

IMPLEMENTASI DAN ANALISA QUALITY OF SERVICE WIRELESS VOIP BERBASIS SIP PADA MOBILE ADHOC NETWORK BERBASIS OPENWRT

Mohamad Hariyadi¹⁾, Nur Abidin²⁾

¹⁾Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik Qomaruddin Gresik
Jl.Raya Bungah No.01 Bungah Gresik 61152

²⁾Teknik Informatika Sekolah Tinggi Teknik Qomaruddin Gresik
Jl.Raya Bungah No.01 Bungah Gresik 61152
e-mail: hariyadi.mohamad@gmail.com¹⁾, abiyed@gmail.com²⁾

ABSTRAK

Teknologi VOIP telah berkembang dengan pesat akan tetapi penerapan telekomunikasi di Indonesia masih belum menyeluruh dikarenakan belum meratanya layanan infrastruktur jaringan yang di sediakan oleh pihak pemerintah maupun swasta di karenakan biaya pembangunannya yang sangat besar dan tidak sebanding dengan keuntungan yang di dapat jika di terapkan pada daerah pedalaman. Penggunaan router sebagai pengganti BTS (Base Tranceiver Station) dengan menggunakan firmware OpenWRT di harapkan bisa mengatasi besarnya biaya yang di keluarkan dalam membangun sebuah infrastruktur jaringan pada daerah pedalaman. Implementasi Mobile Adhoc Network (MANET) dengan menggunakan protocol BATMAN ADV Juga di lakukan karena pada teknologi ini terdiri dari kumpulan beberapa node dengan komunikasi nirkabel yang dapat saling berkomunikasi tanpa harus ada node yang bertindak sebagai sentral dengan demikian penerapan topologi jaringan bisa di set secara dinamis. Dari pengujian yang sudah dilakukan bahwa implementasi VOIP berbasis Session Initial Protocol (SIP) dan Mobile Adhoc Network telah berjalan dengan baik dengan di tandai berhasilnya komunikasi yang di lakukan pada saat uji coba dan node juga bisa terhubung sendiri pada saat masuk area jangkauan jaringan tanpa harus di set ulang, maksimal pengguna yang bisa di layani sebanyak 24 pengguna, jarak maksimal jangkauan pernode adalah 52 meter dan hasil pengujian dengan skenario node bergerak pada kondisi line of sight di peroleh maksimal delay 21 ms dan maksimal packet loss adalah 0,5 % dengan nilai MOS rata-rata 4.4 yang memiliki kualitas baik sesuai dengan standar ITU Telecommunication.

Kata Kunci: BATMAN ADV,MANET,OpenWRT, VOIP.

ABSTRACT

VOIP technology has been growing rapidly but the application of telecommunications in Indonesia is still not comprehensive because there has not been a prevalence of network infrastructure services provided by the government or the private sector because the construction costs are very large and not comparable with the benefits that can be applied to rural areas . The use of routers as a substitute for BTS (Base Tranceiver Station) using the OpenWRT firmware is expected to be able to overcome the large amount of costs incurred in building a network infrastructure in rural areas. The implementation of Mobile Adhoc Network (MANET) using the BATMAN ADV protocol is also done because in this technology it consists of a collection of several nodes with wireless communication that can communicate with each other without having to act as a central node so that the application of network topologies can be dynamically set. From the tests that have been carried out that the implementation of VOIP based Session Initial Protocol (SIP) and Mobile Adhoc Network has been running well with the success of communication marked during the trial and the node can also be connected itself when entering the network coverage area without having to reset set, the maximum user that can be served as many as 24 users, the maximum distance pernode range is 52 meters and the test results with the moving node scenario on the line of sight condition obtained maximum delay of 21 ms and maximum packet loss is 0.5% with MOS value an average of 4.4 which has good quality in accordance with ITU Telecommunication standards.

Keywords: BATMAN ADV,MANET,OpenWRT, VOIP.

I. PENDAHULUAN

PENGGUNAAN teknologi komunikasi tentu saja belum seluruhnya di nikmati oleh banyak orang di Indonesia khususnya pada daerah pedalaman. Melihat kenyataan bahwa masih banyak wilayah pedalaman maupun wilayah perbatasan yang belum tersentuh oleh infrastruktur komunikasi yang di sediakan oleh pihak pemerintah maupun oleh pihak jasa layanan komunikasi swasta yang berdampak pada sulitnya penduduk desa untuk berkembang di era ekonomi digital saat ini. Masih besar prosentase untuk desa yang belum terjangkau layanan komunikasi yaitu sekitar 22% daerah yang belum terjangkau layanan komunikasi atau sekitar 9000 desa dari seluruh desa di Indonesia [1]. Wilayah pedalaman juga belum memiliki ketersediaan energi listrik yang besar untuk mendukung seluruh infrastruktur dan perangkat telekomunikasi yang akan di bangun pada daerah pedalaman.

VOIP adalah suatu sistem yang menggunakan jaringan internet untuk mengirimkan data paket suara dari suatu tempat ke tempat lainnya menggunakan perantara *internet protocol* (IP) [2]. Pengaplikasian VOIP pada awalnya melalui kabel dan internet namun dengan menggunakan Wireless VOIP dapat membuat desain atau model komunikasi nirkabel dengan cara *offline* sehingga bisa diaplikasikan pada banyak hal. Untuk pengaplikasiannya bisa menggunakan perangkat router dengan menggunakan *firmware* OpenWRT karena *firmware* ini memiliki modul-modul yang bisa dimanfaatkan untuk menjalankan layanan *wireless VOIP*.

Routing protokol adalah sebuah proses untuk meneruskan paket-paket jaringan dari satu jaringan ke jaringan lainnya atau aturan yang menentukan *router* berkomunikasi antara *node* satu dengan yang lainnya dalam pengiriman paket data, yang memungkinkan untuk memilih rute pada jaringan [3]. Protokol *Better approach to mobile adhoc network* atau BATMAN ADV merupakan protokol proaktif dimana masing-masing *node* memiliki *routing table* yang lengkap artinya masing-masing *node* akan mengetahui *node* lain pada jaringan yang sama. Setiap *node* melakukan *update table routing* yang dimilikinya secara periodik sehingga perubahan topologi jaringan dapat diketahui setiap interval waktu tersebut [4].

Perkembangan teknologi nirkabel juga telah membuka peluang munculnya teknologi jaringan *mobile ad hoc* (MANET) menjadi bagian dari jaringan generasi berikutnya dengan memberikan fleksibilitas pada level pengiriman dan penerima, biaya peralatan yang rendah, dan biaya pemeliharaan yang murah [5]. Pada jaringan MANET atau *mobile Ad hoc* terdiri dari beberapa *node* dinamis yang bisa berkomunikasi dengan *node* lain melalui *link* nirkabel walaupun tanpa dukungan infrastruktur jaringan yang tetap.

Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan solusi agar layanan komunikasi dapat diakses pada wilayah pedalaman oleh sebab itu melakukan implementasi dan pengukuran *quality of Service (QoS) Wireless VOIP* berbasis SIP pada *mobile Adhoc Network* (MANET) berbasis openWRT merupakan teknologi yang ideal jika di terapkan pada situasi dimana belum tersedianya infrastruktur komunikasi karena dengan menggunakan *routing* tersebut maka hanya perlu menggunakan *node-nodenya* untuk mengirimkan data ke tempat yang diinginkan. Keunggulan lainya dari implementasi aplikasi VOIP dan *routing* protokol ini adalah rendahnya biaya dalam pengembangannya dan implementasi pada waktu dan tempat yang berbeda.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengimplementasikan sebuah *wireless VOIP* yang mampu di gunakan dan bisa di akses secara mandiri dengan menggunakan BATMAN ADV serta mengetahui kualitas layanan dari *wireless VOIP* yang dibangun dengan melakukan analisis terhadap jangkauan area yang di bisa di layani oleh tiap *node*, Pengaruh kualitas terhadap penambahan jumlah pengguna, Pengaruh kualitas terhadap penambahan jumlah *node* dan melakukan uji coba dengan skenario *node* bergerak pada kondisi *line of sight* (LOS).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada tahapan ini dilakukan studi literatur untuk mempelajari teori sebagai pendukung dalam penelitian melalui studi pustaka yang berkaitan dengan topik penelitian *wireless VOIP* maupun analisa *quality of service* yang berupa artikel ilmiah.

A. Mobile Adhoc Network

Mobile Ad Hoc Network (MANET) adalah jaringan yang terdiri dari beberapa *wireless node* yang dapat di *set-up* secara dinamis dimana saja dan kapan saja tanpa menggunakan infrastruktur jaringan yang ada MANET juga merupakan jaringan yang dibentuk oleh beberapa *node* tanpa adanya *node* yang bertindak sebagai sentral, terdapat beberapa karakteristik dari MANET dijelaskan bahwa MANET terdiri dari *mobile Platform* (Seperti *router* dan perangkat *wireless*) atau biasa di sebut juga dengan "*Node*" yang bebas berpindah-pindah sehingga MANET sangat cocok diterapkan dimana tidak tersedianya infra struktur komunikasi pada kondisi di daerah yang belum memiliki infrastruktur tetap, daerah terpencil, dan daerah pasca bencana, MANET juga bisa diaplikasikan di pesawat, kapal, mobil dan alat transportasi lainnya sehingga membuat MANET mudah untuk diterapkan di mana saja [6].

B. Session Initiation Protocol

Session initiation Protokol (SIP) adalah proses pembentukan dan pemutusan suatu sesi komunikasi *signaling* protokol dan di kembangkan oleh *Internet Engineering Task Force* [7] pada protokol SIP

terdapat beberapa protokol salah satunya adalah *Real Time Protokol* (RTP) yang berfungsi untuk metransmisikan media serta dapat mengetahui kualitas layanan

metode yang paling efisien untuk meningkatkan kinerja pensinyalan SIP melalui MANET adalah untuk mengkualifikasi perilaku pensinyalan SIP agar sesuai dengan sifat mekanik sistem MANET [8].

C. OpenWRT

OpenWRT adalah *firmware Open source wireless Router* atau OpenWRT yang merupakan Salah satu dari banyak distro linux yang di desain secara khusus untuk perangkat *embedded* [9], sehingga memiliki keunggulan-keunggulan yang ditawarkan linux. OpenWRT juga memungkinkan untuk dimodifikasi secara leluasa dibanding *firmware* bawaan. Keuntungan yang didapatkan antara lain, konfigurasi *port* secara leluasa, jangkauan transmisi bisa lebih luas, bisa difungsikan sebagai *server* dll.

D. VOIP Server

VOIP Server adalah bagian utama dalam jaringan VOIP yang dibutuhkan untuk dapat menghubungkan banyak titik komunikasi *server*. Perangkat ini dapat digunakan untuk mendefinisikan jalur dan aturan antar terminal. Selain itu VOIP server juga bisa menyediakan layanan-layanan yang biasa ada di perangkat PBX (*Private Branch Exchange*), *voice mail*, *Interactive Voice Response (IVR)*, dan lain-lain. Beberapa jenis *SoftSwitch* juga menyediakan fasilitas tambahan untuk dapat berkomunikasi dengan *SoftSwitch* lain di internet. Dalam penelitian ini akan digunakan Asterisk sebagai aplikasi *server* VOIPnya karena modul tersebut dapat di unduh secara gratis dan *open source* di internet [10]. VOIP banyak di gunakan tidak hanya berdasarkan pada biaya tetapi juga kemampuannya dalam memindahkan data, gambar, video maupun komunikasi suara [11].

Asterisk adalah *software* implementasi dari telepon *private branch exchange (PBX)* yang memungkinkan untuk melakukan panggilan ke satu sama lain, dan untuk terhubung ke layanan telepon lainnya, seperti layanan *public switched telephone network (PSTN)* dan *Voice Over Internet Protocol (VOIP)*

Asterisk telah menetapkan fungsi dalam industri VOIP dan telah menunjukkan fleksibilitas luar biasa untuk digunakan sebagai aplikasi dasar dalam pembuatan layanan baru untuk Jaringan VOIP [12].

E. CODEC

Codec adalah kependekan dari *coder decoder* yang berfungsi mengubah *signal* audio ke bentuk data digital untuk ditransmisikan kemudian dikembalikan lagi ke bentuk *signal audio* seperti data yang dikirim. Codec berfungsi untuk penghematan *bandwidth* di jaringan. Standart Telekomunikasi Internasional (ITU-

T) telah mengembangkan teknik *en-coding* yang berbeda, yang diklasifikasikan sebagai *coders* bentuk gelombang (misalnya-G.711, G.726, dll) [13].

Agar dapat melewati jalur *Packet Switch* dengan baik, VOIP membutuhkan proses *coder* dan *decoder*. Proses ini mengkonversi sinyal audio menjadi data digital yang dipadatkan (kompresi) untuk kemudian dikirim lewat jalur internet. Di titik lain, data dikembangkan lagi (dekompresi), dan diubah menjadi sinyal analog. Codec juga bekerja menggunakan algoritma tertentu untuk membantunya memecah, mengurutkan, mengkompresi, dan merakit ulang audio data yang ditransmisikan [14] Jenis Codec yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Codec G711 Merupakan codec standar dari VOIP untuk kompresi audio yang ditetapkan oleh ITU-T G114. mempunyai kinerja yang sangat baik.

F. Softphone

Softphone adalah *software* yang bekerja dalam layer aplikasi digunakan untuk menghubungkan perangkat *smartphone* maupun PC dengan VOIP Server, *softphone* memiliki jenis yang beragam mulai yang berbayar sampai yang gratis. Dalam penelitian ini *softphone* yang digunakan adalah *xlite* untuk di *install* pada PC atau laptop dan *zoiper* yang di *install* pada *smartphone*. *Zoiper* merupakan salah satu *softphone* VOIP yang memungkinkan penggunaanya bisa melakukan panggilan suara, video maupun *chatting*.

G. Quality of Service (QoS)

Kinerja jaringan diukur dengan parameter *quality of service (QOS)* ada beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengukur kinerja jaringan antara lain:

a. Throughput

Throughput adalah kecepatan data aktual persatuan waktu bisa disebut sebagai *bandwidth* dalam kondisi yang sebenarnya. *Bandwith* lebih bersifat tetap, sementara *trhougput* sifatnya dinamis tergantung trafik yang sedang terjadi. *Througput* mempunyai satuan Bps (*Bits per second*).

b. Delay

Delay adalah jeda waktu antara paket pertama dikirim dengan paket tersebut diterima, dimana untuk kualitas *delay* dikatakan baik apabila waktu tundanya hanya sekitar 0-150 ms. Berikut parameter *delay* berdasarkan ITU-T G 144[15] dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL 1
PARAMETER DELAY BERDASARKAN ITU-T G.144

Nilai Delay	Kualitas
0-150 ms	Baik
150-400 ms	Cukup, masih dapat diterima

>400 ms	Buruk, tidak dapat diterima
-------------------	-----------------------------

c. *Packet Loss*

Packet Loss adalah banyaknya jumlah paket yang hilang selama proses pengiriman paket dari *node* asal ke *node* tujuan dan di ukur dalam *packet loss ratio* pengukuran *packet loss* ini digunakan sebagai bahan analisa jaringan pada komunikasi data secara *realtime*. Berikut parameter *Packet Loss* berdasarkan ITU-T G 114 [15] dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL 2
PARAMETER PACKET LOSS BERDASARKAN ITU-T G.144

Packet Loss	Kualitas
0-0,5 %	Sangat baik
0,5-1,5 %	Baik
>1,5 %	Buruk

d. MOS

Mean Opinion Score atau 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 [16] karena berdasarkan pendapat dari perseorangan yang mengikuti serangkaian *test* berupa *conversation opinion test* dan *listening test*. Penilaian dengan metode ini direpresentasikan dari angka 1-5 mulai dari kualitas buruk sampai bagus sekali seperti di tunjukkan pada tabel 3.

TABEL 3
PARAMETER NILAI MOS BERDASARKAN ITU-T P.800

Nilai MOS	Opini
5	Sangat Baik
4	Baik
3	Cukup Baik
2	Tidak Baik
1	Buruk

Namun metode tersebut 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-T membuat sebuah pendekatan matematis yang disebut E-Model ITU-T G.107 [17]. Sebagai penetapan nilai MOSnya.

Dimana dengan metode ini digunakan pendekatan secara matematis. Parameter-parameter yang digunakan adalah faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kualitas suara dalam jaringan VOIP diantaranya adalah *delay* dan *packet loss*. Nilai akhir estimasi E-Model ini disebut dengan R faktor. R faktor didefinisikan sebagai faktor kualitas transmisi yang dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti *signal to noise ratio*, *codec* dan *decoder*, *packet loss*, dan *delay*. R faktor didefinisikan sebagai berikut :

$$R = 94.2 - I_d - I_f$$

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

Untuk mencari nilai I_d ditentukan oleh persamaan berikut :

$$I_d = 0.11(d - 177.33) H(d - 177.3) - 0.024d$$

Sedangkan untuk mencari nilai I_f ditentukan oleh persamaan dibawah ini :

$$I_f = 30 \ln(1+15e)$$

Maka secara umum persamaan estimasi faktor R menjadi :

$$R = 94.2 - 0.11 * (d - 177.3) * H(d - 177.3) - 0.024 * d - 30 * \ln(1 + 15 * e)$$

Keterangan :

R : faktor kualitas transmisi

d : *delay* (mili second)

H : fungsi heavyside dengan ketentuan :

$$H(x) = 0, \text{ jika } x < 0 \text{ dan } H(x) = 1, \text{ jika } x = 0$$

e : presentasi besarnya *packet loss* yang terjadi (dalam bentuk desimal)

Fungsi *heavy side* ini ditentukan dengan menggunakan rumusan :

$$H(x) = \frac{1}{2} (1 + \text{sign}(x))$$

Untuk mengubah estimasi dari nilai R faktor kedalam MOS (ITU-T P.800) terdapat ketentuan sebagai berikut :

1. untuk $R < 0$ maka MOS = 1 kondisi ini menerangkan apabila *delay* total yang dihasilkan sangat besar dan hal tersebut membuat buruk pada kualitas VOIP dan tidak diperkenankan untuk di aplikasikan bahkan mulai dari $R < 50$.
2. Untuk $R > 100$ maka MOS = 4.5 persamaan ini untuk menerangkan kualitas yang paling bagus dari VOIP itu sendiri karena prinsipnya nilai R maksimum hanya 94.2.
3. Dan untuk $0 < R < 100$ maka MOS = $1 + 0.035R + 7 \times 10^{-6} R(R - \text{MIN}_R)$

e. *Wireshark*

Wireshark adalah aplikasi yang digunakan dalam mengamati dan *capture* paket data jaringan. *Wireshark* dapat digunakan untuk menganalisa *traffick* data secara *real time* dan kemudian menangkap data dan menampilkannya selengkap mungkin. *Wireshark* memerlukan *interface* untuk berkomunikasi dengan jaringan yang akan di amati untuk menangkap atau memata-matai paket data yang keluar masuk pada *interface* perangkat jaringan tersebut.

III. METODE PENELITIAN

Dalam memecahkan masalah penelitian ini, serangkaian metode berupa tahapan yang dilakukan selama penelitian adalah sebagai berikut;

1. Melakukan instalasi *firmware* OpenWRT

Pada tahapan ini akan dilakukan pemasangan *firmware* OpenWRT ke dalam *device router MR-3020* yang disiapkan untuk aplikasi VOIP.

2. Penambahan Kapasitas penyimpanan

Pada tahapan ini akan dilakukan penambahan kapasitas media penyimpanan atau *Exroot* yang akan di konfigurasi pada *router* untuk menambahkan internal *storage* pada *router* yang sudah terinstall OpenWRT dengan memanfaatkan *port* USB yang ada pada sebuah *router*.

3. Instalasi dan Konfigurasi BATMAN ADV

Pada tahapan ini akan dilakukan instalasi dan konfigurasi BATMAN ADV *routing protokol* yang digunakan sebagai protokol utama untuk menghubungkan dan mengatur semua *node*.

4. Instalasi dan Konfigurasi VOIP Sistem

Pada tahapan ini akan dilakukan konfigurasi VOIP *Server* dengan menggunakan asterisk yang di gunakan sebagai SIP *server*.

5. Instalasi dan Konfigurasi Softphone

Pada tahapan ini akan di lakukan konfigurasi terhadap *Softphone* dengan cara melakukan registrasi agar *softphone* bisa terkoneksi dengan VOIP *Server*

6. Pengujian Skenario 1

Setelah sistem selesai di bangun tahap selanjutnya adalah dengan melakukan pengujian terhadap maksimal pengguna yang dapat di layani oleh 1 *node* dengan cara berkomunikasi selama ± 2 menit dan di lanjutkan oleh pengguna berikutnya sampai *node* tidak mampu lagi memberikan layanan komunikasi.

7. Pengujian Skenario 2

pada skenario 2 adalah melakukan uji coba terhadap maksimal area jangkauan jaringan yang dapat di layani oleh satu *node*.

8. Pengujian Skenario 3

Pengujian pada skenario 3 adalah melakukan pengujian dengan cara berkomunikasi dengan menggunakan 1 *node* selama ± 2 menit dan di lanjutkan lagi dengan penambahan *node* sampai dengan *node* ke 10 hal tersebut di lakukan untuk melihat apakah kualitas layanan yang di berikan berpengaruh terhadap penambahan jumlah *node*.

9. Pengujian Skenario 4

Pengujian pada skenario 4 adalah melakukan pengujian terhadap 8 *node* yang bergerak dan sudah di lakukan komunikasi antar *client* dan di susul 2 *node* lagi yang masuk untuk memperluas *coverage area* jangkauan jaringan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah setiap

node bisa mengenali *node* lainnya tanpa harus di lakukan *set ulang*.

10. Pengujian Skenario 5

Pengujian pada skenario 5 adalah melakukan pengujian terhadap 10 *node* yang bergerak dan sudah di lakukan komunikasi antar *client* dan di susul 2 *node* yang keluar dari area jangkauan jaringan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah setiap *node* bisa mengenali *node* lainnya tanpa harus di lakukan *set ulang*.

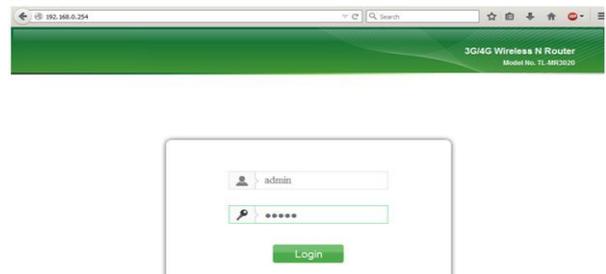
11. Analisa dan Penarikan Kesimpulan

Pada tahapan ini melakukan analisis data dari hasil pengukuran yang sudah diperoleh dan melakukan penarikan kesimpulan dari seluruh penelitian yang dilakukan.

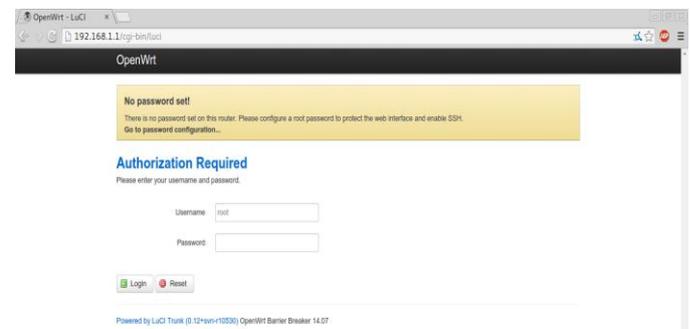
IV. PERANCANGAN

A. Instalasi Firmware OpenWRT

Pada tahapan ini akan dilakukan pemasangan *firmware* OpenWRT ke dalam *device router MR-3020* yang semula menggunakan *firmware* dari *tplink*, instalasi di lakukan dengan mengunggah file OpenWRT ke dalam menu *firmware* atau bisa juga menggunakan aplikasi toolkit Tftpd32 untuk tampilan awal *router* mr 3020 seperti di tunjukkan pada gambar 1 dan apabila *flashing firmware* berhasil maka Tampilannya akan berubah seperti di tunjukkan pada gambar 2 dan *router* tersebut sudah siap untuk di install modul asterisk untuk di gunakan sebagai VOIP *Server*.



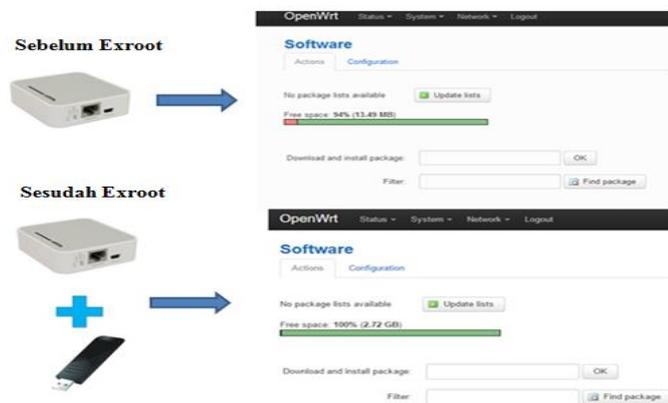
Gambar. 1. Tampilan awal firmware MR3020



Gambar. 2. Tampilan awal OpenWRT

B. Penambahan Kapasitas Penyimpanan

Setelah berhasil melakukan *upgrade firmware OpenWRT* langkah selanjutnya adalah melakukan penambahan kapasitas penyimpanan internal dari perangkat atau dikenal dengan istilah *exroot* karena keterbatasan media penyimpanan yang dimiliki oleh *router MR-3020* sehingga perlu ditambahkan media penyimpanan untuk memenuhi kebutuhan instalasi *BATMAN-ADV* sebagai routingsnya dan *VOIP server* dengan tambahan flashdisk sebesar 4 gigabyte dengan partisi 3 gigabyte menggunakan *file system ext 4* dan 1 gigabyte menggunakan *file system linux swap*. berikut tampilan kapasitas penyimanan sebelum dan sesudah *exroot* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar. 3. Tampilan Kapasitas Penyimpanan Sebelum dan Sesudah Exroot

C. Instalasi dan Konfigurasi BATMAN ADV

Setelah proses instalasi *OpenWRT* dan *exroot* selesai langkah berikutnya adalah melakukan instalasi *BATMAN-ADV* pada *node 1, node 2, node 3, node 4, node 5, node 6, node 7, node 8, node 9* dan *node 10*. Selanjutnya lakukan instalasi modul *BATMAN ADV* dan lakukan konfigurasi pada masing-masing *node* seperti di tunjukkan pada gambar 4. Dan gambar 5.

```

config wifi-device 'radio0'
    option type 'mac80211'
    option hwmode '11g'
    option path 'platform/ar933x_wmac'
    option htmode 'HT20'
    option txpower '30'
    option country 'US'
    option channel '11'
    config wifi-iface
        option device 'radio0'
        option network 'lan'
        option mode 'ap'
        option ssid 'Node1'
        option encryption 'none'

config wifi-iface 'wmesh'
    option device 'radio0'
    option ifname 'adhoc0'
    option network 'mesh'
    option mode 'adhoc'
    option ssid 'mesh'
    option bssid '02:CA:FE:CA:CA:40'
    
```

Gambar. 4. Wireless Configuration pada node

```

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

config globals 'globals'
    option ula_prefix 'fdbf:4be8:e06a::/48'

config interface 'lan'
    option ifname 'eth0 bat0'
    option type 'bridge'
    option proto 'static'
    option netmask '255.255.255.0'
    option ipaddr '192.168.137.254'
    option gateway '192.168.137.1'
    option dns '8.8.8.8 8.8.4.4'

#Add this network
config interface 'mesh'
    option ifname 'adhoc0'
    option mtu '1528'
    option proto 'batadv'
    option mesh 'bat0'
    
```

Gambar. 5. Network Configuration pada node

D. Instalasi dan Konfigurasi VOIP Sistem

Setelah proses instalasi dan konfigurasi *BATMAN ADV* selesai langkah berikutnya adalah melakukan instalasi *server VOIP* dengan cara melakukan konfigurasi pada *sip.conf* dan *extensions.conf* seperti di tunjukkan pada gambar 6. Dan gambar 7. Konfigurasi ini bertujuan untuk membuat akun pada *VOIP server* yang nantinya akan di gunakan sebagai *register* oleh *softphone*.

```

----- SIP Configuration -----
[11]
type=friend
context=my-phones
username=11
secret=11
host=dynamic
    
```

Gambar. 6. SIP Configuration

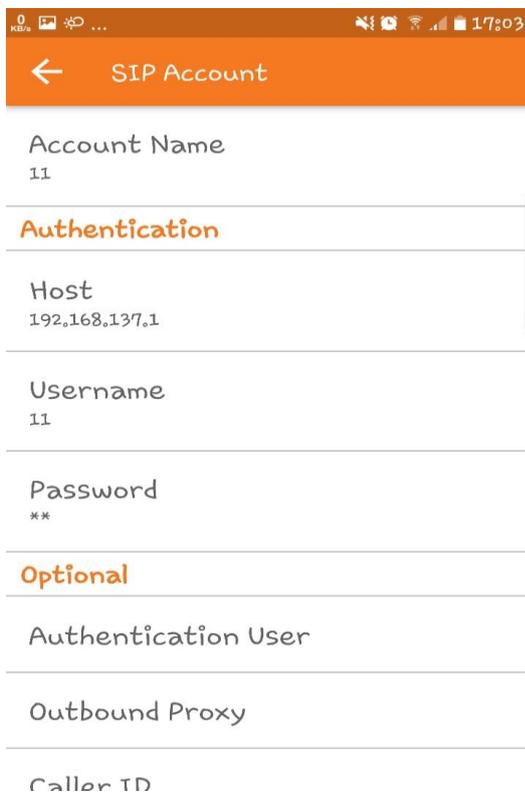
```

----- Extensions Configuration -----
[my-phones]
exten => 11, 1, Dial(SIP/11)
    
```

Gambar. 7. Extensions Configuration

E. Installasi dan Konfigurasi Softphone

Pada tahapan selanjutnya adalah melakukan installasi *softphone Zoiper* sebagai *interface* pada *layer* aplikasi untuk di gunakan sebagai *interface* berkomunikasi dengan *VOIP Server* tampilan registrasi pada zoiper agar bisa mendapatkan layanan *VOIP Server* dapat dilihat pada gambar 8. Dan *prototype* hasil implementasi pada saat melakukan panggilan dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar. 8. Tampilan register SIP Account pada softphone Zoiper



Gambar. 9. Prototype Voip Server pada saat melakukan panggilan

Berikut adalah parameter perangkat yang di gunakan pada saat pengujian dapat di tunjukkan pada tabel 4.

TABEL 4
PARAMETER PENGUJIAN

Parameter Pengujian	
Parameter	Deskripsi
Codec	G 771
Signaling	SIP
Transport	UDP Over RTP
Softswitch	Asterisk 18
Routing	BATMAN ADV
SofPhone	Zoiper and X lite
Network	Whireshark and Wifi Analyzer
Monitoring	
Device	TL MR-3020 V1, V3
Source	Solar Powerbank

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini disajikan hasil pengujian dari implementasi *wireless VOIP* dan *Mobile Adhoc Netwok*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan perangkat untuk menghubungkan pengguna dalam jaringan yang dapat berkomunikasi satu sama lain tanpa penyedia layanan *provider*.

A. Skenario 1 Pengujian Maksimal Pengguna Pernode

Pada pengujian skenario 1 dilakukan pengujian terhadap performa *VOIP Server* dengan cara melakukan pengujian terhadap *node* untuk mengetahui jumlah maksimal *client* yang dapat terkoneksi pada perangkat yang telah dibuat. Pengujian di lakukan dengan jumlah partisipan sebanyak 38 orang dengan cara melakukan komunikasi satu pasang *client* terlebih dahulu dengan selang waktu ± 2 menit dilanjutkan oleh pasangan berikutnya sampai *client* tidak bisa lagi

terkoneksi dengan VOIP Server.

Dari hasil pengujian terhadap jumlah *client* yang bisa melakukan panggilan suara tanpa terputus diperoleh 12

pasang pengguna yang bisa melakukan panggilan dan berkomunikasi tanpa terputus dengan rincian yang dapat dilihat pada tabel 5.

TABEL 5
HASIL PENGUKURAN MAKSIMAL PENGGUNA PERNODE

Urutan pasangan Client	Durasi Panggilan (m)	Status koneksi	Througput (Kbps)	Delay (ms)	Packet Loss %	Nilai MOS
1	1,17	Terhubung	33749,66	3,440350	0	4,4
2	2,18	Terhubung	33739,22	3,585358	0	4,4
3	4,03	Terhubung	32729,77	3,822773	0	4,4
4	5,54	Terhubung	31866,54	3,843944	0	4,4
5	8,15	Terhubung	32108,11	3,931905	0	4,4
6	9,41	Terhubung	32374,39	3,831783	0	4,4
7	11,19	Terhubung	32490,18	3,939760	0	4,4
8	13,45	Terhubung	32625,09	3,538136	0	4,4
9	15,22	Terhubung	33674,36	3,470770	0	4,4
10	17,07	Terhubung	31581,22	7,371195	1,3	2,4
11	21,37	Terhubung	30841,97	10,28352	7,7	1,0
12	23,54	Terhubung	29809,37	11,22670	15	1,0

B. Skenario 2 Pengujian Maksimal Area Jangkauan Jaringan Pernode

Pengujian pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa kali pengujian untuk mendapatkan luas cakupan area maksimal dengan kualitas layanan panggilan pada kondisi *line of sight* dengan melakukan komunikasi satu pasang pengguna dengan mempertimbangkan kualitas panggilan dan parameter *level signal* yang diterima oleh perangkat *client*.

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal perlu

dilakukan pengujian dengan skenario pengukuran *horizontal* dan *vertical* pada kondisi *line of sight* dengan langkah-langkah pengujian melakukan komunikasi satu pasang *client* yang berkomunikasi secara terus-menerus dengan melakukan gerakan menjauh dari *node server* sampai pada jarak dimana pengguna sudah tidak mendapatkan layanan dengan mempertimbangkan *signal* yang didapat dan *Quality Of Service* yang diperoleh berikut hasil dapat dilihat pada Tabel 6.

TABEL 6
HASIL PENGUKURAN MAKSIMAL AREA JANGKAUAN JARINGAN PERNODE

Distance (m)	Measurement Condition	Signal	Throughput (bps)	Packet Loss
52	Horizontal LOS	-76 dBm	466709	0 %
25	Vertical LOS	-78 dBm	162099	0 %

Dari hasil pengukuran pada tabel 6 dapat dilakukan analisa data bahwa pada satu *node prototype* aplikasi VOIP memiliki jarak maksimal pada kondisi horizontal LOS berjarak 52 meter sedangkan untuk pengukuran pada kondisi vertical LOS berjarak 25 meter merupakan kemampuan jarak maksimal layanan

yang bisa diberikan oleh *prototype* yang dibuat dengan memiliki kualitas layanan yang baik dapat dibuktikan masih terhubungnya layanan panggilan pada jarak tersebut dan hampir tidak ada paket yang dikirim hilang dengan memenuhi standar berdasarkan ITU-T G.144. Nilai *packet loss* yang sudah di uji masih di

bawah 1,5% berarti pada uji coba tersebut memiliki kategori kualitas baik.

C. Skenario 3 Pengujian Pengaruh Penambahan Jumlah Node

Pada tahapan ini dilakukan pengujian untuk

mengetahui kemampuan *node* dalam menyediakan layanan VOIP untuk melihat pengaruh penambahan jumlah *node* terhadap kualitas layanan yang di berikan seperti skenario 3 dan hasil pengukuran atau pengujiannya dapat di lihat pada tabel 7.

TABEL 7
HASIL PENGUKURAN PENGARUH TERHADAP PENAMBAHAN JUMLAH NODE

Jumlah Node	Codec/ Payload	Throughput (bps)		Delay (ms)		Packet Loss %	Nilai MOS
		Server	Client	Server	Client		
1	G711U	175000	82000	3,82144	13	0%	4.4
2	G711U	174000	83000	8,74562	10	0.2 %	4.0
3	G711U	174000	83000	13,3507	27	0,9 %	2.5
4	G711U	174000	83000	19,5008	16	1,4 %	2.0
5	G711U	171000	81000	3,11536	26	0%	4.4
6	G711U	171000	45000	3,45508	12	0%	4.4
7	G711U	172000	83000	2,18581	12	0%	4.4
8	G711U	173000	83000	3,45698	13	0%	4.4
9	G711U	173000	83000	3,54330	12	0%	4.4
10	G711U	174000	83000	6,86820	17	0,4 %	3.4

Dari seluruh pengujian penambahan jumlah *node* ke 1 sampai dengan ke 10 rata-rata memiliki nilai mos 4.4 yang berarti memiliki kualitas suara yang baik. Hal tersebut bisa terjadi karena tidak ada paket yang hilang atau hanya sedikit paket yang hilang pada saat ujicoba. Berbeda dengan uji coba menggunakan 3 dan 4 *node* yang memiliki nilai MOS yang rendah yaitu 2,5 dan 2,0 yang memiliki kualitas tidak baik hal tersebut disebabkan karena tingginya *packet loss* yang hilang. Suara yang dihasilkan pada penggunaan 3 dan 4 *node* terbilang tidak baik karena masih ada suara yang tidak terdengar dari sisi *client* yang lainnya.

D. Skenario 4 Pengujian pada Node Bergerak masuk kedalam area jangkauan Pada Kondisi LOS

Pengujian selanjutnya adalah pengujian terhadap

node yang bergerak dengan skenario *node* masuk kedalam area jangkauan jaringan pada kondisi LOS. pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *node* yang sudah dikonfigurasi sudah benar-benar bisa dikatakan memiliki konfigurasi jaringan *mobile adhoc network* (MANET) selain itu pengujian juga dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja kualitas jaringan dan panggilan mengingat salah satu keuntungan dari penggunaan teknologi MANET adalah sifatnya yang memiliki kemampuan *mobile* sehingga bisa di aplikasikan tanpa harus memiliki infrastruktur jaringan yang tetap berikut hasil pengukuran pengujian terhadap *node* bergerak dapat dilihat pada tabel 8.

TABEL 8
HASIL PENGUKURAN PADA NODE BERGERAK MASUK KE DALAM AREA JANGKAUAN PADA KONDISI LOS

Jumlah Node	Codec/ Payload	Throughput (bps)		Delay (ms)		Packet Loss %	Nilai MOS
		Server	Client	Server	Client		
8	G711U	24255,8	146000	5,486537	23	0	4.4
9	G711U	11891,2	86000	21,55265	25	0,5	3.2
10	G711U	18966,3	127000	15,27680	25	0,3	3.7

Dari seluruh pengujian pada kondisi LOS dengan menggunakan 10,9 dan 8 *node* memiliki nilai MOS tertinggi 4,4 dan terendah 3.2 dengan kata lain nilai MOS yang di dapatkan memiliki kualitas layanan komunikasi suara yang tergolong baik dengan menggunakan pendekatan matematis menggunakan E-model berdasarkan standar ITU-T G107 yang juga dirujuk dengan standar ITU-T P800.

E. Skenario 5 Pengujian pada Node Bergerak keluar dari area jangkauan Pada Kondisi LOS

Pengujian dilakukan dengan cara melakukan panggilan satu pasang *client* dengan menggunakan 10 *node* dan nanti berkurang menjadi 9 *node* dan 8 *node* atau *node* keluar dari area jangkauan, *node* yang lainnya mendekat dengan kecepatan pergerakan *node* seperti orang berjalan. Hasil dari pengujian yang di peroleh dapat dilihat pada tabel 9.

TABEL 9
HASIL PENGUKURAN PADA NODE BERGERAK KELUAR DARI AREA JANGKAUAN PADA KONDISI LOS

Jumlah Node	Codec/ Payload	Throughput (bps)		Delay (ms)		Packet Loss %	Nilai MOS
		Server	Client	Server	Client		
8	G711U	161000	81000	3,78807	10	0 %	4.4
9	G711U	177000	78000	4,95377	12	0%	4.4
10	G711U	173000	80000	5,80697	20	0 %	4.4

Dari seluruh pengujian pada kondisi LOS dengan menggunakan 10,9 dan 8 *node* didapatkan nilai MOS 4,4 yang berarti memiliki kualitas suara yang baik. Hal tersebut bisa terjadi karena tidak ada paket yang hilang pada saat ujicoba menggunakan 10.9 dan 8 *node*.

kondisi LOS memiliki nilai *packet loss*, *delay* yang tergolong rendah dan memiliki nilai MOS rata-rata dengan kualitas baik jika dirujuk pada standar ITU-T G114 dan standar ITU-T G107 yang juga dirujuk dengan standar ITU-T P800.

VI. KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah di uraikan pada bab sebelumnya, dapat di ambil kesimpulan tentang implementasi dan analisa *quality of service wireless* VOIP berbasis SIP pada *mobile adhoc network* berbasis OpenWRT sebagai berikut :

1. Implementasi *wireless* VOIP dan *mobile adhoc network* dapat berjalan dengan baik ditandai dengan dapatnya pengguna melakukan panggilan ke pengguna lain didalam satu jaringan.
2. Kapasitas pengguna pernode mampu melayani sebanyak 12 pasang pengguna dengan kualitas yang baik berdasarkan nilai MOS yang dirujuk menggunakan pendekatan matematis E-model berdasarkan standart ITU-T G107 yang juga dirujuk dengan standart ITU-T P800.
3. Maksimal jarak yang bisa dilayani dalam melakukan komunikasi pada kondisi *horizontal* LOS adalah 52 meter dan pada kondisi *vertical* LOS adalah 25 meter
4. Pada pengujian penambahan jumlah *node* dari *node* 1 sampai dengan *node* ke 10 memiliki hasil kualitas suara yang baik jika dirujuk pada standar ITU-T G114 dan standart ITU-T G107 yang juga dirujuk dengan standar ITU-T P800.
5. Pada pengujian dengan *node* masuk dan *node* keluar area jangkauan pada kondisi bergerak menunjukkan bahwa dengan skenario yang dijalankan dalam

Daftar Pustaka

- [1] Duwi Setiya Ariyanti, "9.000 desa belum terjangkau sinyal seluler", 2018. <http://industri.bisnis.com>, 14 Juni 2018.
- [2] Abdi Wahab, Rizal Broer Bahaweres, mudrik alaydrus, Muhaemin, Riyanarto sarno. "Performance Analysis of VOIP Client with Integrated Encryption. Communications, signal processing," and their Applications (ICCSIPA). 2013, hal 1-6.
- [3] Kirtikumar K. Patel and Dhadesugoor. R. Vaman., "A Novel Routing Tecnique For Mobile Ad Hoc Networks (MANET)," International Journal of Next-Generation Networks (IJNGN). 2014. Vol. 6, No. 1.
- [4] Sheetal Sisodia and Sandeep Raghwanshi, "Performance Evaluation of a Table Driven and On Demand Routing Protocol in energy Constraint MANETS" International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI). 2013.
- [5] Asriadi, Ista Pratomo, Achmad Affandi, Djoko Suparajitno Rahardjo. "Open Voice: Low-Cost Mobile Wireless Communication Project For Rural Area Based On Open WRT", International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, 2015. hal. 391-396.
- [6] Adam, G., Kapoulas, V., Bouras, C., & Kioumourtzis, "Performance evaluation of routing protocols for multimedia transmission over mobile ad hoc networks", Wireless and Mobile Networking Conference IEEE, 2011, pp. 1 – 6.
- [7] IETF, SIP rfc3261. (2002). Diperoleh tanggal 20 Februari 2014 dari <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>
- [8] Sandeep ravikanti, Dudekula Abdulla, "Performance Analysis of Routing Protocols in MANETS under VoIP Using OPNET Simulator" International Journal of Engineering Development and Research, 2015. Vol 3, No. 2, ISSN: 2321-9939
- [9] Prasetyo, A. B. "Implementasi Portabilitas VOIP menggunakan Asterisk Pada OpenWRT". Jurnal Universitas Dian Nuswantoro, 2013. 3.
- [10] Setiawan, Eko Budi. "Analisa Quality of Service (QoS) Voice Over Internet Protocol (VoIP) dengan Protocol H.323 dan Session Initial Protocol (SIP)", Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika, 2012. Vol. 1, No. 2.
- [11] AG Jayasundara, LDSB Weerasinghe, RMJCK Rajaguru, DK Wickramanayeke, "Low-Cost VoIP Solution for University PBX by Using SPA3102" Proceedings in Computing, 9th International Research Conference-KDU, Sri Lanka, 2016. hal 155-120.

- [12] Siddarth Kaul & Dr Anuj Jain," Review on : Voice over IP and SIP based Asterisk PBX", International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR),2017.VOL.4 ISSUE 3, hal 263.
- [13] Elangovan Gurumoorthi, Dr. Ayyanar Ayyasamy, Dr. Maruthavanan Archana, Jayabalan Vijaya Barathy," Performance Enhancement for QoS in VoIP Applications over MANET" International Journal of Advances in Computer and Electronics Engineering,2017 Vol: 02 Issue: 05, May 2017, pp. 47 – 54
- [14] Seto, K., & Ogunfunmi, T. " Scalable Speech Coding for IP Networks: Beyond iLBC. Audio, Speech, and Language Processing", IEEE Transactions on ,2013. 2337 – 2345
- [15] G.114, "ITU-T" .2016. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.114/en>, 14 Desember 2016.
- [16] ITU-T, "P.800 Methods For Subjective Determination of Transmission Quality," 1996
- [17] G.107,"ITU-T" 2017 <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.107>, 4 Maret 2017