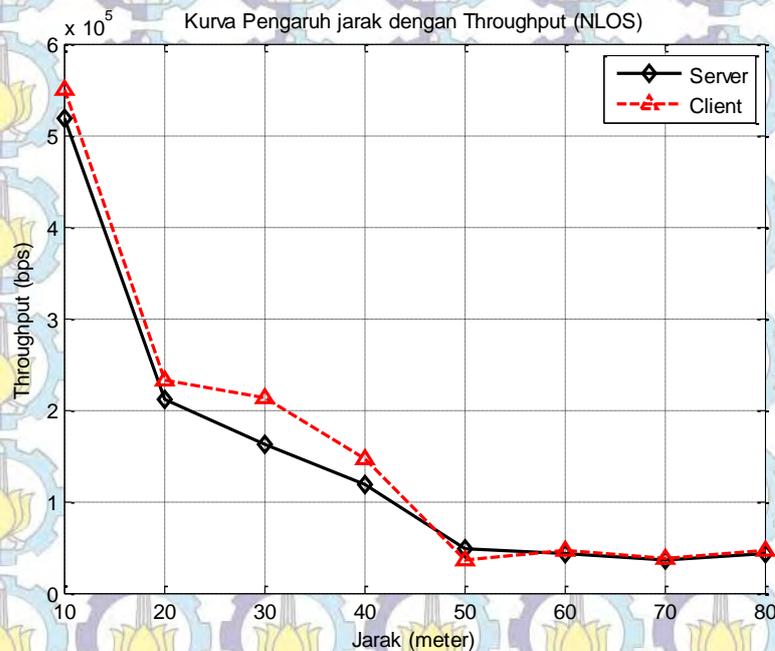
Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Pengukuran pada Kondisi NLOS

Jarak (m)	Daya Terima (dBm)	Throughput (bps)		Paket Loss (%)	Jitter (ms)	Call Quality
		Server	Klien			
10	-80	519045	549628	0,81	6,238	3.12/5.0
20	-83	211899	231997	0,85666667	2,481	4.27/5.0
30	-83	162092	212336	3,73	13,15266667	3.9/5.0
40	-87	119285	146373	5,96666667	2,140666667	4.0/5.0
50	-89	48426	35850	2,34667	9,438	3.67/5.0
60	-92	43537	46868	7,73	9,533	3.9/5.0
70	-92	35709	36884	8,356	11,182667	3.57
80	-93	43537	46868	8,81	12,276	3.2/5.0

Untuk memudahkan analisa karakteristik dari hasil pengukuran tersebut maka data tersebut diatas diplot dalam bentuk grafik seperti dibawah ini :

A. Throughput

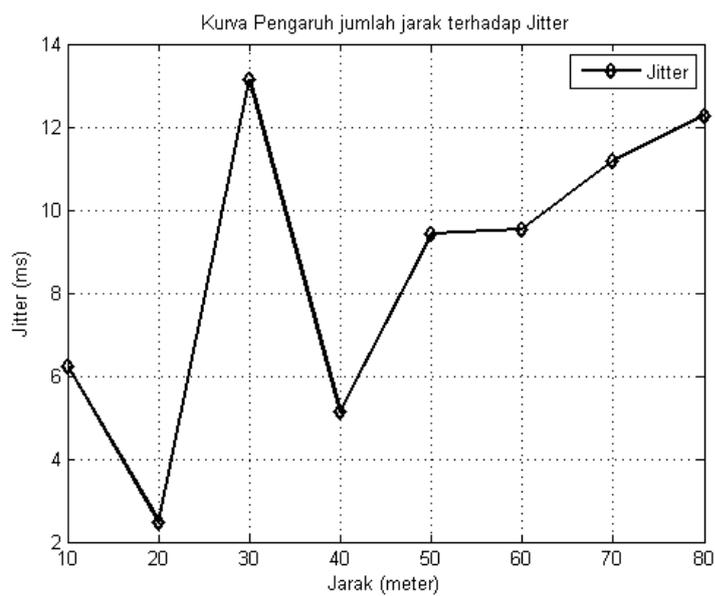
Seperti yang terlihat pada grafik diatas terjadi penurunan throughput baik itu pada sisi klien maupun server yang berbanding lurus dengan penambahan jarak yang terjadi. Hal ini terjadi karena penyebab yang sama saat berada pada kondisi line of sight yakni semakin berkurangnya daya terima yang ada pada sisi pengguna.



Gambar 4.14 Pengaruh Jarak dengan Throughput pada Kondisi NLOS

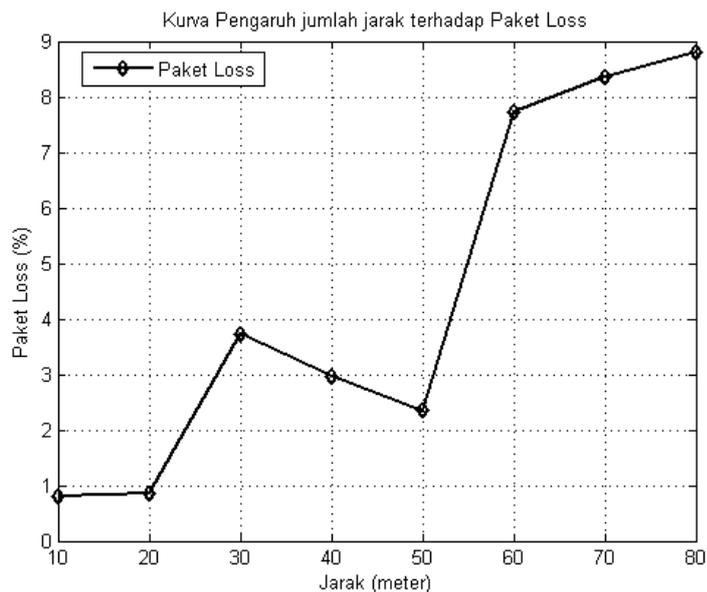
B. Jitter

Seperti yang kita lihat pada gambar 4.15 bahwa secara umum nilai jitter yang diterima memiliki trend yang cenderung meningkat berbanding lurus dengan penambahan jarak yang terjadi. Hal ini karena semakin lamanya waktu yang diperlukan untuk melakukan pengiriman data yang menyebabkan delay yang semakin tinggi pula.



Gambar 4.15 Pengaruh Jarak terhadap Jitter pada Kondisi NLOS

C. Paket Loss

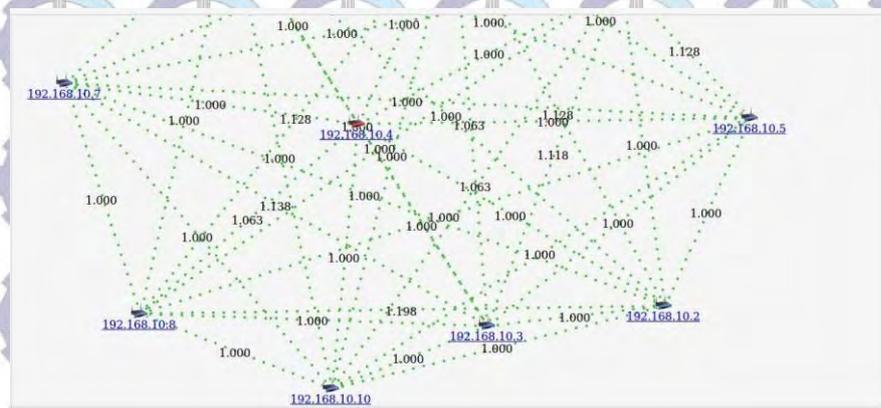


Gambar 4.16 Pengaruh Jarak terhadap Paket Loss pada Kondisi NLOS

Sesuai dengan grafik yang tersaji diatas dapat dilihat bahwa nilai paket loss mengalami kecenderungan berbanding lurus dengan pertambahan jarak yang terjadi. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya jarak maka kecenderungan untuk hilangnya paket akan semakin besar. Hal ini juga dipengaruhi dengan tingginya jitter yang terjadi.

4.5 Pengujian Komunikasi dengan Skema Multihop

Pengujian ini dilakukan karena sistem yang dibangun memakai skema multihop untuk memperluas cakupannya sehingga dipandang perlu melakukan pengujian untuk mengetahui kualitas panggilan yang terjadi serta karakteristiknya. Komunikasi multihop dilakukan dengan implementasi routing protocol OLSR yang merupakan salah satu routing protocol untuk mobile adhoc network. Dengan implementasi ini maka memungkinkan sistem untuk diterapkan pada area yang luas. Gambar 4.17 dan 4.18 menunjukkan visualisasi komunikasi multihop yang berhasil diimplementasikan pada router yang telah dimodifikasi.



Gambar 4.17 Visualisasi komunikasi multihop antar node

```
garfield@rumahgarfield:~$ traceroute 192.168.34.1
traceroute to 192.168.34.1 (192.168.34.1), 30 hops max, 60 byte packets
 1 OLSR.lan (192.168.33.1)  1.155 ms  1.154 ms  1.520 ms
 2 192.168.10.5 (192.168.10.5)  3.568 ms  4.588 ms  4.670 ms
 3 192.168.10.2 (192.168.10.2)  16.646 ms  24.652 ms  24.655 ms
 4 192.168.34.1 (192.168.34.1)  33.086 ms  36.367 ms  36.375 ms
garfield@rumahgarfield:~$ traceroute 192.168.34.171
traceroute to 192.168.34.171 (192.168.34.171), 30 hops max, 60 byte packets
 1 OLSR.lan (192.168.33.1)  1.039 ms  3.142 ms  3.745 ms
 2 192.168.10.5 (192.168.10.5)  7.298 ms  7.295 ms  12.664 ms
 3 192.168.10.2 (192.168.10.2)  14.810 ms  15.633 ms  18.469 ms
 4 192.168.10.4 (192.168.10.4)  24.390 ms  32.182 ms  32.906 ms
 5 192.168.34.171 (192.168.34.171)  43.207 ms  51.148 ms  56.101 ms
```

Gambar 4.18 Hasil trace route terhadap hop yang dilewati

Hasil rekapitulasi dari pengujian yang dilakukan menggunakan skema multihop dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini:

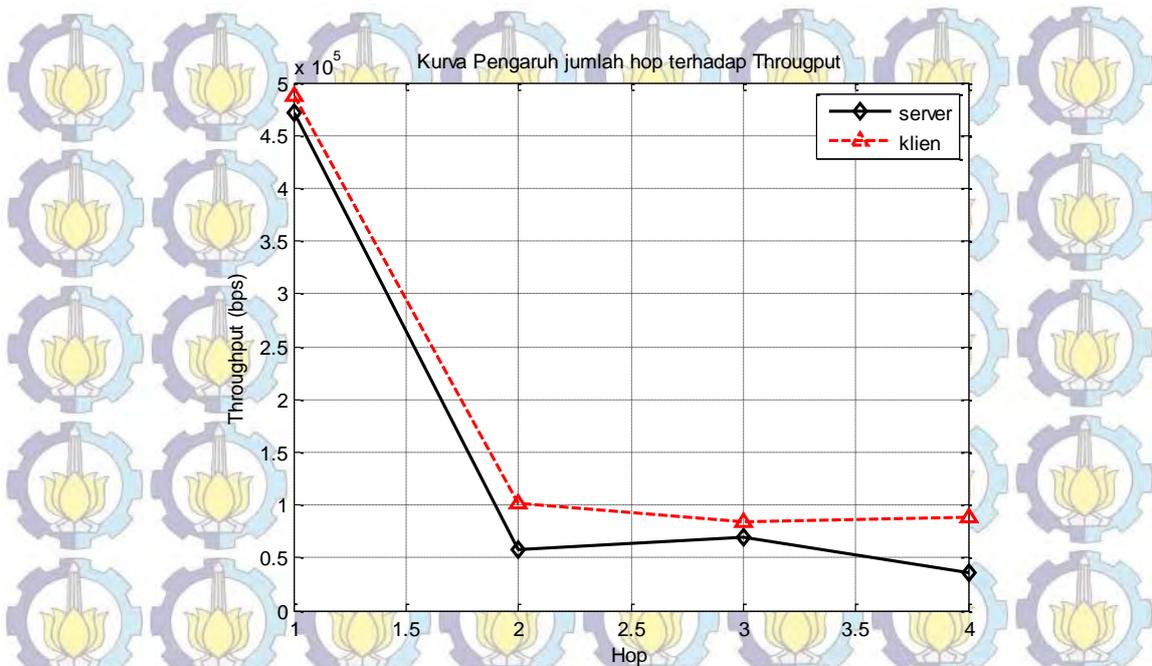
Tabel 4.9 Rekapitulasi Pengujian Pengaruh Jumlah Hop terhadap Karakteristik Jaringan

Hop	Throughput (bps)		Paket Loss (%)	Jitter (ms)	Call Quality
	Server	Klien			
1	470985,3867	487587,8	0,073333	7,142667	4,19/5,0
2	58112	102272	6,996667	23,37967	3,36/5,0
3	70144	84266,67	8,333333	19,542	4,17/5,0
4	35797,33333	88021,33	32,33333	44,51	3,37/5,0

Untuk memudahkan analisa karakteristik dari hasil pengukuran tersebut maka data tersebut diatas diplot dalam bentuk grafik seperti gambar grafik dibawah ini:

A. Throughput

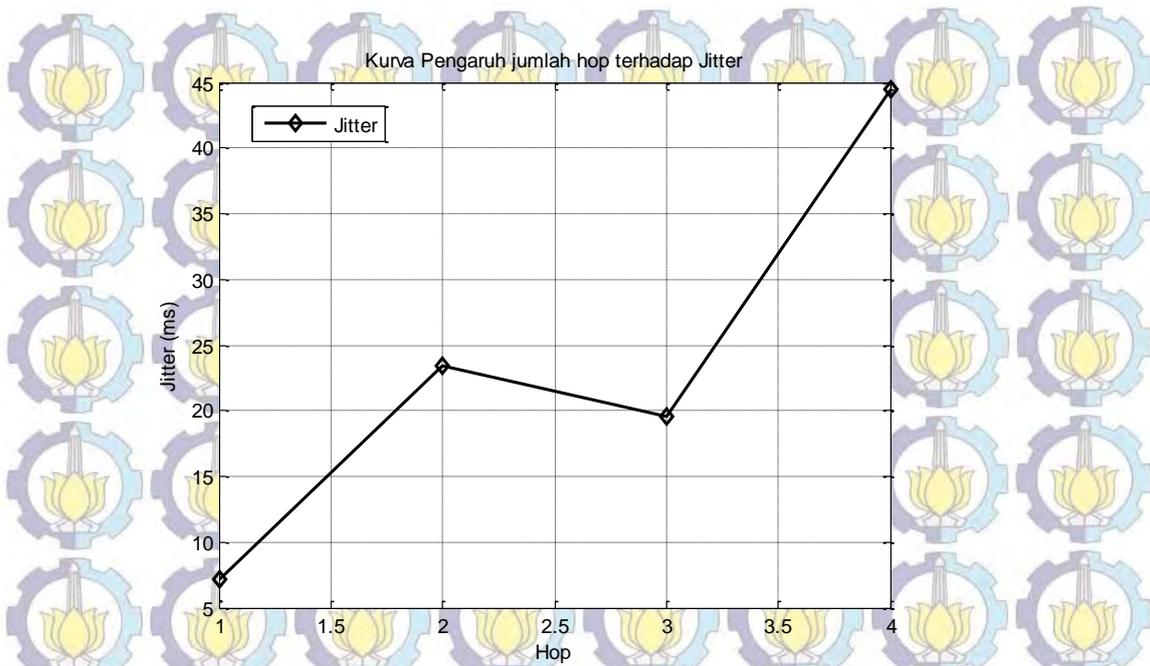
Dari grafik 4.19 bisa terlihat bahwa nilai throughput yang terjadi baik disisi server maupun klien berbanding lurus dengan penambahan hop yang terjadi. Ini dikarenakan medium yang dipakai untuk saling berkomunikasi merupakan shared medium sehingga selain untuk keperluan pengguna, medium yang ada juga dipakai oleh node yang saling berdekatan atau masih dalam jangkauannya. Hal ini dikarenakan sistem yang dibangun masih menggunakan node yang hanya single radio dan penggunaan channel yang sama untuk semua node.



Gambar 4.19 Pengaruh Jumlah Hop terhadap Throughput

B. Jitter

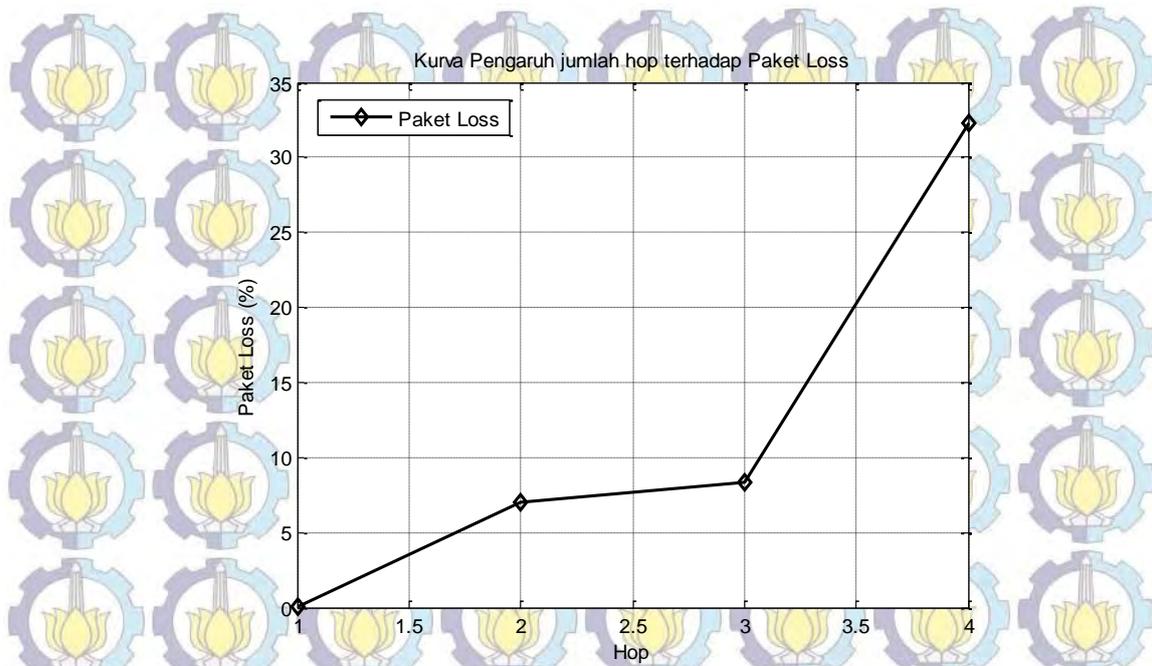
Dari grafik 4.20 bisa terlihat bahwa nilai jitter yang terjadi berbanding lurus terhadap pertambahan hop yang terjadi. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya hop maka semakin banyak pula waktu yang diperlukan oleh paket untuk sampai ditujuan. Tidak hanya itu, semakin banyaknya node yang dilewati maka semakin banyak pula antrian yang harus dilewati oleh paket pada node yang dilewati sebelum ditransmit ke node selanjutnya. Hal ini mengakibatkan kecenderungan jitter akan meningkat dan berdampak juga pada paket loss yang ada.



Gambar 4.20 Pengaruh Jumlah Hop terhadap Jitter

C. Paket Loss

Dari grafik 4.21 bisa terlihat bahwa nilai paket loss berbanding lurus dengan bertambahnya jumlah hop. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya hop maka pengiriman paket akan lebih jauh sehingga kecenderungan untuk kehilangan paket akan sangat besar. Hal ini juga dipengaruhi mekanisme MAC yang ada bahwa paket yang akan dikirimkan harus bergantian untuk ditransmit. Dengan demikian paket akan mengalami antrian dan meningkatkan kecenderungan paket akan dibuang karena lewatnya waktu dari buffering yang ada. Sehingga semakin banyak node/hop yang dilewati maka kecenderungan paket hilang akan sangat besar karena akan mengalami antrian pada node yang dilewati sebelum sampai ditujuan.



Gambar 4.21 Pengaruh Jumlah Hop terhadap Paket Loss

4.6 Pengujian dengan Node yang Bergerak

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pergerakan node terhadap kualitas jaringan dan panggilan mengingat salah satu keuntungan dengan menggunakan teknologi ini adalah sifatnya yang dapat mobile sehingga dapat diproyeksikan sebagai komunikasi taktis antar regu lapangan dimedan tempur ataupun kegiatan search and rescue. Pengujian dilakukan dengan melakukan simulasi pergerakan node dimulai dari 1 node sampai 3 sambil melakukan telekomunikasi. Node bergerak secara tidak beraturan dengan kecepatan orang berjalan. Hasil pengukuran dari simulasi yang dijalankan dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini:

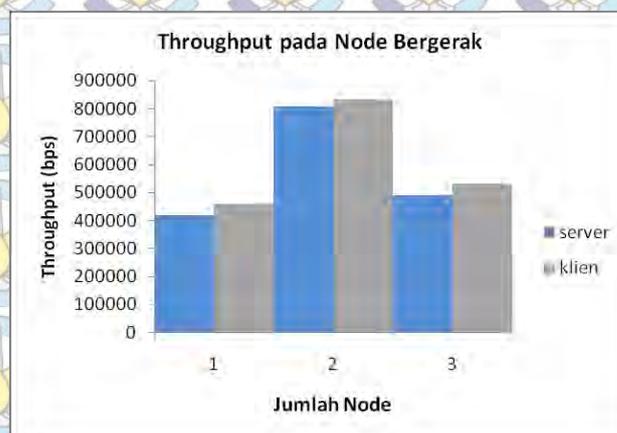
Tabel4.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian degan Node yang Bergerak

Node	Throughput (bps)		Paket Loss (%)	Jitter (ms)	Call Quality
	Server	Klien			
1	415935,1467	459625,8133	6,716666667	4,135333333	3,63/5,0
2	808714,24	832307,2	0,42	8,467333333	4,52/5,0
3	489772,3733	529093,9733	1,18	4,479666667	4,29/5,0

Untuk memudahkan analisa terhadap parameter yang diujikan maka data pada table tersebut kemudian digambarkan dalam bentuk grafik seperti dibawah ini:

A. Throughput

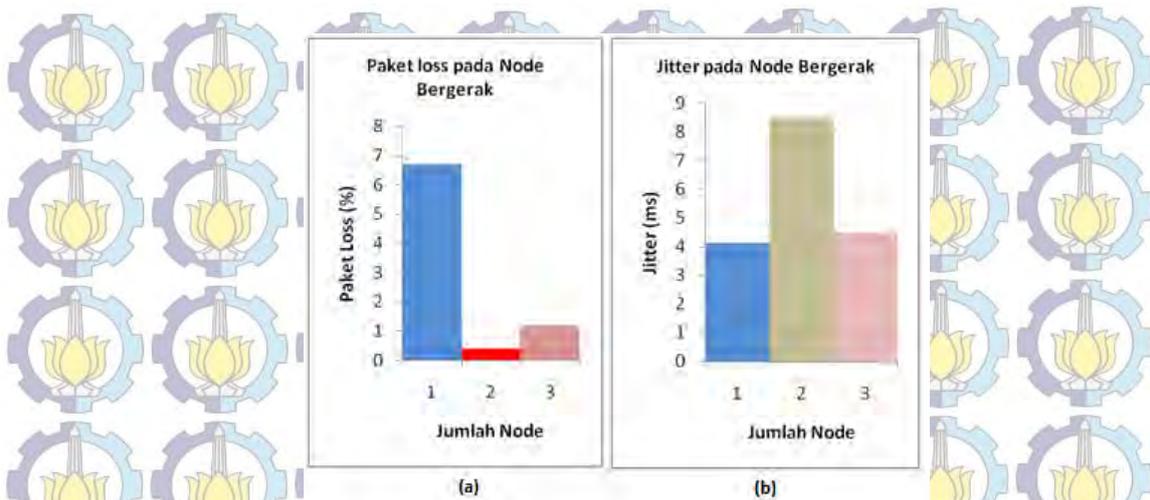
Dari grafik 4.22 kita bisa melihat bahwa pada saat nodenya berjumlah satu level throughputnya lebih rendah jika dibandingkan dengan 2 node dan 3 node. Hal ini dikarenakan pada saat pengukuran dengan 1 node, ponsel pengguna terletak berjauhan dengan node yang ada sehingga daya terimanyapun berada dibawah daya terima pada saat pengukuran dengan 2 node. Hal ini berdampak pada throughput yang lebih rendah. Sedangkan pada saat pengukuran dengan 2 node throughputnya kembali naik karena daya terima pada sisi pengguna tidak terlalu jauh berubah seperti saat pengujian dengan 1 node. Pengujian dengan 3 node throughputnya kembali menurun karena paket-paket yang ditransmisikan yang melewati node lain terlebih dahulu agar sampai ditujuan.



Gambar 4.22 Kurva Pengaruh Pergerakan Node Terhadap Throughput

B. Jitter dan Paket Loss

Dari grafik 4.23 bisa kita lihat bahwa pada saat pengujian dengan 1 node terjadi paket loss yang agak besar. Hal ini dikarenakan pada sisi pengguna terjadi fluktuasi daya terima yang berujung pada fluktuasi paket loss juga. Berbeda pada saat pengujian dengan 2 node dan 3 node, kecenderungan paket loss menjadi menurun karena daya terima ponsel cenderung tetap sehingga paket loss terjadi karena tidak stabilnya link antar node yang ada.



Gambar 4.23 (a) Kurva pengaruh pergerakan terhadap paket loss. (b) Kurva pengaruh pergerakan terhadap jitter

Lain halnya dengan parameter jitter. Terjadi peningkatan pada percobaan dengan 2 node dan 3 node bergerak jika dibandingkan dengan percobaan dengan 1 node. Ini terjadi karena tidak stabilnya link yang ada antar node akibat pergerakan yang ada. Peningkatan jitter ini masih diperbolehkan sesuai dengan yaitu dibawah 25 ms.

4.7 Kapasitas Pengguna per Node

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas klien yang bisa dilayani oleh node yang digunakan. Ini cukup penting untuk kepentingan implementasi nantinya dalam rangka mengetahui berapa node yang diperlukan untuk melayani jumlah pengguna yang ada. Pengujian dilakukan di laboratorium B301 dengan melakukan aktifitas teleponi secara berurutan untuk mengetahui kapasitas yang bisa terkoneksi tanpa adanya panggilan yang terputus dengan selang waktu tertentu. Hasil dari pengukuran yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut ini:

Tabel 4.11 Rekapitulasi Pengukuran Kapasitas Node

Urutan	Paket Loss (%)	Max Jitter (ms)	Mean Jitter (ms)	Payload/ Codec	Waktu (s)
1	9,02	274,72	29,88	GSM FR	853,09
2	6,1	783,42	34,32	GSM FR	697,39

Tabel 4.12 Rekapitulasi Pengukuran Kapasitas Node (Lanjutan)

Urutan	Paket Loss (%)	Max Jitter (ms)	Mean Jitter (ms)	Payload/ Codec	Waktu (s)
3	7,63%	340,52	23,63	GSM FR	642,58
4	1,04%	118,12	11,5	GSM FR	613,81
5	5,43%	321,53	10,66	GSM FR	547,35
6	2,22%	69,15	10,27	GSM FR	471,69
7	24,27%	171,54	26,71	g711u	471,28
8	54,04%	110,33	18,28	GSM FR	321,66
9	15,2	233,53	38,14	GSM FR	227,56
10	5,81	144,79	30,7	GSM FR	39,55
11	5,07%	46,8	9,11	GSM FR	31,69
12	2,65%	58,27	22,78	GSM FR	31,7

Dari pengujian menggunakan wireshark didapatkan hasil bahwa rata-rata throughput yang tercatat selama pengujian yakni sebesar 0,473 Mbit/s serta pasangan terakhir yang melakukan aktifitas telephony adalah pasangan nomor 12. Saat pasangan selanjutnya masuk kedalam sistem mengakibatkan salah satu pengguna sebelumnya terputus dari sistem. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya pengguna yang terkoneksi kedalam sistem maka semakin berkurang juga throughput yang ada yang berdampak pada besar data yang bisa dikirimkan. Pengurangan throughput yang terjadi juga karena pengujian dilakukan pada tempat yang punya beberapa akses point/node wireless yang berada pada channel yang sama sehingga kuota throughput/bandwidth yang tersedia juga terbagi ke akses point tersebut sehingga mengakibatkan berkurangnya jumlah pengguna yang bisa menikmati layanan yang ada.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini akan diuraikan beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan sebelumnya dan saran mengenai masalah yang bisa dibahas sebagai kelanjutan dari penelitian ini.

5.1 Kesimpulan

1. Perancangan dan implementasi routing protocol OLSR dan wireless VoIP pada embedded device dapat berjalan dengan baik dengan komunikasi multihop antar node yang ada di jaringan ditandai dengan dapatnya pengguna melakukan panggilan ke pengguna lain didalam satu jaringan.
2. Kostumisasi pada firmware dapat meningkatkan performa node dalam memproses data setiap detiknya seperti hasil yang ditunjukkan dari benchmarking test yang telah dilakukan.
3. Integrasi node dengan smart power management yang berisikan baterai lithium ion dan mini solar panel terbukti dapat memperpanjang lifetime dari node yang ada menjadi 5 hari 15 jam dari 2 hari 14 menit.
4. Optimasi pada firmware dengan mengurangi service yang tidak perlu dapat menurunkan konsumsi listrik pada node sebanyak 7-20% dalam berbagai keadaan.
5. Pengguna masih bisa melakukan komunikasi suara yang masih bisa ditoleransi dalam jarak 130 meter pada kondisi LOS dan 80 meter pada kondisi NLOS dari node sesuai dengan hasil pengukuran.
6. Pengujian dengan skema multihop untuk memperluas jangkauan dari network menunjukkan trend yang semakin menurun disemua parameter yang diujikan seiring bertambahnya jumlah hop yang harus dilewati untuk mencapai destinasi. throughput tertinggi pada hop pertama yaitu 470985 bps pada server dan 487587 bps pada klien. Sedangkan untuk paket loss tertinggi ada pada hop ke-4 sebesar 32,33% dan jitter sebesar 44,51%.

7. Pengujian dengan node bergerak menunjukkan bahwa dengan scenario yang dijalankan packet loss dan jitter yang diterima tergolong rendah dan memenuhi standar yang ada pada ITU-T G114. Throughput tertinggi sebesar 808714 bps pada server dan 832307 bps pada klien. Sedangkan paket loss tertinggi sebesar 6,71% pada kondisi 1 node dan 8,46 ms untuk jitter pada kondisi 2 node.

8. Dari pengujian untuk kapasitas pengguna didapatkan bahwa node mampu melayani 12 pengguna tanpa ada pengguna yang terputus.

5.2 Saran

1. Pemakaian teknologi MIMO untuk penelitian selanjutnya untuk meningkatkan kecepatan serta performansi keseluruhan service yang dijalankan pada sistem ini

2. Perlu dilakukannya optimasi lagi pada konsumsi energi dan management power yang digunakan untuk memperpanjang lifetime dari node.

3. Perlu dilakukannya optimasi pada sistem dengan implementasi OLSRv2.

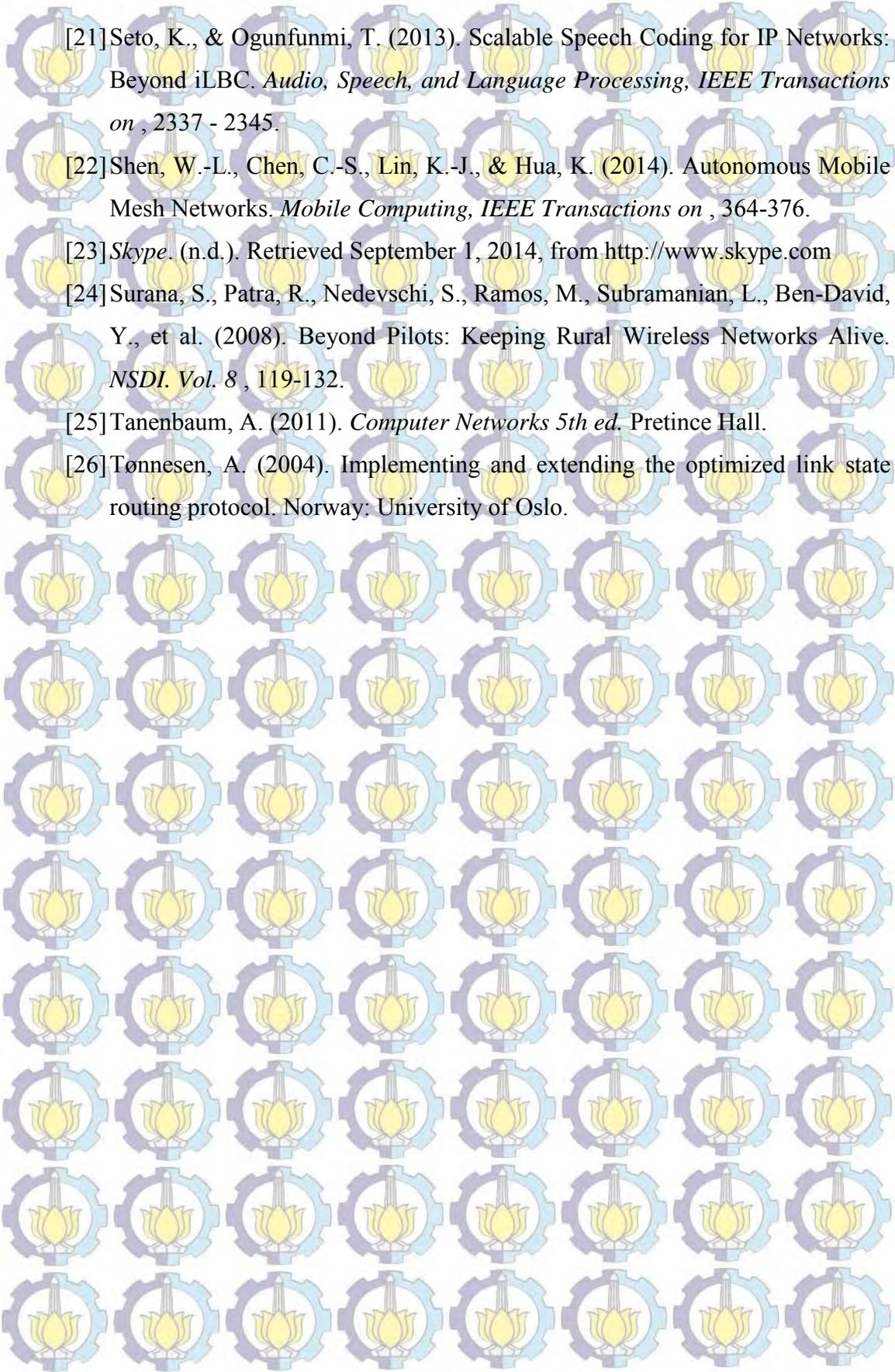
4. Perlu diadakannya pembuatan softphone khusus untuk aplikasi ini untuk optimasi pada perangkat sisi pengguna.

5. Penggunaan frekuensi reuse untuk optimalisasi channel 2,4 Ghz yang dipakai dalam sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adam, G., Kapoulas, V., Bouras, C., & Kioumourtzis, G. (2011). Performance evaluation of routing protocols for multimedia transmission over mobile ad hoc networks . *Wireless and Mobile Networking Conference* (pp. 1 - 6). Toulouse : IEEE.
- [2] Adeyeye, M., & Stephen, P. G. (2011). The Village Telco project: a reliable and practical wireless mesh telephony infrastructure. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking* , 1-11.
- [3] Alshamrani, M., Cruickshank, H., Sun, Z., & Elmasri, B. (2013). Evaluation of SIP Signalling and QoS for VoIP. *Computer Modelling and Simulation (UKSim), 2013 UKSim 15th International Conference on* (pp. 699 - 706). Cambridge : IEEE.
- [4] Anonymous. (n.d.). *Asterisk*. Retrieved Desember 12, 2014, from <http://www.asterisk.org>
- [5] Anonymous. (2011, September 27). *Okezone.com*. Retrieved Desember 3, 2014, from <http://techno.okezone.com/read/2011/09/27/54/507665/24-ribu-desa-di-indonesia-sudah-tersentuh-telekomunikasi>
- [6] Burnett, B., Bowering, G., Hagelstrom, R., & Tate, D. (2007). Multi-Radio Nodes for Mobile Mesh Networks for Emergency Response and Battle Command Systems. *Military Communications Conference* (pp. 1 - 7). Orlando, FL, USA: IEEE.
- [7] Butcher, D., Li, X., & Guo, J. (2007). Security Challenge and Defense in VoIP Infrastructures. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on* , 1152 - 1162.
- [8] Chebrolu, K., & Raman, B. (2007). FRACTEL: a fresh perspective on (rural) mesh networks. *Workshop on Networked Systems for Developing Regions* . ACM.
- [9] Clausen, T., & Jacquet, P. (2003). *Optimized link state routing protocol (OLSR)*. RFC 3626.

- [10] G.114, ITU-T. (n.d.). Retrieved Desember 10, 2014, from <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.114/en>
- [11] Ganguly, S., Navda, V., Kim, K., & Kashyap, A. (2006). Performance optimizations for deploying voip services. *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on* , 2147 - 2158 .
- [12] Garrido, P. P., Malumbres, M. P., & Calafate, C. T. (2008). ns-2 vs. OPNET: a comparative study of the IEEE 802.11e technology on MANET environments. *1st international conference on Simulation tools and techniques for communications, networks and systems & workshops*.
- [13] Ibnugraha, P. D., & Fahrudin, T. (2014). Persebaran Layanan dan Infrastruktur Telekomunikasi Provinsi Papua. *Jurnal INFOTEL 6.1* .
- [14] Ishmael, J., Bury, S., Pezaros, D., & Race, N. (2008). Deploying Rural Community Wireless Mesh Networks . *Internet Computing IEEE* , 22 - 29.
- [15] Johnson, D. L., & Roux, K. (2008). Building rural wireless networks: lessons learnt and future directions. *The 14th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking* (pp. 17-22). California, USA: ACM.
- [16] Mathee, K., Mweemba, G., Pais, A., Rijken, M., & Van Stam, G. (2007). Bringing connectivity to rural Zambia using a collaborative approach. *IEEE/ACM International Conference on Information and Communication Technologies and Development* (p. 12). Bangalore, India: ACM.
- [17] OpenWRT. (n.d.). Retrieved September 1, 2014, from <http://www.openwrt.org>
- [18] Parra, O., Diaz Martinez, N., & Lopez Rubio, G. (2013). Comparison SIP and IAX to Voice Packet Signaling over VOIP . *Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom)* (pp. 1442 - 1449). Melbourne, VIC : IEEE.
- [19] Plesse, T., Adjih, C., Minet, P., Laouiti, A., Plakoo, A., Badel, M., et al. (2005). OLSR performance measurement in a military mobile ad hoc network. *Data Communication and Topology Control in Ad Hoc Networks* , 575–588.
- [20] Raman, B., & Chebrolu, K. (2007). Experiences in using WiFi for rural internet in India . *Communications Magazine, IEEE* , 104 - 110 .



[21] Seto, K., & Ogunfunmi, T. (2013). Scalable Speech Coding for IP Networks: Beyond iLBC. *Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions on* , 2337 - 2345.

[22] Shen, W.-L., Chen, C.-S., Lin, K.-J., & Hua, K. (2014). Autonomous Mobile Mesh Networks. *Mobile Computing, IEEE Transactions on* , 364-376.

[23] Skype. (n.d.). Retrieved September 1, 2014, from <http://www.skype.com>

[24] Surana, S., Patra, R., Nedeveschi, S., Ramos, M., Subramanian, L., Ben-David, Y., et al. (2008). Beyond Pilots: Keeping Rural Wireless Networks Alive. *NSDI. Vol. 8* , 119-132.

[25] Tanenbaum, A. (2011). *Computer Networks 5th ed.* Prentice Hall.

[26] Tønnesen, A. (2004). Implementing and extending the optimized link state routing protocol. Norway: University of Oslo.

LAMPIRAN

7.1 Membuat OpenVoice Firmware

Langkah-langkah untuk membuat OpenVoice firmware menggunakan sistem operasi Ubuntu 14.04 LTS yang digunakan dalam penelitian ini :

- a) Sebelum melakukan kompilasi firmware yang akan kita gunakan, terlebih dahulu kita perlu mempersiapkan beberapa modul compiler/dependensi yang dibutuhkan oleh komputer kita. Silahkan masukkan perintah dibawah ini :

```
// sudo apt-get update
// sudo apt-get install git-core build-essential libssl-dev
libncurses5-dev unzip
// sudo apt-get install subversion mercurial
```

- b) Download source code dari openWRT yang akan kita modifikasi. Dalam kasus ini kita akan memakai versi trunk agar fitur smart queue management dari ceroWRT project bisa dimasukkan. Silahkan masukkan perintah dibawah ini :

```
// git clone git://git.openwrt.org/openwrt.git
// cd openwrt
// ./scripts/feeds update -a
// ./scripts/feeds install -a
```

- c) Bukalah feeds.conf yang ada di buildroot anda dan tambahkan source dari ceroWRT project agar kita bisa menambahkan fitur smart queue management kedalam firmware yang akan kita build untuk kepentingan penelitian selanjutnya.

```
// "src-git cero https://github.com/dtaht/ceropackages-3.10.git" [tambahkan source dari ceroWRT project]
// ./scripts/feeds update -a
// ./scripts/feeds install luci luci-app-sqm sqm-scripts tc-adv
ip ethtool kmod-sched-cake kmod-sched-fq_pie
```

- d) Langkah selanjutnya adalah memasukkan modul-modul serta fitur yang kita butuhkan dan inginkan kedalam firmware yang akan kita generate. Untuk penelitian ini firmware yang kita generate hanya berisi base file, olsrdv1 serta preconfigured file untuk memudahkan pengguna lainnya dalam menggunakan firmware ini. Masukkan perintah berikut

```
// make defconfig
// make prereq
// make menuconfig
```

Kemudian masukkan parameter yang dibutuhkan seperti target device serta sistem on chip yang dipakai device tersebut. Hanya base file serta olsrdv1 yang dimasukkan kedalam firmware ini. Fitur lainnya akan dibuild bersamaan namun tidak dimasukkan kedalam firmware untuk menghindari dependency saat ingin menginstallnya nanti.

- e) Setelah langkah diatas kita lakukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan cross compiling untuk mengenerate firmware kita. Pastikan koneksi internet dan kapasitas hardisk anda cukup karena buildroot akan berukuran 7-8 GB saat selesai compile. Firmware anda bisa ditemukan dalam folder bin/ar7xx

7.2 Konfigurasi Network dan Wireless Interface pada Node

----- Network Configuration -----

```
config interface 'loopback'
    option ifname 'lo'
    option proto 'static'
    option ipaddr '127.0.0.1'
    option netmask '255.0.0.0'

config interface 'lan'
    option type 'bridge'
    option proto 'static'
    option netmask '255.255.255.0'
    option _orig_ifname 'eth0 wlan0'
    option _orig_bridge 'true'
    option ifname 'eth0'
    option ipaddr '192.168.34.1'
    option gateway '192.168.10.4'

config interface 'mywifi'
    option _orig_ifname 'wlan0'
    option _orig_bridge 'false'
    option proto 'static'
    option ipaddr '192.168.10.4'
    option netmask '255.255.255.0'
```

----- Wireless Configuration -----

```
config wifi-device 'radio0'
    option type 'mac80211'
    option channel '11'
    option macaddr 'a0:f3:c1:a6:5f:e5'
    option hwmode '11ng'
    option htmode 'HT20'
    list ht_capab 'SHORT-GI-20'
    list ht_capab 'SHORT-GI-40'
    list ht_capab 'RX-STBC1'
```

```
list ht_capab 'DSSS_CCK-40'  
option txpower '27'  
option country 'US'
```

```
config wifi-iface  
option device 'radio0'  
option encryption 'none'  
option ssid 'OLSR'  
option mode 'adhoc'  
option network 'mywifi'
```

```
config wifi-iface  
option device 'radio0'  
option mode 'ap'  
option encryption 'none'  
option ssid 'AP Node 4'  
option network 'lan'
```

7.3 Konfigurasi Asterisk

----- SIP Configuration -----

```
[general]  
register =>100:123@192.168.1.1  
register =>300:123@192.168.1.198  
register =>200:123@192.168.1.172  
registertimeout=20  
context=incoming  
allowoverlap=no  
bindport=5060  
bindaddr=192.168.1.1  
srvlookup=no  
subscribecontext=from-sip  
  
;The SIP Provider  
[VoiPProvider]  
canreinvite=no  
username=100  
fromuser=100  
secret=123  
context=incoming  
type=friend  
;fromdomain=sip.internode.on.net  
;host=sipconnect.internode.on.net  
dtmfmode=rfc2833  
disallow=all  
allow=alaw  
allow=ulaw  
;nat=yes  
;insecure=very
```

```
;ext 100
[100]
type=friend
host=dynamic
secret=123
context=internal
mailbox=100@default
callgroup=1
pickupgroup=1
dtmfmode=rfc2833
canreinvite=no
```

```
;ext 200
[200]

type=friend
host=dynamic
secret=123
context=internal
callgroup=1
pickupgroup=1
dtmfmode=rfc2833
canreinvite=no
```

```
;ext 300
[300]
type=friend
host=dynamic
secret=123
context=internal
callgroup=1
pickupgroup=1
dtmfmode=rfc2833
canreinvite=no
```

----- Extension Configuration -----

```
[incoming]
;Ring on extension 100,200 and the mobile phone
exten => s,1,Answer()
exten => s,n,Dial
(SIP/100&SIP/200&SIP/VoIPProvider/*320423456789,150,r,t)

;pass unanswered call to a mobile phone
exten => s,n,Dial(SIP/VoIPProvider/*320423456789,150,r)

;still not answered? Pass unanswered calls to voicemail
exten => s,n,Voicemail(100,u)
exten => s,n,Hangup

[outgoing]
```

```

;outbound calls can be routed based on the number of digits
diald
exten => _xxxxxxxxxxxx,1,Dial(SIP/VoIPProvider/${EXTEN})
exten => _xxxxxxx,1,Dial(SIP/VoIPProvider/${EXTEN})
exten => _xxxxx,1,Dial(SIP/VoIPProvider/${EXTEN})

[internal]
;calls between employees (between extensions)
exten => _xxx,1,Dial(SIP/${EXTEN})

;calls to ext 100
exten => 100,1,Dial(SIP/100,20)
exten => 100,n,VoiceMail(100,20)
exten => 100,n,Hangup

;calls to ext 200
exten => 200,1,Dial(SIP/200,20)
exten => 200,n,Hangup

;calls to ext 300
exten => 300,1,Dial(SIP/300,20)
exten => 300,n,hangup

```

7.4 Konfigurasi Routing Protokol OLSR

----- OLSR Configuration -----

```

config olserd
option IpVersion '4'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_arprefresh.so.0.1'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_dyn_gw.so.0.5'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_httpinfo.so.0.1'
option port '1978'
list Net '0.0.0.0 0.0.0.0'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_nameservice.so.0.3'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_txtinfo.so.0.1'
option accept '0.0.0.0'

config Interface
option ignore '0'

```

```
option interface 'mywifi'
option Mode 'mesh'

config InterfaceDefaults

config LoadPlugin
option library 'olsrd_bmf.so.1.7.0'
option ignore '1'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_dot_draw.so.0.3'
option ignore '1'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_dyn_gw_plain.so.0.4'
option ignore '1'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_jsoninfo.so.0.0'
option ignore '1'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_pgraph.so.1.1'
option ignore '1'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_mdns.so.1.0.0'
option ignore '1'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_p2pd.so.0.1.0'
option ignore '1'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_quagga.so.0.2.2'
option ignore '1'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_secure.so.0.6'
option ignore '1'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_tas.so.0.1'
option ignore '1'

config LoadPlugin
option library 'olsrd_watchdog.so.0.1'
option ignore '1'

config Hna4
option netaddr '192.168.34.0'
option netmask '255.255.255.0'
```

8 RIWAYAT HIDUP



Asriadi, lahir di Bontoramba Kabupaten Gowa 12 Oktober 1990, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara pasangan Nojeng dg. Lewa dan Darmawati dg Ngona. Memulai pendidikan formalnya di SD Inpres Takalar Kota (1996-2002), kemudian meneruskan pendidikan di SMPN 2 Takalar (2002-2005) kemudian lulus tahun 2008 dari SMAN 1 Takalar (2005-2008). Setelah itu, penulis diterima di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar. Setelah mendapatkan gelar sarjana, penulis mengambil program magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan jurusan Teknik Elektro bidang keahlian Telekomunikasi Multimedia. Penulis bisa dihubungi melalui email riyadi08@gmail.com