

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian eksperimental kuantitatif (quantitative experimental research). Pendekatan ini dipilih sebagai pendekatan yang paling relevan karena memungkinkan peneliti untuk melakukan investigasi hubungan sebab-akibat dalam sebuah lingkungan yang terkontrol. Peneliti dapat melakukan manajemen variabel independen dan mengukur dampaknya terhadap variable dependen. Menurut Sugiyono (2013), metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan.

Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini akan menggunakan desain eksperimen murni (true experimental design). Desain melibatkan tiga kelompok pengujian yang akan dibandingkan:

- a. Pengujian terhadap koneksi antara Laptop dengan PC
- b. Pengujian terhadap koneksi antara PC dengan Smartphone
- c. Pengujian terhadap koneksi antara dua smartphone

Melalui desain ini, variabel-variabel penelitian didefinisikan sebagai berikut:

- a. Variabel Independen (Perlakuan): Implementasi kondisi jaringan antara dua perangkat yang berbeda.
- b. Variabel Dependen (Yang Diukur):
 - Jitter: Variabel kuantitatif yang mengukur rata-rata variasi keterlambatan antar paket data
 - Packet Loss: Variabel kuantitatif yang mengukur persentase paket data yang hilang selama transmisi
 - Delay: Variabel Kuantitatif yang mengukur rata-rata waktu tunda yang dibutuhkan paket untuk pergi dan kembali dari satu titik ke titik lain.
 - Throughput: Variabel kuantitatif yang mengukur rata-rata volume data yang berhasil ditransfer per unit waktu

- Mean Opinion Score (MOS): Variabel kuantitatif yang mengukur persepsi kualitas suara secara numerik, biasanya diukur atau diperkirakan berdasarkan metrik teknis QoS lainnya (skala 1-4).

3.2. Perangkat Penunjang Penelitian

Bagian ini merupakan penunjang dalam melakukan proses penelitian. Beberapa perangkat penunjang yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Hardware dan Software.

1. Perangkat Keras

Perangkat keras mencakup komponen seperti laptop, pc, smartphone, dan raspberry pi yang akan digunakan, dengan spesifikasi minimal perangkat kerasnya ialah perangkat keras yang dapat menggunakan web browser. Berikut adalah rincian perangkat keras yang digunakan bisa dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rincian Perangkat keras (Hardware)

Perangkat Keras	Deskripsi
Laptop	Laptop yang digunakan yaitu Laptop ASUS A451L dengan Processor Intel Core i5-4200U (4 CPUs) @ 2.3GHz dengan RAM 8 GB
PC	PC yang digunakan memiliki spesifikasi seperti berikut: AMD Ryzen 5 3600 6 Core CPU, RAM 16 GB, dan AMD RX 560 4 GB
Raspberry Pi	Komputer single-board seukuran kartu kredit digunakan sebagai server pengendali sistem Asterisk yang memiliki spesifikasi sebagai berikut : Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz, RAM 1GB LPDDR4-2400 SDRAM,
Smartphone	Smartphone yang digunakan diantaranya: Samsung Galaxy A71 (2019), Samsung Galaxy A10 (2019), Samsung Galaxy Tab A (2019).

2. Perangkat Lunak

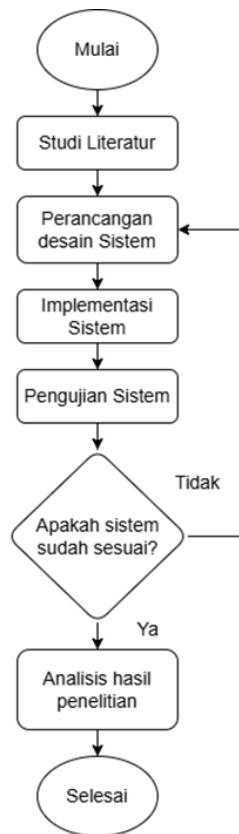
Perangkat lunak mencakup pengembangan sistem softphone dan juga sistem asterisk. Berikut merupakan rincian dari perangkat lunak yang digunakan dan deskripsinya bisa dilihat pada Tabel 3. 2.

Tabel 3.2 Rincian Perangkat Lunak (Software)

Perangkat Lunak	Deskripsi
Visual Studio Code	Visual Studio Code digunakan untuk pengembangan sistem softphone.
Ionic	Framework yang digunakan untuk pengembangan sistem softphone.
SIP.js	Library yang digunakan softphone untuk dapat terhubung ke sistem Asterisk.
Wireshark	Perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis lalu lintas jaringan secara mendalam.
SIPp	Perangkat lunak yang digunakan untuk menguji konektivitas perangkat yang terhubung secara bersamaan, seperti banyak maksimal koneksi yang dapat didukung.

3.3. Alur Penelitian

Dalam sebuah penelitian, sangatlah penting untuk mengatur dan menentukan alur penelitian dengan baik. Hal ini bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan penelitian dan memastikan setiap tahap berjalan secara sistematis. Berikut merupakan alur penelitian dari implementasi softphone sebagai platform komunikasi dalam lingkungan penelitian, yang ditunjukkan dengan diagram pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Berdasarkan diagram alur penelitian tersebut, dapat diuraikan setiap langkah dalam penelitian sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur terhadap topik yang berhubungan dengan penelitian ini. Referensi studi literatur diambil dari berbagai sumber seperti Google Scholar, IEEE, dan halaman website dari software yang digunakan. Referensi yang digunakan berupa jurnal dan buku, baik nasional maupun internasional, yang relevan dan berkaitan dengan penelitian ini.

2. Perancangan Desain Sistem

Pada tahap ini, dibuat rancangan desain untuk sistem softphone yang akan digunakan sebagai platform komunikasi. Desain sistem ini dirancang berdasarkan kebutuhan pengguna serta hasil studi literatur yang telah dilakukan. Beberapa aspek yang diperhatikan dalam perancangan ini meliputi arsitektur sistem, alur komunikasi, serta fitur-fitur utama yang akan disematkan dalam sistem. Kebutuhan pengguna dirancang sebaik mungkin, termasuk penyimpanan data panggilan, manajemen kontak, serta mekanisme koneksi ke server SIP. Diagram alur dan

Fikri Irfaan Syihab, 2025

RANCANG BANGUN SISTEM KOMUNIKASI DALAM JARINGAN LAN MENGGUNAKAN FRAMEWORK ASTERISK DI DALAM RASPBERRY PI 4

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

desain database dibuat untuk menggambarkan struktur sistem serta hubungan antar komponen dalam sistem softphone.

3. Implementasi Sistem

Pada tahap ini, sistem softphone diimplementasikan berdasarkan desain yang telah dirancang sebelumnya. Arsitektur sistem dikembangkan agar dapat terhubung dengan server komunikasi VoIP dan memungkinkan pengguna untuk melakukan panggilan suara maupun video. Selain itu, sistem keamanan dan autentikasi diterapkan untuk menjaga kerahasiaan data pengguna. Sistem dikembangkan menggunakan framework yang mendukung komunikasi real-time, serta diintegrasikan dengan protokol SIP untuk memastikan interoperabilitas dengan berbagai perangkat dan jaringan. Pengembangan dilakukan secara bertahap dengan fokus pada fungsionalitas utama, seperti registrasi pengguna, pengelolaan kontak, pengaturan jaringan, serta monitoring kualitas panggilan.

4. Pengujian Sistem

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem softphone dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian. Beberapa pengujian yang dilakukan meliputi pengujian fungsionalitas untuk setiap fitur yang telah dikembangkan, pengujian kegunaan untuk menilai kemudahan penggunaan oleh pengguna, serta pengujian parameter QoS untuk mengukur kualitas layanan komunikasi, seperti latensi, jitter, dan paket loss dalam jaringan VoIP.

5. Verifikasi Sistem

Dalam tahap ini hasil yang telah didapat dari pengujian sistem akan diverifikasi untuk mengetahui sistem yang dibuat sudah sesuai atau tidak dengan desain yang telah dirancang.

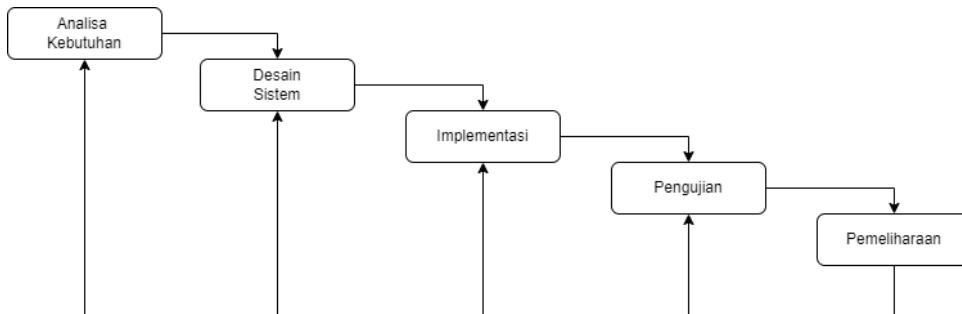
6. Analisis Hasil Penelitian

Pada tahap terakhir dilakukan analisis dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan kesimpulan pada hasil yang didapat.

3.4. Desain Penelitian

Desain penelitian merupakan teknik pengumpulan data yang digunakan untuk keperluan menyusun karya ilmiah. Pada penelitian ini desain penelitian menggunakan model waterfall. Model waterfall membuat pengembangan

perangkat lunak secara sistematik dan berurutan. Setiap fase harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke fase selanjutnya dengan tidak tumpang tindih antar fase. Metode pengembangan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah.



Gambar 3.2 Desain rancangan sistem model waterfall

Uraian dari lima tahapan model waterfall yaitu:

1. Analisa kebutuhan

Analisa kebutuhan adalah fase untuk mengumpulkan informasi mengenai kebutuhan dari penelitian. Menganalisa kebutuhan penelitian dari model sistem yang akan dibuat. Seperti software, database, arsitektur, dan fitur yang nantinya perlu dirancang untuk memenuhi kebutuhan pengguna. Kebutuhan pengguna akan dianalisa dan menghasilkan fitur-fitur yang akan diterapkan pada sistem.

2. Desain Sistem

Desain sistem adalah proses mengubah informasi dari analisis kebutuhan menjadi fitur-fitur yang dapat diimplementasikan. Untuk mencapai desain sistem terdapat beberapa hal dipersiapkan mulai dari arsitektur aplikasi web yang akan digunakan pada web juga userflow atau alur pengguna dari fitur yang diimplementasikan. Kebutuhan pengguna nantinya akan dirancang menjadi sebuah fitur pada desain sistem. Dalam konteks sistem VoIP, maka kebutuhan yang ada contohnya, seperti kebutuhan agar komunikasi suara dapat terjalin dengan baik dan didengar oleh penerima, kita akan mengembangkan fitur untuk inisiasi panggilan dan fitur untuk transmisi serta penerimaan audio. Selesainya fitur tersebut dalam desain dan implementasinya kedalam sebuah sistem VoIP yang terhubung dan fungsional, maka sistem inilah yang nantinya akan digunakan dalam penelitian ini.

3. Implementasi

Pada fase implementasi, desain yang telah dibuat akan diterapkan ke dalam aplikasi Android. Setelah semua fitur dirancang, mereka akan digabungkan menjadi satu sistem VoIP yang terintegrasi dan saling terhubung. Pada pengembangan aplikasi ini, penulis akan menggunakan framework Ionic untuk membuat antarmuka pengguna. SIP.js digunakan dalam pengembangan fitur komunikasi suara antar pengguna. Pengembangan dilakukan secara bertahap dengan fokus pada fungsionalitas inti, seperti komunikasi suara dan komunikasi teks.

4. Pengujian

Tahap pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian.. Akan dilakukan beberapa pengujian meliputi pengujian fungsionalitas pada setiap fitur yang dibuat, pengujian kegunaan untuk menguji kemudahan dan efisiensi sistem yang digunakan oleh pengguna, dan pengujian parameter QoS.

5. Pemeliharaan

Pemeliharaan adalah fase merawat sistem agar server dan penggunaan dapat berjalan baik dan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

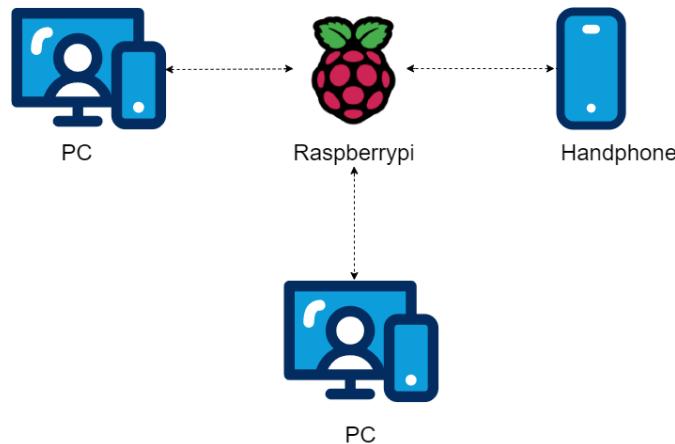
3.5. Implementasi Sistem

3.5.1. Arsitektur dan fitur-fitur sistem

Pada sistem komunikasi yang dikembangkan untuk penelitian ini, server asterisk yang berfungsi sebagai sistem pengelolaan hubungan komunikasi VoIP akan dihubungkan dengan sebuah aplikasi softphone pada perangkat android, sehingga dapat memungkinkan perangkat untuk saling berkomunikasi. Aplikasi softphone ini dikembangkan menggunakan framework Ionic untuk antarmuka pengguna atau User Interface (UI) dan berinteraksi dengan Application Programming Interface (API) dari server Asterisk dengan bantuan dari library SIP.js.

Pada gambar 3.3 menampilkan arsitektur kerja perangkat keras dari sistem komunikasi VoIP ini. Sitem tersebut terintegrasi melalui server Asterisk pada perangkat Raspberry Pi, yang berfungsi sebagai sistem pusat pengelolaan komunikasi. Perangkat ini berfungsi sebagai server utama yang menghubungkan

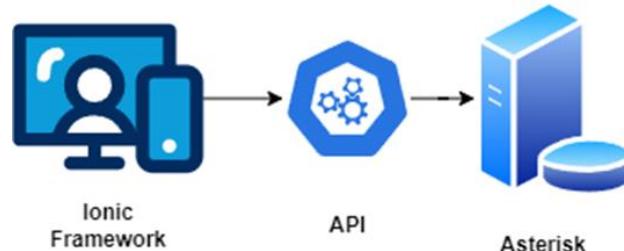
berbagai perangkat klien, seperti komputer, smartphone, maupun aplikasi softphone berbasis web.



Gambar 3.3 Arsitektur Kerja Perangkat Keras

Setiap perangkat terhubung ke Raspberry Pi melalui jaringan lokal. Komunikasi antarperangkat dilakukan menggunakan protokol VoIP yang diatur oleh Asterisk. Dengan bantuan API, server Asterisk mampu menerima dan merespons permintaan dari aplikasi Android, termasuk proses autentikasi pengguna, inisiasi panggilan, serta pertukaran pesan. Dalam arsitektur ini, Raspberry Pi menjadi komponen inti karena perannya sebagai gerbang komunikasi (gateway) yang ringan namun cukup andal untuk mengelola sesi VoIP dalam skala lokal atau terbatas.

Aplikasi Android yang dikembangkan akan memiliki beberapa fitur utama, meliputi autentikasi, halaman home, halaman kontak, halaman panggilan, halaman pesan, dan halaman pengaturan. Gambar 3.4 menyajikan diagram yang memperlihatkan koneksi antara Asterisk dengan aplikasi Android melalui API.



Gambar 3.4 Diagram koneksi API

Application Programming Interface (API) berfungsi sebagai jembatan untuk memproses permintaan dari Asterisk ke aplikasi softphone. Ini memungkinkan

aplikasi memproses perintah yang diminta atau melakukan panggilan. Dalam diagram tersebut, Asterisk berperan sebagai pengelola perangkat, sedangkan aplikasi softphone mengelola antarmuka pengguna dan logika aplikasi. API memastikan pertukaran data yang efisien antara kedua sistem tersebut.

3.5.2. Alur Sistem

Alur sistem pada fitur-fitur yang akan disematkan dapat dibagi ke dalam beberapa kelompok. Untuk penjelasannya adalah sebagai berikut.

1. Autentikasi

Pada sistem softphone yang dikembangkan, autentikasi akun merupakan syarat untuk dapat mengakses sistem. Diagram alur autentikasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5, diawali ketika pengguna mengakses halaman masuk (login). Proses masuk dilakukan dengan mengisi formulir yang memerlukan id pengguna dan kata sandi. Selanjutnya, sistem akan melakukan identifikasi akun. Setelah proses autentikasi berhasil, pengguna akan diarahkan ke halaman utama (beranda).



Gambar 3.5 Diagram Alur Autentikasi

2. Halaman Utama

Pada Gambar 3.6 memperlihatkan diagram alur yang memerinci proses yang menampilkan status akun yang digunakan oleh pengguna pada halaman utama. Diagram ini menggambarkan alur logika sistem dari awal hingga akhir.

Berikut adalah langkah-langkah prosesnya:

- Mengirimkan permintaan ke server

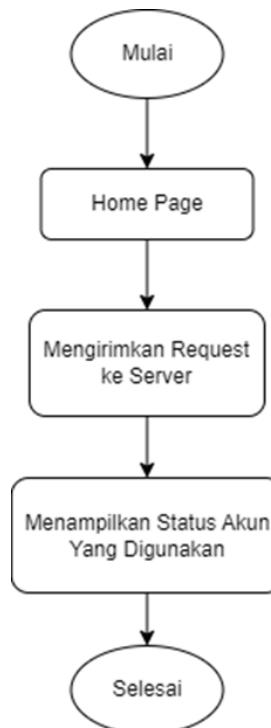
Ketika pengguna mengakses halaman utama, sistem mengirimkan permintaan (request) ke server. Permintaan ini, biasanya berupa HTTP request, mengandung data autentikasi atau token sesi pengguna untuk memastikan validitas akses.

- Menampilkan status akun yang digunakan

Setelah server memproses permintaan dan memverifikasi identitas, maka data status dari akun pengguna akan dikembalikan dalam bentuk yang mudah untuk dipahami seperti nama akun, jenis akun, dan status langganan.

- Selesai

Proses berakhir setelah status akun berhasil ditampilkan. Pengguna dapat melanjutkan ke proses lain atau keluar dari sistem.



Gambar 3.6 Diagram Alur Home Page

3. Halaman Kontak

Fikri Irfaan Syihab, 2025

RANCANG BANGUN SISTEM KOMUNIKASI DALAM JARINGAN LAN MENGGUNAKAN FRAMEWORK ASTERISK DI DALAM RASPBERRY PI 4

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

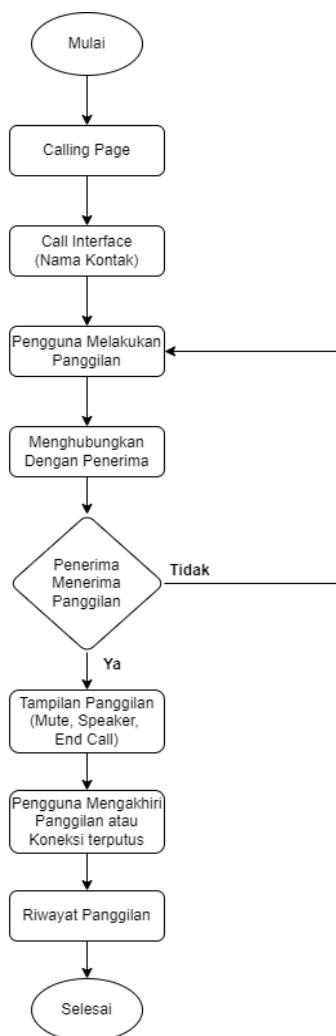
Gambar 3.7 menampilkan diagram alur yang menjelaskan proses sistem dalam menampilkan data akun yang telah terdaftar kedalam sistem. Diagram ini memberikan visualisasi langkah operasional untuk melihat informasi akun yang tersedia.



Gambar 3.7 Diagram Contact Page

4. Halaman Panggilan

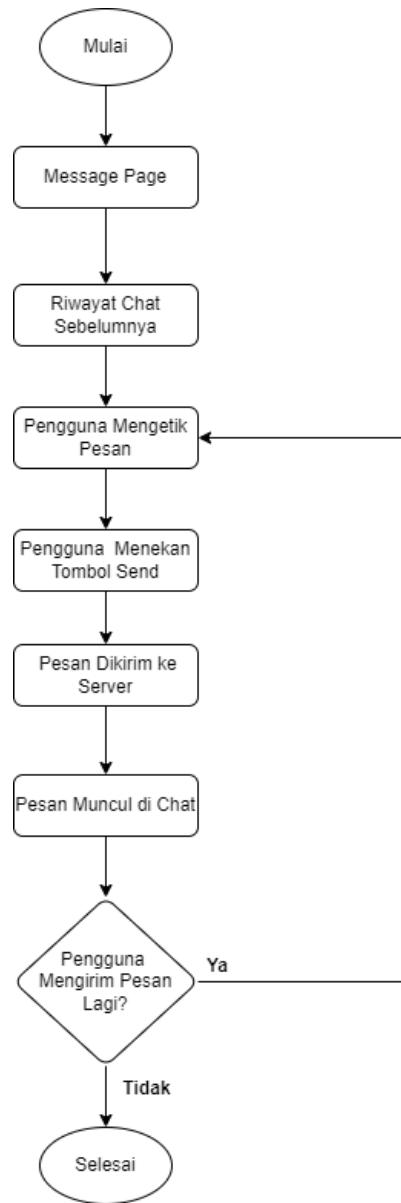
Pada gambar 3.8 terlihat diagram alur sistem dalam menampilkan fitur panggilan. Fitur panggilan dapat diakses melalui halaman panggilan kemudian pengguna dapat menggunakan user id yang tersedia pada halaman kontak untuk melakukan panggilan. Pada halaman tersebut terdapat nama kontak, status panggilan, serta kontrol Speaker, Mute, dan End Call.



Gambar 3.8 Diagram Sistem Panggilan

5. Halaman Pesan

Pada gambar 3.9 terlihat diagram alur halaman pesan. fitur pesan, yang diakses melalui tombol Message, akan membawa pengguna ke jendela percakapan lengkap dengan kolom input pesan, tombol kirim, dan riwayat obrolan. Fitur ini mendukung pengiriman teks.



Gambar 3.9 Diagram Sistem Pesan

3.6. Pengujian Sistem

Pada pengujian penelitian ini digunakan metode pengujian Black Box Testing. Black Box Testing merupakan metode untuk melakukan pengujian pada aplikasi perangkat lunak (software) dimana dilakukan pengujian untuk fungsionalitas tanpa melihat dan mengetahui mekanisme atau kode program dari sistem aplikasi. Pengujian hanya difokuskan pada semua input yang terdapat pada sistem dan menyesuaikannya terhadap output yang diharapkan dari input tersebut. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap 3 aspek, yaitu pengujian fungsional, pengujian kegunaan, dan pengujian parameter QoS.

3.6.1. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah setiap fungsi input yang terdapat pada aplikasi, menghasilkan output yang sesuai dengan yang diharapkan. Di dalam skenario ini, pengujji diminta untuk menguji setiap input yang ada di aplikasi. Setelah memberikan input, pengujji menganalisis apakah output yang muncul sesuai dengan hasil yang diharapkan. Untuk tabel pengujian fungsional dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Pengujian Fungsional

Cakupan	Aksi	Hasil yang Diharapkan	Keterangan
Area fitur yang dilakukan pengujian	Aksi pada fitur yang dilakukan pengujian	Hasil atau output yang diharapkan	Sesuai atau tidak sesuai

Dari hasil pengujian tersebut akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui persentase kelayakan dari seluruh fitur yang tersedia. Perhitungan dapat dilakukan dengan menghitung banyak hasil dari aksi yang sesuai dan dibandingkan dengan total aksi yang dilakukan. Berikut untuk perhitungan yang akan dilakukan.

$$\text{Nilai Persentase Kelayakan} = \frac{\text{Jumlah fitur yang sesuai}}{\text{Total fitur yang diuji}} \times 100\%$$

Dari nilai persentase tersebut dapat dikategorikan pada sebuah skala untuk menentukan nilai kelayakan terhadap sistem yang dibuat. Kategori skala kelayakan ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kategori Kelayakan

Nilai Persentase (%)	Kategori
0-40	Tidak Layak
41-60	Kurang Layak
61-80	Layak
81-100	Sangat Layak

3.6.2. Pengujian Kegunaan

Pengujian kegunaan pada penelitian ini dilakukan menggunakan sistem kuisioner yang diberikan kepada penguji. Penguji pada sistem ini adalah mahasiswa yang ditawarkan untuk mencoba aplikasi web softphone. Kuisioner ini akan diberikan kepada penguji yang telah mencoba untuk menggunakan sistem yang dibuat. Kuisioner akan berisi pernyataan seputar sistem yang dilakukan pengujian dan penguji akan diminta untuk memberikan nilai dengan skala 1 hingga 4. Untuk penjelasan skala nilai dapat dilihat pada tabel 3.5 dimana nilai terendah yaitu 1 yang menyatakan sangat tidak setuju sedangkan nilai tertinggi yaitu 5 yang menyatakan sangat setuju.

Tabel 3.5 Skala Penilaian Pengujian Kegunaan

Nilai	Kategori
1	Sangat Tidak Setuju (STS)
2	Tidak Setuju (TS)
3	Setuju (S)
4	Sangat Setuju (SS)

Dari hasil yang dicatat, maka akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui persentase kelayakan berdasarkan nilai pada setiap pernyataan yang diberikan. Berikut untuk persamannya.

$$\text{Nilai Persentase Kelayakan} = \frac{\text{Skor Observasi}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100\%$$

Skor Observasi

$$= (\text{Jumlah} \times \text{Nilai SS}) + (\text{Jumlah} \times \text{Nilai S}) \\ + (\text{Jumlah} \times \text{Nilai TS}) + (\text{Jumlah} \times \text{Nilai STS})$$

Skor Tertinggi = Total Responden \times Skor SS

3.6.3. Pengujian Parameter QoS

Quality of Service (QoS) merupakan serangkaian klasifikasi kemampuan suatu jaringan dalam memberikan layanan yang baik dengan memastikan ketersediaan bandwidth, serta mengatasi masalah seperti jitter, delay, dan packet loss. QoS menjadi tantangan besar dalam jaringan berbasis IP dan internet secara umum karena pentingnya menjaga kualitas transmisi data di tengah kemacetan lalu lintas jaringan. Menurut berbagai sumber QoS adalah teknologi yang memungkinkan pengelolaan performa layanan jaringan, khususnya pada jaringan WAN, agar pengguna tetap mendapatkan pengalaman yang memuaskan. QoS juga didefinisikan sebagai efek kolektif dari kinerja layanan yang menentukan tingkat kepuasan pengguna. Delay (latency), jitter, packet loss, dan throughput merupakan beberapa parameter yang menggambarkan kualitas dan karakteristik layanan jaringan terhadap trafik yang melawannya (Yanto, 2013).

Terdapat kategori standar penilaian QoS berdasarkan standar TIPHON. Tabel 3.6 menunjukkan kategori standar dari penilaian QoS. Untuk mendapatkan nilai QoS pada sebuah sistem perlu dilakukan perhitungan rata-rata nilai indeks dari seluruh parameter yang dilakukan pengujian.

Tabel 3.6 Persentase dan Kategori QoS

Nilai Indeks	Persentase QoS	Kategori
3,8 – 4	95 – 100 %	Sangat Baik
3 – 3,79	75 – 94,75 %	Baik
2 – 2,99	50 – 74,75 %	Jelek
1 – 1,99	25 – 49,75 %	Sangat Jelek

a. Parameter Packet loss

Fikri Irfaan Syihab, 2025

RANCANG BANGUN SISTEM KOMUNIKASI DALAM JARINGAN LAN MENGGUNAKAN FRAMEWORK ASTERISK DI DALAM RASPBERRY PI 4

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Packet Loss merupakan parameter yang dimana menjelaskan suatu kondisi yang memperlihatkan jumlah totak paket data yang hilang, peristiwa ini dapat terjadi karena collision dan congestion pada jaringan. Collision merupakan peristiwa dimana beberapa perangkat dalam segmen jaringan yang sama mengirimkan data secara bersamaan dimana data bertabrakan dan rusak sehingga data tidak dapat dipakai kemudian data dibuang oleh perangkat penerima. Sedangkan congestion merupakan peristiwa yang terjadi ketika node jaringan menerima lalu lintas yang berlebihan dan tidak dapat memprosesnya sehingga paket-paket yang masuk akan di-drop karena tidak ada ruang untuk menampungnya. Untuk kualitas suara yang dapat diterima, packet loss sebaiknya kurang dari 1%. Untuk pengalaman terbaik, idealnya 0% packet loss dalam lingkungan LAN. Packet loss bahkan di bawah 1% dapat mulai menyebabkan artefak audio yang dapat didengar (Yanto., 2013). Kategori untuk menentukan *packet loss* dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Kategori *Packet Loss*

Kategori	<i>Packet Loss</i>	Nilai Indeks
Sangat Baik	0 – 2 %	4
Baik	3 – 14 %	3
Normal	15 – 24 %	2
Jelek	> 25 %	1

Untuk mendapatkan nilai persentase *packet loss* dapat menggunakan perhitungan:

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket data terkirim} - \text{Paket data diterima}}{\text{Paket data terkirim}} \times 100\%$$

b. Parameter Delay (Latency)

Delay atau latency merupakan parameter yang dipakai untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan sebuah data dalam perjalannya untuk sampai dari pengirim kepada penerima. Semakin kecil nilai delay menunjukkan kualitas yang semakin baik. Kategori untuk parameter *delay* dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Kategori *Delay*

Kategori	<i>Delay</i> (ms)	Nilai Indeks
Sangat Baik	< 150	4
Baik	150 – 300	3
Normal	300 – 450	2
Jelek	> 450	1

Untuk mendapatkan nilai *delay* dapat menggunakan perhitungan:

$$\text{Delay} = \frac{\text{Jumlah Delay}}{\text{Jumlah Paket data diterima}}$$

c. Parameter Jitter

Jitter atau variasi kedatangan paket, hal ini diakibatkan oleh variasasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan jitter. Dalam sistem VoIP yang baik jitter sebaiknya berada dikisaran dibawah 30ms. Jitter diatas nilai ini menghasilkan suara yang terputus-putus. Dalam LAN yang optimal, jitter bisa mendekati 0 ms hingga beberapa milidetik (misalnya, <10 ms). Jitter lazimnya disebut variasi delay ,berhubungan erat dengan latency, yang menunjukkan banyaknya variasi delay pada transmisi data di jaringan. Kategori untuk menentukan *Jitter* dapat dilihat pada Tabel 3.9. (Yanto., 2013).

Tabel 3.9 Kategori *Jitter*

Kategori	<i>Jitter</i> (ms)	Nilai Indeks
Sangat Baik	0 ms	4
Baik	0 – 75	3
Normal	75 – 125	2
Jelek	125 – 225	1

Persamaan perhitungan jitter :

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Paket yang diterima}}$$

Total variasi delay diperoleh dari :

$$\text{Total variasi delay} = (\text{Delay}_2 - \text{Delay}_1) + (\text{Delay}_3 - \text{Delay}_2) + \dots$$

$$+ (Delay n - Delay(n - 1))$$

d. Parameter Throughput

Throughput merupakan kecepatan transfer data efektif, yang diukur dalam bit per second (bps). Throughput merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. Nilai throughput VoIP sangat tergantung pada jenis codec yang digunakan. Misalnya, codec G.711 atau ulaw membutuhkan bandwidth sekitar 87.2 kbps per panggilan satu (termasuk overhead RTP/UDP/IP), sementara codec G.729 hanya membutuhkan sekitar 31.2 kbps. Dalam jaringan LAN dengan kecepatan 100 Mbps atau 1 Gbps. Kategori untuk menentukan *throughput* dapat dilihat pada Tabel 3.10. ((Yanto, 2013).

Tabel 3.10 Kategori *Throughput*

Kategori	Throughput	Nilai Indeks
Sangat Baik	100%	4
Baik	75%	3
Normal	50%	2
Jelek	<25%	1

Persamaan perhitungan throughput :

$$Throughput = \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{Lama pengamatan}}$$

3.7. Instalasi Sistem Operasi Raspberry Pi

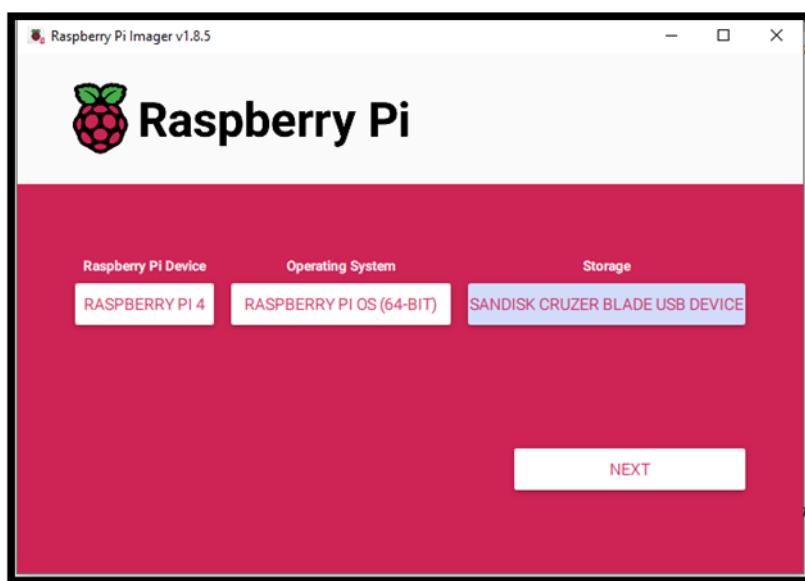
Sebelum digunakan Raspberry Pi perlu dipasangi dengan sistem operasi yang sesuai agar bisa berfungi sesuai dengan kebutuhan. Salah satu sistem operasi yang umum digunakan adalah Raspberry Pi OS, yang dirancang secara khusus untuk perangkat ini. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam instalasi Raspberry Pi OS yang akan digunakan sebagai dasar konfigurasi sistem pada penelitian ini :

1. Unduh Raspberry Pi Imager

Langkah Pertama yang dilakukan adalah mengunduh aplikasi raspberry pi imager yang dapat diakses di <https://www.raspberrypi.com/software>. Pengguna perlu memilih versi aplikasi yang sesuai dengan sistem operasi komputer yang digunakan, seperti Windows, macOS, atau Linux. Setelah berhasil diunduh, aplikasi tersebut kemudian diinstal hingga proses instalasi selesai dan siap dijalankan.

2. Menginstal sistem operasi ke kartu microSD

Setelah Raspberry Pi Imager diinstal maka pengguna dapat menggunakan aplikasi tersebut untuk menginstall sistem operasi ke kartu microSD, Gambar 3.10 memperlihatkan tampilan dari aplikasi Raspberry Pi Imager.



Gambar 3.10 Tampilan Raspberry Pi Imager

Kemudian dapat dilanjutkan dengan menuliskan sistem operasi. Pertama, masukkan microSD ke komputer melalui card reader. Kemudian jalankan aplikasi Raspberry Pi Imager. Klik tombol "Choose OS" dan pilih Raspberry Pi OS (32-bit)

Fikri Irfaan Syihab, 2025

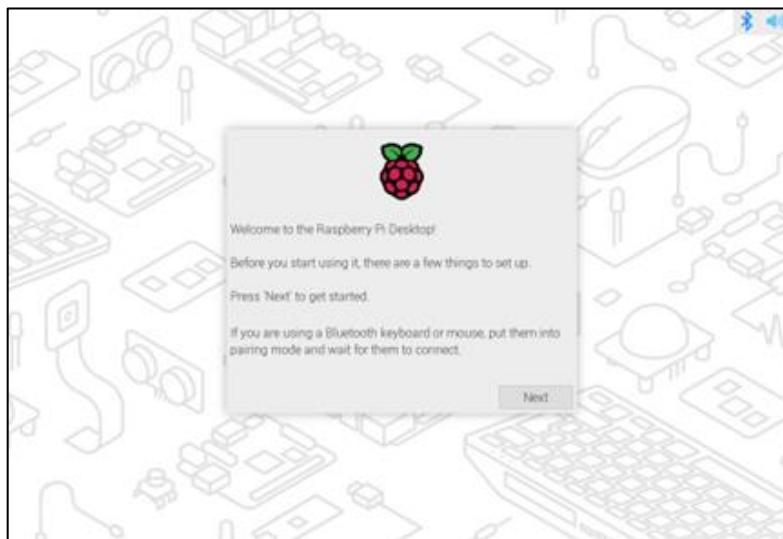
RANCANG BANGUN SISTEM KOMUNIKASI DALAM JARINGAN LAN MENGGUNAKAN FRAMEWORK ASTERISK DI DALAM RASPBERRY PI 4

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

atau sistem operasi lain sesuai kebutuhan penggunaan. Selanjutnya, klik "Choose Storage" untuk memilih microSD yang terhubung ke komputer. Setelah konfigurasi selesai, klik tombol "Write" untuk memulai proses penulisan sistem operasi. Tunggu beberapa waktu untuk proses penulisan. Setelah selesai, lakukan eject microSD dengan aman sebelum mencabutnya dari komputer.

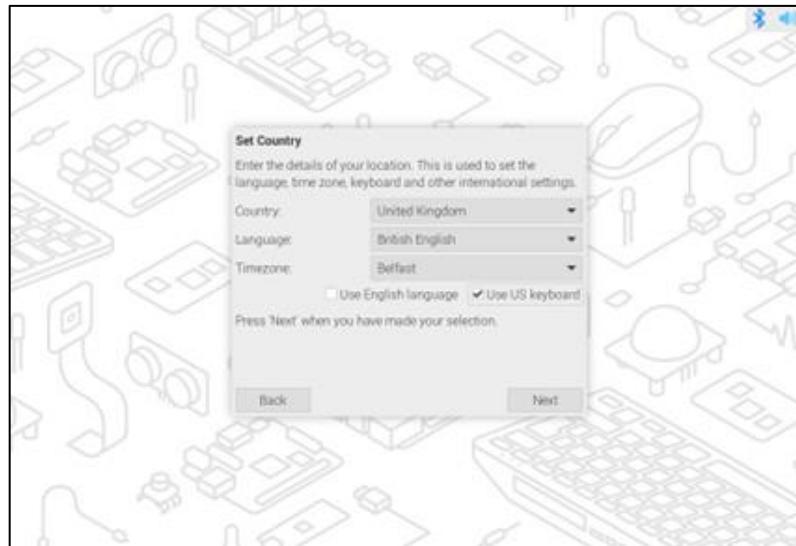
3. Instalasi sistem operasi pada Raspberry Pi

Langkah berikutnya adalah menjalankan Raspberry Pi dengan sistem operasi. Masukkan microSD yang telah berisi sistem operasi ke slot microSD pada Raspberry Pi. Selanjutnya, sambungkan Raspberry Pi ke monitor, keyboard, dan mouse. Terakhir, hubungkan daya menggunakan kabel USB-C. Raspberry Pi akan secara segera melakukan proses booting dan menampilkan tampilan instalasi sistem operasi. Gambar 3.11 menampilkan tampilan awal instalasi.



Gambar 3.11 Tampilan Awal Instalasi

Tahap selanjutnya pengguna diarahkan untuk melakukan konfigurasi awal sistem. pengguna diminta untuk memilih bahasa yang digunakan, zona waktu, dan koneksi jaringan Wi-Fi. Selanjutnya, dibuat nama pengguna dan kata sandi untuk akses ke sistem. Setelah semua tahap tersebut selesai, Raspberry Pi siap digunakan. Gambar 3.12 Menampilkan tahapan zona lokasi pengguna. Kemudian Gambar 3.13 Menampilkan pembuatan nama pengguna dan password.



Gambar 3.12 Tampilan Konfigurasi Zona Negara



Gambar 3.13 Tampilan Instalasi Nama Pengguna

3.8. Instalasi Asterisk

Instalasi dan konfigurasi asterisk dapat dilakukan pada raspberry pi dengan sistem operasi yang terbaru. Proses ini memerlukan koneksi internet serta akses ke terminal Raspberry Pi. Untuk referensi teknis, panduan juga dapat dilihat melalui repositori GitHub pada alamat berikut <https://github.com/InnovateAsterisk/Browser-Phone>. Pengeditan file konfigurasi dilakukan menggunakan nano atau editor teks lain yang mendukung akses terminal.

Berikut adalah langkah-langkah instalasi Asterisk pada Raspberry Pi:

1. Memperbarui Sistem Operasi

Jalankan perintah berikut untuk memperbarui dan meng-upgrade sistem:

- sudo apt update && sudo apt upgrade -y

2. Menginstal depedensi yang dibutuhkan Asterisk

Instal berbagai pustaka dan tool penting:

- sudo apt install -y build-essential libxml2-dev libncurses5-dev uuid-dev libjansson-dev libssl-dev libedit-dev

3. Mengunduh dan Mengekstrak Source Code Asterisk

Masuk ke direktori /usr/src lalu unduh Asterisk versi terbaru:

- cd /usr/src
- sudo wget http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/asterisk/asterisk-20-current.tar.gz
- sudo tar xvf asterisk-20-current.tar.gz
- cd asterisk-20*/

4. Menjalankan Skrip Prasyarat Instalasi

Instal semua prasyarat yang dibutuhkan oleh Asterisk:

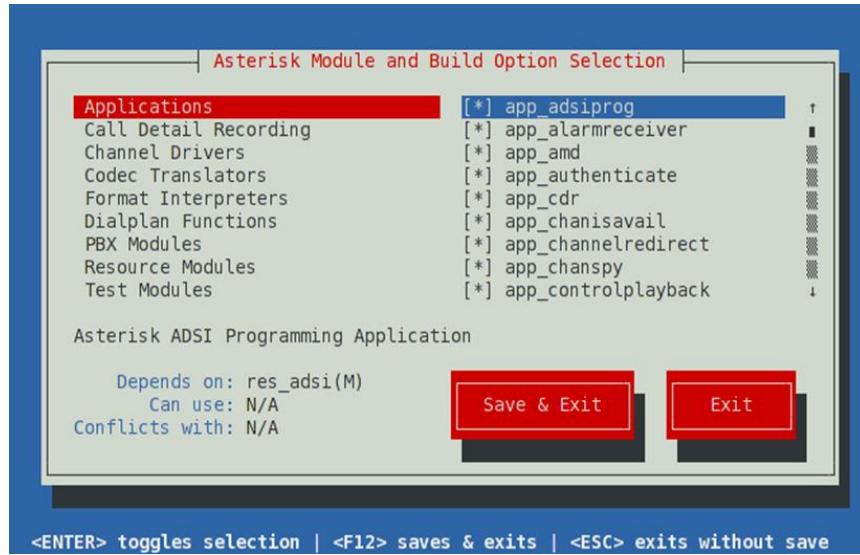
- sudo contrib/scripts/install_prereq install

5. Konfigurasi dan Pemilihan Modul Asterisk

Jalankan konfigurasi awal:

- sudo ./configure
- sudo make menuselect

Pada menu ini, pastikan modul res_http_websocket dan pjproject diaktifkan, karena keduanya penting untuk komunikasi berbasis WebSocket. Gambar 3.14 Menampilkan tampilan menuselect.



Gambar 3.14 Tampilan Menuselect

6. Kompilasi dan Instalasi Asterisk

Setelah konfigurasi selesai, jalankan perintah berikut untuk membangun dan menginstal Asterisk:

- sudo make
- sudo make install
- sudo make samples
- sudo make config

Dengan langkah-langkah diatas , Asterisk dapat berhasil diinstal dan siap digunakan.

3.9. Konfigurasi WebRTC dan PJSIP

Agar Asterisk dapat menggunakan komunikasi berbasis WebRTC, diperlukan beberapa tahapan konfigurasi. mulai dari pembuatan sertifikat SSL hingga penambahan ekstensi panggilan.

1. Membuat sertifikat SSL

Sertifikat SSL dibutuhkan untuk mengamanakan komunikasi antara klien WebRTC dan server Asterisk. Proses ini dimulai dengan masuk ke direktori /etc/asterisk/keys menggunakan perintah:

- cd /etc/asterisk/keys
- sudo ./ast_tls_cert -C <ip-atau-domain-anda> -O "MyCompany" -d /etc/asterisk/keys

2. Konfigurasi modul HTTP.conf

Konfigurasi dilakukan pada file /etc/asterisk/http.conf dengan menambahkan baris berikut:

- [general]
- enabled=yes
- bindaddr=0.0.0.0
- bindport=8088
- tlsenable=yes
- tlsbinaddr=0.0.0.0:8089
- tlscertfile=/etc/asterisk/keys/asterisk.pem
- tlspvtkey=/etc/asterisk/keys/asterisk.key

Kemudian, pada file /etc/asterisk/modules.conf, modul WebSocket diaktifkan dengan menambahkan:

- load => res_http_websocket.so

3. Konfigurasi PJSIP

Penambahan konfigurasi dilakukan pada file /etc/asterisk/pjsip.conf. Bagian pertama adalah konfigurasi transport untuk WebSocket Secure (WSS):

- [transport-wss]
- type=transport
- protocol=wss
- bind=0.0.0.0

Sebagai contoh dapat ditambahkan contoh konfigurasi endpoint user:

- [6001]
- type=endpoint
- context=from-internal
- disallow=all
- allow=opus,ulaw,vp8
- auth=6001
- aors=6001
- webrtc=yes

- [6001]
- type=auth
- auth_type=userpass
- username=6001
- password=6001pass

- [6001]
- type=aor
- max_contacts=1

4. Menambahkan Ekstensi

Langkah terakhir, ditambahkan konfigurasi ekstensi panggilan. Ekstensi ini akan menjawab panggilan dan memutar file suara bawaan "hello-world":

- [from-internal]
- exten => 1000,1,Answer()
- same => n,Playback(hello-world)
- same => n,Hangup()

Dengan konfigurasi ini, asterisk telah diinstal dan dikonfigurasikan sehingga dapat menerima koneksi dari klien WebRTC melalui protokol WSS yang memungkinkan komunikasi suara secara real-time melalui browser.

3.10. Instalasi Softphone

Untuk menguji softphone dengan sistem Asterisk melalui komunikasi berbasis WebRTC yang telah dikonfigurasi sebelumnya. Kemudian pada Raspberry Pi juga akan menghosting softphone menggunakan Nginx agar dapat diakses melalui browser. Proses instalasi mencakup beberapa tahap, mulai dari pengunduhan aplikasi hingga konfigurasi Nginx sebagai server web.

1. Instalasi Softphone

Langkah pertama dimulai dengan membuka terminal dan berpindah ke direktori atas menggunakan perintah:

- cd ..

Selanjutnya, aplikasi softphone diunduh dari GitHub menggunakan perintah:

- sudo git clone <https://github.com/Fiksian/SoftPhone.git>

Kemudian, instalasi Node.js dilakukan karena dibutuhkan oleh framework Ionic:

- sudo apt install nodejs

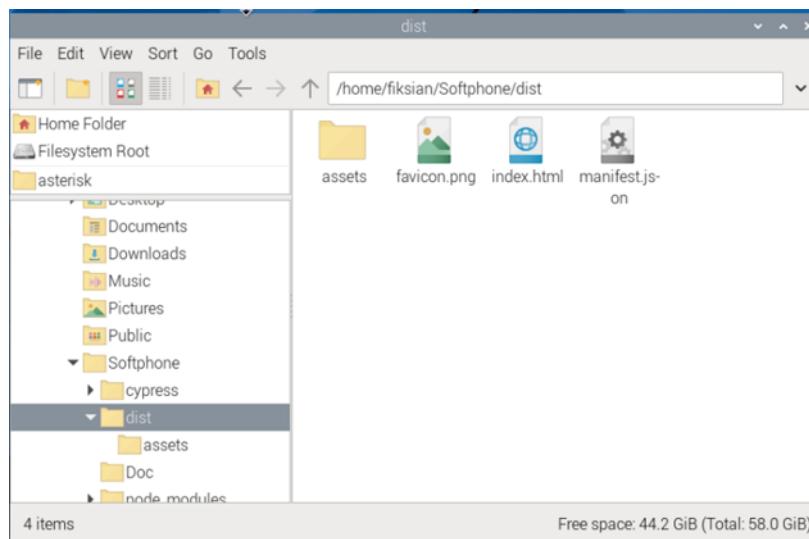
Framework Ionic kemudian dipasang secara global:

- sudo npm install -g @ionic/cli

Masuk ke dalam direktori proyek kemudian lakukan proses build:

- cd /home/(user)/SoftPhone-Master
- sudo ionic build

Dari hasil proses build akan menghasilkan folder *dist*, yang dimana berisikan file statis dari HTML, CSS, dan JavaScript yang siap di-deploy. Gambar 3.15 menunjukkan struktur folder hasil build aplikasi softphone.



Gambar 3.15 Tampilan Folder Dist

2. Instalasi Nginx

Setelah aplikasi berhasil dibangun, langkah selanjutnya adalah memasang dan mengatur Nginx sebagai server web. Proses instalasi sebagai berikut:

- sudo apt install nginx

Sebelum menyalin file build, direktori default Nginx dibersihkan terlebih dahulu:

- sudo rm -rf /var/www/html/*

Kemudian salin seluruh isi folder dist ke direktori web Nginx:

- sudo cp -r /home/(user)/SoftPhone-Master/dist/* /var/www/html/

Konfigurasi virtual host Nginx dilakukan dengan mengedit file:

- sudo nano /etc/nginx/sites-available/default

Contoh konfigurasi dasar untuk mendukung HTTPS dengan sertifikat dari Asterisk adalah sebagai berikut:

```

server {
    listen 80;

    server_name example.com www.example.com;
    return 301 https://$host$request_uri;
}

server {
    listen 443 ssl;

    server_name example.com www.example.com;

    ssl_certificate /etc/asterisk/keys/asterisk.pem;
    ssl_certificate_key /etc/asterisk/keys/asterisk.key;

    root /var/www/html;
    index index.html;

    location / {
        try_files $uri $uri/ /index.html;
    }
}

```

Pastikan file konfigurasi tersebut diaktifkan dengan membuat symlink:

- sudo ln -s /etc/nginx/sites-available/default /etc/nginx/sites-enabled/default

Lakukan pengujian pada konfigurasi dan muat ulang layanan nginx:

- sudo nginx -t

sudo systemctl restart nginx