

**PERANCANGAN JARINGAN KOMUNIKASI VOIP
SERVER *PORTABLE* BERBASIS *RASPBERRY PI***

SKRIPSI



Oleh:
Edwin Limanto
160210104

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN KOMPUTER
UNIVERSITAS PUTERA BATAM
2020**

**PERANCANGAN JARINGAN KOMUNIKASI VOIP
SERVER *PORTABLE* BERBASIS *RASPBERRY PI***

SKRIPSI

**Untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana**



**Oleh
Edwin Limanto
160210104**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN KOMPUTER
UNIVERSITAS PUTERA BATAM
2020**

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : Edwin Limanto
NPM : 160210104
Fakultas : Teknik dan Komputer
Program Studi : Teknik Informatika

Menyatakan bahwa “Skripsi” yang saya buat dengan judul:

**“PERANCANGAN JARINGAN KOMUNIKASI VOIP SERVER PORTABLE
BERBASIS RASPBERRY PI”**

Adalah hasil karya sendiri dan bukan “duplikasi” dari karya orang lain. Sepengetahuan saya, didalam naskah “Skripsi” ini tidak terdapat karya ilmiah atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip didalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah “Skripsi” ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia naskah “Skripsi” ini digugurkan dan gelar saya peroleh dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari siapapun

Batam, 2 Februari 2020

Edwin Limato
160210104

**PERANCANGAN JARINGAN KOMUNIKASI VOIP
SERVER *PORTABLE* BERBASIS RASPBERRY PI**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana**

**Oleh:
Edwin Limanto
160210104**

**Telah disetujui oleh Pembimbing pada tanggal
seperti tertera dibawah ini**

Batam, 2 Februari 2019

**Andi Maslan, S.T., M.SI.
Pembimbing**

ABSTRAK

Komunikasi adalah suatu aktivitas dimana antara dua orang atau lebih, untuk menyampaikan atau memberikan baik itu sebuah pesan atau informasi, dari setiap satu sisi dan ke sisi lainnya. Dengan adanya teknologi informasi, komunikasi juga ikut dalam perubahan, akan tetapi alat komunikasi modern ini membutuhkan alat bantuan untuk membantu komunikasi yaitu jaringan seluler atau menggunakan jaringan internet, sehingga sangat bergantung pada jaringan untuk melakukan komunikasi. Salah satu kasusnya pada proyek pemasok makanan CV. Rezeki Baru, yang memiliki letak lokasi yang terpencil dan dalam daerah yang memiliki penyebaran jaringan seluler dan internet yang tidak merata, sehingga untuk berkomunikasi masih susah dan perlu menyewa alat berupa *Handy Talkie* untuk berkomunikasi, dan biaya menyewa alat tersebut terbilang mahal dan memiliki kualitas komunikasi yang masih kurang. Salah satu Teknologi komunikasinya yang tidak memerlukan jaringan internet maupun jaringan seluler yaitu jaringan *VoIP* (*Voice Over Internet Protocol*) yaitu teknologi yang memproseskan sinyal digital yang mempunyai kemampuan modular dengan berbasis teknologi *IP* (*Internet Protocol*) yang di integrasikan antara komunikasi data dan suara. Tujuan penelitian ini yaitu membuat alat komunikasi dengan teknologi *IP* dengan memanfaatkan *Raspberry Pi* sebagai penyalur komunikasi agar membantu pengguna untuk berkomunikasi lebih mudah pada daerah yang tidak memiliki sinyal seluler maupun internet. Cara kerja *VoIP* (*Voice Over Internet Protocol*) adalah menjadikan Teknologi *IP* untuk bisa digunakan untuk berkomunikasi suara melalui jaringan *IP*. Dengan bantuan *Raspberry Pi* sehingga server tidak memerlukan alat yang besar untuk jaringan komunikasi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah komunikasi yang lebih baik akan mempengaruhi kinerja pada sebuah perusahaan, dengan teknologi *VoIP* akan membantu komunikasi lebih baik dari segi kualitas suara dan meminimalisir biaya pengeluaran perusahaan.

Kata kunci: *VoIP* (*Voice Over Internet Protocol*), *Raspberry Pi*, *RasPBX*, Jaringan.

ABSTRACT

Communication is an activity in which between two or more people, to convey or give either a message or information, from one side to the other. With the existence of information technology, communication is also involved in the change, but this modern communication tool needs a tool to help communication that is cellular networks or using the internet network, so it is very dependent on the network to carry out communication. One case in the food supplier project CV. Rezeki Baru, which has a remote location and in an area that has an uneven distribution of cellular and internet networks, so that to communicate is still difficult and need to rent a tool in the form of Handy Talkie to communicate, and the cost of renting the device is fairly expensive and has a quality of communication that is still not enough. One of the communication technologies that does not require internet or cellular networks is the VoIP (Voice Over Internet Protocol) network, which is a technology that processes digital signals that have modular capabilities based on IP (Internet Protocol) technology that is integrated between data and voice communication. this is making communication tools with IP technology using Raspberry Pi as a communication channel to help users to communicate more easily in areas that do not have cellular or internet signals. How it works VoIP (Voice Over Internet Protocol) is to make IP technology to be used to communicate voice over IP networks with the help of Raspberry Pi so that the server does not require a large tool for communication networks. The conclusion of this research is that better communication will affect the performance of a company, with VoIP technology will help better communication in terms of voice quality and minimize company expense.

Keywords: VoIP (Voice Over Internet Protocol), Raspberry Pi, RasPBX, Network.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Informatika Universitas Putera Batam.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Karena itu, kritik dan saran akan senantiasa penulis terima dengan senang hati. Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari pula bahwa skripsi ini takkan terwujud tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Putera Batam.
2. Ketua Program Studi Teknik Informatika.
3. Bapak Andi Maslan, S.T., M.T. selaku pembimbing Skripsi pada Program Studi Teknik Informatika Universitas Putera Batam.
4. Bapak Rahmat Fauzi, S.Kom., M.Kom. selaku pembimbing akademik selama program studi Teknik Informatika Universitas Putera Batam.
5. Dosen dan Staff Universitas Putera Batam.
6. Kepada orang tua penulis yang selalu mendukung selama proses pengerjaan skripsi.
7. Teman-teman Universitas Putera Batam yang selalu memberikan arahan dan motivasi selama pembuatan skripsi.
8. Direktur dan pegawai perusahaan CV. Rezeki Baru yang telah ikut berkontribusi dalam penelitian.
9. Andrian, Edward, Michael, Serta semua pihak yang ikut dalam membantu dan mendukung dan menyediakan waktu dan tenaga dalam memberikan informasi selama pengerjaan skripsi.

Semoga Tuhan membalas kebaikan dan selalu mencurahkan hidayah serta taufikNya. Amin.

Batam, 2 Februari 2020

Edwin Limato
160210104

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN	i
HALAMAN JUDUL	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR RUMUS	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Teori Dasar	7
2.1.1 Jaringan Komputer	7
2.1.2 Standar Jaringan Komputer	7
2.1.3 Jenis Jaringan Komputer Berdasarkan Ruang Lingkup	8
2.1.4 Jenis Jaringan Komputer Berdasarkan Transmisinya	10
2.1.5 <i>Layer OSI</i>	11
2.2 Teori Khusus	13
2.2.1 Pengertian Komunikasi	13
2.2.2 Telekomunikasi	13
2.3 Sistem Saluran Transmisi	14
2.4 Aplikasi Dan <i>Tools</i>	15
2.4.1 <i>Voice Over Internet Protocol (VoIP)</i>	15
2.4.2 <i>IP Address</i>	17
2.4.3 <i>Raspberry Pi</i>	18
2.4.4 <i>RasPBX</i>	21
2.4.5 <i>Asterisk</i>	21
2.4.6 <i>FreePBX</i>	22
2.4.7 Penggunaan <i>Codec</i>	22
2.4.8 <i>Softphone</i>	22
2.4.9 <i>Zoiper</i>	23
2.4.10 <i>Putty</i>	23
2.4.11 Protokol <i>SSH</i>	23
2.4.12 <i>WireShark</i>	24
2.4.13 <i>Quality of Service (QoS)</i>	24

2.4.14	<i>WiFi Analyzer</i>	24
2.4.15	Parameter <i>QoS (Quality of Service)</i>	25
2.4.16	Parameter kualitas sinyal	29
2.5	Penelitian Terdahulu	30
2.6	Kerangka Pemikiran	33
BAB III METODE PENELITIAN		34
3.1	Desain Penelitian	34
3.2	Analisis Jaringan Yang Sedang Berjalan	36
3.3	Rancangan Jaringan Yang Diusulkan	37
3.3.1	Rancangan Jaringan	37
3.3.2	Tahapan Rencana Implementasi	39
3.4	Metode Pengujian Alat QOS (<i>Quality Of Service</i>)	40
3.4.1	Pengujian <i>Delay</i>	40
3.4.2	Pengujian <i>Throughput</i>	40
3.4.3	Pengujian <i>Packet Loss</i>	41
3.4.4	Pengujian <i>Jitter</i>	41
3.4.5	Pengujian Jarak Jangkauan Komunikasi	42
3.5	Daftar Barang Dan Spesifikasi	43
3.6	Perbedaan Alat komunikasi Lama Dan Baru	45
3.7	Tempat Dan Jadwal Penelitian	46
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		47
4.1	Hasil Penelitian	47
4.1.1	Rancangan Topologi Jaringan Komunikasi	48
4.1.2	Tahap Instalasi <i>RasPBX</i> Untuk <i>Raspberry Pi</i>	49
4.1.3	Instalasi <i>Zoiper</i> Pada <i>Smartphone</i>	55
4.1.4	Konfigurasi <i>WiFi</i> Pada <i>Raspberry Pi</i>	56
4.1.5	Konfigurasi <i>Asterisk</i>	59
4.1.6	Konfigurasi <i>IP RasPBX</i>	62
4.1.7	Konfigurasi <i>FreePBX</i>	63
4.1.8	Konfigurasi <i>Zoiper</i> Pada <i>Smartphone</i>	69
4.1.9	Pengujian Alat Komunikasi	72
4.1.10	Pengujian <i>Quality of Service (QoS)</i>	74
4.1.11	Hasil Pengujian <i>Quality of Service (QoS)</i>	78
4.2	Pembahasan	89
4.2.1	Merancang Jaringan <i>Server Portable VoIP</i> Dengan <i>Raspberry Pi</i>	89
4.2.2	Merancang <i>Server FreePBX</i> Dengan Perangkat <i>Raspberry Pi</i>	89
4.2.3	Cara Menggunakan <i>Softphone Zoiper</i> Untuk Berkomunikasi	91
4.2.4	Menguji Kualitas Suara Pada Jaringan Komunikasi <i>VoIP</i>	92
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		93
5.1	Kesimpulan	93
5.2	Saran	94
DAFTAR PUSTAKA		95
LAMPIRAN		97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Raspberry Pi</i>	18
Gambar 2.2 Kerangka Pemikiran	33
Gambar 3.1 Desain Penelitian	34
Gambar 3.2 <i>Handy Talkie</i>	36
Gambar 3.3 Skema Jaringan.....	37
Gambar 3.4 Tahapan Rencana Implementasi	39
Gambar 4.1 Skema Jaringan yang akan digunakan.....	48
Gambar 4.2 Tampilan <i>Etcher</i>	49
Gambar 4.3 Pemilihan <i>ISO Image</i> pada <i>Etcher</i>	50
Gambar 4.4 Pemilihan <i>Drive</i> pada <i>Etcher</i>	50
Gambar 4.5 Proses <i>Flashing</i>	51
Gambar 4.6 Proses selesai <i>Flash</i>	51
Gambar 4.7 tampilan <i>Putty</i>	52
Gambar 4.8 konfigurasi <i>Sharing internet Connection</i>	53
Gambar 4.9 tampilan <i>Command Prompt</i> dengan <i>IP Config</i>	54
Gambar 4.10 Tampilan <i>OS RasPBX</i> pada <i>Raspberry Pi</i>	54
Gambar 4.11 Proses Instalasi Zoiper	55
Gambar 4.12 Tampilan Aplikasi Zoiper.....	55
Gambar 4.13 <i>Code terminal raspi-config</i>	56
Gambar 4.14 Tampilan konfigurasi utama <i>RasPBX</i>	56
Gambar 4.15 tampilan konfigurasi <i>network options</i>	57
Gambar 4.16 <i>Code reboot raspi</i>	57
Gambar 4.17 Tampilan internet protokol jaringan <i>RasPBX</i>	58
Gambar 4.18 <i>Code Terminal sudo apt-get update</i>	59
Gambar 4.19 Proses <i>update</i>	59
Gambar 4.20 <i>Code Terminal Sudo apt-get upgrade</i>	60
Gambar 4.21 proses <i>upgrade</i>	60
Gambar 4.22 <i>Code sudo apt-get install asterisk</i>	61
Gambar 4.23 proses instalasi <i>Asterisk</i> pada <i>RasPBX</i>	61
Gambar 4.24 <i>Code sudo nano /etc/dhcpd.conf</i>	62
Gambar 4.25 konfigurasi <i>IP Static</i>	62
Gambar 4.26 <i>browsing IP FreePBX</i>	63
Gambar 4.27 Tampilan server <i>FreePBX</i> pada <i>browser</i>	63
Gambar 4.28 <i>Login FreePBX</i>	64
Gambar 4.29 Tampilan <i>FreePBX</i>	64
Gambar 4.30 Menu <i>Settings FreePBX</i>	65
Gambar 4.31 Tampilan <i>SIP Settings</i>	65
Gambar 4.32 Menu <i>Applications FreePBX</i>	66
Gambar 4.33 Tampilan <i>Extensions</i>	66

Gambar 4.34 Menu pilihan <i>Add Extensions</i>	67
Gambar 4.35 Tampilan <i>Add SIP Extension</i>	67
Gambar 4.36 Data Penomoran <i>Softphone</i>	68
Gambar 4.37 Tampilan <i>Login Zoiper</i>	69
Gambar 4.38 <i>Account setup IP Address</i>	70
Gambar 4.39 <i>SIP Zoiper Config</i>	70
Gambar 4.40 Tampilan <i>Home Zoiper</i>	71
Gambar 4.41 <i>Status Account</i>	71
Gambar 4.42 <i>Client</i> pertama melakukan panggilan	72
Gambar 4.43 <i>Client</i> kedua menerima panggilan	72
Gambar 4.44 Pemilihan jaringan yang akan diproses dengan <i>Wireshark</i>	74
Gambar 4.45 Proses <i>sniffing</i> paket dengan <i>wireshark</i>	75
Gambar 4.46 Hasil detail <i>wireshark</i>	76
Gambar 4.47 Instalasi <i>WiFi Analyzer</i>	77
Gambar 4.48 Tampilan <i>WiFi Analyzer</i>	77
Gambar 4.49 Hasil jangkauan <i>WiFi</i>	78
Gambar 4.50 Grafik Hasil Pengujian <i>QoS Client 1 ke Client 2</i>	79
Gambar 4.51 Grafik Hasil Pengujian <i>QoS Client 1 ke Client 3</i>	81
Gambar 4.52 Grafik Hasil Pengujian <i>QoS Client 2 ke Client 1</i>	82
Gambar 4.53 Grafik Hasil Pengujian <i>QoS Client 2 ke Client 3</i>	84
Gambar 4.54 Grafik Hasil Pengujian <i>QoS Client 3 ke Client 1</i>	85
Gambar 4.55 Grafik Hasil Pengujian <i>QoS Client 3 ke Client 2</i>	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel jenis spesifikasi jaringan <i>WLAN</i>	8
Tabel 2.2 Standarisasi <i>Delay</i>	25
Tabel 2.3 Standarisasi <i>Throughput</i>	26
Tabel 2.4 Standarisasi <i>Jitter</i>	27
Tabel 2.5 Standarisasi <i>Packet Loss</i>	28
Tabel 2.6 Skala Tingkat Kualitas Sinyal.....	29
Tabel 3.1 Daftar <i>IP Address</i>	38
Tabel 3.2 Nama barang dan spesifikasi.....	43
Tabel 3.3 Perbedaan alat komunikasi lama dan baru	45
Tabel 3.4 Jadwal Penelitian.....	46
Tabel 4.1 Data penomoran <i>Extensions</i>	68
Tabel 4.2 Pengujian panggilan <i>Extension</i>	73
Tabel 4.3 Hasil Pengujian <i>QoS Client 1</i> ke <i>Client 2</i>	79
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>QoS Client 1</i> ke <i>Client 3</i>	80
Tabel 4.5 Hasil Pengujian <i>QoS Client 2</i> ke <i>Client 1</i>	82
Tabel 4.6 Hasil Pengujian <i>QoS Client 2</i> ke <i>Client 3</i>	83
Tabel 4.7 Hasil Pengujian <i>QoS Client 3</i> ke <i>Client 1</i>	85
Tabel 4.8 Hasil Pengujian <i>QoS Client 3</i> ke <i>Client 2</i>	86
Tabel 4.9 Hasil rata-rata parameter pengujian	88

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Rumus <i>Delay</i>	25
Rumus 2.2 Rumus <i>Throughput</i>	26
Rumus 2.3 Rumus <i>Jitter</i>	27
Rumus 2.4 Rumus <i>Packet Loss</i>	28
Rumus 3.1 Rumus <i>Delay</i>	40
Rumus 3.2 Rumus <i>Throughput</i>	40
Rumus 3.3 Rumus <i>Persentase Packet Loss</i>	41
Rumus 3.4 Rumus <i>Jitter</i>	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Code</i> terminal untuk masuk konfigurasi utama <i>RasPBX</i>	97
Lampiran 2. <i>Code</i> terminal untuk <i>reboot RasPBX</i>	97
Lampiran 3. <i>Code</i> terminal untuk melakukan <i>update</i> pada <i>RasPBX</i>	97
Lampiran 4. <i>Code</i> terminal untuk melakukan <i>upgrade</i> pada <i>RasPBX</i>	97
Lampiran 5. <i>Code</i> terminal untuk instalasi <i>asterisk</i> pada <i>RasPBX</i>	97
Lampiran 6. <i>Code</i> terminal untuk masuk konfigurasi <i>IP</i>	97
Lampiran 7. <i>Source Code</i> untuk settingan <i>IP RasPBX</i>	97
Lampiran 8. perancangan server <i>Raspberry Pi</i>	98
Lampiran 9. perangkat yang siap untuk diuji coba	98
Lampiran 10. Perangkat <i>smartphone</i> dengan aplikasi <i>zoiper</i>	99
Lampiran 11. pengujian telepon.....	99
Lampiran 12. <i>smartphone</i> berhasil saling berkomunikasi.....	100
Lampiran 13. Pengujian <i>QoS</i> dengan jarak tertentu.....	100
Lampiran 14. Foto wawancara dengan pihak manajemen perusahaan	101
Lampiran 15. Foto bersama dengan manajemen perusahaan.....	101
Lampiran 16. <i>Curriculum Vitae</i>	102
Lampiran 17. Surat Izin penelitian UPB	103
Lampiran 18. Surat Balasan penelitian	104
Lampiran 19. Hasil Turnitin Skripsi	105

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komunikasi adalah suatu aktivitas dimana antara dua orang atau lebih, untuk menyampaikan atau memberikan baik itu sebuah pesan atau informasi, dari setiap satu sisi dan ke sisi lainnya. Sebagai aturan, kegiatan komunikasi ini dilakukan secara lisan maupun verbal. Dengan perkembangan teknologi informasi, komunikasi juga mengalami perubahan dalam telekomunikasi. Dengan telekomunikasi, manusia dapat mengirimkan atau menyampaikan informasi dari suatu lokasi awal ke lokasi lain yang akan dituju dengan mudah.

Perkembangan teknologi komunikasi, pada waktu ke waktu memiliki perubahan dari awalnya manusia menggunakan surat untuk saling menukar informasi lalu beralih menjadi telegraf saat manusia sudah menggunakan listrik. Kemudian menggunakan telpon seluler yang lebih efisien karena bersifat nirkabel, sampai hingga saat ini manusia menggunakan *smartphone* untuk berkomunikasi karena memiliki sistem operasi lebih canggih dan memiliki fitur lebih baik dari teknologi komunikasi sebelumnya.

Perkembangan teknologi komunikasi digunakan saat ini sangatlah mudah dan praktis digunakan, hanya menggunakan jaringan seluler maupun internet sehingga dapat berkomunikasi dengan orang lain atau banyak orang dengan mudah, khususnya orang Indonesia yang hampir semua rakyatnya memiliki *smartphone*

yang digunakan untuk berkomunikasi, sehingga alat komunikasi smartphone sangat dipentingkan di kalangan Indonesia saat ini dimanapun dan kapanpun.

Akan tetapi alat telekomunikasi modern ini membutuhkan jaringan seluler atau internet agar dapat terkoneksi satu sama lain untuk berkomunikasi, dan Indonesia merupakan negara dengan daerah yang memiliki banyak kepulauan dan lembah-lembah, warga negara Indonesia juga banyak yang menggunakan internet dan pembangunan infrastruktur koneksi internet yang tidak mendukung sehingga menjadi faktor negara Indonesia memiliki jaringan seluler dan internet kurang baik, dan dikarenakan penyebaran internet yang kurang merata sehingga terdapat daerah-daerah Indonesia yang tidak dapat menjangkau jaringan seluler dan internet. Susahnya mencari alat komunikasi untuk daerah yang masih jaringan seluler dan internet yang tidak terjangkau, sehingga kualitas telekomunikasi juga menurun.

Salah satu kasusnya pada proyek pemasok makanan CV. Rezeki Baru, yang memiliki letak lokasi yang terpencil dan dalam daerah yang memiliki penyebaran jaringan seluler dan internet yang tidak merata, sehingga untuk berkomunikasi masih susah dan perlu menyewa alat berupa *Handy Talkie* untuk berkomunikasi, dan biaya menyewa alat tersebut terbilang mahal dan memiliki kualitas komunikasi yang masih kurang.

Salah satu teknologi komunikasinya yang tidak memerlukan jaringan internet maupun jaringan seluler yaitu jaringan *VoIP (Voice Over Internet Protocol)* yaitu teknologi yang memproseskan sinyal digital yang mempunyai kemampuan modular dengan berbasis teknologi *IP (Internet Protocol)* yang di integrasikan antara

komunikasi data dan suara. Cara kerja *VoIP* (*Voice Over Internet Protocol*) adalah menjadikan teknologi *IP* untuk bisa digunakan untuk berkomunikasi suara dan video melalui jaringan *IP*. Penggunaan alat komunikasi berbasis *VoIP* lebih menguntungkan karena tidak memerlukan biaya telepon, dan tidak memerlukan *port PBX* atau telepon kantor seperti biasanya, akan tetapi *VoIP* memerlukan server untuk di sambungkan oleh *Client* atau pengguna untuk saling berkomunikasi.

Server yang akan digunakan untuk teknologi *VoIP* pada penelitian ini akan menggunakan teknologi *Raspberry Pi*, *Raspberrry pi* adalah komputer versi mini, ukurannya setara dengan kartu *ATM* yang dapat digunakan untuk menjalankan program, aplikasi dan pemutar media, *Raspberry* dapat di hubungkan dengan layar komputer sama seperti komputer seperti umumnya, dapat digunakan untuk menjalankan pekerjaan kantor, browser. Kelebihan menggunakan *Raspberry Pi* adalah mudah dibawa kemana-mana, sehingga *Raspberry* dapat menjadi server *portable*, dan modem akan berperan sebagai *access point WiFi*.

Penggunaan *VoIP* telah banyak digunakan oleh berbagai kalangan bisnis *small office* hingga ke perusahaan besar, karena *VoIP* bersifat server sendiri sehingga tidak bergantung kepada jaringan lainnya, bila user menggunakan jaringan lainnya pasti memerlukan bantuan sinyal dan jaringan internet, maka *VoIP* dapat membantu manusia untuk berkomunikasi maupun didalam kantor, diluar dan bahkan di tempat yang susah dijangkau oleh sinyal-sinyal seluler dan internet.

Berdasarkan penelitian terdahulu, yaitu menurut (Rini Handayani, Abdul Aziz dan Anang Sularsa, 2017), penelitian yang dibuat sudah dapat melakukan telepon, akan tetapi masih menggunakan *Router* sebagai *WiFi Access Point* dan penelitian tidak ditujukan untuk pengguna atau *client* yang menggunakan *smartphone*, sehingga peneliti ingin membuat jaringan komunikasi yang menggunakan alat yang lebih efisien, dan pada penelitian ini akan ditujukan alat server komunikasi yang bersifat *portable*, sehingga tidak memerlukan alat yang banyak dan susah dibawa untuk menjalankan jaringan komunikasi *VoIP*.

Berdasarkan latar belakang dan hasil penelitian, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Perancangan Jaringan Komunikasi *VoIP* Server *Portable* Berbasis *Raspberry Pi*”

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah disampaikan, dapat dirumuskan masalah yang timbul yaitu:

1. Penyebaran jaringan seluler dan internet di Indonesia yang masih kurang baik.
2. Biaya menyewa alat untuk berkomunikasi yang mahal dan kualitas yang masih kurang.
3. Susahnya mencari alat komunikasi untuk daerah yang masih jaringan seluler dan internet yang tidak terjangkau.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini permasalahan yang dibatasi hanya pada:

1. Menjelaskan dan pembahasan jaringan *portable VoIP* berbasis *Raspberry Pi*.
2. Membahas cara menggunakan *Softphone Zoiper* dengan perangkat *smartphone*.
3. Membahas cara penginstalan dan konfigurasi server *FreePBX* dengan perangkat *Raspberry Pi*.
4. Menjelaskan pengujian kualitas suara pada jaringan komunikasi *VoIP*.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka disusun rumusan masalah yang akan dibahas dalam susunan proposal ini yaitu :

1. Bagaimana merancang jaringan server *portable VoIP* dengan *Raspberry Pi*.
2. Bagaimana merancang server *FreePBX* dengan perangkat *Raspberry Pi*.
3. Bagaimana cara menggunakan *Softphone Zoiper* untuk berkomunikasi.
4. Bagaimana menguji kualitas suara pada jaringan komunikasi *VoIP*.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Memanfaatkan teknologi *IP* untuk digunakan sebagai alat komunikasi yang lebih modern.
2. Memanfaatkan *Raspberry PI* sebagai alat untuk penyalur komunikasi.
3. Membantu manusia untuk berkomunikasi lebih mudah pada lingkungan yang tidak memiliki sinyal seluler dan internet.

1.6 Manfaat Penelitian

Dari tujuan diatas, dapat diambil beberapa manfaat antara lain :

1. Pembaca dapat mengetahui cara kerja teknologi komunikasi dengan menggunakan *VoIP*, memberi cara komunikasi dengan *VoIP (Voice Over Internet Protocol)*. Dan memberi inspirasi yang ingin menggunakan *VoIP* sebagai alat komunikasi di daerah yang kesulitan mendapatkan sinyal seluler dan internet.
2. Dengan adanya *Raspberry Pi*, kita dapat menggunakan server lebih efisien dan mudah dibawa kemana mana.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Teori Dasar

2.1.1 Jaringan Komputer

Menurut (Rahadjeng & Ritapuspitasari, 2018) jaringan komputer adalah keterhubungan antara jaringan 2 komputer *autonomus* atau lebih dari 2 komputer, yang saling terhubung dengan transmisi atau penghantar yang menggunakan sebuah kabel ataupun tanpa menggunakan sebuah kabel (*wireless*). Dikatakan *autonomus* bila sebuah komputer tidak melakukan kontrol dengan komputer yang lainnya dengan akses sepenuhnya.

2.1.2 Standar Jaringan Komputer

Menurut (Hartono.A, N.A.Kurdhi, 2015) spesifikasi standar jaringan komputer yang digunakan pada jaringan *WLAN* adalah 802.11 dari *IEEE*, *IEEE* adalah organisasi internasional, dengan tujuan memudahkan manusia dalam pembaharuan teknologi. Salah satu jaringan *WLAN* adalah *WiFi* (*Wireless Fidelity*) dan standar tersebut terdapat berbagai macam jenis spesifikasi sesuai dengan kecepatan akses data. Jenis-jenis spesifikasi 802.11 adalah 802.11a, 802.11b, 802.11n dan 802g.

Tabel 2.1 Tabel jenis spesifikasi jaringan *WLAN*

Spesifikasi	Kecepatan	Frekuensi Band	Sesuai Spesifikasi
802.11b	11 Mb/s	2.4 GHz	b
802.11a	54 Mb/s	5 GHz	a
802.11g	54 Mb/s	2.4 GHz	b , g
802.11n	100 Mb/s	2.4 GHz	b , g , n

Sumber : (Hartono.A, N.A.Kurdhi, 2015)

2.1.3 Jenis Jaringan Komputer Berdasarkan Ruang Lingkup

Berikut ini jenis dan pengertian jaringan komputer berdasarkan area Menurut (Wongkar et al., 2015) :

1. *PAN (Personal Area Network)*

PAN (Personal Area Network) adalah jenis jaringan komputer yang digunakan secara personal atau pribadi saja, jaringan yang dihubungkan hanya antara dua atau lebih perangkat yang memiliki jarak yang tidak jauh, perangkatnya berupa tablet dan hp yang dihubungkan dengan komputer.

2. *LAN (Local Area Network)*

LAN (Local Area Network) merupakan suatu jaringan komputer yang mencakupi area kecil atau lokal. Contoh jaringan yang menggunakan jenis jaringan ini yaitu daerah sekolah, universitas, kantor, yang membutuhkan hubungan antara beberapa komputer untuk saling koneksi dalam area

lokal. Jaringan *LAN (Local Area Network)* memiliki topologi jaringan yang akan menjadi metode untuk saling koneksi.

Dengan jaringan *LAN* memiliki banyak keuntungan yaitu pengeluaran biaya operasional lebih hemat karena penggunaan kabel yang lebih sedikit, koneksi transfer data lebih cepat, dengan jaringan *LAN* pengguna tidak perlu menggunakan operator telekomunikasi untuk mengatur jaringan.

3. *MAN (Metropolitan Area Network)*

MAN (Metropolitan Area Network) jenis jaringan ini memiliki cakupan dalam satu kota, jaringan komputer ini dapat mentransferkan data dari suatu lokasi perkantoran ke kantor lain dengan cakupan satu kota. Jaringan ini sering disebut juga dengan jaringan yang memiliki kelompok jaringan beberapa jaringan model *LAN (Local Area Network)*.

4. *WAN (Wide Area Network)*

WAN (Wide Area Network) jenis jaringan ini memiliki cakupan yang sangat luas hingga dari suatu negara hingga ke negara lainnya, hingga dari suatu benua hingga ke benua lainnya, agar dapat terhubung jaringan *WAN* perlu menggunakan kabel yang berkualitas baik dan kabel ini juga sudah dipakai oleh banyak pengguna dari berbagai kalangan, kabel yang digunakan adalah kabel *fiber optic*. Tetapi jaringan *WAN* memerlukan biaya yang besar dan biaya operasional, agar menjaga kualitas dan keamanan pada jaringan ini.

2.1.4 Jenis Jaringan Komputer Berdasarkan Transmisinya

Berikut ini jenis dan pengertian jaringan komputer berdasarkan transmisinya menurut (Zunaidi, Andika, & Saniman, 2014):

1. *Wire Network*

Wire Network (Jaringan Kabel), merupakan jaringan yang menggunakan kumpulan atau beberapa kabel yang digunakan sebagai media penghantar atau transmisinya dan kabel tersebut akan di sambungkan dari satu komputer ke komputer lain dengan menggunakan alat bantu contohnya: *LAN Hub*, sehingga dapat menukar informasi atau data dengan mudah. Contohnya: kabel Tembaga (*Cooper Cable*) dan kabel *Fiber Optic*.

2. *Wireless Network*

Wireless Network (Jaringan Nirkabel), merupakan jaringan yang tanpa menggunakan kabel untuk transmisinya, melainkan menggunakan gelombang radio atau mikro untuk menjadi penghantar dan penghubung antara satu komputer ke komputer lain, contoh alatnya berupa *Wireless Router*.

2.1.5 *Layer OSI*

Menurut (Susilo, Triyono, & Hamzah, 2017), *OSI (Open System Interconnection)* memiliki lapisan-lapisan yang berfungsi sebagai protokol komunikasi data dan jaringan komputer. Model dari layer *OSI* dibuat oleh *ISO (International Standards Organization)* yang ditujukan untuk menemukan fungsi dan struktur portokol komunikasi data, dan terdapat tingkatnya atau biasa disebut juga dengan lapisan layer *OSI*.

Berikut ini merupakan pengertian dari tiap lapisan dari layer *OSI* menurut Forouzan (dalam Susilo et al., 2017) :

1. *Physical Layer*

Physical Layer merupakan lapisan fisik yang menghubungkan dengan elektronik dari komputer ke *LAN (Local Area Network)* melewati suatu perangkat berupa perangkat *wireless* atau perangkat modern satelit. Contoh media: Kabel, *HUB*.

2. *Data Link Layer*

Data Link Layer merupakan lapisan dari data yang menjadi penentuan sambungan fisik menjadi sambungan data, contoh penentuan sambungan fisik berupa penentuan biner 0 dan 1. Kecepatan penentuan akan berpengaruh dalam sambungan jaringan komputer agar bisa berjalan baik. Contoh media: *Switch*.

3. *Network Layer*

Network Layer merupakan perangkat yang membedakan adanya perbedaan antara pengguna *PC (Personal Computer)* dengan *PC (Personal Computer)* lainnya, sehingga lapisan ini memiliki fungsi untuk komunikasi dasar dan pengalamatan, lapisan ini juga berguna untuk menentukan kaidah jumlah informasi. Contoh media: *Router*.

4. *Transport Layer*

Transport Layer lapisan ini bertujuan untuk pengecekan atau *Tracking* paket agar dapat memantau paket data sudah sampai tujuan atau belum, bila paket data dalam kesalahan rute (*error routing*) atau bila ada kesalahan dalam network (*error network*), lapisan *Transport Layer* akan menyusun ulang perintah pengiriman paket data agar paket data dalam jalur yang benar. Contoh media: *TCP* dan *UDP*.

5. *Session Layer*

Session Layer adalah lapisan yang menggunakan paket data untuk menghasilkan *multi* sambungan, dan di lapisan *Session Layer* akan menjadi tempat yang akan dilalui paket data yang telah diterima.

6. *Presentation Layer*

Presentation Layer adalah lapisan yang bertugas menyusun ulang paket data yang sudah dikirim dalam rupa pecahan paket data yang memiliki kurang lebih 10 buah pecahan paket, lalu akan disusun ulang dengan data aslinya. Contoh aplikasinya: *PICT, TIFF, JPEG*.

7. *Appllication Layer*

Appllication Layer adalah lapisan layanan dalam jaringan komputer seperti *File Transfer*, melacak (*Tracking*) *database*. Contoh layanan dalam internet adalah *FTP*, *Grapher*, *WWW (World Wide Web)*.

2.2 Teori Khusus

2.2.1 Pengertian Komunikasi

Menurut (Nurhadi & Kurniawan, 2017) komunikasi adalah suatu proses dimana seseorang memberikan atau menyampaikan pesan, ide dan gagasan kepada pihak satu orang maupun lebih dari satu orang untuk mengubah pendapat atau sikap dengan secara langsung (komunikasi tatap muka) maupun tidak langsung (menggunakan media).

2.2.2 Telekomunikasi

Menurut Susanto (dalam Telaah et al., 2009) telekomunikasi adalah media elektronik yang digunakan untuk mengirimkan suatu data atau informasi dari suatu tempat ke tempat lainnya yang berbeda.

2.3 Sistem Saluran Transmisi

Sistem saluran Transmisi terbagi menjadi tiga, berikut ini merupakan jenis-jenis dari sistem saluran transmisi menurut kadir (dalam Telaah et al., 2009) :

1. Komunikasi *Simplex* atau satu arah. Komunikasi satu arah memiliki bentuk komunikasi dimana penerima maupun pengirim data atau informasi tidak melalui media yang sama. Contoh: media sosial, televisi, radio.
2. Komunikasi *Duplex* atau dua arah. Komunikasi dua arah yang memiliki bentuk komunikasi dimana penerima maupun pengirim data atau informasi melalui media yang sama akan tetapi saling terjalin komunikasi secara langsung. Contoh: *VoIP*, telepon.
3. Komunikasi *Half Duplex* atau semi dua arah. Komunikasi semi dua arah yang memiliki bentuk komunikasi dimana penerima maupun pengirim data atau informasi yang menggunakan media yang sama akan tetapi dua belah pihak berkomunikasi secara bergantian. Contoh: *Chatting*, *FAX*.

2.4 Aplikasi Dan Tools

2.4.1 Voice Over Internet Protocol (VoIP)

VoIP atau *Voice Over Internet Protocol* adalah teknologi komunikasi yang digunakan untuk saling komunikasi dengan jangkauan jarak yang luas dengan perantara media internet atau jaringan *IP* dengan basis *packet switch*. Cara kerja *VoIP* yaitu dengan mengubah data yang didapatkan berupa data suara, lalu akan diubah menjadi sebuah kode digital dan kode tersebut akan dikirimkan melalui jaringan yang mengirimkan paket-paket data (Ahmad Sven Heddin Timoryansyah, Hafidudin, 2015).

Berikut ini merupakan fungsi penggunaan *Voice Over Internet Protocol menurut* (Dwiyatno & Nugraheni, 2019) :

1. *Signalling*, berfungsi untuk pengelamatan jaringan *IP* yang akan dituju, sehingga *user* atau pengguna dapat mengirimkan pesan.
2. *Database Service, database VoIP* berfungsi sebagai pencarian tujuan akhir yang akan dituju, dan berfungsi juga sebagai penerjemah alamat jaringan di jaringan yang berbeda.
3. *Call Connect / Disconnect*, memiliki fungsi pengaturan dalam panggilan, sehingga pengguna dapat melakukan penerimaan panggilan, pemanggilan keluar dan pemutusan panggilan.
4. *Codecs Operations*, berfungsi peran dalam *coder* dan *decoder* dalam proses *Voip* dengan mengubahkan suara menjadi sinyal digital dan sebaliknya.

Macam macam *user agent* yang digunakan dalam *VoIP service* menurut (Dwiyatno & Nugraheni, 2019), antara lain :

1. *Analog Telephone Adapter*

Analog Telephone Adapter berfungsi sebagai penghubung telepon analog konvensional dengan jaringan *IP* ke server *VoIP*. *Analog Telephone* merupakan adapter berkomunikasi dengan *VoIP* server dengan menggunakan berbagai protokol, contoh protokol yang digunakan: *H.323*, *MGCP (Media Gateway Control Protocol)*, *SIP (Session Initiation Protocol)*, *SCCP (Skinny Client Control Protocol)*. Cara kerja *Analog Telephone Adapter* adalah mengubah sinyal suara yang masuk menggunakan *Voice Codec* seperti *GSM*, *G. 711* dan *Ilbc*. *Analog Telephone Adapter* tidak perlu menggunakan *Software* maupun komputer karena *Analog Telephone Adapter* berkomunikasi langsung dengan server.

2. *Internet Protocol Phone*

Internet Protocol Phone atau sering disebut oleh pengguna *IP Phone*, *Internet Protocol Phone* adalah alat komunikasi telepon yang berkomunikasi menggunakan jaringan *IP* untuk melakukan panggilan. *IP Phone* dapat digunakan melalui *software* protokol *SCCP (Skinny Client Control Protocol)* dan *SIP (Session Initiation Protocol)*.

3. *Softphone*

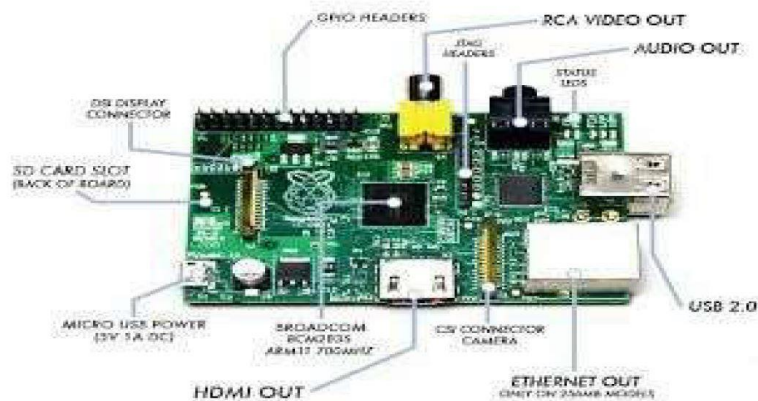
Softphone adalah sebuah *software* yang berguna untuk melakukan panggilan *VoIP* dengan *PC (Personal Computer)* atau perangkat *smartphone*, *softphone* tidak menggunakan hardware khusus berbeda dengan *Analog Telephone Adapter* dan *Internet Protocol Phone*.

2.4.2 *IP Address*

IP Address atau biasa disebut juga dengan alamat *IP*, merupakan sekumpulan deretan yang terdapat dari beberapa angka-angka berupa biner untuk mengidentifikasi 32-Bit sampai dapat mengidentifikasi 128-Bit yang digunakan setiap masing-masing komputer. Dalam jaringan internet penggunaan panjang angka biner 32-Bit digunakan untuk *IPV4* atau *IP* Versi 4, sedangkan penggunaan panjang angka biner 128-Bit digunakan untuk *IPV6* atau *IP* Versi 6, setiap angka biner ini berguna untuk menunjukkan alamat dari setiap komputer dalam satu jaringan internet berbasis *TCP IP* (Wardoyo, Ryadi, & Fahrizal, 2014).

2.4.3 *Raspberry Pi*

Raspberry Pi adalah perangkat elektronik berupa komputer yang memiliki ukuran berbeda dari komputer biasanya karena memiliki ukuran yang kecil,



Gambar 2.1 *Raspberry Pi*
Sumber : (Maslan & Hendri, 2017)

dengan *Raspberry Pi* pengawasan pada suatu proyek dengan lebih efisien dan mudah. Ide pembuatan *Raspberry Pi* ketika mahasiswa dari Universitas *Cambridge*, yakni Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang, dan Alan Mycroft, melakukan percobaan pada murid-murid pada tahun 1990-an dari segi yang sudah dicoba menjadikan anak-anak sebagai *programmer*. Sedangkan, pada tahun 2000-an, rata-rata dari mereka hanya dapat mempraktekkan desain web saja. Dari perubahan tersebut terjadi disebabkan oleh latar belakang dari parameter, seperti penggunaan pembelajaran dasar dari *Microsoft* dan penulisan halaman web. Perangkat *Raspberry Pi* memiliki bentuk seperti *motherboard* dengan berbagai *port* dan *chip*. Seiring perkembangannya waktu *Raspberry Pi* sudah dapat dijadikan server kecil, contoh modelnya adalah *Raspberry Pi 3* (Maslan & Hendri, 2017).

Menurut (Maslan & Hendri, 2017) *Raspberry Pi* memiliki kegunaan sebagai berikut :

1. *General Purpose Computing*

Alat elektronik *Raspberry Pi* berperan sebagai pengganti komputer, pengganti yang digunakan untuk mengerjakan kerjaan yang ringan, hanya dengan menghubungkan *Monitor* dan perangkat lain.

2. *Media Belajar Pemrograman*

Alat elektronik *Raspberry Pi* terdapat *compiler* dan *interpreter* menggunakan banyak macam Bahasa pemrograman contohnya *Ruby*, *Java*, *Perl*, *C*, dan lain-lain, *Raspberry* terdapat bahasa pemrograman dikarenakan perancangan awal dari *Raspberry Pi* adalah untuk pembelajaran pemrograman untuk anak-anak.

3. *Project Platform*

Alat elektronik komputer *Raspberry Pi* terdapat fungsi untuk penggabungan atau berpadu dengan barang elektronik yang saling mendukung. Misalnya, *Raspberry Pi* bisa digunakan untuk kamera *CCTV* dan sebagai *Remote control*.

4. *Media Center*

Raspberry Pi dengan mudah dihubungkan ke monitor karena terdapat port *HDMI* dan *audio* maupun video. Karena pendukung dari *Raspberry Pi* ini terdapat prosesor yang cukup dan bagus untuk membuka video *full screen* dengan *high definition*. *Raspberry Pi* juga terdapat *XBMC (media player)*, sehingga *Raspberry Pi* sudah *support* berbagai format media *file*.

Untuk menjalankan *Raspberry Pi* pastinya memerlukan sistem operasi untuk mendukung dalam menjalankan *Raspberry Pi*, berikut ini daftar sistem operasi yang sudah *support* dengan *Raspberry Pi* menurut (Maslan & Hendri, 2017) :

1. *Raspian*

Sistem operasi ini merupakan sistem operasi pada *Raspberry Pi* yang berbasis *Debian* khusus untuk perangkat *Raspberry Pi*.

2. *Pidora*

Pidora merupakan sistem operasi yang memiliki basis *Linux*.

3. *OpenElec*

OpenElec yang biasa juga disebut dengan *Open Embedded Linux Entertainment Center* adalah sistem operasi perangkat *Raspberry Pi* yang berbasis *Linux*, agar *Raspberry Pi* dapat diubah menjadi pusat media *XBMC*.

4. *RaspBMC*

RaspBMC merupakan gabungan dari *Raspbian* dengan *XBMC*. Dengan fungsi *Raspberry Pi* agar menjadi pusat media dalam sebuah sistem operasi.

5. *RISC OS*

RISC OS merupakan sistem operasi pada *Raspberry Pi* dirancang untuk prosesor *ARM*.

6. *Arch Linux ARM*

Arch Linux ARM merupakan sistem operasi *Arch Linux* yang digunakan pada *Raspberry Pi*.

2.4.4 *RasPBX*

Menurut (Dwiyatno & Nugraheni, 2019) *RasPBX* adalah sistem operasi yang dapat dijalankan pada sebuah *Raspberry Pi*, yang akan menjadikan *Raspberry Pi* menjadi sebuah server *PBX*, dengan aplikasi *FreePBX*, *Asterisk*, *My SQL*, *Apache*, dan *PHP My admin*, terdapat dan perangkat lunak yang berbasis *GUI WEB* yaitu server *PBX* dan *Free PBX*.

2.4.5 *Asterisk*

Menurut (Dwiyatno & Nugraheni, 2019) *Asterisk* merupakan salah satu *Software* pada *OS RasPBX* yang berupa *IP PBX*, yang berguna sebagai layanan komunikasi telepon melalui server *VoIP*, *Software server VoIP* ini bersifat *Open Source*.

Asterisk berperan sebagai *Software* dari server *VoIP* yang dapat didistribusi melewati *GPL (General Public License)*. *Asterisk* ini sering digunakan oleh banyak pengguna untuk membangun suatu sistem komunikasi dengan kemampuan *IP PBX*, sehingga *Asterisk* memberikan kemudahan dan efisiensi untuk mengembangkan layanan komunikasi, serta membangun jaringan telepon sendiri serta pembaruan yang dapat diatur oleh pihak pengguna.

Fitur pada *Asterisk* memungkinkan pengguna untuk membangun jaringan telepon sendiri, dikarenakan fitur pada *Asterisk* sehingga membuat *Software* ini menjadi *Software* yang diminati dan menjadi terbaik di internet. Fiturnya berupa: *Conference bridge*, *call queue*, *voice mail*, *call detailed record*.

2.4.6 FreePBX

Menurut (Dwiyatno & Nugraheni, 2019), *FreePBX* adalah sebuah server komunikasi untuk mengolah dan mengontrol *Asterisk (PBX)*, dengan server komunikasi yang *Open Source*, menggunakan basis web GUI *open Source*. Dengan *FreePBX* pengguna dapat membuat penomoran jaringan *VoIP* Yang akan digunakan pada *Softphone*.

2.4.7 Penggunaan Codec

Code - Decoder singkatannya *Codec*, untuk pengubahan data kebentuk lain, lalu dapat disimpan, dan dapat diubah kembali, pemilihan *codec* dan pemakaian *codec* sangat mempengaruhi dalam jaringan komunikasi. Bila pemakaian *codec* yang salah akan berdampak dalam kualitas suara. Penggunaan *codec* yang biasa digunakan pada jaringan internet adalah *GSM* (Dwiyatno & Nugraheni, 2019).

2.4.8 Softphone

Menurut (Handayani, Aziz, & Sularsa, 2017), *Softphone* adalah sebuah *Software* atau program untuk melakukan telepon atau komunikasi melalui jaringan *VoIP* menggunakan *Smartphone* atau menggunakan komputer, untuk menggunakan *Softphone* pengguna perlu mengunduh aplikasi *software* terlebih dahulu, contoh *Softphone: Zoiper, CsipSimple*.

2.4.9 Zoiper

Zoiper merupakan salah satu aplikasi *Software* untuk pendukung protokol *sip*, dan sebagai *Softphone* dari *VoIP*, yang dapat digunakan pada *Windows*, *Linux*, *Android*, dan *IoS*. Berguna membuat panggilan suara dari *Client* ke *Client* lainnya dengan server *VoIP* (Warman Indra, 2015).

2.4.10 Putty

Putty adalah salah satu aplikasi program Yang bersifat *Open Source* dapat digunakan melalui protokol jaringan, contoh protokol jaringan dari *putty* adalah : *Telnet* dan *SSH*, kegunaan dari program *Putty* adalah sebagai *remote console* atau *terminal* untuk mengakses komputer lainnya (Jusuf, 2015).

2.4.11 Protokol SSH

SSH (Secure Shell) adalah sebuah protokol pada sebuah user sebagai protokol administrasi, berfungsi utnuk memodifikasi dan mengakses berbagai pengaturan, dengan mengakses melalui *Putty* (Jusuf, 2015).

2.4.12 *WireShark*

WireShark adalah *tool* yang digunakan untuk menganalisis sebuah jaringan, aplikasi ini dipakai oleh berbagai pekerja dibidang jaringan internet, *tool WireShark* berguna untuk menganalisa pada suatu paket jaringan, serta pengembangan protokol yang digunakan dalam jaringan, serta dapat mempelajari ilmu jaringan lebih dalam menggunakan *tool WireShark*. Kelebihan dari *tool WireShark* adalah lisensi *free* atau dengan kata lain *open source*, oleh sebab itu *tool* ini banyak diminati oleh banyak orang khusus yang ingin menganalisa jaringan. (Wulandari, 2016).

2.4.13 *Quality of Service (QoS)*

QoS atau kepanjangan dari *Quality of Service*, merupakan metode pengukuran yang dimanfaatkan pada sebuah jaringan, dengan mencari dan mengukur tingkat kualitas pada suatu jaringan, dan agar dapat mengetahui karakteristik dari salah satu paket servis , *QoS* juga dievaluasi untuk pengukuran terdapat beberapa ciri kapasitas yang sudah diasosiasikan (Wulandari, 2016).

2.4.14 *WiFi Analyzer*

WiFi Analyzer merupakan aplikasi yang digunakan pada *smartphone* digunakan untuk menanalisa jaringan *WiFi*, untuk menguji jauhnya jangkauan pengguna untuk mendapatkan sinyal dari *WiFi* dengan menerima sinyal dari jaringan *WiFi* (Garnis & Soim, 2017).

2.4.15 Parameter *QoS (Quality of Service)*

Berikut ini merupakan parameter dari *QoS (Quality of Service)* menurut (Wulandari, 2016) :

1. *Delay*

Delay adalah parameter yang menganalisa waktu yang dibutuhkan pengiriman data dari awal sampai akhir. Faktor yang mempengaruhi berupa jarak tempuh data, media fisik, dan waktu untuk memproses. Pada tabel 2.2 terdapat jenis kategori dari *delay*.

Tabel 2.2 Standarisasi *Delay*

Kategori	Delay	Indeks
Sangat Baik	< 150 ms	4
Baik	150 – 300 ms	3
Cukup Baik	300 – 450 ms	2
Tidak Baik	> 450 ms	1

Sumber : (Wulandari, 2016)

$$Delay = \frac{Packet\ Length}{Link\ Bandwidth} (ms) \quad \begin{array}{l} \text{Rumus 2.1} \\ \text{Rumus Delay} \end{array}$$

2. *Throughput*

Throughput adalah parameter yang menganalisa kecepatan atau *rate* pada data yang diuji dengan ukuran dalam bentuk waktu *bit* per detik, biasa disebut dengan *Bit per sec.* Dengan cara pengujian *Throughput* akan menghitung kumpulan dari semua datangnya paket yang sampai pada tempat atau tujuan dengan masa antara waktu. Kategori *Throughput* dapat dilihat dari Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Standarisasi *Throughput*

Kategori	<i>Throughput</i>	Indeks
Sangat Baik	100	4
Baik	75	3
Cukup Baik	50	2
Tidak Baik	25	1

Sumber : (Wulandari, 2016)

$$\mathit{Throughput} = \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{Lama Pengamatan}} \text{ (bps)}$$

Rumus 2.2 Rumus
Throughput

3. *Jitter*

Jitter biasa disebut juga dengan variasi masuknya data paket, variasi yang dimaksud adalah perbedaan panjang dari sebuah antrian dalam proses pengujian data dan waktu proses kembali data paket yang dihentikan di perjalanan.

Tabel 2.4 Standarisasi *Jitter*

Kategori	<i>Jitter</i>	Indeks
Sangat Baik	0 ms	4
Baik	75 ms	3
Cukup Baik	125 ms	2
Tidak Baik	225 ms	1

Sumber : (Wulandari, 2016)

$$J = \frac{Dvar.}{Prec.} \text{ (ms)}$$

Rumus 2.3
Rumus *Jitter*

J = *Jitter*

Dvar. = total variasi *delay* yang terjadi

Prec. = total paket yang diterima

4. *Packet Loss*

Packet loss adalah suatu pengujian berdasarkan perkiraan yang digambarkan dan memberi informasi total dari semua data paket yang hilang, dan dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti *collsion* dan *congestion* pada jaringan.

Tabel 2.5 Standarisasi *Packet Loss*

Kategori	<i>Packet loss</i>	Indeks
Sangat Baik	0 %	4
Baik	3 %	3
Cukup Baik	15 %	2
Tidak Baik	25 %	1

Sumber : (Wulandari, 2016)

$$\textit{Packet loss} = \frac{\textit{Psent} - \textit{Ploss}}{\textit{Psent}} 100 \%$$

Rumus 2.4
Rumus *Packet Loss*

Packet Loss = Presentase *Packet Loss* (%)

Psent = paket yang dikirim

Ploss = Jumlah paket data diterima

2.4.16 Parameter Kualitas Sinyal

Kualitas sinyal merupakan salah satu pengukuran yang mengukur kualitas suatu sinyal dari sebuah *WiFi*. Dengan satuan *dBm*, yang dimana cara pengukuran itu jika nilai *dBm* semakin kecil berarti menandakan kualitas dari sinyal *WiFi* tersebut semakin baik, dan sebaliknya bila nilai *dBm* semakin besar berarti menandakan kualitas dari sinyal *WiFi* semakin buruk. Berikut ini indikator menurut (Alwi, 2019).

Tabel 2.6 Skala Tingkat Kualitas Sinyal

Kategori	Nilai sinyal (dBm)	Indeks
Sangat Baik	< -60 dBm	4
Baik	-60 to -75 dBm	3
Cukup Baik	-76 to -90 dBm	2
Tidak Baik	-90 dBm >	1

Sumber : (Alwi, 2019)

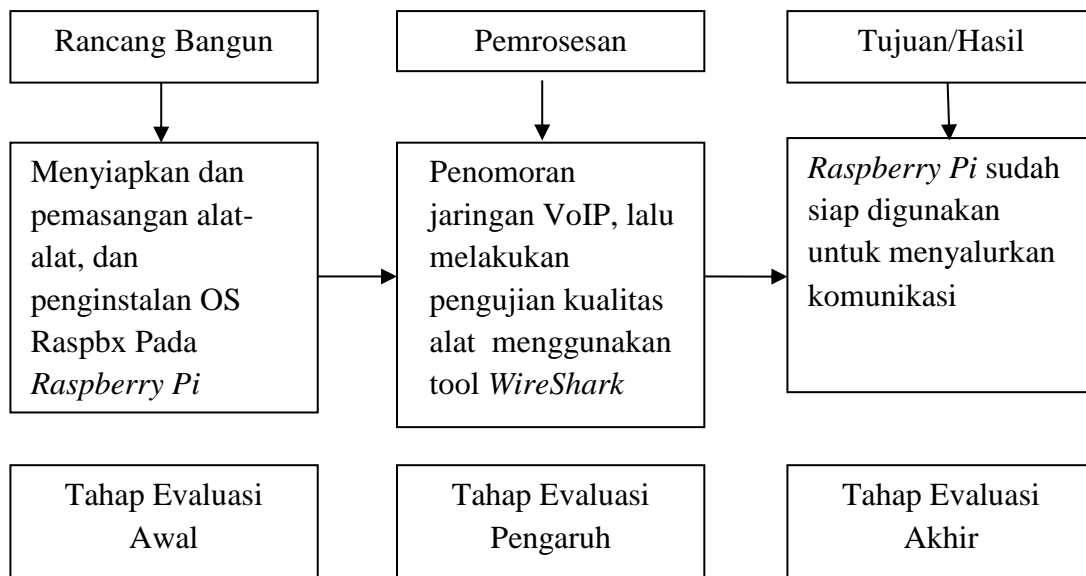
2.5 Penelitian Terdahulu

1. Rujukan penelitian pertama yaitu Ahmad Sven Heddin Timoryansyah, dkk dengan judul implementasi *VoIP* server dengan menggunakan *mini pc* pada tahun 2015, Vol.1, No.3. Latar belakang penelitian ini adalah banyak bidang bisnis mengambil sistem telekomunikasi sehingga biaya digunakan untuk membangun suatu alat telekomunikasi untuk jangkauan beberapa gedung dan perancangan akan menggunakan banyak biaya. Tujuan penelitian ini membangun jaringan komunikasi dengan basis *VoIP* dari antar gedung ke gedung lainnya. Metode yang digunakan adalah perancangan jaringan komunikasi *VoIP* dengan menggunakan *router* dan *switch* untuk menghubungkan satu gedung dengan gedung lainnya. Hasil dari penelitian ini alat komunikasi berhasil dilakukan dengan pengujian *QoS* yang baik.
2. Rujukan penelitian kedua yaitu Rini handayani, dkk dengan judul *voice over internet protocol (VoIP)* pada jaringan nirkabel berbasis *Raspberry Pi* pada tahun 2017, Vol.2, No.2. Latar belakang penelitian ini adalah keterbatasan dalam melakukan komunikasi antara ruang praktikum yang terletak antara lantai 4 dan lantai 1. Tujuan penelitian ini membangun jaringan komunikasi agar mampu berkomunikasi dengan menggunakan layanan komunikasi *VoIP*. Metode yang digunakan adalah membangun server terlebih dahulu meliputi *IP* yang digunakan menggunakan *Raspberry Pi*. Hasil penelitian ini pembangun jaringan komunikasi telah berhasil dilakukan dengan baik, dengan skala hasil uji yang baik.

3. Rujukan penelitian ketiga yaitu Ashwini S.Gawarle dengan judul *design a free voice calling system using raspberry pi* pada tahun 2017, Vol.7. latar belakang pada penelitian ini adalah ketergantungan alat komunikasi telepon saat ini adalah menggunakan penyedia layanan seperti *GSM*. Tujuan penelitian untuk merancang dan mengimplementasikan program telepon menggunakan *WiFi* secara lokal. Metode yang digunakan adalah membangun server dengan *router* sebagai *access point* untuk alat komunikasi. Hasil penelitian ini perancangan alat komunikasi telah berhasil dilakukan dan dapat melakukan panggilan dari satu ke panggilan lainnya.
4. Rujukan penelitian keempat yaitu Andi maslan dan Hendri dengan judul analisis kelayakan sistem monitoring dan kontrol lampu menggunakan web server berbasis *Raspberry Pi* pada tahun 2017, Vol.03, No.02. Latar belakang penelitian ini adalah dikarenakan perkembangan teknologi sistem keamanan waktu-waktu ke waktu semakin berkembang diperlunya dukungan untuk sistem keamanan terhubung dengan komputer. Tujuan penelitian ini menggunakan *Raspberry Pi* sebagai alat untuk pendukung dalam menganalisa kelayakan sistem keamanan. Metode yang digunakan adalah metode *prototyping* dengan melakukan pengamatan, pengumpulan data, analisis data dan pengujian. Hasil penelitian ini *Raspberry Pi* layak untuk digunakan dalam aplikasi web server.
5. Rujukan penelitian kelima yaitu Saleh dwiyanto, dkk dengan judul layanan komunikasi *VoIP* menggunakan *Raspberry Pi* dan *RasPBX* pada smk al-

insan terpadu pada tahun 2019, Vol.6, No.2. Latar belakang pada penelitian ini adalah peningkatan pengguna komunikasi sehingga tidak berbanding lurus antara pengguna dan layanan komunikasi. Tujuan penelitian ini adalah membangun jaringan komunikasi sendiri tanpa layanan komunikasi dari luar. Metode yang digunakan adalah menggunakan *Router mikrotik* dan *proxy server* untuk perancangan jaringan komunikasi. Hasil dari penelitian ini adalah komunikasi berbasis *VoIP* berhasil dilakukan dengan layanan ini mempermudah komunikasi di lingkungan sekolah.

2.6 Kerangka Pemikiran



Gambar 2.2 Kerangka Pemikiran

Sumber : Kerangka Pemikiran Peneliti (2019)

Pada tahap rancang bangun, penulis akan menyiapkan alat-alat yang akan digunakan sebagai tujuan dari penelitian, alat-alat yang akan disiapkan berupa: *Raspberry Pi*, *HP Client*, modem.

Setelah itu penulis akan melakukan penginstallan *OS Raspbx* pada *Raspberry Pi*, dan penginstallan *Zoiper Softphone* pada *Raspberry Pi* dan pada *HP Client*. Kemudian pada tahap pemrosesan program, penulis akan merancang arsitektur jaringan *VoIP* dengan mengalokasikan *IP* untuk penomoran. Setelah itu penulis akan melakukan pengujian *QoS (Quality of Services)* menggunakan *WireShark*, pengujian terdiri dari *Delay*, *Troughput*, *Jitter*, dan *Packet Loss*. Dan pengujian jarak.

Setelah sudah melakukan pengujian, apabila hasil dari pengujian alat memiliki kualitas baik, maka alat siap digunakan untuk menyalurkan komunikasi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian



Gambar 3.1 Desain Penelitian
Sumber : Desain Penelitian Peneliti (2019)

Sebelum melakukan penelitian, perlunya melalui tahap indentifikasi dari suatu masalah, di dalam indentifikasi masalah ditemukan kesulitan berkomunikasi pada daerah proyek CV. Rezeki Baru karena daerahnya memiliki penyebaran jaringan seluler dan internet yang kurang merata, sehingga terdapat kesulitan dalam berkomunikasi, dikarenakan daerah sulit mendapatkan jaringan seluler dan internet. Sebab itu perlunya alat komunikasi pengganti agar dapat berkomunikasi dengan baik.

Selanjutnya setelah dapat suatu permasalahan, dilanjutkan dengan merancang alat komunikasi baru, yang dapat menyelesaikan masalah yang diteliti. Dengan menggunakan alat komunikasi berbasis *VoIP* sehingga tidak perlu menggunakan jaringan seluler maupun internet untuk berkomunikasi.

Masuk ke tahap implementasi alat komunikasi baru, pada tahap ini akan merancang alat komunikasi *VoIP* dalam *Raspberry Pi*, dengan penginstalan *OS raspbx* pada *raspberry pi* dan pengintalan *asterisk* dalam *Raspberry*.

Selanjutnya merancang arsitektur jaringan *VoIP* pada *RasPBX* pengaturan dengan mengalokasikan *IP* untuk penomoran. Lalu pada *smartphone client* juga melakukan instalasi dan pengaturan aplikasi *Zoiper* dan untuk dihubungkan dengan server *VoIP*. Setelah melakukan perancangan, tahap selanjutnya yaitu pengujian *QOS (Quality Of Services)* dengan menggunakan *wireshark* yang terdiri dari *Delay*, *Throughput*, *Jitter*, dan *Packet loss*, bila pengujian telah dilakukan dan hasilnya sesuai dengan standarisasi *QOS*, maka alat tersebut sudah bisa digunakan.

3.2 Analisis Jaringan Yang Sedang Berjalan

Jaringan komunikasi yang digunakan pada proyek pemasok makanan CV. Rezeki Baru masih menggunakan alat komunikasi sederhana, dikarenakan proyek perusahaan CV. Rezeki Baru berlokasi di tempat yang kesulitan mendapatkan jaringan internet maupun seluler, dan pada setiap Proyek CV. Rezeki Baru masih menggunakan alat komunikasi sederhana yaitu *Handy Talkie*.



Gambar 3.2 *Handy Talkie*

Sumber : Dokumentasi Peneliti (2019)

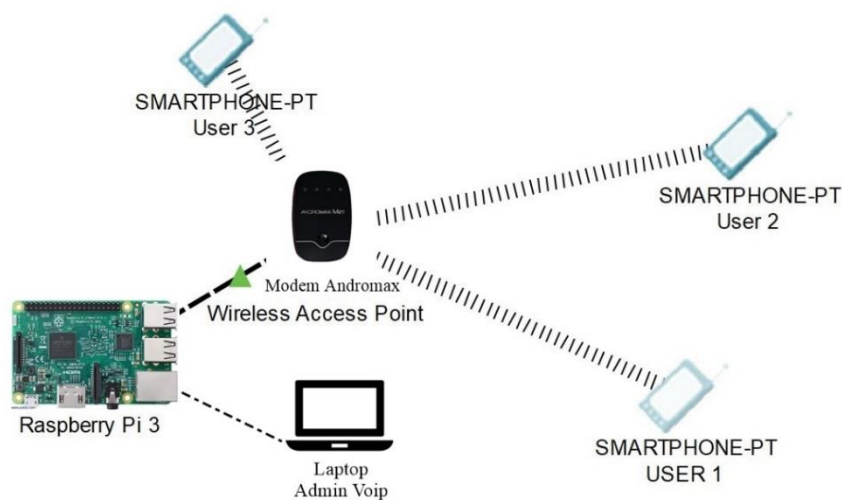
Dengan alat komunikasi sederhana itu, hasil yang didapatkan kurang bagus dan efisien, dari segi kualitas suara yang kurang bagus dan harga biaya yang diperlukan sangat tinggi sehingga perlunya jaringan agar dapat berkomunikasi dengan mudah dan efisien, untuk alat komunikasi.

3.3 Rancangan Jaringan Yang Diusulkan

3.3.1 Rancangan Jaringan

Rancangan jaringan komunikasi yang akan diimplementasikan di CV. Rezeki Baru adalah alat komunikasi *VoIP* yang berbasis *Raspberry Pi*. Sistem operasi yang akan dipakai pada *Raspberry Pi* adalah *OS Raspbx*. *Raspberry Pi* akan berperan sebagai server dan *user* yang berperan *client* akan menggunakan aplikasi berupa *Zoiper*.

Pada rancangan ini akan menggunakan modem sebagai *Access Point*, yang akan berfungsi sebagai *wifi hotspot* yang akan dikoneksikan oleh server (*Raspberry Pi*) dan *client*.



Gambar 3.3 Skema Jaringan
Sumber : Dokumentasi Peneliti (2019)

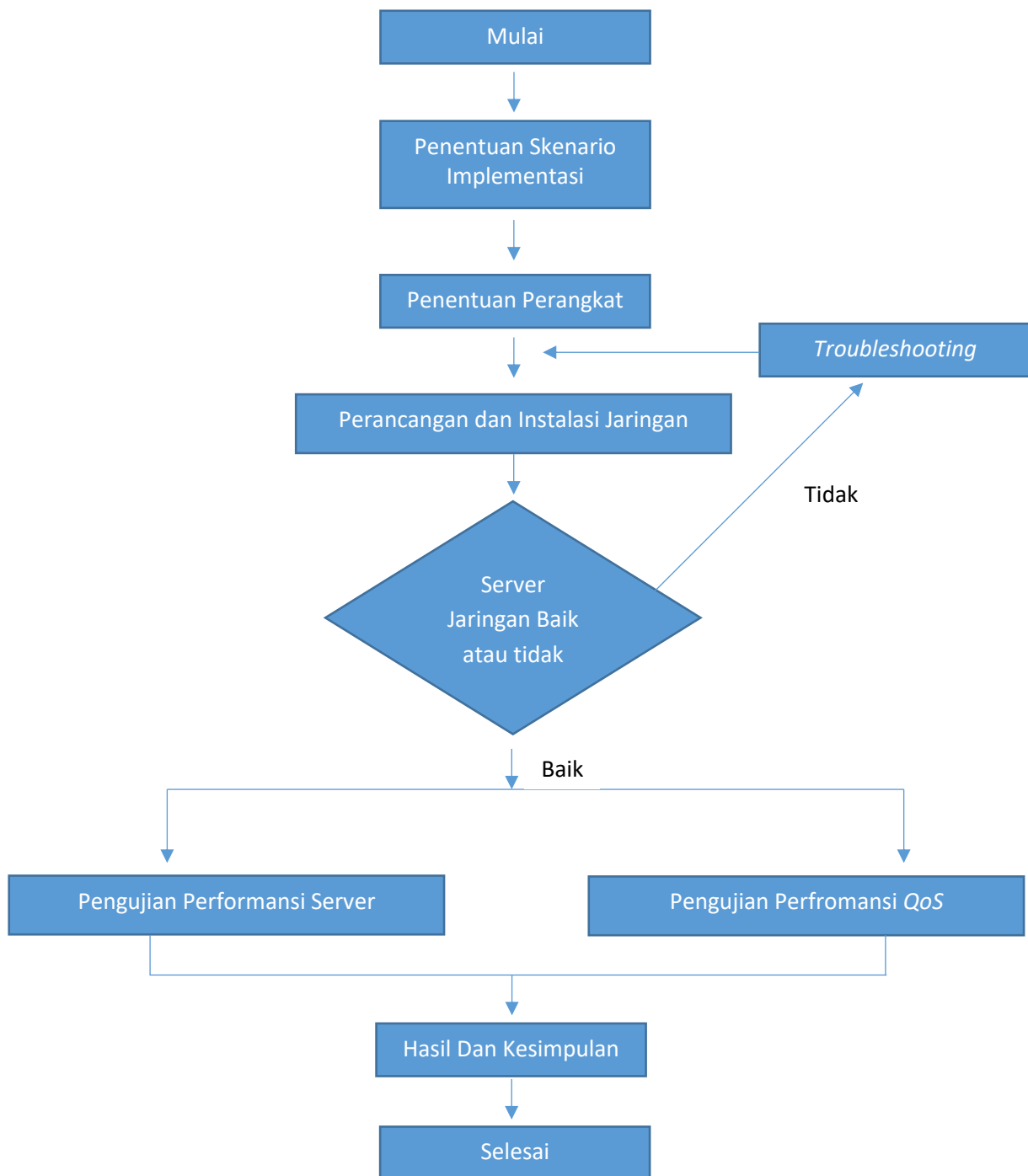
Tabel 3.1 Daftar *IP Address*

Nama	<i>IP Address</i>
Modem	192.168.1.101
<i>Raspberry Pi</i>	192.168.1.112
Laptop	192.168.1.13
<i>Smartphone 1</i>	192.168.1.40
<i>Smartphone 2</i>	192.168.1.58
<i>Smartphone 3</i>	192.168.1.63

Sumber : Data Penelitian 2019

3.3.2 Tahapan Rencana Implementasi

Agar pengerjaan alat komunikasi ini lebih teratur, berikut ini adalah tahapan rencana implementasi alat.



Gambar 3.4 Tahapan Rencana Implementasi
Sumber : Tahapan Penelitian Peneliti (2019)

3.4 Metode Pengujian Alat QOS (*Quality Of Service*)

Penarikan data pengujian alat akan dilakukan dengan cara melakukan komunikasi antar *client* yang telah memiliki *softphone*. Data akan diambil dengan menggunakan aplikasi *Wireshark*. Pengambilan data akan dilakukan secara berkala. Dalam pengujian akan terdapat 4 parameter yang diuji dalam pengambilan data yaitu: *Jitter*, *throughput*, *packet loss* dan *delay*. Dari parameter tersebut dapat mewakili nilai dari *QOS (Quality Of Service)* pada alat yang diuji.

3.4.1 Pengujian *Delay*

Pada pengujian *delay*, yang akan diuji pada alat adalah jenis *packetization delay*. *Delay* akan dihitung dengan persamaan dibawah ini.

$$Delay = \frac{Packet\ Length}{Link\ Bandwidth} \text{ (ms)}$$

Rumus 3.1
Rumus *Delay*

3.4.2 Pengujian *Throughput*

Throughput dalam pengujian alat akan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$Throughput = \frac{Paket\ data\ diterima}{Lama\ Pengamatan} \text{ (bps)}$$

Rumus 3.2 Rumus
Throughput

3.4.3 Pengujian *Packet Loss*

Packet loss dalam pengujian alat akan mencari presentasi paket yang hilang dengan melakukan komunikasi data. *Packet loss* dalam penelitian ini akan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$Packet\ loss = \frac{P_{sent} - P_{loss}}{P_{sent}} \times 100\%$$

Rumus 3.3 Rumus
Persentase *Packet Loss*

Packet Loss = Presentase *Packet Loss* (%)

Psent = paket yang dikirim

Ploss = Jumlah paket yang hilang

3.4.4 Pengujian *Jitter*

Jitter dalam pengujian alat bertujuan untuk mencari variasi-variasi dari panjang antrian saat pengujian pada waktu pengolahan data dan pada waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan. Akan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$J = \frac{D_{var.}}{P_{rec.}}$$

Rumus 3.4
Rumus *Jitter*

J = *Jitter*

Dvar. = total variasi *delay* yang terjadi

Prec. = total paket yang diterima

3.4.5 Pengujian Jarak Jangkuan Komunikasi

Penarikan data untuk hasil pengujian jarak jangkuan komunikasi, akan diambil menggunakan aplikasi *WiFi Analyzer* yang menggunakan *smartphone* untuk mengambil data pengujian, langkah pengambilan data yaitu dengan instalasi aplikasi pada *smartphone* pengguna untuk menguji seberapa jarak tempuh, lalu pada salah satu *smartphone* yang akan digunakan dalam pengujian dengan jarak setiap satu meter, aplikasi akan menunjukkan *Attenuation (-dBm)*, dimana jika *-dBm* semakin besar berarti menunjukkan pelemahan pada *WiFi*.

3.5 Daftar Barang Dan Spesifikasi

Berikut ini adalah daftar barang dan spesifikasi yang akan digunakan untuk membuat alat komunikasi yang baru.

Tabel 3.2 Nama barang dan spesifikasi

No	Nama Barang	Spesifikasi
1	Raspberry Pi 3	<p>SoC: <i>Broadcom BCM2837</i> CPU: <i>4x ARM Cortex-A53, 1.2GHz</i> GPU: <i>Broadcom VideoCore IV</i> RAM: <i>1GB LPDDR2 (900 MHz)</i> Networking: <i>10/100 Ethernet, 2.4GHz 802.11n wireless</i> Bluetooth: <i>Bluetooth 4.1 Classic, Bluetooth Low Energy</i> Storage: <i>microSD</i> GPIO: <i>40-pin header, populated</i> Ports: <i>HDMI, 3.5mm analogue audio-video jack, 4x USB 2.0, Ethernet, Camera Serial Interface (CSI), Display Serial Interface (DSI)</i></p>
2	Micro SD Card	<p><i>Transmission Rate: USB 3.0</i> <i>Read/Write Speed: 80Mbps</i> <i>Work Voltage: 0.5V</i> <i>Capacity: 16 GB (Gigabyte)</i> <i>Features: High Speed, Portable, Easy to Use</i> <i>Size: 1.5cm x 1cm/0.59" x 0.39"</i></p>
3	Adapter Micro SD	-
4	Modem WIFI Smartfren Andromax M2Y	<p><i>Network : CDMA, EVDO, LTE</i> <i>Frequency : 2.4 GHz</i> <i>Max user : 32</i> <i>Baterai : 2000 mAh</i> <i>Dapat dikoneksikan dengan Tablet, PC, Smartphone.</i></p>
5	Smartphone	<p><i>System requirements :</i> <i>Android 2.1 atau versi lebih atas</i> <i>(untuk pengguna Android)</i></p>

		Ios 5.1 atau versi lebih atas (untuk pengguna Ios)
6	Kabel LAN RJ45	-
7	Power Adapter	<i>Voltage : 5 V</i> <i>Ampere : 3A</i> <i>Mini USB</i>

Sumber : Data Penelitian (2019)

Perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan alat komunikasi ini adalah :

1. *Zoiper*
2. *Putty*
3. *Raspbx*
4. *Web Browser*
5. *Wireshark*
6. *Asterisk*
7. *WiFi Analyzer*

3.6 Perbedaan Alat komunikasi Lama Dan Baru

Tabel 3.3 Perbedaan alat komunikasi lama dan baru

Alat Komunikasi Lama	Alat Komunikasi Baru
<ul style="list-style-type: none"> - Memerlukan biaya sewa yang besar - Alat yang digunakan tidak praktis karena memiliki ukuran yang besar - Kualitas suara yang masih kurang bagus - Alat komunikasi masih tidak mendukung pengguna <i>Smartphone</i> - Masih menggunakan fitur radio 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak memerlukan biaya sewa - Alat yang digunakan sangat praktis dibawa kemana-mana (<i>Portable</i>) - Kualitas suara sudah setara dengan telepon biasa - Alat komunikasi mendukung pengguna <i>Smartphone</i> - Alat komunikasi sudah berbasis jaringan <i>internet protocol</i>

Sumber : Data Penelitian (2019)

3.7 Tempat Dan Jadwal Penelitian

Tempat yang dilakukan penelitian, dilakukan pada daerah proyek CV.

Rezeki baru.

Tabel 3.4 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Waktu Kegiatan																							
	September				Oktober				November				Desember				Januari				Februari			
	Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke				Minggu ke			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul																								
Penyusunan BAB I																								
Penyusunan BAB II																								
Penyusunan BAB III																								
Penyusunan BAB IV																								
Penyusunan BAB V																								
Revisi BAB I-V																								
Pengumpulan Skripsi																								

Sumber : Data Penelitian (2019)