

**IMPLEMENTASI DAN ANALISIS KINERJA AOIP
MENGUNAKAN JARINGAN LOKAL NIRKABEL
DI RADIO BADRATUN FM**

TUGAS AKHIR

Oleh:

**SYAHRUL RIZQI
NIM. 190705081**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknologi Informasi**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2026 M / 1447 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS KINERJA AOIP MENGUNAKAN JARINGAN LOKAL NIRKABEL DI RADIO BADRATUN FM

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada **Fakultas Sains dan Teknologi**
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Ilmu Teknologi Informasi

Oleh:

SYAHRUL RIZQI

NIM. 190705081

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknologi Informasi

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Malahayati, M.T

NIP. 198301272015032003


Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M

NIP. 198301042014031002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknologi Informasi


Malahayati, M.T

NIP. 198301272015032003

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS KINERJA AOIP MENGUNAKAN JARINGAN LOKAL NIRKABEL DI RADIO BADRATUN FM

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S1) Dalam
Program Studi Teknologi Informasi

Pada Hari/Tanggal: Rabu, 10 Juni 2026

24 Dzulhijjah 1447

Di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasah Tugas Akhir:

Ketua,

Sekretaris,


Malahayati, M.T

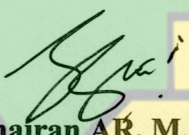
NIP. 198301272015032003


Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M

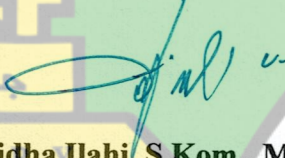
NIP. 198301042014031002

Penguji I,

Penguji II,


Khairan AR, M.Kom

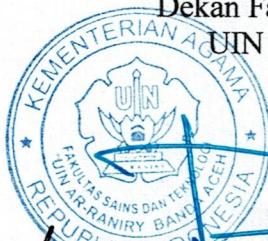
NIP. 198607042014031001

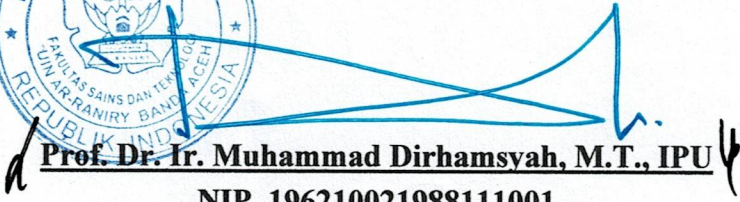

Ridha Ilahi, S.Kom., M.T

NIP. 197905302014031001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh,




Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU

NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syahrul Rizqi

NIM : 190705081

Program Studi : Teknologi Informasi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Tugas Akhir : Implementasi Dan Analisis Kinerja AoIP Menggunakan Jaringan Lokal Nirkabel Di Radio Badratun FM

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenakan sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 03 Juli 2026

Yang Menyatakan,



Syahrul Rizqi

ABSTRAK

Nama : Syahrul Rizqi
Nim : 190705081
Program Studi : Teknologi Informasi
Judul : Implementasi Dan Analisis Kinerja AoIP Menggunakan Jaringan Lokal Nirkabel Di Radio Badratun FM

Tanggal Sidang :

Jumlah Halaman : 54 Halaman

Pembimbing 1 : Malahayati, M.T

Pembimbing 2 : Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M

Perkembangan teknologi jaringan komputer telah membawa perubahan pada sistem distribusi audio dalam industri penyiaran radio. Salah satu teknologi yang mulai diterapkan adalah Audio over IP (AoIP), yaitu sistem transmisi audio digital melalui jaringan komputer. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem Audio over IP (AoIP) berbasis jaringan *wireless point-to-point* sebagai solusi pengganti Studio Transmitter Link (STL) analog di Radio Badratun FM serta menganalisis kinerja jaringan berdasarkan parameter Quality of Service (QoS). Sistem dibangun menggunakan perangkat MikroTik, TP-Link CPE605, dan perangkat lunak Voicemeeter dengan konfigurasi jaringan *wireless point-to-point* pada frekuensi 5 GHz dan bandwidth 20 MHz dengan jarak komunikasi sekitar 1,2 kilometer. Pengukuran QoS dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark dengan parameter throughput, jitter, dan packet loss melalui 10 kali pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem AoIP berhasil diimplementasikan dan mampu mentransmisikan audio secara stabil dari studio menuju pemancar utama. Berdasarkan hasil pengukuran QoS diperoleh nilai rata-rata throughput sebesar 1,825,60 Kbps, jitter sebesar 2,14561 ms, dan packet loss sebesar 3,42%. Berdasarkan standar QoS yang digunakan, ketiga parameter tersebut termasuk dalam kategori Bagus. Selain itu, hasil evaluasi terhadap output audio menunjukkan bahwa suara yang diterima terdengar jelas, stabil, serta tidak mengalami gangguan yang signifikan seperti *audio dropout*, distorsi, maupun *noise* selama proses transmisi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jaringan *wireless point-to-point* yang digunakan mampu mendukung transmisi audio real-time dengan kualitas layanan dan kualitas audio yang baik, sehingga layak digunakan sebagai alternatif pengganti STL analog pada stasiun radio siaran.

Kata kunci: *Audio over IP (AoIP), Studio Transmitter Link (STL), Quality of Service (QoS), wireless point-to-point, Wireshark.*

ABSTRACT

Nama : Syahrul Rizqi
Nim : 190705081
Program Studi : Information Technology
Judul : Implementation and Performance Analysis of AoIP Using a Wireless Local Network at Radio Badratun FM

Tanggal Sidang :

Jumlah Halaman : 54 Halaman

Pembimbing 1 : Malahayati, M.T

Pembimbing 2 : Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M

The advancement of computer network technology has transformed audio distribution systems in the radio broadcasting industry. One of the technologies increasingly adopted is Audio over IP (AoIP), which enables digital audio transmission over computer networks. This study aims to design and implement an Audio over IP (AoIP) system based on a wireless point-to-point network as an alternative to the conventional analog Studio Transmitter Link (STL) at Radio Badratun FM, as well as to evaluate network performance using Quality of Service (QoS) parameters. The system was developed using MikroTik, TP-Link CPE605, and Voicemeeter software, configured on a wireless point-to-point network operating at 5 GHz with a 20 MHz bandwidth over a communication distance of approximately 1.2 kilometers. QoS measurements were conducted using Wireshark based on three parameters: throughput, jitter, and packet loss, through ten experimental trials. The results show that the proposed AoIP system was successfully implemented and was able to transmit audio stably from the studio to the main transmitter. The average QoS values obtained were 1,825.60 Kbps for throughput, 2.14561 ms for jitter, and 3.42% for packet loss. Based on the QoS standard adopted in this study, all three parameters were classified as Good. Furthermore, the evaluation of the audio output indicated that the received audio was clear, stable, and free from significant interruptions such as audio dropouts, distortion, or noticeable noise during transmission. These findings demonstrate that the proposed wireless point-to-point network is capable of supporting real-time audio transmission with good network performance and satisfactory audio quality, making it a feasible alternative to conventional analog STL systems in radio broadcasting.

Keywords: Audio over IP (AoIP), Studio Transmitter Link (STL), Quality of Service (QoS), wireless point-to-point, Wireshark.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan baik dan lancar. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan dan cahaya Islam.

Dengan izin dan pertolongan Allah SWT, penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Implementasi dan Analisis Kinerja AOIP Menggunakan Jaringan Lokal Nirkabel Di Radio Badratun FM”**. Penulis berharap bahwa tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknologi jaringan dan sistem penyiaran radio berbasis IP.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh. Penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari berbagai bantuan, dukungan, bimbingan, dan doa dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua terhebat penulis, Ayahanda dan Ibunda yang selalu mendoakan, memberikan semangat, serta kasih sayang yang tiada henti dalam setiap langkah penulis. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh keluarga besar atas nasihat, motivasi, dan dukungan yang telah membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Keluarga besar penulis, yang senantiasa memberikan dukungan, doa, dan motivasi dalam setiap proses perjalanan hidup penulis. Kehadiran kalian menjadi sumber kekuatan, semangat, serta pengingat bagi penulis untuk terus berusaha menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya.
3. Ibu Malahayati, M.T., selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M selaku Pembimbing II, yang dengan sabar dan tulus memberikan

arahan, bimbingan, masukan, dan motivasi selama proses penyusunan tugas akhir ini. Ilmu dan pengalaman yang Bapak dan Ibu bagikan sangat membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

4. Penulis juga menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para dosen pembimbing akademik yang telah mendampingi selama masa studi, yaitu Dr. Hendri Ahmadian yang telah memberikan bimbingan serta arahan akademik yang sangat berharga.
5. Ketua Program Studi, Ibu Malahayati, M.T., Sekretaris Program Studi Bapak Khairan AR, M.Kom., Bapak/Ibu Dosen Pengajar pada Program Studi Teknologi Informasi, serta Staf Program Studi, Ibu Cut Ida Rahmadiana, S.Si. yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan dukungan administratif selama penulis menempuh pendidikan.
6. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh, Bapak Prof. Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.T., IPU., atas dukungan dan fasilitas akademik yang kondusif selama masa studi penulis.
7. Diri penulis sendiri, yang telah berusaha keras, berkomitmen, dan tidak mudah menyerah meskipun menghadapi berbagai tantangan dan kendala dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajian. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, peneliti, serta semua pihak yang berkepentingan, dan dapat menjadi kontribusi kecil dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang Teknologi Informasi. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, keberkahan, dan keridhaan-Nya kepada kita semua. Aamiin ya Rabbal ‘alamin.

Banda Aceh, 01 Juli 2026

Penulis,

Syahrul Rizqi

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Komunikasi Penyiaran Radio.....	8
2.3 <i>Studio Transmitter Link</i> (STL).....	8
2.4 <i>Audio over IP</i> (AoIP)	9
2.5 Jaringan Komputer	11
2.5.1 Jenis-Jenis Jaringan Komputer.....	12
2.5.2 <i>Wireless Local Area Network</i> (WLAN).....	14
2.5.3 Jaringan Nirkabel <i>Point-to-Point</i>	14
2.5.4 Perangkat Jaringan	15
2.6 <i>Quality of Service</i> (QoS)	16
2.7 Kerangka Berpikir	19
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Tahapan Penelitian	20
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2.1 Tempat Penelitian.....	20
3.2.2 Waktu Penelitian	21
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.3.1 <i>Hardware</i>	21

3.3.2 Software.....	21
3.4 Perancangan Jaringan	22
3.5 Alur Penelitian.....	23
3.6 Implementasi dan Konfigurasi	23
3.7 Pengujian dan Pengumpulan Data <i>Quality of Service</i> (QoS).....	24
3.7.1 Parameter Kinerja Jaringan	24
3.7.2 Penggunaan Aplikasi <i>Wireshark</i>	25
3.7.3 Standardisasi Evaluasi Parameter Kinerja.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Konfigurasi <i>Router</i> Mikrotik.....	27
4.1.1 Konfigurasi IP <i>Client</i>	27
4.1.2 Konfigurasi DHCP Server.....	29
4.1.3 Konfigurasi Simple Queue.....	30
4.2 Perancangan Komunikasi <i>Wireless</i>	33
4.3 Konfigurasi <i>Access Point wireless</i>	33
4.3.1 Konfigurasi Antena Pemancar	33
4.3.2 Konfigurasi Antena Penerima	35
4.4 Instalasi <i>Voicemeeter</i>	39
4.5 Hasil Pengujian	45
4.5.1 <i>Throughput</i>	45
4.5.2 <i>Jitter</i>	47
4.5.3 <i>Packet Loss</i>	50
4.6 Pembahasan.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR GAMBAR

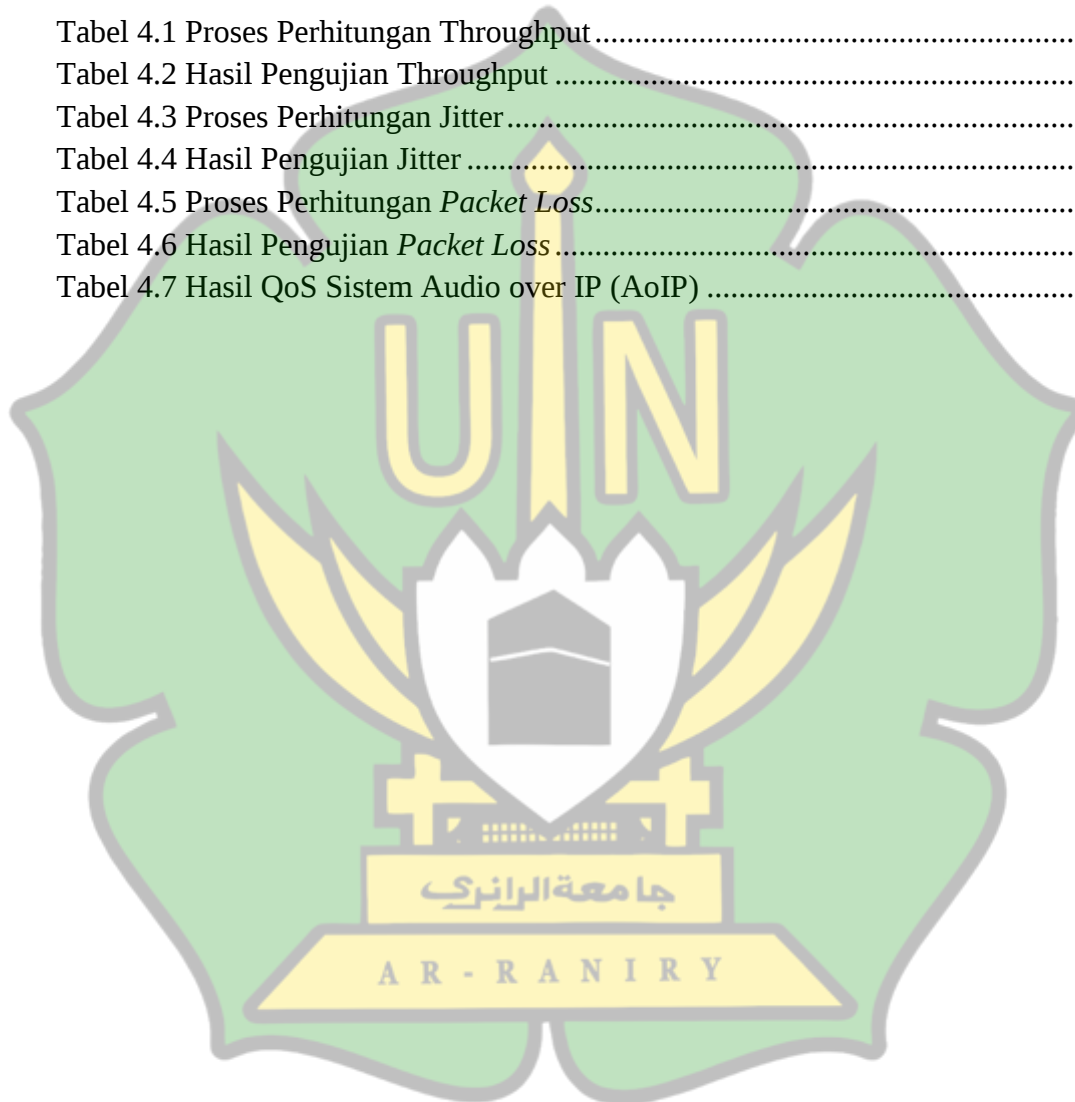
Gambar 2.1 Alur Transmisi audio melalui STL Analog.....	9
Gambar 2.2 Arsitektur Dasar Sistem Audio over IP (AoIP).....	10
Gambar 2.3 Personal Area Network (PAN).....	12
Gambar 2.4 Local Area Network (LAN)	13
Gambar 2.5 Metropolitan Area Network (MAN)	13
Gambar 2.6 Wide Area Network (WAN)	14
Gambar 2.7 Wireless Local Area Network (WLAN)	14
Gambar 2.8 Jaringan Nirkabel Point-to-Point.....	15
Gambar 2.9 Router	16
Gambar 2.10 Kerangka Berfikir.....	19
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	20
Gambar 3.2 Rancangan Penerapan Jaringan.....	22
Gambar 3.3 Alur Penelitian.....	23
Gambar 3.4 Aplikasi Wireshark.....	26
Gambar 4.1 Login Aplikasi Winbox.....	27
Gambar 4.2 Address List.....	28
Gambar 4.3 Penambahan Address pada Interface.....	28
Gambar 4.4 Konfigurasi DHCP	29
Gambar 4.5 DHCP pada Interface Aktif.....	29
Gambar 4.6 IP Address untuk interface	29
Gambar 4.07 Gateway DHCP	30
Gambar 4.8 Address Give Out Interface.....	30
Gambar 4.9 Pengaturan DNS Interface.....	30
Gambar 4.10 Mangle Rule Genaral	31
Gambar 4.11 Mangle Rule	32
Gambar 4.12 Pengaturan IP Simple Queue.....	32
Gambar 4.13 Simple Queue Priority Traffic.....	32
Gambar 4.14 Pengaturan Penempatan Antena.....	33
Gambar 4.15 Login pada Antena Pemancar	33
Gambar 4.16 Pemilihan Mode Access Point I. R. V.....	34
Gambar 4.17 IP Address Access Point Pemancar.....	34
Gambar 4.18 Konfigurasi SSID Pada Antena pemancar	35
Gambar 4.19 Konfirmasi Konfigurasi Pemancar	35
Gambar 4.20 Login pada Antena Penerima	36
Gambar 4.21 Pemilihan Mode Client	36
Gambar 4.22 IP Address Client Penerima	36
Gambar 4.23 Pemilihan SSID Pemancar pada Client.....	37
Gambar 4.24 Tampilan Survey pada Mode Client.....	37
Gambar 4.25 Konfirmasi Konfigurasi Penerima	38
Gambar 4.26 Status pada Antena Penerima	38

Gambar 4.27 Penerapan IP pada Komputer Pengirim	39
Gambar 4.28 Penerapan IP pada Komputer Penerima.....	40
Gambar 4.29 Proses Instalasi Software.....	40
Gambar 4.30 Permintaan Restart Setelah Instalasi Software.....	41
Gambar 4.31 Tampilan Aplikasi Voicemeeter.....	41
Gambar 4.32 Pemilihan Input Audio	42
Gambar 4.33 Audio Input Berhasil Masuk ke Voicemeeter	42
Gambar 4.34 Konfigurasi Output VBAN	43
Gambar 4.35 Konfigurasi Input VBAN	44
Gambar 4.36 Input AoIP dari komputer pengirim Masuk	44



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2.2 Standarisasi Throughput	17
Tabel 2.3 Standarisasi Jitter	18
Tabel 2.4 Standarisasi Packet Loss	18
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	21
Tabel 3.2 Hardware	21
Tabel 3.3 Software	22
Tabel 4.1 Proses Perhitungan Throughput	45
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Throughput	46
Tabel 4.3 Proses Perhitungan Jitter	48
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Jitter	48
Tabel 4.5 Proses Perhitungan <i>Packet Loss</i>	50
Tabel 4.6 Hasil Pengujian <i>Packet Loss</i>	51
Tabel 4.7 Hasil QoS Sistem Audio over IP (AoIP)	52



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radio merupakan teknologi komunikasi berbasis gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk menyampaikan informasi kepada khalayak luas, yang berkembang dari penemuan awal hingga menjadi salah satu media massa elektronik yang berperan penting dalam kehidupan masyarakat. Hingga saat ini, radio tetap relevan di tengah perkembangan media digital karena kemampuannya menyajikan informasi, edukasi, dan hiburan secara *real-time* dengan jangkauan yang luas tanpa memerlukan perhatian visual dari pendengarnya. Selain itu, radio juga memiliki keterkaitan erat dengan berbagai aspek seperti perkembangan teknologi, budaya, dan dinamika sosial yang terus berubah seiring waktu. Oleh karena itu, untuk menjaga kualitas penyampaian informasi kepada publik, diperlukan layanan siaran yang optimal, tidak hanya dari sisi konten, tetapi juga didukung oleh infrastruktur teknis yang tepat (Sinabariba, 2023).

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi di era *modern*, industri penyiaran radio menghadapi persaingan yang semakin ketat, sehingga pengelola radio dituntut untuk terus beradaptasi dan berinovasi agar tetap eksis dan tidak tersingkir. Kemajuan teknologi tidak hanya mendorong peningkatan kualitas konten, tetapi juga menuntut optimalisasi infrastruktur dan sumber daya manusia agar mampu memenuhi standar layanan yang semakin tinggi, terutama dalam menjangkau kebutuhan dan preferensi generasi milenial yang dinamis (Rahayu, 2022).

Dalam sistem penyiaran radio, kualitas layanan tidak hanya ditentukan oleh produksi konten di studio, tetapi juga oleh keandalan proses transmisi dan distribusi sinyal audio menuju pemancar. Proses transmisi radio sendiri merupakan penyampaian sinyal melalui pemancar dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik yang dimodulasi dari sinyal audio, sehingga dapat dipancarkan melalui antena dan diterima oleh masyarakat secara luas. Dalam rantai penyiaran tersebut, *Studio Transmitter Link* (STL) berperan sebagai komponen utama berupa sistem komunikasi point-to-point yang menghubungkan studio produksi dengan stasiun pemancar, yang umumnya berada di lokasi dengan elevasi tinggi untuk

memperluas jangkauan siaran. Karakteristik radio sebagai media massa seperti publikitas, kontinuitas, periodisitas, universalitas, dan aktualitas menuntut sistem transmisi yang stabil dan berkelanjutan. Oleh karena itu, STL menjadi jalur distribusi audio yang sangat krusial, karena gangguan pada sistem ini dapat menyebabkan siaran terputus (*off-air*) dan berdampak langsung pada kualitas layanan serta kredibilitas stasiun radio (Awalia & Desmira, 2024).

Secara konvensional, sistem STL menggunakan teknologi analog berbasis gelombang mikro pada frekuensi radio tertentu. Namun, teknologi ini memiliki beberapa kelemahan, seperti kapasitas pengiriman data yang terbatas, kurang fleksibel dalam pengembangan jaringan, serta kualitas sinyal yang dapat menurun ketika cuaca atau kondisi lingkungan tidak mendukung. Selain itu, penggunaan frekuensi radio pada STL konvensional memerlukan izin penggunaan frekuensi dan biaya yang harus dibayarkan secara berkala. Kondisi tersebut dapat meningkatkan biaya operasional, terutama bagi stasiun radio lokal atau radio komunitas yang memiliki keterbatasan sumber daya (Komdigi, 2026).

Pada Radio Badratun FM, proses distribusi audio dari studio menuju pemancar masih memerlukan sistem transmisi yang stabil agar siaran dapat berlangsung tanpa gangguan. Lokasi studio dan pemancar yang terpisah menyebabkan kebutuhan akan media penghubung atau Studio Transmitter Link (STL) menjadi sangat penting. Namun, penggunaan sistem STL analog memiliki beberapa keterbatasan, seperti biaya operasional yang relatif tinggi, kebutuhan perizinan frekuensi, serta potensi terjadinya gangguan sinyal selama proses transmisi. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi transmisi audio yang lebih efisien, fleksibel, dan mampu mendukung kebutuhan siaran radio secara real-time.

Adanya perkembangan teknologi jaringan berbasis *Internet Protocol* (IP), muncul pendekatan baru dalam distribusi audio, yaitu *Audio over IP* (AoIP). AoIP merupakan teknologi yang memungkinkan transmisi sinyal audio dalam bentuk data digital melalui jaringan komputer, baik jaringan lokal maupun jaringan luas (Fauzi et al., 2022). Dengan memanfaatkan protokol jaringan seperti RTP dan UDP, AoIP mampu mengirimkan audio secara *real-time* dengan kualitas tinggi, serta menawarkan fleksibilitas dan efisiensi biaya dibandingkan sistem analog. Dalam

industri penyiaran modern, AoIP telah menjadi fondasi penting dalam membangun sistem distribusi audio yang lebih *scalable* dan terintegrasi (Amaliah et al., 2025).

Penerapan AoIP sebagai pengganti STL memerlukan infrastruktur jaringan yang mampu menjamin kualitas transmisi secara *real-time*. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah jaringan nirkabel *point-to-point* (PtP), yaitu sistem komunikasi yang menghubungkan dua titik secara langsung menggunakan gelombang radio. Teknologi ini menjadi alternatif yang efektif terutama pada lokasi yang tidak terjangkau jaringan kabel seperti serat optik. Selain itu, jaringan nirkabel PtP memiliki keunggulan dalam hal kemudahan implementasi dan biaya yang lebih rendah, serta dapat beroperasi menggunakan izin kelas sehingga lebih sederhana dari sisi regulasi (Andre, 2026).

Namun demikian, implementasi AoIP melalui jaringan nirkabel tidak terlepas dari tantangan teknis, khususnya terkait dengan kualitas layanan jaringan atau *Quality of Service* (QoS). Transmisi audio siaran bersifat sensitif terhadap penurunan kualitas jaringan. Oleh karena itu, kinerja jaringan diukur melalui empat parameter *Quality of Service* (QoS), yaitu: *throughput* (kapasitas pengiriman data), *jitter* (variasi waktu tunda), dan *packet loss* (paket data yang hilang). Oleh karena itu, analisis QoS menjadi aspek penting dalam mengevaluasi kelayakan penggunaan AoIP sebagai pengganti STL analog (Dhika & Tyas, 2020).

Untuk dapat mengukur dan menganalisis parameter *Quality of Service* (QoS) secara akurat, diperlukan suatu alat bantu yang mampu menangkap dan mengevaluasi lalu lintas data pada jaringan. Salah satu tools yang umum digunakan adalah Wireshark, yaitu perangkat lunak analisis jaringan yang dapat memonitor dan menganalisis paket data secara *real-time*. Penggunaan Wireshark memungkinkan peneliti memperoleh data kuantitatif terkait *throughput*, *jitter*, dan *packet loss* sebagai indikator kinerja jaringan (Restuadi et al., 2024).

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas analisis *Quality of Service* (QoS) pada jaringan nirkabel menggunakan parameter *throughput*, *jitter*, dan *packet loss* dengan bantuan tools seperti Wireshark. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengukuran QoS mampu memberikan gambaran objektif mengenai kinerja jaringan dalam mendukung aplikasi berbasis *real-time*. Salah satu penelitian yang relevan dilakukan oleh Andre (2026) yang membangun jaringan

point-to-point (PtP) menggunakan radio *wireless* dengan sumber daya solar panel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan yang dibangun mampu bekerja secara stabil dengan throughput yang baik, latensi rendah, serta efisiensi daya yang tinggi, sehingga dinilai layak digunakan untuk kebutuhan komunikasi di lokasi terpencil maupun aplikasi *outdoor* lainnya.

Selain itu, penelitian oleh Restuady et al. (2024) juga melakukan analisis QoS jaringan internet menggunakan *Wireshark* 4.0.3 dengan parameter *throughput*, *jitter*, dan *packet loss*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas jaringan berada pada kategori sedang berdasarkan standar TIPHON, dengan *throughput* sebesar 69 Kbps, *packet loss* 0,1% (sangat baik), dan *jitter* 360 ms (buruk). Penelitian ini menegaskan bahwa *Wireshark* merupakan alat yang valid dan reliabel dalam mengukur performa jaringan secara kuantitatif. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada jaringan umum atau konektivitas internet, dan belum secara spesifik mengkaji implementasi AoIP sebagai sistem STL pada lingkungan penyiaran radio.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu penelitian yang tidak hanya merancang dan membangun sistem AoIP sebagai pengganti STL analog menggunakan jaringan nirkabel *point-to-point*, tetapi juga melakukan pengukuran dan analisis kinerja jaringan secara kuantitatif berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem Audio over IP (AoIP) sebagai pengganti Studio Transmitter Link (STL) analog menggunakan jaringan nirkabel *point-to-point* pada stasiun radio siaran Badratun FM?
2. Bagaimana kinerja *Quality of Service* (QoS) dari implementasi sistem AoIP berbasis jaringan nirkabel *point-to-point* di Radio Badratun FM ditinjau dari parameter throughput, jitter, dan packet loss?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan utama, yaitu:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem Audio over IP (AoIP) sebagai pengganti Studio Transmitter Link (STL) analog menggunakan jaringan nirkabel point-to-point pada stasiun radio siaran Badratun FM.
2. Mengukur dan menganalisis kinerja Quality of Service (QoS) dari sistem AoIP berbasis jaringan nirkabel point-to-point di Radio Badratun FM berdasarkan parameter throughput, jitter, dan packet loss menggunakan tools analisis jaringan Wireshark.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan solusi alternatif transmisi audio yang lebih efisien dan ekonomis dibandingkan STL konvensional, serta memberikan data valid mengenai keandalan sistem AoIP yang diimplementasikan.
2. Menjadi referensi atau panduan teknis bagi operator radio dalam melakukan transisi teknologi dari STL analog/frekuensi radio ke teknologi berbasis IP dengan biaya yang lebih terjangkau.
3. Menjadi dasar data atau studi komparatif bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengkaji transmisi audio digital, khususnya dalam optimasi jaringan IP untuk kebutuhan *real-time streaming* profesional.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai analisis kualitas jaringan internet atau *Quality of Service* (QoS) telah banyak dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Analisis QoS membantu dalam mengevaluasi performa jaringan sehingga dapat diketahui apakah jaringan tersebut sudah memenuhi standar yang ditetapkan atau masih perlu dilakukan peningkatan.

Dari berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa kualitas jaringan internet sangat dipengaruhi oleh kapasitas *bandwidth*, kondisi jaringan, serta jumlah pengguna. Hasil analisis QoS dapat digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan performa jaringan agar lebih optimal dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, beberapa ringkasan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik ini dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Penelitian	Metode	Persamaan	Perbedaan	Hasil
Fajar Restuady, Helpi Nopriandi, Aprizal (2024)	QoS Analysis of Internet Networks Faculty of Engineering Islamic University Kuantan Singingi Using Wireshark 4.0.3	Analisis QoS menggunakan Wireshark dengan parameter throughput, delay, packet loss, dan jitter	Sama-sama menganalisis kualitas jaringan menggunakan parameter QoS	Objek penelitian pada jaringan kampus Universitas Kuantan Singingi dan tidak membahas implementasi AoIP atau STL	Throughput sebesar 69 Kbps (baik), packet loss 0,1% (sangat baik), delay 361 ms (sedang), dan jitter 360 ms (buruk). Nilai QoS keseluruhan sebesar 2,5 (kategori sedang) berdasarkan standar TIPHON
Andre (2026)	Membangun Jaringan Point to Point	Perancangan dan implementasi	Sama-sama menggunakan jaringan	Menggunakan solar panel sebagai	Jaringan PtP mampu bekerja stabil

	(PtP) Menggunakan Radio Wireless dengan Sumber Daya Solar Panel	jaringan PtP, analisis kebutuhan, pemilihan perangkat, perhitungan daya, serta pengujian konektivitas	wireless point-to-point sebagai media transmisi data	sumber daya dan tidak membahas analisis QoS secara detail maupun implementasi AoIP atau STL	dengan throughput baik, latensi rendah, serta konsumsi daya efisien. Solar panel mampu menyuplai energi secara berkelanjutan tanpa bergantung pada listrik PLN
Darso, Mohamad Ridho Mubarak, Mohamad Dandi Ramadhan (2024)	Analisa Kinerja Jaringan Nirkabel Universitas AMIKOM Purwokerto Berdasarkan Konsep Quality of Service (QoS)	Analisis QoS dengan parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss menggunakan pengujian end-to-end	Sama-sama menganalisis kualitas jaringan menggunakan parameter QoS	Fokus pada jaringan wireless kampus secara umum dan tidak membahas implementasi AoIP atau jaringan point-to-point	Rata-rata throughput 124 Mbps, delay 122,476 ms, jitter 1011,247 ms, dan packet loss 1,1% dengan kategori kualitas sangat baik berdasarkan standar TIPHON
Adi Wibowo, Ristyo (Tahun tidak dicantumkan)	Perancangan dan Implementasi Jaringan Wireless Point to Point untuk Warga Desa Trimodadi Kec. Abung Selatan	Perancangan dan implementasi jaringan wireless point-to-point menggunakan perangkat MikroTik dan antena grid 5.8 GHz	Sama-sama menggunakan jaringan wireless point-to-point sebagai media transmisi data	Fokus pada penyediaan akses internet di daerah yang belum terjangkau jaringan fiber optik dan tidak membahas analisis QoS maupun implementasi AoIP atau STL	Jaringan point-to-point berhasil dibangun dan mampu menyediakan akses internet bagi masyarakat di daerah yang belum terjangkau jaringan kabel

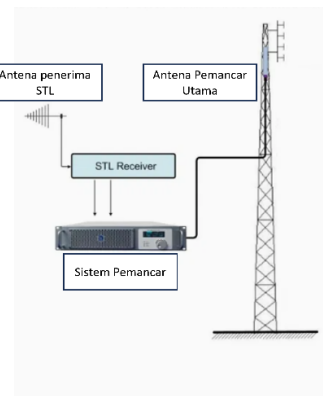
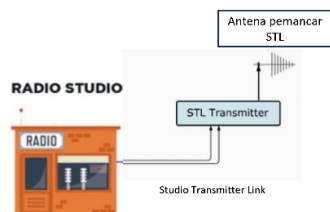
2.2 Komunikasi Penyiaran Radio

Radio merupakan salah satu alat penyiaran tertua yang pernah digunakan manusia dan bekerja dengan prinsip transmisi gelombang elektromagnetik melalui udara. Awalnya, sistem komunikasi berkembang dari penggunaan kabel (*wire*) menuju teknologi nirkabel (*wireless*), di mana radio menjadi salah satu bentuk utamanya. Selain radio, teknologi nirkabel juga mencakup berbagai perangkat seperti telepon seluler, Wi-Fi, LAN nirkabel, WiMAX, komunikasi satelit, hingga *Bluetooth*. Sebagai media komunikasi, radio memiliki keunggulan karena mudah digunakan, relatif murah, dan tidak memerlukan koneksi internet sehingga dapat diakses secara *offline* (Hilmi et al., 2022).

Secara teknis, radio bekerja dengan memodulasi dan memancarkan gelombang elektromagnetik yang dapat merambat tanpa memerlukan medium fisik. Perkembangan teori gelombang elektromagnetik sendiri pertama kali dijelaskan oleh James Clerk Maxwell pada tahun 1873 melalui kajian tentang dinamika medan elektromagnetik. Dalam praktiknya, radio tidak hanya berfungsi sebagai penyampai informasi dan berita, tetapi juga memiliki peran yang kompleks dalam berbagai aspek kehidupan, seperti pendidikan, hiburan, ekonomi, hingga politik. Radio mampu menyajikan siaran langsung (*live*) tanpa proses yang rumit, sehingga menjadikannya sebagai media yang cepat dan adaptif (Atiqoh, 2021).

2.3 Studio Transmitter Link (STL)

Studio Transmitter Link (STL) merupakan sistem komunikasi yang digunakan untuk menghubungkan studio siaran dengan pemancar (*transmitter*) pada stasiun radio. STL berfungsi sebagai jalur distribusi utama sinyal audio dari sumber produksi di studio menuju lokasi pemancar yang biasanya berada pada posisi geografis yang lebih tinggi atau strategis untuk memperluas jangkauan siaran. Dalam implementasinya, STL dapat menggunakan berbagai media transmisi, seperti kabel (*wired*), gelombang radio (*wireless*), maupun jaringan berbasis *Internet Protocol* (IP). Pemilihan teknologi STL sangat bergantung pada kebutuhan kualitas audio, jarak antara studio dan *transmitter*, serta efisiensi biaya operasional (Arenastreaming, 2025).



Gambar 2.1 Alur Transmisi audio melalui STL Analog

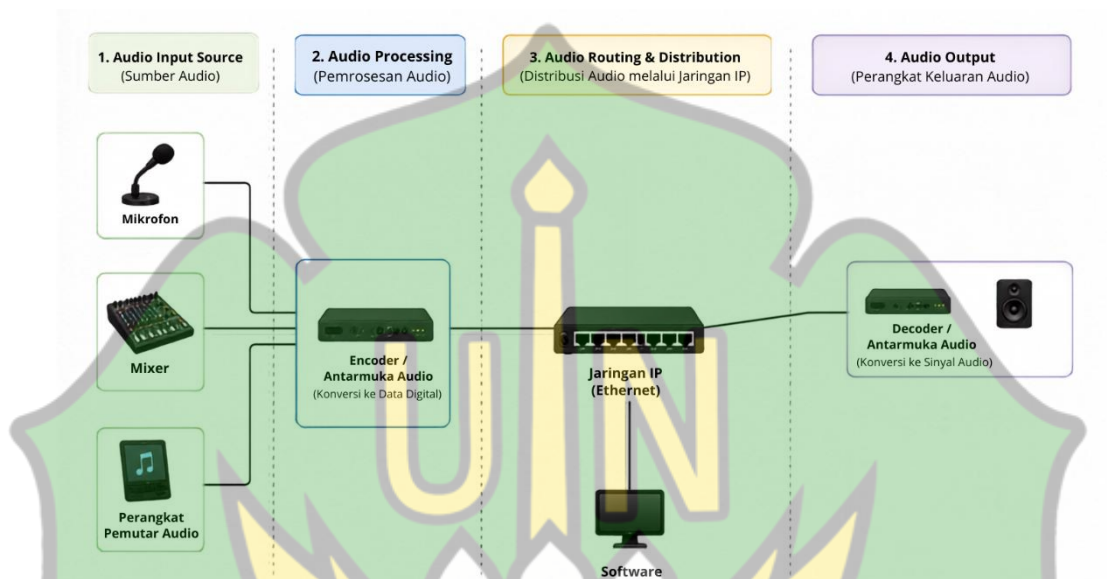
Secara tradisional, STL menggunakan sistem analog berbasis *frekuensi radio* (RF) dengan metode *point-to-point*. Namun, seiring perkembangan teknologi, banyak stasiun radio mulai beralih ke STL digital yang memanfaatkan jaringan IP atau dikenal sebagai *Audio over IP* (AoIP). Teknologi ini memungkinkan pengiriman audio dengan kualitas lebih tinggi, latensi rendah, serta fleksibilitas dalam integrasi dengan sistem jaringan modern (Nindhasari et al., 2026).

2.4 *Audio over IP* (AoIP)

Audio over Internet Protocol (AoIP) merupakan teknologi yang memungkinkan transmisi sinyal audio digital berkualitas tinggi melalui jaringan berbasis *Internet Protocol* (IP), seperti *Ethernet* maupun *internet* (Nevion, 2025). AoIP merupakan pengembangan dari konsep komunikasi berbasis IP yang sebelumnya diterapkan pada *Voice over Internet Protocol* (VoIP). Meskipun sama-sama memanfaatkan jaringan IP sebagai media transmisi, AoIP dirancang untuk menjaga kualitas dan integritas audio dengan latensi rendah sehingga sesuai untuk kebutuhan audio profesional, sedangkan VoIP lebih berfokus pada komunikasi suara yang mengutamakan efisiensi penggunaan bandwidth dan biaya operasional (Danacoid, 2024).

Secara umum, sistem *Audio over Internet Protocol* (AoIP) terdiri atas empat komponen utama, yaitu sumber audio (*audio input source*), pemrosesan audio (*audio processing*), distribusi audio melalui jaringan IP (*audio routing and distribution*), serta perangkat keluaran audio (*audio output*). Sumber audio, seperti mikrofon, mixer, atau perangkat pemutar audio, menghasilkan sinyal audio yang kemudian diproses dan dikonversi menjadi data digital oleh encoder atau antarmuka

audio. Data digital tersebut selanjutnya dikirim dalam bentuk paket IP melalui jaringan Ethernet yang berperan sebagai media distribusi audio. Pada sisi penerima, decoder atau antarmuka audio mengubah kembali paket IP menjadi sinyal audio yang kemudian diteruskan ke perangkat keluaran, seperti speaker atau sistem pemancar siaran (Abletek, 2024). Arsitektur dasar sistem AoIP ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Arsitektur Dasar Sistem Audio over IP (AoIP)

Penerapan *Audio over Internet Protocol* (AoIP) memberikan berbagai manfaat bagi stasiun radio, terutama dalam meningkatkan fleksibilitas distribusi audio melalui jaringan IP yang terintegrasi. Teknologi AoIP memungkinkan transmisi dan penerimaan audio digital secara *real-time* dengan kualitas tinggi melalui jaringan Ethernet maupun internet, sehingga mendukung distribusi audio jarak jauh dan multikanal secara lebih efisien. Selain itu, penggunaan AoIP dapat mengurangi ketergantungan terhadap kabel audio konvensional karena proses distribusi audio dilakukan melalui jaringan IP, yang berdampak pada berkurangnya biaya instalasi dan pemeliharaan infrastruktur. AoIP juga mendukung integrasi berbagai perangkat audio dan penyiaran yang menggunakan standar terbuka maupun protokol populer, seperti AES67, Dante, Ravenna, dan Livewire, sehingga memudahkan interoperabilitas antarperangkat dari berbagai vendor (Lee et al., 2023).

Teknologi AoIP telah digunakan pada berbagai lembaga penyiaran di dunia maupun di Indonesia. Sebagai contoh, Radio Republik Indonesia (RRI) memanfaatkan jaringan IP untuk mendukung distribusi audio antara studio dan pemancar di beberapa wilayah (Travelya & Desmira, 2024). Selain itu, beberapa lembaga penyiaran internasional seperti British Broadcasting Corporation (BBC) di Inggris dan Australian Broadcasting Corporation (ABC) di Australia juga memanfaatkan jaringan berbasis IP, internet, dan serat optik sebagai bagian dari sistem distribusi siaran berjaringan mereka (Stekom, 2025).

Pemanfaatan jaringan IP dalam distribusi audio menunjukkan penerapan AoIP yaitu teknologi yang mengirimkan audio digital melalui jaringan IP. Berbeda dengan sistem STL konvensional yang umumnya menggunakan gelombang mikro atau jalur komunikasi khusus, AoIP memanfaatkan jaringan komputer atau internet yang sudah tersedia. Hal ini membuat AoIP lebih fleksibel, mudah dikembangkan, dan lebih efisien dalam distribusi audio. Selain itu, AoIP dapat digunakan untuk mengirimkan audio dalam jarak yang jauh, baik antar ruangan, antar gedung, antar kota, maupun antar negara selama tersedia koneksi jaringan yang memadai. Oleh karena itu, AoIP menjadi salah satu solusi yang efektif untuk menghubungkan studio dan pemancar yang berada di lokasi yang berbeda (Guo & Li, 2020).

Salah satu implementasi *Audio over Internet Protocol* (AoIP) yang digunakan dalam penelitian ini adalah VBAN (*VB-Audio Network*). VBAN merupakan protokol yang dikembangkan oleh VB-Audio untuk mentransmisikan audio digital secara *real-time* melalui jaringan berbasis *Internet Protocol* (IP), terutama pada jaringan *Local Area Network* (LAN). Protokol ini memanfaatkan *User Datagram Protocol* (UDP) sebagai media transmisi sehingga mampu mengirimkan audio dengan latensi rendah dan kualitas tinggi. Dibandingkan beberapa implementasi AoIP lainnya, VBAN dirancang dengan konsep yang ringan, sederhana, serta mudah diimplementasikan pada berbagai perangkat tanpa memerlukan server khusus (Sramp, 2025).

2.5 Jaringan Komputer

Jaringan pada komputer merupakan konektifitas antar komputer yang saling terhubung satu sama lain baik dengan kabel atau nirkabel. Fungsinya adalah agar komputer dapat saling terhubung dari satu komputer dengan komputer yang lain

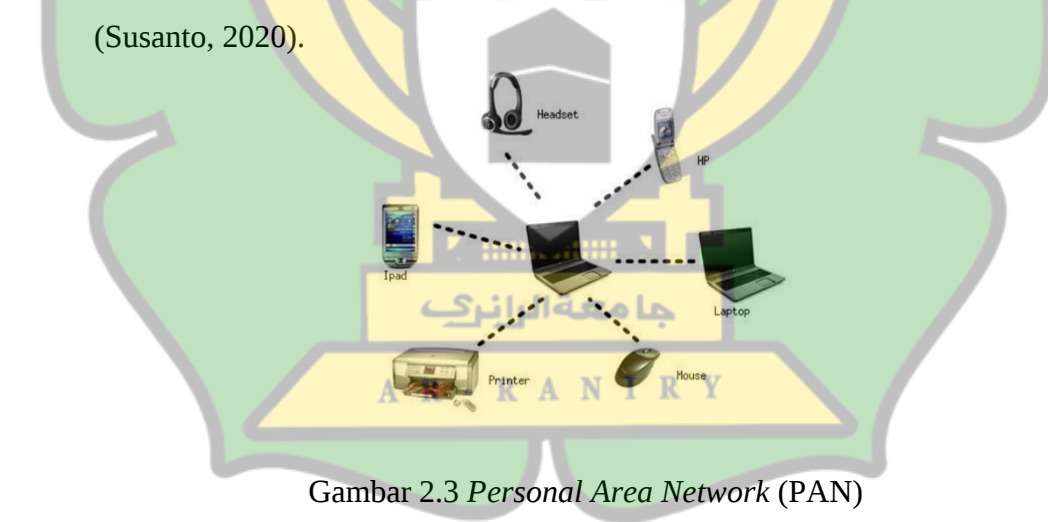
dan dapat saling bertukar data satu sama lain. Internet adalah salah satu contoh ilustrasi semacam itu, setiap komputer yang terhubung dapat mengelola data sendiri secara mandiri dan komputer juga dapat satu sama lain saling mengirim dan menerima data melalui internet, tetapi tidak dapat untuk mengontrol komputer lain secara keseluruhan (Fikri & Djuniadi, 2021).

2.5.1 Jenis-Jenis Jaringan Komputer

Menurut Susanto (2020), jaringan komputer dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan cakupan wilayahnya, yaitu *Personal Area Network* (PAN), *Local Area Network* (LAN), *Metropolitan Area Network* (MAN), dan *Wide Area Network* (WAN).

a. *Personal Area Network* (PAN)

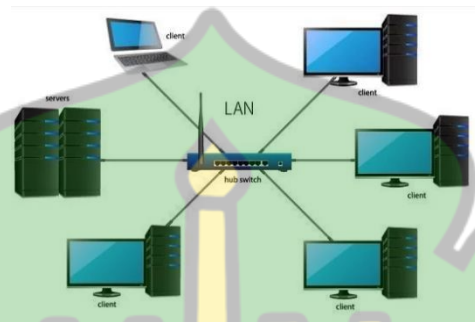
Personal Area Network (PAN) merupakan jaringan komputer dengan cakupan sangat terbatas yang digunakan untuk menghubungkan perangkat elektronik dalam jarak dekat, biasanya dalam lingkup pribadi. Jaringan ini memungkinkan pertukaran data antar perangkat seperti komputer, telepon genggam, tablet, dan printer. Contoh penerapannya adalah koneksi antara komputer dengan printer atau penggunaan Bluetooth untuk menghubungkan perangkat secara nirkabel (Susanto, 2020).



Gambar 2.3 *Personal Area Network* (PAN)

b. *Local Area Network* (LAN)

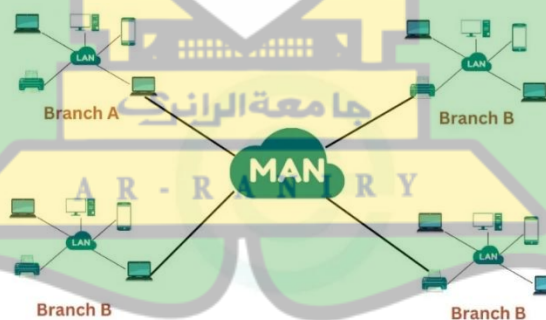
Local Area Network (LAN) adalah jaringan komputer dengan cakupan area yang relatif kecil, seperti dalam satu gedung, kantor, sekolah, atau rumah. Jaringan ini dikelola oleh satu pihak atau organisasi tertentu sehingga pengaturan dan pengelolaannya dapat dilakukan secara mandiri oleh pemilik jaringan. LAN umumnya digunakan untuk berbagi data, sumber daya, dan koneksi internet dalam area terbatas (Buana et al., 2023).



Gambar 2.4 *Local Area Network (LAN)*

c. *Metropolitan Area Network (MAN)*

Metropolitan Area Network (MAN) merupakan jaringan komputer dengan cakupan lebih luas dibandingkan LAN, yaitu meliputi suatu wilayah kota atau area metropolitan. Jaringan ini digunakan untuk menghubungkan beberapa LAN yang berada di lokasi berbeda namun masih dalam satu wilayah yang sama (Sari & Lala, 2026).

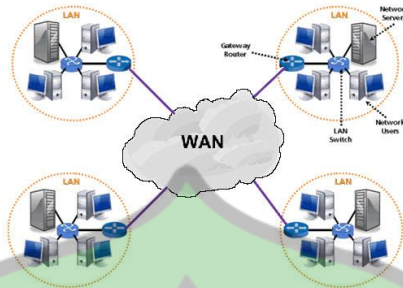


Gambar 2.5 *Metropolitan Area Network (MAN)*

d. *Wide Area Network (WAN)*

Wide Area Network (WAN) adalah jaringan komputer dengan cakupan sangat luas yang dapat menghubungkan wilayah antar kota, antar provinsi, hingga antar

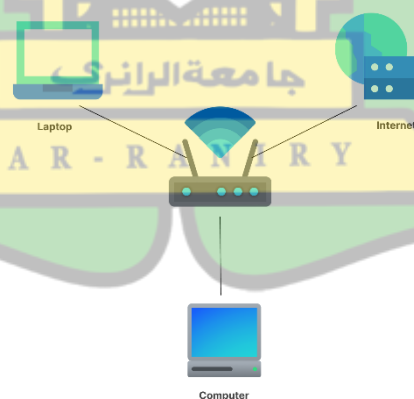
negara. WAN biasanya memanfaatkan perangkat seperti router serta infrastruktur komunikasi publik, dengan internet sebagai contoh paling umum dari implementasinya (Buana et al., 2023).



Gambar 2.6 *Wide Area Network (WAN)*

2.5.2 *Wireless Local Area Network (WLAN)*

Jaringan WLAN adalah teknologi untuk mentransmisikan data atau jaringan komputer tanpa bentangan kabel fisik. Media transmisi yang digunakan adalah gelombang radio. Penggunaan WLAN banyak diimplementasikan karena banyaknya daerah yang memiliki kesulitan medan akan pemasangan atau penarikan kabel jaringan fisik. Standarisasi protokol *wireless* menggunakan protokol yang di keluarkan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, yaitu standar protokol 802.11. protokol ini dirancang untuk mengatur beberapa standar, meliputi spectrum frekuensi, *bandwidth*, hingga kecepatan pengiriman data (Wibowo & Ristyo, 2020).



Gambar 2.7 *Wireless Local Area Network (WLAN)*

2.5.3 *Jaringan Nirkabel Point-to-Point*

Infrastruktur telekomunikasi modern menuntut efisiensi dalam menghubungkan dua lokasi geografis yang terpisah tanpa harus terhambat oleh

kerumitan bentangan kabel fisik. Jaringan nirkabel *Point-to-Point* (PTP) adalah metode koneksi komunikasi nirkabel di mana satu perangkat transmisi (titik akses/pemancar) terhubung secara eksklusif dan dua arah dengan satu perangkat klien (penerima). Karena jalur komunikasi radio ini hanya melibatkan dua titik utama tanpa terbagi ke klien lain, distribusi kapasitas data menjadi sangat optimal, efektif, dan keamanan aliran datanya jauh lebih terjaga (Wibowo & Ristyo, 2020).



Gambar 2.8 Jaringan Nirkabel *Point-to-Point*

Dalam mengoptimalkan transmisi lalu lintas *Internet Protocol* (IP) melalui frekuensi radio, jaringan *point-to-point* (PTP) modern memanfaatkan perangkat keras cerdas seperti *routerboard* khusus yang berfungsi sebagai sistem komputasi terintegrasi untuk menangani proses perutean, pengelolaan trafik, dan kontrol jaringan secara efisien. Selain itu, penerapan protokol routing berbasis *bridge* memungkinkan terbentuknya jalur transmisi data virtual yang mampu menghubungkan dua jaringan lokal yang terpisah secara geografis, sehingga keduanya dapat beroperasi seolah-olah berada dalam satu segmen jaringan IP yang sama dan memudahkan integrasi serta pertukaran data secara lebih efektif (Muh & Aksa, 2018).

2.5.4 Perangkat Jaringan جامعة الرانيري

1. Router

Router merupakan perangkat jaringan yang berfungsi untuk menghubungkan beberapa jaringan serta mengatur proses pengiriman paket data antar jaringan. Dalam menjalankan fungsinya, *router* menggunakan mekanisme yang disebut routing, yaitu proses penentuan jalur terbaik untuk mengirimkan paket data dari sumber ke tujuan. Proses ini didasarkan pada tabel *routing* yang tersimpan dalam memori *router*, sehingga paket data dapat diarahkan melalui *rute* yang paling efisien (Nurazizah, 2022).



Gambar 2.9 Router

2. Access Point (AP)

Access Point (AP) merupakan perangkat keras jaringan nirkabel yang berfungsi sebagai titik akses untuk menghubungkan berbagai perangkat ke dalam satu jaringan (LAN). Perangkat ini berperan sebagai jembatan komunikasi antar perangkat dalam jaringan, sehingga memungkinkan perangkat-perangkat tersebut saling terhubung tanpa menggunakan kabel. Secara prinsip kerja, *access point* mengintegrasikan komponen *transceiver* dan antena yang mampu memancarkan serta menerima sinyal data secara simultan. Dengan demikian, *access point* mendukung mobilitas pengguna dalam mengakses jaringan secara fleksibel (Puspitasari et al., 2025).



Gambar 2.10 Access Point

2.6 Quality of Service (QoS)

Dalam lalu lintas jaringan komputer, infrastruktur *Internet Protocol* (IP) dirancang menggunakan prinsip *Best-Effort Service*, yang berarti jaringan akan berusaha mengirimkan data sebaik mungkin tanpa memberikan jaminan khusus terkait waktu tiba atau keutuhan data. Namun, untuk aplikasi yang bersifat kritis dan berjalan secara *real-time*, pendekatan *best-effort* tidaklah memadai. *Quality of Service* (QoS) hadir sebagai teknik manajemen jaringan yang mengontrol dan menjamin tingkat kualitas layanan transmisi data. QoS memantau perangkat lunak atau layanan agar bisa berfungsi seperti yang diharapkan. Beberapa parameter QoS

yang harus diperhatikan ketika menentukan *Quality of Service* antara lain yaitu *throughput*, *packet loss*, dan *jitter* (Handayanti, 2025).

Berikut merupakan parameter-parameter *Quality of Service* (QoS) yang digunakan untuk mengukur kinerja jaringan menurut Pingge (2025):

a. *Throughput*

Throughput merupakan *bandwidth* aktual yang diperoleh dari hasil pengukuran proses transmisi data dalam rentang waktu tertentu. Parameter *throughput* digunakan untuk menilai kemampuan jaringan dalam mentransmisikan data secara efektif. Semakin besar nilai *throughput* yang dihasilkan, maka semakin baik kualitas jaringan dalam mendukung aktivitas komunikasi dan pertukaran data antar perangkat (Januardiansyah et al., 2026).

Tabel 2.2 Standarisasi *Throughput*

Throughput	Indeks	Kategori
> 2100 Kbps	4	Sangat Bagus
1200 – 2100 Kbps	3	Bagus
700 – 1200 Kbps	2	Sedang
0 – 700 Kbps	1	Jelek

Rumus perhitungan *throughput* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Throughput = \frac{\text{Jumlah data yang terkirim}}{\text{Total Waktu Pengiriman}}$$

b. *Jitter*

Jitter merupakan variasi atau selisih waktu kedatangan antar paket data di perangkat penerima akibat adanya fluktuasi *latensi* di dalam jaringan. Parameter ini digunakan untuk mengukur tingkat kestabilan koneksi, khususnya pada transmisi berkesinambungan seperti *streaming* audio. Semakin kecil nilai *jitter* yang diperoleh, maka semakin baik kualitas jaringan karena aliran data dapat diproses secara konstan tanpa menyebabkan suara terputus-putus (Yanto et al., 2022).

Tabel 2.3 Standarisasi *Jitter*

Jitter	Indeks	Kategori
0 ms	4	Sangat Bagus
75 ms	3	Bagus
125 ms	2	Sedang
225 ms	1	Jelek

Rumus perhitungan jitter dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Jitter = \frac{\text{Total variasi kedatangan}}{\text{Total Paket Diterima} - 1}$$

c. *Packet Loss*

Packet Loss merupakan kondisi ketika sebagian paket data yang dikirim melalui jaringan tidak berhasil diterima oleh perangkat tujuan. Parameter ini digunakan untuk mengukur tingkat keandalan jaringan dalam proses transmisi data. Semakin kecil nilai *packet loss*, maka semakin baik kualitas jaringan karena sebagian besar paket data berhasil diterima dengan baik (Imam & Zamzami, 2026).

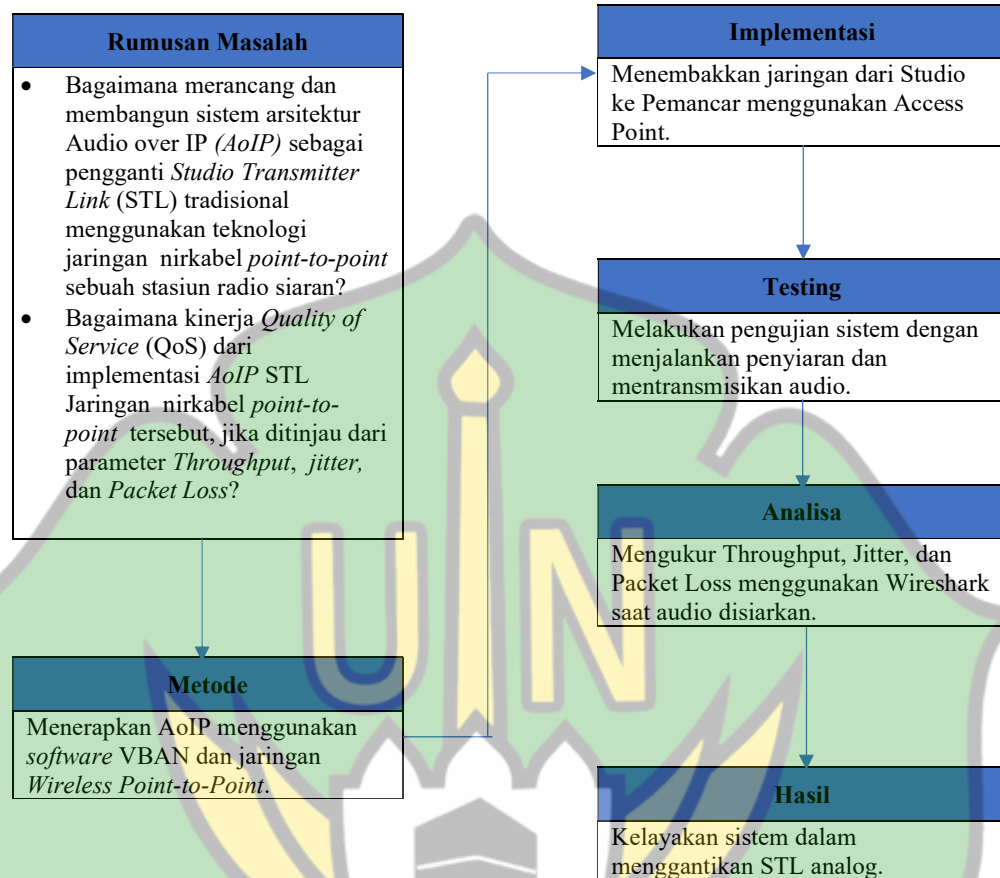
Tabel 2.4 Standarisasi *Packet Loss*

Packet Loss	Indeks	Kategori
0 – 2%	4	Sangat Bagus
3 – 14%	3	Bagus
15 – 24%	2	Sedang
> 25%	1	Jelek

Rumus perhitungan *packet loss* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Packet Loss = \frac{\text{Paket Data Terkirim} - \text{Paket Data Diterima}}{\text{Paket Data Terkirim}} \times 100\%$$

2.7 Kerangka Berpikir

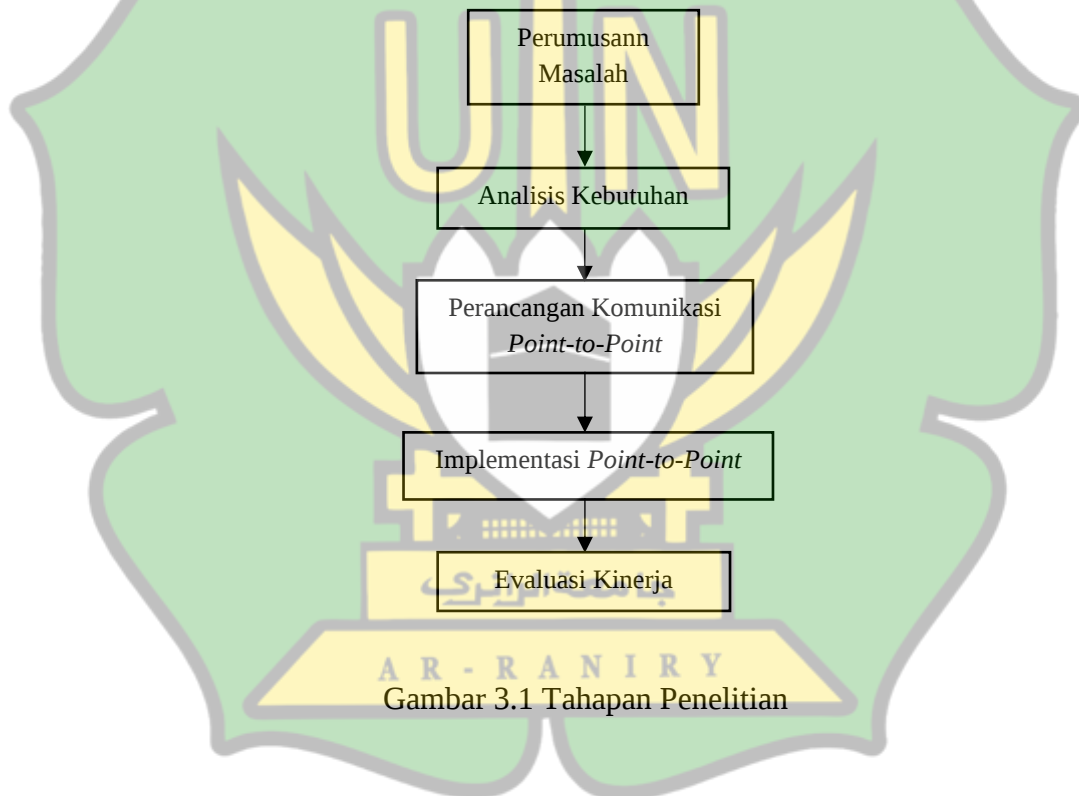


Gambar 2.10 Kerangka Berpikir

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Secara umum, metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah bersifat analisis mengacu pada hasil simulasi dan hasil dari pengukuran real. Tujuannya yaitu dari penulisan penelitian ini adalah merancang bangun komunikasi *point-to-point* pada stasiun radio dalam implementasi kinerja *Audio over IP* menggunakan jaringan nirkabel *point-to-point* sebagai pengganti *Studio Transmitter Link* (STL) Analog dalam mentransmisikan audio dari studio ke pemancar utama untuk disiarkan.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Radio Badratun FM Sigli yang beralamat di Jl. Lingkar Blang Paseh, Komplek Lampeudeu Permai, Desa Lampeudeu Baroh, Kecamatan Pidie, Kabupaten Pidie. Implementasi sistem Audio over IP (AoIP) dilakukan pada dua titik, yaitu studio Radio Badratun FM sebagai perangkat

pengirim (*transmitter*) dan lokasi pemancar utama sebagai perangkat penerima (*receiver*). Kedua lokasi tersebut dihubungkan menggunakan jaringan wireless point-to-point dengan jarak komunikasi sekitar 1,2 kilometer.

3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan dimulai Maret s.d Juni 2026 dengan pembagian jadwal seperti terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Bulan/Minggu															
		Maret				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengumpulan Data																
2	Perancangan Sistem																
3	Menyusun Proposal																
4	Seminar Proposal																
5	Revisi																
6	Pengujian Sistem																
7	Penyusunan Tugas Akhir																
8	Sidang Tugas Akhir																
9	Revisi Tugas Akhir																

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Hardware

Untuk dapat melakukan implementasi manajemen sistem AoIP ini diperlukan beberapa spesifikasi perangkat komputer dan perangkat jaringan tertentu yang dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Hardware

Perangkat	Spesifikasi
Mikrotik	HaP LITE RouterBOARD 941-2nD
Access Point Outdoor	Tp-Link CPE605
Kabel LAN	UTP Cat5
Komputer Pengirim dan Penerima	Intel Core i3, RAM 4GB

3.3.2 Software

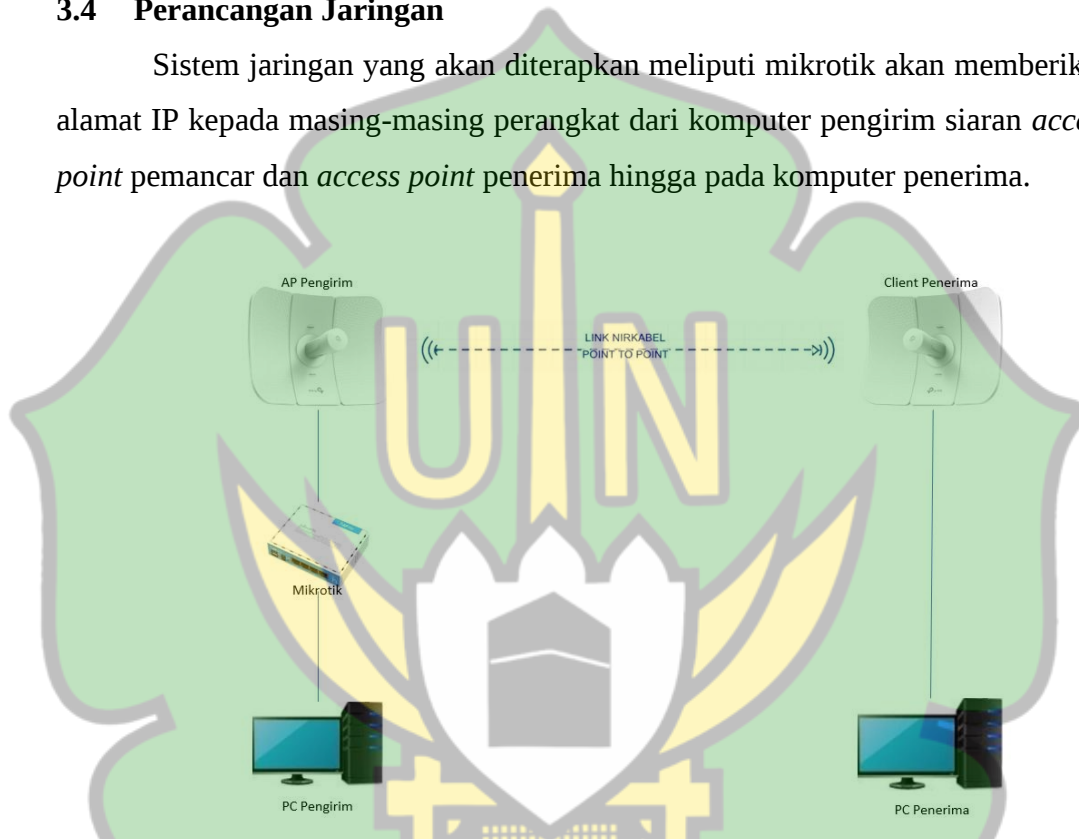
Adapun kebutuhan perangkat lunak yang akan digunakan pada penelitian ini meliputi.

Tabel 3.3 Software

Software	Spesifikasi
Windows	Windows 10 atau 11
Winbox	Versi 4.0.1
VB-Audio	Versi 2.1.2.2
Wireshark	Versi 4.6.4

3.4 Perancangan Jaringan

Sistem jaringan yang akan diterapkan meliputi mikrotik akan memberikan alamat IP kepada masing-masing perangkat dari komputer pengirim siaran *access point* pemancar dan *access point* penerima hingga pada komputer penerima.

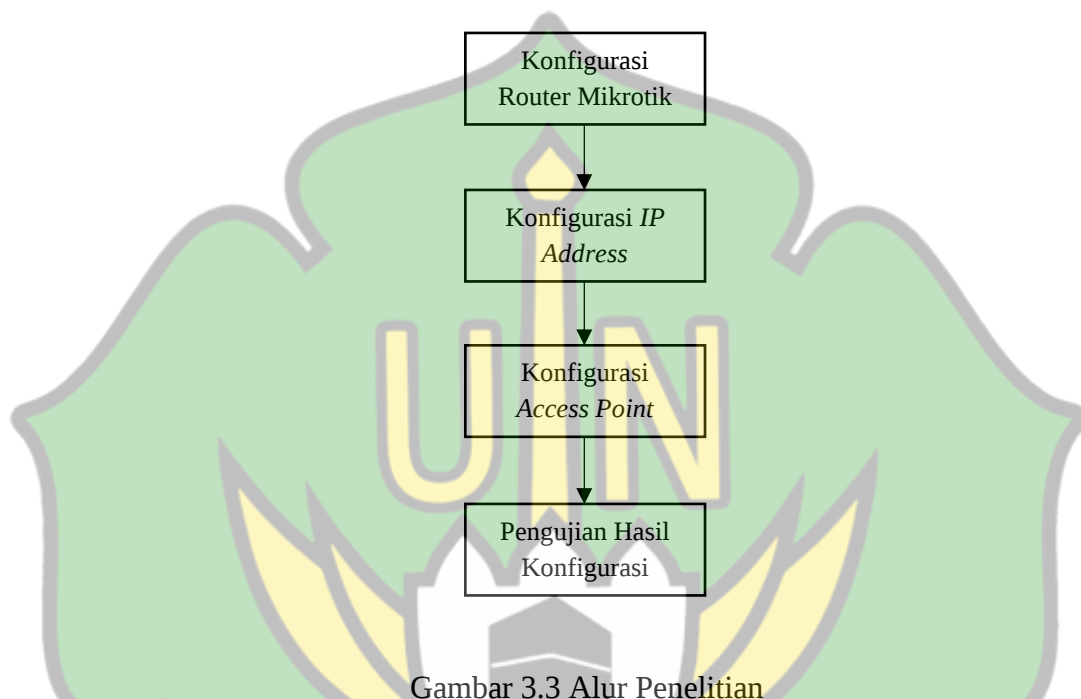


Gambar 3.2 Rancangan Penerapan Jaringan

Berdasarkan Gambar 3.2, komputer pengirim menerima sinyal audio dari studio penyiaran yang selanjutnya diproses menggunakan perangkat lunak Voicemeeter untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Data audio kemudian dikirim dalam bentuk paket UDP menuju router Mikrotik dan diteruskan ke access point pemancar. Selanjutnya, paket data dipancarkan melalui jaringan wireless point-to-point pada frekuensi 5 GHz menuju access point penerima dengan jarak komunikasi sekitar 1,2 kilometer. Setelah diterima, paket data diteruskan ke komputer penerima dan selanjutnya dikirim ke pemancar utama untuk disiarkan kepada pendengar.

3.5 Alur Penelitian

Berikut adalah alur penelitian yang akan dilakukan adalah melakukan konfigurasi pada *router* untuk mengatur *IP Address* pada *interface* yang ditentukan, selanjutnya melakukan konfigurasi pada kedua *access point* agar dapat saling terhubung dan dapat menghubungkan seluruh sistem yang diperlukan.



3.6 Implementasi dan Konfigurasi

Tahapan implementasi infrastruktur perangkat keras pada arsitektur *Audio over IP* (AoIP) ini berpusat pada pembentukan topologi nirkabel *Point-to-Point* (PtP) sebagai tulang punggung transmisi data utama. Penyiapan fisik medium komunikasi menggunakan perangkat *Customer Premises Equipment* (CPE) spesifikasi luar ruang, yakni TP-Link CPE605. Pada fase instalasi ini, presisi sudut elevasi dan azimut antena *direksional* menjadi parameter mekanis yang absolut guna memastikan terbukanya ruang *Fresnel zone* secara optimal. Kondisi garis pandang bebas hambatan (*Line of Sight*) mutlak diperlukan untuk meminimalisasi redaman sinyal (*path loss*) akibat rintangan topografis maupun interferensi lintasan jamak (*multipath fading*). Kesuksesan interkoneksi simpul CPE ini merupakan fondasi krusial yang menjamin ketersediaan lebar pita (*bandwidth*) dengan tingkat keandalan yang persisten untuk menopang lalu lintas data audio *real-time*.

Setelah tautan nirkabel berhasil terbentuk dan stabil secara fisik, proses selanjutnya bertumpu pada rekayasa logika jaringan yang diorkestrasikan melalui *router* Mikrotik hAP lite. Konfigurasi pada entitas perutean ini tidak sekadar mendistribusikan blok alamat *Internet Protocol* (IP) secara statis guna mencegah konflik identitas jaringan, melainkan mencakup perancangan struktur perutean (*static routing*) yang deterministik untuk memetakan jalur pertukaran data antara titik studio dan stasiun pemancar. Mikrotik dikonfigurasi untuk melakukan klasifikasi, pembatasan (*queueing*), dan penandaan paket (*packet marking*) terhadap datagram protokol *User Datagram Protocol* (UDP) yang membawa muatan audio.

Aspek pamungkas dari prosedur implementasi ini melibatkan konversi sinyal audial ke dalam bentuk paket IP termodulasi melalui pemanfaatan perangkat lunak Voicemeeter. Komputer di sisi studio menerima aliran audio dari penyedia konten lalu akan di proses pada perangkat lunak Voicemeeter pada fungsi VBAN, proses pengiriman paket data audio dilakukan dengan alamat IP pada komputer yang ada pada sisi pemancar utama sebagai penerima. Penggunaan perangkat lunak ini akan menjadi akhir dari pengujian sistem untuk menyubstitusi peran *Studio-to-Transmitter Link* (STL) analog konvensional.

3.7 Pengujian dan Pengumpulan Data *Quality of Service* (QoS)

Pelaksanaan pengujian dalam kerangka penelitian ini diformulasikan sebagai mekanisme uji coba untuk mengevaluasi kelayakan transmisi *Audio over IP* (AoIP) pada infrastruktur nirkabel jarak menengah. Penilaian kualitas layanan atau *Quality of Service* (QoS) dilakukan dengan memonitor lalu lintas data berbasis *User Datagram Protocol* (UDP) yang melintasi topologi *Point-to-Point* (PtP). Mengingat komunikasi siaran radio menuntut presisi waktu yang mutlak, proses pengumpulan data difokuskan pada analisis tingkat degradasi struktural dan anomali transmisi di bawah tekanan operasional jaringan yang bervariasi.

3.7.1 Parameter Kinerja Jaringan

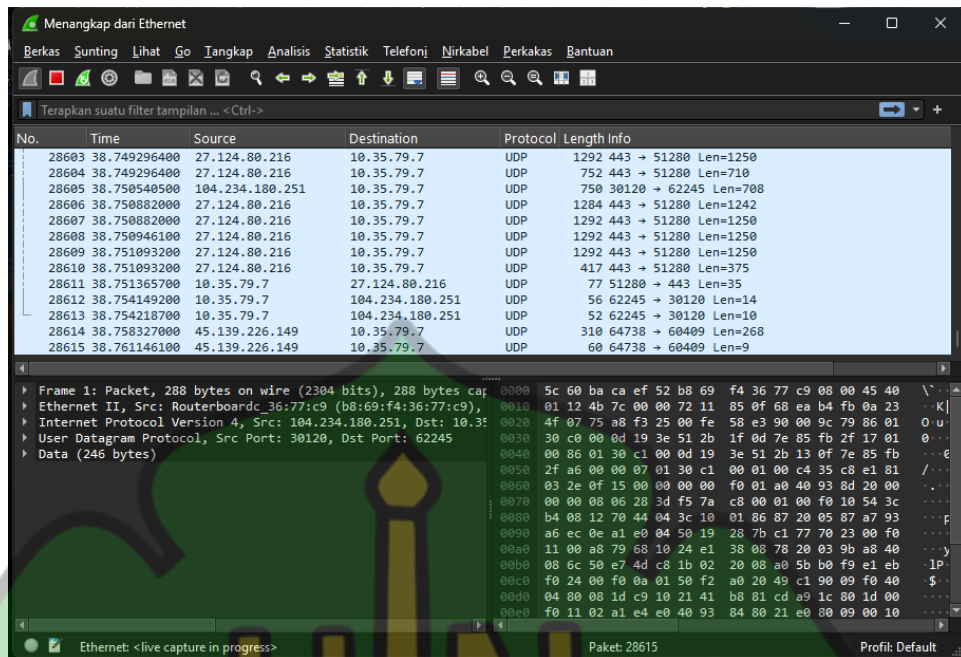
Fokus observasi bersandar pada empat indikator fundamental telekomunikasi, meliputi kapasitas transfer data efektif (*throughput*), rasio kehilangan paket (*packet loss*), variasi waktu tunda (*jitter*). Dalam arsitektur yang

mengandalkan VBAN untuk mendistribusikan suara. Selisih sesaat yang melampaui toleransi penyangga memori (*network buffer*) pada terminal penerima akan memicu fenomena diskontinuitas audio, yang secara langsung mendegradasi kelayakan sistem sebagai medium substitusi *Studio-to-Transmitter Link* (STL) analog konvensional.

3.7.2 Penggunaan Aplikasi Wireshark

Dalam arsitektur penelitian ini, *Wireshark* difungsikan sebagai instrumen diagnostik primer untuk memvalidasi integritas transmisi *Audio over IP* (AoIP) melintasi tautan nirkabel *Point-to-Point*. Secara teknis, perangkat lunak ini beroperasi dengan menginstruksikan kartu antarmuka jaringan ke dalam mode promiskuitas (*promiscuous mode*) guna mencegat dan menduplikasi seluruh datagram *User Datagram Protocol* (UDP) yang membawa muatan enkapsulasi VBAN.

Penerapan praktis *Wireshark* dalam eksperimen ini difokuskan pada ekstraksi metrik *Quality of Service* (QoS) secara empiris untuk membuktikan stabilitas substitusi STL analog. Melalui fitur *packet capture* dan filter sekuensial, *Wireshark* akan digunakan untuk akumulasi *jitter* yang terjadi akibat propagasi gelombang mikro pada jarak yang telah ditentukan. Selain itu, penganalisis paket ini berperan vital dalam mengidentifikasi persentase *packet loss* dengan melacak kontinuitas nomor urut datagram yang dikirimkan oleh enkoder studio.



Gambar 3.4 Aplikasi Wireshark

3.7.3 Standardisasi Evaluasi Parameter Kinerja

Agregasi data empiris yang diekstraksi dari keempat metrik fundamental kualitas layanan tersebut selanjutnya akan dikonfrontasikan secara komparatif terhadap indeks standardisasi telekomunikasi global yang diregulasi oleh konsorsium *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON). Prosedur evaluasi berbasis ambang batas (*threshold-based evaluation*) ini diimplementasikan guna memformulasikan konklusi deterministik terkait stratifikasi reliabilitas transmisi jaringan—yang secara taksonomi diklasifikasikan ke dalam derajat kelayakan *Excellent*, *Good*, *Fair*, hingga *Poor*. Melalui mekanisme validasi referensial ini, penelitian dapat mengonstruksi sebuah inferensi akademis yang terukur secara objektif mengenai sejauh mana purwarupa arsitektur *Audio over IP* (AoIP) yang diusulkan memiliki ekuivalensi fungsional, integritas data isokronous, dan tingkat kelayakan operasional absolut untuk menyubstitusi infrastruktur *Studio-to-Transmitter Link* (STL) analog konvensional secara permanen.

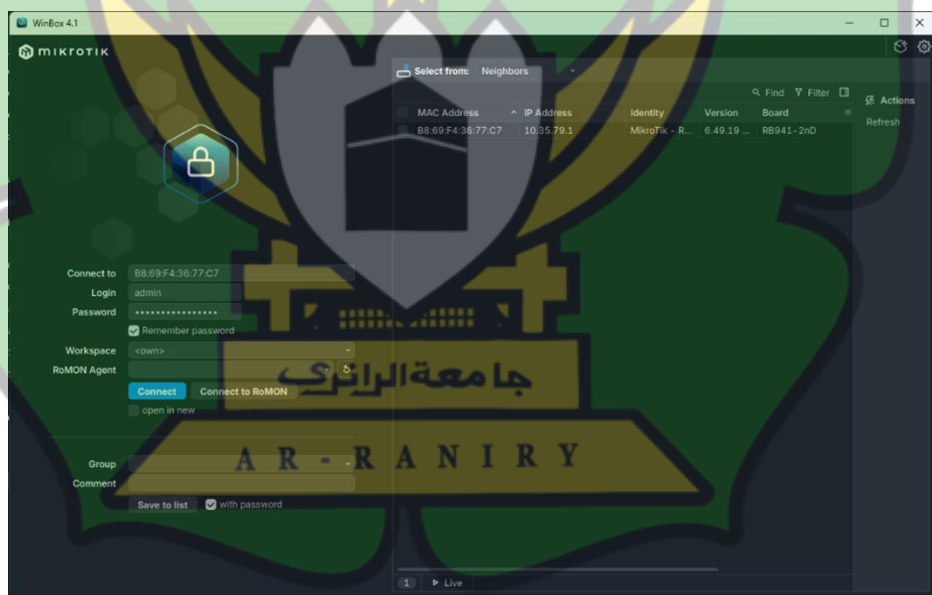
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konfigurasi Router Mikrotik

Pada tahap ini dilakukan konfigurasi *router* Mikrotik untuk memisahkan jaringan lokal yang digunakan oleh seluruh perangkat yang terhubung ke internet dengan jaringan khusus yang digunakan untuk proses transmisi. Selain itu, dilakukan pengaturan *Simple Queue* guna memberikan prioritas *bandwidth* pada jalur *Audio over IP* (AoIP) agar proses transfer data dapat berjalan lebih optimal dan stabil.

4.1.1 Konfigurasi IP Client

1. Langkah pertama dilakukan dengan mengakses router Mikrotik melalui aplikasi Winbox menggunakan *IP Address* atau *MAC Address* dari perangkat Mikrotik yang digunakan. Selanjutnya, pengguna memasukkan *username* dan *password* untuk masuk ke halaman konfigurasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Login Aplikasi Winbox

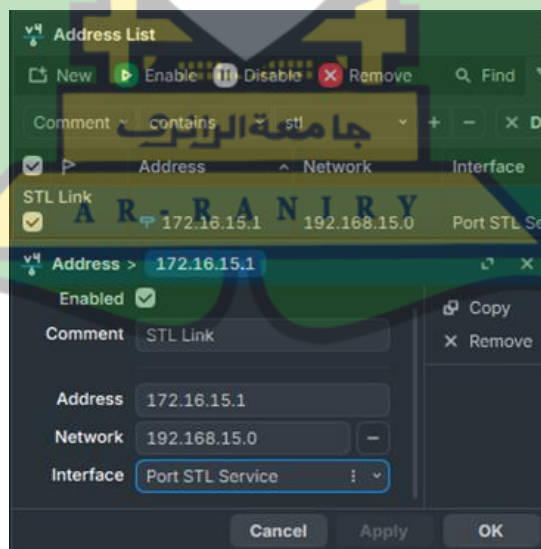
2. Setelah berhasil masuk dan terhubung ke router Mikrotik, langkah selanjutnya adalah melakukan konfigurasi IP Address yang akan digunakan untuk kebutuhan transmisi *Audio over IP* (AoIP). Konfigurasi dilakukan

dengan memilih menu **IP** kemudian **Address**, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Address List

- Setelah jendela *Address List* muncul, klik tanda (+) untuk menambahkan alamat IP baru. Pada penelitian ini digunakan IP Address kelas B, yaitu **172.16.15.1**, yang diterapkan pada interface yang telah diberi nama **STL Service**. Setelah seluruh konfigurasi selesai dilakukan, klik tombol **Apply** dan **OK** untuk menyimpan pengaturan, seperti terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Penambahan Address pada Interface

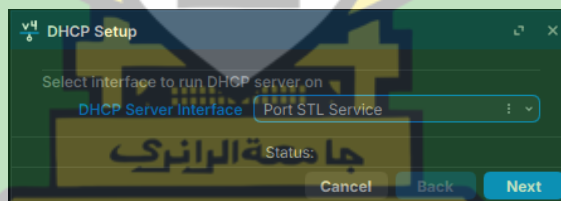
4.1.2 Konfigurasi DHCP Server

1. Konfigurasi *DHCP Server* dilakukan dengan memilih menu **IP** kemudian klik **DHCP Server**, lalu pilih **DHCP Setup**, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4.



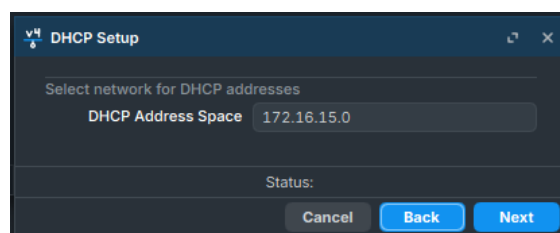
Gambar 4.4 Konfigurasi DHCP

2. Setelah memilih **DHCP Setup**, akan muncul kotak dialog konfigurasi untuk menentukan interface yang akan digunakan. Pada konfigurasi ini, interface yang dipilih adalah interface yang sebelumnya telah diberi nama **STL Service**. Setelah interface dipilih, klik tombol **Next** untuk melanjutkan proses konfigurasi, seperti pada Gambar 4.5.



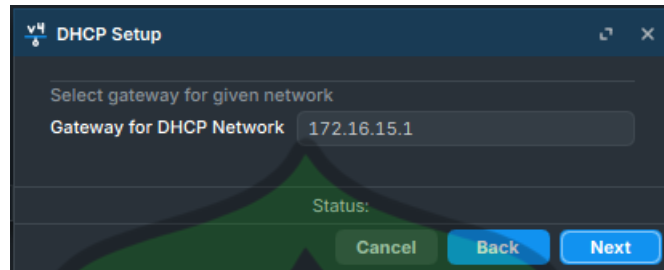
Gambar 4.5 DHCP pada Interface Aktif

3. Selanjutnya akan tampil tampilan konfigurasi seperti pada Gambar 4.6, di mana bagian *DHCP Address Space* akan terisi secara otomatis sesuai dengan *Address List* yang telah dikonfigurasi sebelumnya



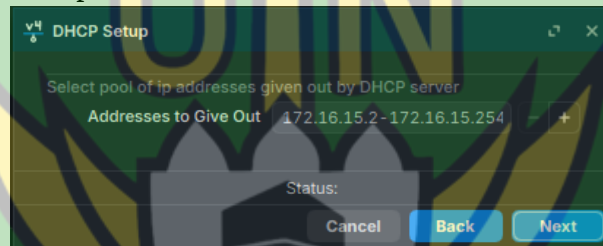
Gambar 4.6 IP Address untuk interface

4. Tahap berikutnya adalah menentukan *default gateway* yang akan digunakan oleh client. Secara otomatis sistem akan menggunakan IP Address yang telah diterapkan pada interface sebelumnya sebagai gateway utama, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7.



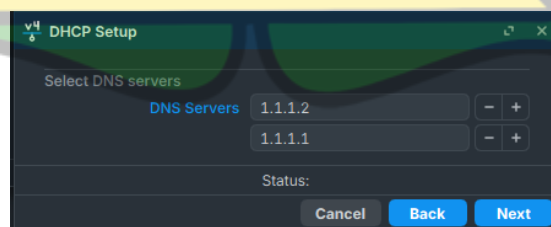
Gambar 4.07 Gateway DHCP

5. Setelah itu dilakukan penentuan rentang IP Address (*address pool*) yang akan diberikan kepada client. Sistem secara otomatis akan menampilkan segment IP sesuai dengan jaringan yang telah digunakan sebelumnya, seperti terlihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Address Give Out Interface

6. Pada tahap terakhir, dilakukan konfigurasi DNS Server. Sistem akan secara otomatis menampilkan informasi DNS yang telah tersedia pada router Mikrotik. Setelah seluruh konfigurasi selesai, klik **Next** hingga proses konfigurasi DHCP Server berhasil diselesaikan, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pengaturan DNS Interface

4.1.3 Konfigurasi Simple Queue

Prioritas trafik (*traffic prioritization*) merupakan salah satu kebutuhan penting dalam manajemen jaringan. Setiap implementasi jaringan memiliki

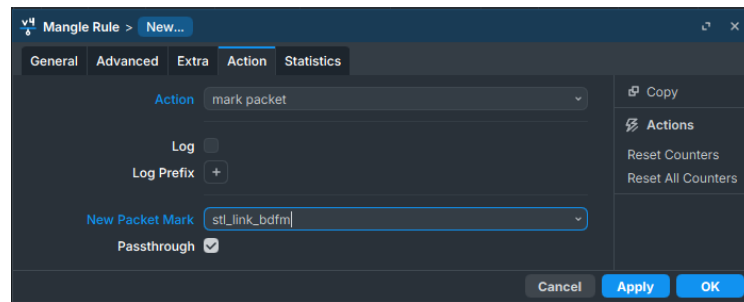
kebutuhan prioritas yang berbeda, seperti memprioritaskan aplikasi tertentu, server tertentu, maupun client tertentu. Dalam pengelolaan bandwidth, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk mengatur prioritas trafik, salah satunya dengan memanfaatkan fitur *Simple Queue*. Pada penelitian ini, menggunakan kombinasi *Firewall Mangle* dan *Simple Queue* untuk memberikan prioritas pada trafik transmisi *Audio over IP* (AoIP).

1. Langkah pertama dilakukan dengan memilih menu **IP**, kemudian **Firewall**, lalu masuk ke tab **Mangle** dan klik tombol **New** untuk menambahkan aturan baru. Pada tab **General**, bagian **Chain** diatur menjadi **Forward**, kemudian protokol yang digunakan dipilih **UDP**. Selanjutnya, pada kolom port dimasukkan port **6980**, yang merupakan port default untuk transmisi audio menggunakan VBN, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Mangle Rule Genaral

2. Selanjutnya pada tab **Action**, pilih opsi **Mark Packet** untuk menandai paket data yang akan diprioritaskan. Pada konfigurasi ini, memberikan nama paket **stl_link_bdfm**. Setelah konfigurasi selesai dilakukan, klik tombol **Apply** dan **OK**, seperti terlihat pada Gambar 4.11.



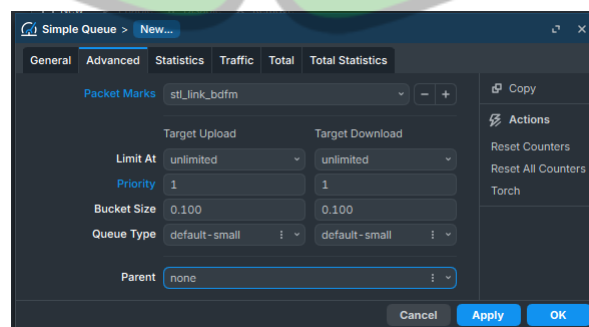
Gambar 4.11 Mangle Rule

3. Tahap berikutnya dilakukan konfigurasi pada menu **Queues** dengan memilih **Simple Queue**, kemudian klik tombol **New**. Pada tab **General**, memberikan nama **bdfm_stl** dan menentukan target berupa IP Address yang telah dikonfigurasi sebelumnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pengaturan IP Simple Queue

4. Selanjutnya pada tab **Advanced**, pilih bagian **Packet Marks** dengan nama paket yang telah dibuat sebelumnya, yaitu **stl_link_bdfm**. Kemudian atur nilai **Priority** menjadi **1** agar trafik transmisi data mendapatkan prioritas tertinggi dalam penggunaan bandwidth jaringan, seperti terlihat pada Gambar 4.13.

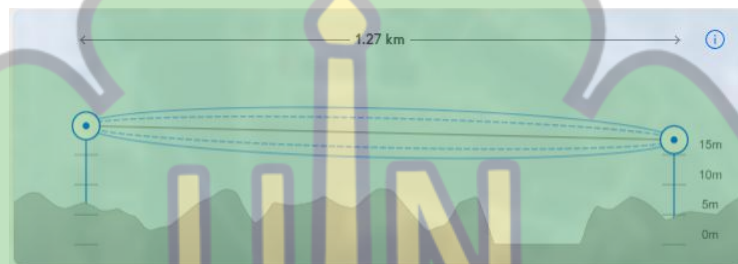


Gambar 4.13 Simple Queue Priority Traffic

4.2 Perancangan Komunikasi Wireless

Pada penelitian ini, sistem komunikasi wireless dirancang menggunakan bandwidth sebesar 20 MHz pada frekuensi 5 GHz. Perangkat yang digunakan adalah antenna TP-Link CPE605 yang dihubungkan secara *point-to-point* antara studio dan pemancar utama.

Jarak antara *access point* dan *client* sekitar 1,2 kilometer, dengan masing-masing antenna dipasang pada ketinggian 13 meter dari permukaan tanah. Konfigurasi ini dirancang untuk menghasilkan koneksi komunikasi yang stabil dan mampu mendukung proses transmisi audio secara optimal.



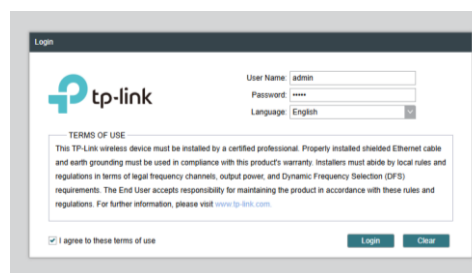
Gambar 4.14 Pengaturan Penempatan Antena

4.3 Konfigurasi Access Point wireless

Pada tahap ini dilakukan konfigurasi *access point* wireless untuk mendukung proses transmisi data secara nirkabel dari studio menuju lokasi pemancar utama. Perangkat yang digunakan adalah TP-Link CPE605 dengan pengaturan *Channel Width* sebesar 20 MHz pada frekuensi 5 GHz. Sistem komunikasi dirancang menggunakan metode *point-to-point* dengan jarak jangkauan sekitar 1,2 kilometer.

4.3.1 Konfigurasi Antena Pemancar

1. Langkah pertama dilakukan dengan mengakses halaman konfigurasi perangkat melalui browser. Pengguna memasukkan *username* dan *password* untuk masuk ke sistem perangkat, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Login pada Antena Pemancar

2. Pada menu **Quick Setup**, memilih mode **Access Point** sebagai mode operasi perangkat pemancar, seperti terlihat pada Gambar 4.16. Setelah itu klik tombol **Next** untuk melanjutkan konfigurasi.



Gambar 4.16 Pemilihan Mode Access Point

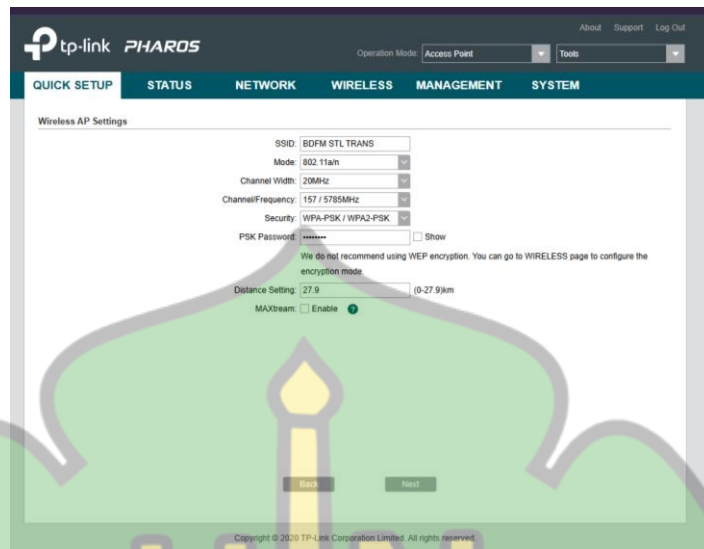
3. Selanjutnya dilakukan pengaturan IP Address perangkat. Pada konfigurasi ini, menggunakan alamat IP **172.16.15.2** yang telah disesuaikan dengan konfigurasi jaringan Mikrotik sebelumnya sebagai alamat IP perangkat *access point* pemancar, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 IP Address Access Point Pemancar

4. Tahap berikutnya adalah melakukan konfigurasi SSID, *Channel Width*, serta password pada perangkat antenna pemancar, seperti terlihat pada Gambar 4.18. Setelah seluruh konfigurasi dipastikan benar, klik tombol

Finish untuk menyelesaikan proses konfigurasi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.19.



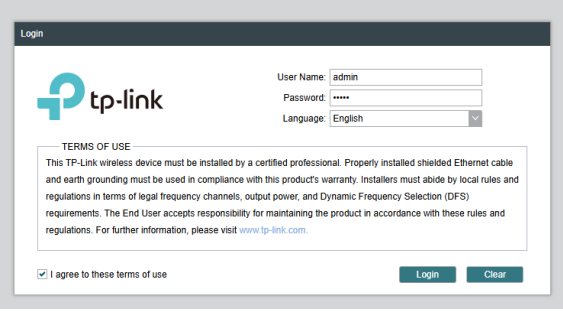
Gambar 4.18 Konfigurasi SSID Pada Antena pemancar



Gambar 4.19 Konfirmasi Konfigurasi Pemancar

4.3.2 Konfigurasi Antena Penerima

1. Pada sisi antena penerima, langkah konfigurasi dilakukan dengan cara yang sama, yaitu mengakses perangkat melalui browser menggunakan *username* dan *password*, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.20.



TP-Link login interface. The form includes fields for User Name (admin), Password (masked with dots), and Language (English). Below the fields is a 'TERMS OF USE' section with a checkbox for 'I agree to these terms of use'. At the bottom right are 'Login' and 'Clear' buttons.

Gambar 4.20 Login pada Antena Penerima

- Selanjutnya pada menu **Quick Setup**, berbeda dengan antena pemancar, mode yang dipilih pada perangkat penerima adalah **Client Mode**, seperti terlihat pada Gambar 4.21.



TP-Link PHAROS Quick Setup interface. The 'Operation Mode' section shows four options: Access Point, Client (selected), AP Router, and AP Client Router (WISP Client). The 'Client' mode is highlighted with a blue dot. The interface includes a 'Next' button at the bottom.

Gambar 4.21 Pemilihan Mode Client

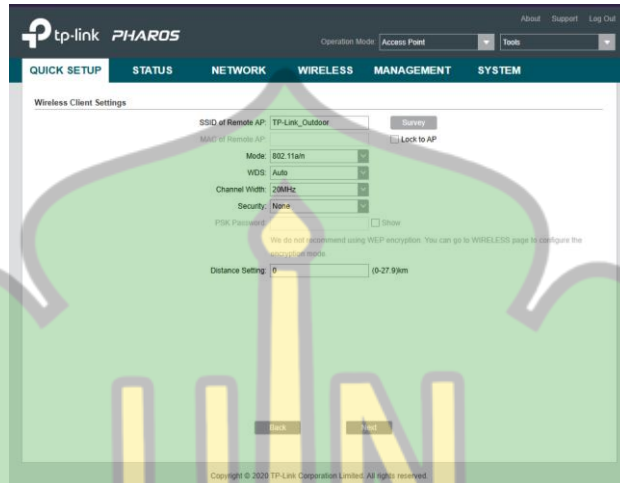
- Setelah itu dilakukan pengaturan IP Address perangkat penerima. Pada konfigurasi ini digunakan alamat IP **172.16.15.3** sesuai dengan konfigurasi jaringan Mikrotik sebelumnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.22.



TP-Link PHAROS LAN Settings interface. The 'IP Address' field is set to 172.16.15.3 and the 'Subnet Mask' field is set to 255.255.0.0. The interface includes 'Back' and 'Next' buttons at the bottom.

Gambar 4.22 IP Address Client Penerima

4. Pada tahap berikutnya, perangkat penerima akan diminta untuk memasukkan informasi *access point* pemancar berupa SSID dan password agar dapat terhubung ke jaringan wireless pemancar, seperti terlihat pada Gambar 4.23. Selanjutnya klik tombol **Survey** untuk menampilkan daftar sinyal wireless yang tersedia, seperti pada Gambar 4.24.

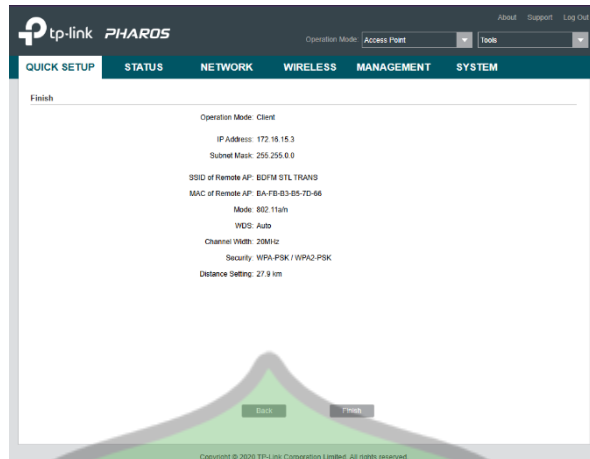


Gambar 4.23 Pemilihan SSID Pemancar pada Client



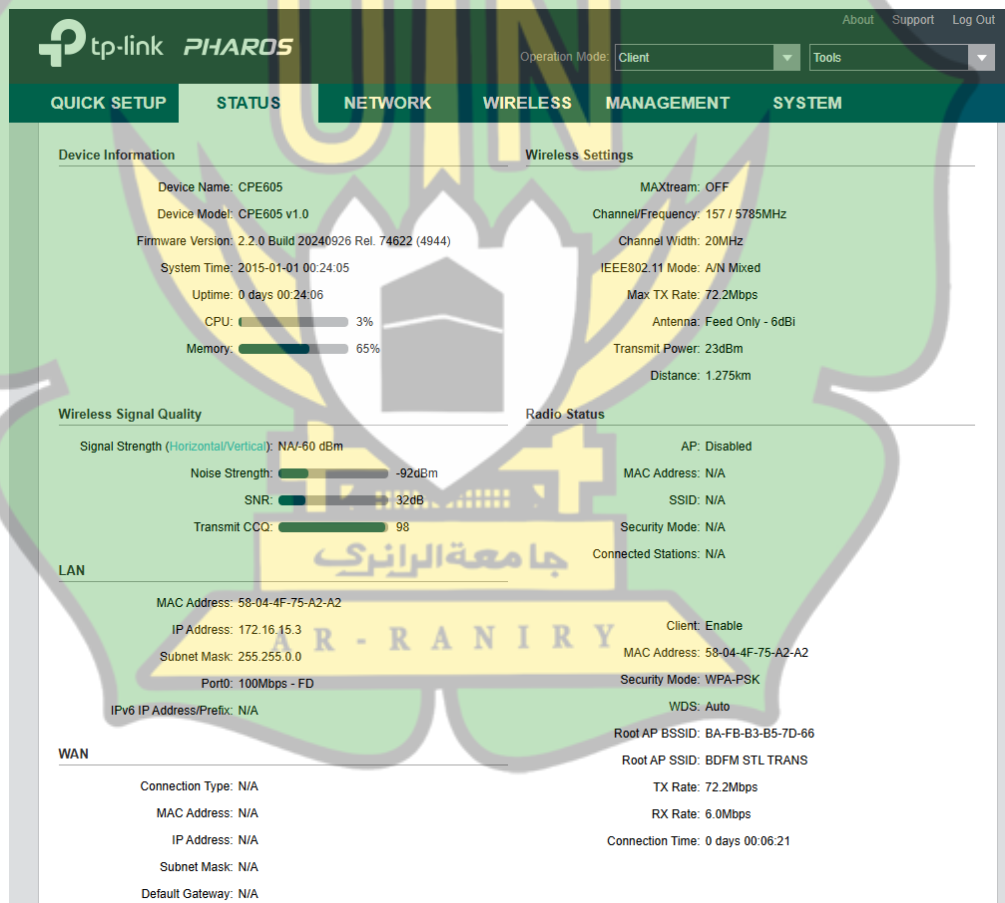
Gambar 4.24 Tampilan Survey pada Mode Client

5. Setelah SSID pemancar ditemukan, pilih SSID tersebut kemudian klik **Lock AP**. Selanjutnya masukkan password yang telah dikonfigurasi sebelumnya pada antena pemancar. Setelah seluruh pengaturan dipastikan benar, klik tombol **Finish** untuk menyelesaikan konfigurasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Konfirmasi Konfigurasi Penerima

- Untuk melihat informasi koneksi jaringan wireless yang telah terhubung, pilih tab **Status** pada perangkat penerima. Informasi status koneksi dapat dilihat seperti pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Status pada Antena Penerima

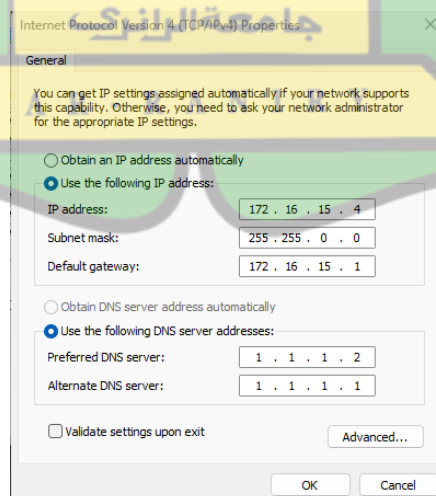
Berdasarkan informasi pada Gambar 4.26, jaringan wireless menggunakan perangkat TP-Link CPE605 menunjukkan kualitas koneksi yang sangat baik dan layak digunakan untuk transmisi Audio over IP (AoIP). Nilai kekuatan sinyal (signal strength) tercatat sebesar -60 dBm, yang termasuk dalam kategori optimal untuk komunikasi wireless jarak menengah. Selain itu, rasio Signal-to-Noise Ratio (SNR) mencapai 32 dB, yang menunjukkan kualitas penerimaan sinyal yang stabil dengan tingkat gangguan rendah.

Kualitas koneksi juga diperkuat oleh nilai Transmit CCQ sebesar 98%, yang menandakan efisiensi pengiriman paket data berjalan hampir sempurna dengan tingkat retransmisi yang sangat kecil. Dengan parameter tersebut, jaringan wireless yang dirancang dinilai mampu mendukung proses transmisi audio secara stabil dan andal.

4.4 Instalasi Voicemeeter

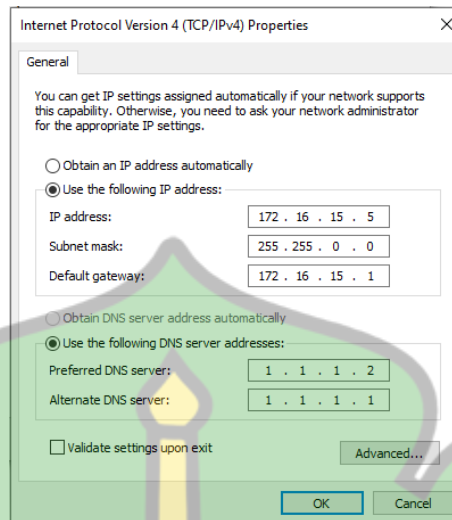
Pada tahap ini dilakukan instalasi *software Voicemeeter* yang digunakan untuk mengirim paket audio dari studio menuju lokasi pemancar utama melalui jaringan *Audio over IP* (AoIP). Sebelum proses instalasi dilakukan, pengaturan IP Address pada komputer pengirim dan penerima terlebih dahulu disesuaikan dengan konfigurasi jaringan yang telah dibuat sebelumnya pada *router Mikrotik* dan perangkat *access point*.

1. Pada komputer pengirim, menggunakan IP Address 172.16.15.4, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.27.



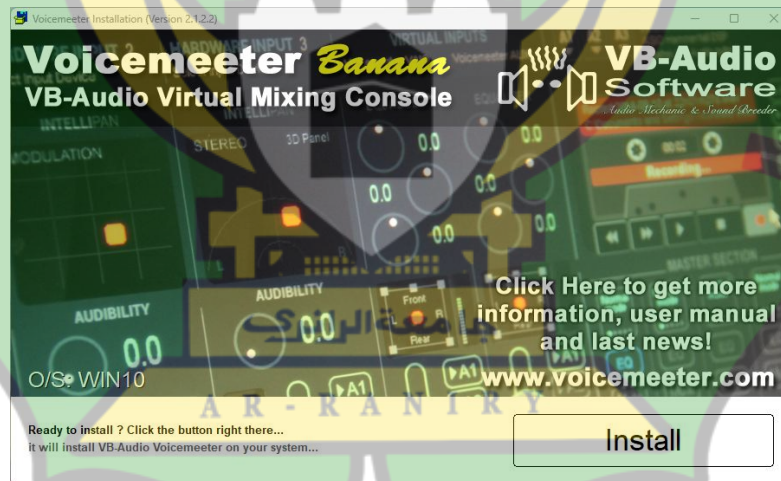
Gambar 4.27 Penerapan IP pada Komputer Pengirim

2. Sedangkan pada komputer penerima digunakan IP Address 172.16.15.5, seperti terlihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Penerapan IP pada Komputer Penerima

3. Melakukan instalasi software Voicemeeter pada kedua komputer menggunakan file instalasi yang telah diunduh dari website resmi VB-Audio. Proses instalasi dilakukan dengan menjalankan file installer kemudian memilih tombol Install, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.29.



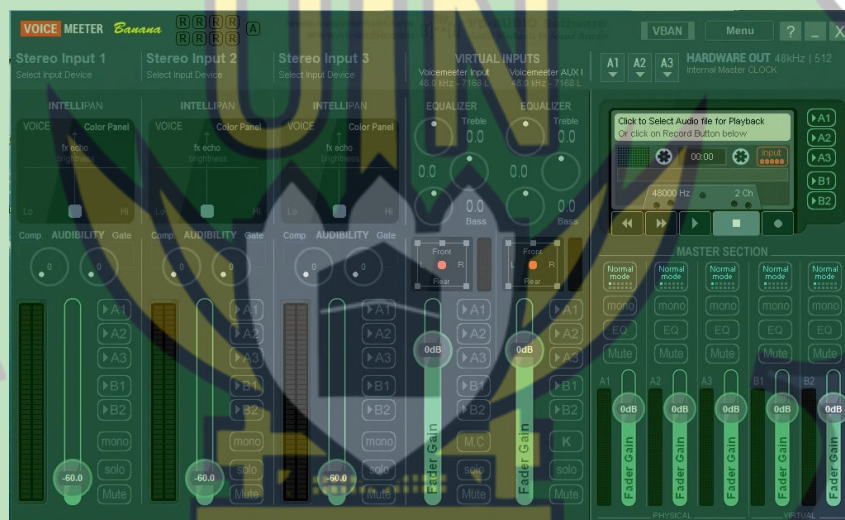
Gambar 4.29 Proses Instalasi Software

4. Setelah proses instalasi selesai, sistem akan meminta pengguna untuk melakukan reboot atau restart komputer guna menyempurnakan pemasangan driver audio pada sistem operasi, seperti terlihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Permintaan Restart Setelah Instalasi Software

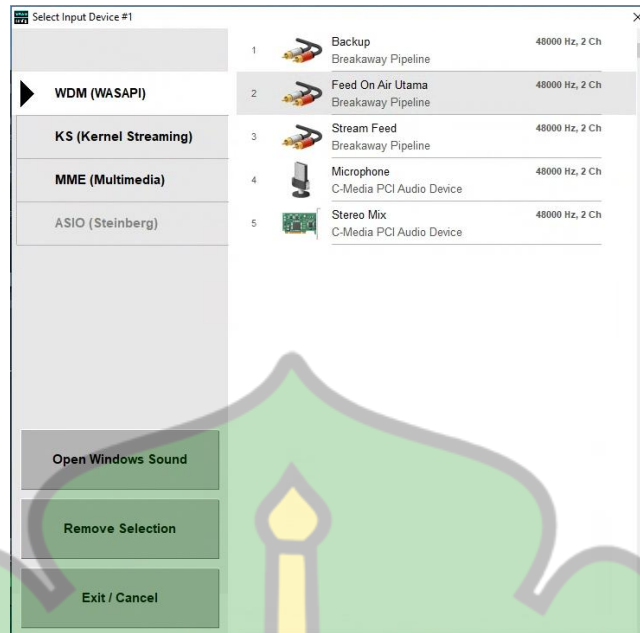
5. Setelah komputer berhasil dinyalakan kembali, aplikasi Voicemeeter dijalankan sehingga tampilan utama aplikasi akan muncul seperti pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Tampilan Aplikasi Voicemeeter

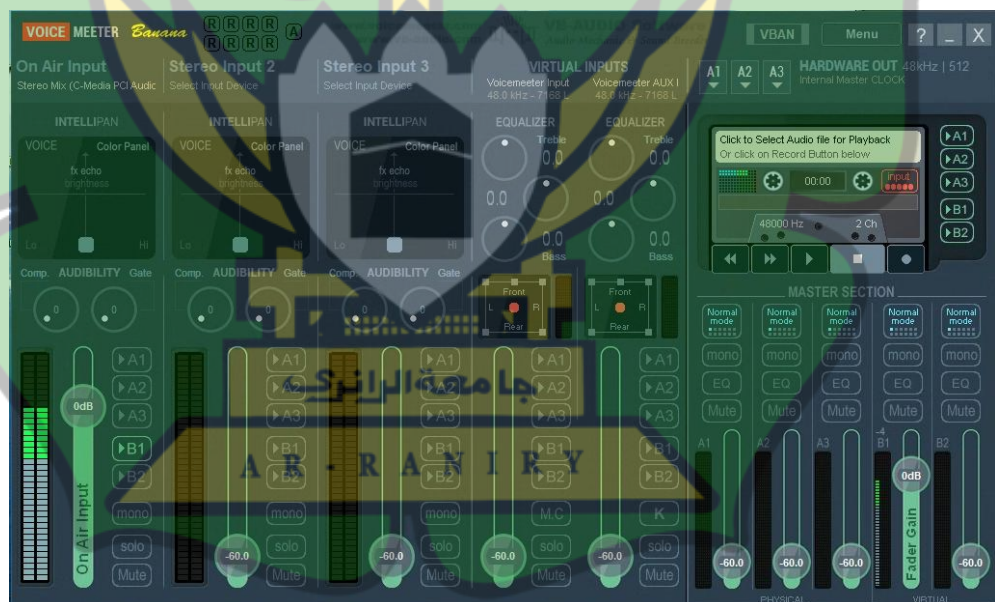
Pada aplikasi tersebut tersedia lima jalur input audio, yang terdiri dari tiga input fisik dan dua input virtual. Pada penelitian ini, menggunakan input fisik dengan menghubungkan output mixer siaran ke komputer pengirim menggunakan kabel audio jack 3.5 mm.

6. Setelah perangkat terhubung, pada aplikasi dipilih menu Stereo Input 1 dan sumber audio dari mixer siaran, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Pemilihan Input Audio

7. Setelah input audio berhasil dipilih, sinyal audio akan masuk ke aplikasi dan penulis memberikan nama jalur input tersebut sebagai On Air Input, seperti terlihat pada Gambar 4.33.



Gambar 4.33 Audio Input Berhasil Masuk ke Voicemeeter

Pada jalur input, output diarahkan menuju kanal B1 pada aplikasi. Setelah itu klik tombol VBAN pada bagian atas aplikasi untuk melakukan konfigurasi transmisi audio ke komputer penerima. Pada menu Outgoing Streams, bagian Source diatur menggunakan output B1. Kemudian pada kolom Stream Name, memberikan nama STL Transmitter.

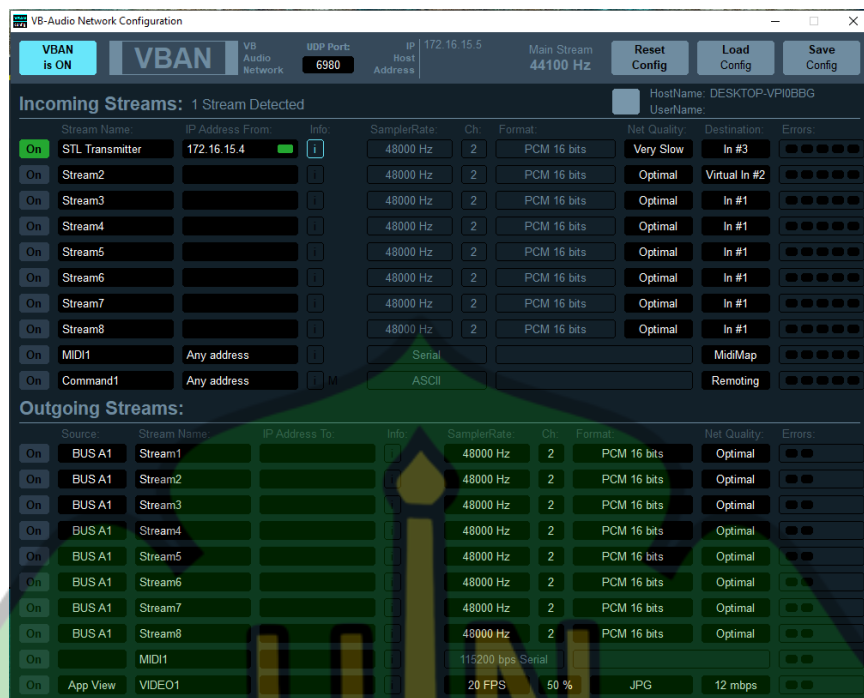
8. Pada kolom IP Address To, dimasukkan alamat IP komputer penerima yaitu 172.16.15.5. Setelah seluruh konfigurasi selesai, aktifkan transmisi dengan menekan tombol ON dan aktifkan fitur VBAN, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.34.



Gambar 4.34 Konfigurasi Output VBAN

Pada komputer penerima dilakukan langkah yang sama mulai dari proses instalasi hingga menjalankan aplikasi. Selanjutnya pada menu VBAN, akan muncul informasi Incoming Streams: 1 Stream Detected, yang menandakan bahwa konfigurasi pada komputer pengirim telah berhasil dilakukan. Pada kolom Stream Name, masukkan nama stream yang sama dengan konfigurasi pada komputer pengirim, yaitu STL Transmitter. Penulisan huruf besar, huruf kecil, angka, dan spasi harus sesuai agar koneksi dapat berjalan dengan baik.

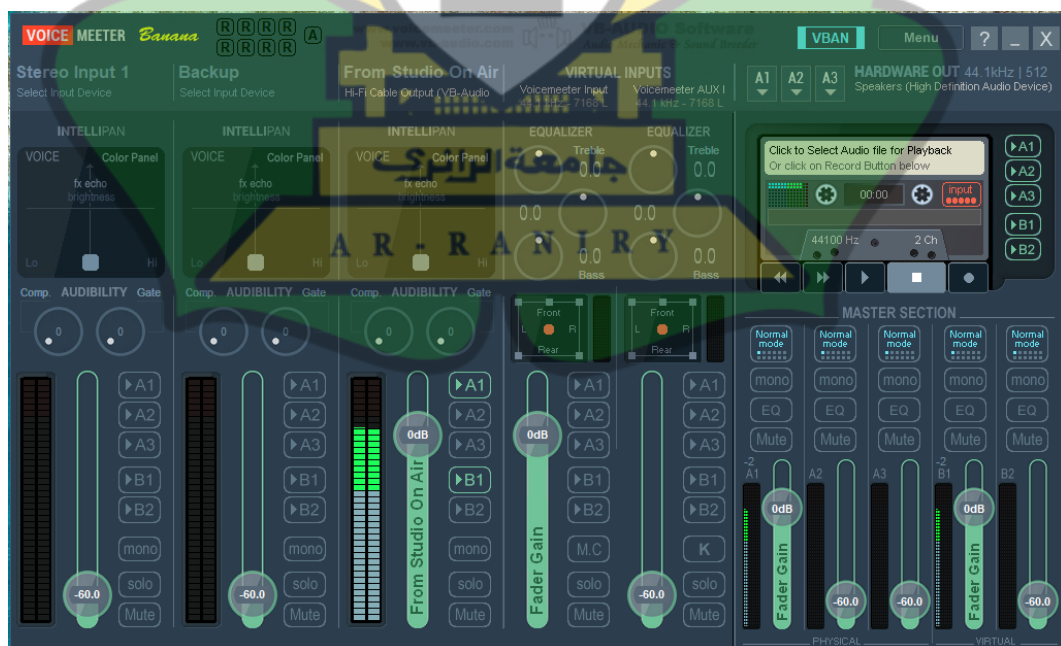
9. Pada kolom IP Address From, masukkan IP komputer pengirim yaitu 172.16.15.4, kemudian pada bagian Destination pilih jalur input yang akan digunakan, dalam penelitian ini penulis memilih Input 3. Setelah itu aktifkan dengan menekan tombol ON dan aktifkan fitur VBAN, seperti terlihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35 Konfigurasi Input VBAN

Setelah konfigurasi selesai dilakukan, audio dari komputer pengirim akan mulai diterima dan terdengar pada komputer penerima. Hal ini menunjukkan bahwa proses *transmisi Audio over IP* (AoIP) telah berhasil berjalan dengan baik.

10. Pada jalur input AoIP di komputer penerima, penulis memberikan nama **From Studio On Air**, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36 Input AoIP dari komputer pengirim Masuk

4.5 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas jaringan wireless yang digunakan pada sistem transmisi Audio over IP (AoIP). Parameter yang diuji meliputi *throughput*, *jitter*, dan *packet loss*. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan pada jaringan *wireless* menggunakan perangkat TP-Link CPE605 dengan jarak komunikasi sekitar 1,2 kilometer.

4.5.1 Throughput

Perhitungan *throughput* pada penelitian ini dilakukan menggunakan persamaan:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data yang terkirim}}{\text{Total Waktu Pengiriman}}$$

Perhitungan *throughput* pada penelitian ini dilakukan dengan membagi jumlah data yang berhasil ditransmisikan (Bytes) terhadap waktu pengiriman (*Time Span*). Hasil perhitungan kemudian dikonversi dari satuan *Bytes/s* menjadi *bits/s* dengan mengalikan hasilnya sebesar 8, kemudian dikonversi kembali ke satuan Kbps dengan membagi hasilnya sebesar 1000. Proses perhitungan *throughput* pada setiap percobaan disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Proses Perhitungan *Throughput*

No	Percobaan	Jumlah Data (Bytes)	Time Span (detik)	Proses Perhitungan	Hasil (Kbps)
1	Percobaan 1	4.990.144	21,942	$(4.990.144 \div 21,942) \times 8 \div 1000$	1.819
2	Percobaan 2	4.958.516	21,855	$(4.958.516 \div 21,855) \times 8 \div 1000$	1.815
3	Percobaan 3	5.058.702	21,857	$(5.058.702 \div 21,857) \times 8 \div 1000$	1.851
4	Percobaan 4	5.069.324	22,245	$(5.069.324 \div 22,245) \times 8 \div 1000$	1.823
5	Percobaan 5	5.066.606	22,223	$(5.066.606 \div 22,223) \times 8 \div 1000$	1.823
6	Percobaan 6	4.822.154	21,236	$(4.822.154 \div 21,236) \times 8 \div 1000$	1.816
7	Percobaan 7	4.889.600	21,361	$(4.889.600 \div 21,361) \times 8 \div 1000$	1.831
8	Percobaan 8	4.906.998	21,513	$(4.906.998 \div 21,513) \times 8 \div 1000$	1.824
9	Percobaan 9	4.899.087	21,375	$(4.899.087 \div 21,375) \times 8 \div 1000$	1.833
10	Percobaan 10	4.936.402	21,679	$(4.936.402 \div 21,679) \times 8 \div 1000$	1.821

Sebagai contoh, proses perhitungan *throughput* pada Percobaan 1 dilakukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Throughput &= \frac{4.990.144}{21,942} = 227.424,300 \text{ Bytes} \times 8 = 1.819.394,400 \text{ bits/s} \\
 &= \frac{1.819.394,400 \text{ bits/s}}{1000} = 1.819 \text{ Kbps}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai *throughput* pada masing-masing percobaan sebagaimana disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Throughput*

No	Percobaan	Nilai Throughput (Kbps)
1	Percobaan 1	1.819
2	Percobaan 2	1.815
3	Percobaan 3	1.851
4	Percobaan 4	1.823
5	Percobaan 5	1.823
6	Percobaan 6	1.816
7	Percobaan 7	1.831
8	Percobaan 8	1.824
9	Percobaan 9	1.833
10	Percobaan 10	1.821
Rata-Rata		1.825,6

Selanjutnya, nilai rata-rata *throughput* dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = nilai rata-rata *throughput* (Kbps)

$\sum x$ = jumlah seluruh nilai *throughput*

n = jumlah percobaan

Maka, perhitungan rata-rata *throughput* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \bar{x} &= \frac{1819+1815+1851+1823+1823+1816+1831+1824+1833+1821}{10} \\
 &= \frac{18.256}{10} = 1.825,6 \text{ Kbps}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai rata-rata throughput sebesar 1.825,6 Kbps. Pada Tabel 4.2, nilai *throughput* yang diperoleh pada setiap percobaan menunjukkan variasi yang relatif kecil. Nilai *throughput* tertinggi diperoleh pada Percobaan 3 sebesar 1.851 Kbps, sedangkan nilai *throughput* terendah diperoleh pada Percobaan 2 sebesar 1.815 Kbps. Variasi nilai *throughput* tersebut dipengaruhi oleh kondisi jaringan selama proses transmisi, seperti kualitas sinyal *wireless*, tingkat interferensi, serta kestabilan koneksi antara perangkat pengirim dan penerima.

Berdasarkan standar kategori throughput yang digunakan pada penelitian ini, nilai rata-rata sebesar 1.825,60 Kbps berada pada rentang 1.200–2.100 Kbps, sehingga termasuk dalam kategori Bagus. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jaringan *wireless* yang digunakan memiliki kemampuan yang baik dalam mentransmisikan data secara efektif dan stabil.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan *wireless* mampu mendukung implementasi Audio over IP (AoIP) dengan baik. Nilai throughput yang relatif tinggi dan stabil pada setiap percobaan menunjukkan bahwa proses transmisi audio dapat berlangsung secara real-time dengan kualitas jaringan yang memadai.

4.5.2 *Jitter*

Perhitungan *jitter* pada penelitian ini dilakukan dengan membagi total variasi waktu kedatangan paket data dengan jumlah paket yang diterima dikurangi satu. Hasil perhitungan kemudian dikonversi dari satuan detik (*second*) menjadi milidetik (*millisecond*) dengan mengalikan hasilnya sebesar 1000. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *jitter* adalah sebagai berikut.

$$Jitter = \frac{\text{Total variasi kedatangan}}{\text{Total Paket Diterima} - 1}$$

Berdasarkan rumus tersebut, proses perhitungan *jitter* pada setiap percobaan disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Proses Perhitungan *Jitter*

No	Percobaan	Total Variasi Waktu (s)	Paket Diterima	Proses Perhitungan	Hasil (ms)
1	Percobaan 1	21,941178	10.226	$21,941178 \div (10.226 - 1) \times 1000$	2,14583
2	Percobaan 2	21,853902	10.186	$21,853902 \div (10.186 - 1) \times 1000$	2,14569
3	Percobaan 3	21,855928	10.186	$21,855928 \div (10.186 - 1) \times 1000$	2,14589
4	Percobaan 4	22,244246	10.365	$22,244246 \div (10.365 - 1) \times 1000$	2,14629
5	Percobaan 5	22,218638	10.359	$22,218638 \div (10.359 - 1) \times 1000$	2,14507
6	Percobaan 6	21,234684	9.898	$21,234684 \div (9.898 - 1) \times 1000$	2,14556
7	Percobaan 7	21,350209	9.957	$21,350209 \div (9.957 - 1) \times 1000$	2,14445
8	Percobaan 8	21,512131	10.027	$21,512131 \div (10.027 - 1) \times 1000$	2,14563
9	Percobaan 9	21,373841	9.963	$21,373841 \div (9.963 - 1) \times 1000$	2,14553
10	Percobaan 10	21,678101	10.102	$21,678101 \div (10.102 - 1) \times 1000$	2,14613

Sebagai contoh, proses perhitungan *jitter* pada Percobaan 1 dilakukan sebagai berikut.

$$Jitter = \frac{21,941178}{10.226 - 1} = 0,002145836 \text{ s} \times 1000 = 2,145836 \text{ ms}$$

Berdasarkan proses perhitungan tersebut, diperoleh nilai *jitter* pada setiap percobaan sebagaimana disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian *Jitter*

No	Percobaan	Jitter (ms)
1	Percobaan 1	2,14583
2	Percobaan 2	2,14569
3	Percobaan 3	2,14589
4	Percobaan 4	2,14629
5	Percobaan 5	2,14507
6	Percobaan 6	2,14556
7	Percobaan 7	2,14445
8	Percobaan 8	2,14563
9	Percobaan 9	2,14553
10	Percobaan 10	2,14613
Rata-Rata		2,14561

Selanjutnya, nilai rata-rata *jitter* dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = nilai rata-rata *jitter* (ms)

$\sum x$ = jumlah seluruh nilai *jitter*

n = jumlah percobaan

Maka, perhitungan rata-rata *jitter* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{2,14583+2,14569+2,14589+2,14629+2,14507+2,14556+2,14445+2,14563+2,14553+2,14613}{10} \\ &= \frac{21,45607}{10} = 2,14561 \text{ ms}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai rata-rata *jitter* sebesar 2,14561 ms. Pada Tabel 4.4, nilai *jitter* pada setiap percobaan menunjukkan variasi yang sangat kecil. Nilai *jitter* tertinggi diperoleh pada Percobaan 4 sebesar 2,14629 ms, sedangkan nilai *jitter* terendah diperoleh pada Percobaan 7 sebesar 2,14445 ms. Selisih kedua nilai tersebut hanya sekitar 0,00184 ms, yang menunjukkan bahwa waktu kedatangan paket data selama proses transmisi relatif konsisten.

Berdasarkan standar kategori *jitter* yang digunakan pada penelitian ini, nilai rata-rata sebesar 2,14561 ms berada pada rentang 1–75 ms, sehingga termasuk dalam kategori Bagus. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan memiliki tingkat kestabilan yang baik dalam menjaga konsistensi waktu kedatangan paket selama proses transmisi.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan wireless mampu mendukung implementasi Audio over IP (AoIP) dengan baik. Nilai *jitter* yang rendah dan relatif stabil pada seluruh percobaan menunjukkan bahwa paket data audio diterima secara konsisten sehingga mampu meminimalkan terjadinya audio dropout, gangguan suara, maupun distorsi selama proses transmisi audio secara real-time.

4.5.3 Packet Loss

Perhitungan *packet loss* pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan jumlah paket yang dikirim dengan jumlah paket yang berhasil diterima selama proses transmisi. Selisih antara kedua nilai tersebut merupakan jumlah paket yang hilang (*packet loss*), kemudian dibagi dengan jumlah paket yang dikirim dan dikalikan 100% untuk memperoleh nilai persentase *packet loss*. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *packet loss* adalah sebagai berikut.

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket Data Terkirim} - \text{Paket Data Diterima}}{\text{Paket Data Terkirim}} \times 100\%$$

Berdasarkan rumus tersebut, proses perhitungan *packet loss* pada setiap percobaan disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Proses Perhitungan *Packet Loss*

No	Percobaan	Paket Dikirim	Paket Diterima	Proses Perhitungan	Hasil (%)
1	Percobaan 1	10.465	10.226	$(10.465 - 10.226) \div 10.465 \times 100$	2,28
2	Percobaan 2	10.375	10.186	$(10.375 - 10.186) \div 10.375 \times 100$	1,82
3	Percobaan 3	10.574	10.186	$(10.574 - 10.186) \div 10.574 \times 100$	3,66
4	Percobaan 4	10.822	10.365	$(10.822 - 10.365) \div 10.822 \times 100$	4,22
5	Percobaan 5	10.758	10.359	$(10.758 - 10.359) \div 10.758 \times 100$	3,70
6	Percobaan 6	10.301	9.898	$(10.301 - 9.898) \div 10.301 \times 100$	3,91
7	Percobaan 7	10.276	9.957	$(10.276 - 9.957) \div 10.276 \times 100$	3,10
8	Percobaan 8	10.410	10.027	$(10.410 - 10.027) \div 10.410 \times 100$	3,67
9	Percobaan 9	10.390	9.963	$(10.390 - 9.963) \div 10.390 \times 100$	4,10
10	Percobaan 10	10.490	10.102	$(10.490 - 10.102) \div 10.490 \times 100$	3,69

Sebagai contoh, proses perhitungan *packet loss* pada Percobaan 1 dilakukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Packet Loss} &= \frac{10.465 - 10.226}{10.465} \times 100 \% \\
 &= \frac{239}{10.465} \times 100 \% \\
 &= 0,022838 \times 100 \% = 2,28\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan proses perhitungan tersebut, diperoleh nilai *packet loss* pada setiap percobaan sebagaimana disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian *Packet Loss*

No	Percobaan	Packet Loss (%)
1	Percobaan 1	2,28
2	Percobaan 2	1,82
3	Percobaan 3	3,66
4	Percobaan 4	4,22
5	Percobaan 5	3,70
6	Percobaan 6	3,91
7	Percobaan 7	3,10
8	Percobaan 8	3,67
9	Percobaan 9	4,10
10	Percobaan 10	3,69
Rata-Rata		3,42

Selanjutnya, nilai rata-rata *packet loss* dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = nilai rata-rata *packet loss* (%)

$\sum x$ = jumlah seluruh nilai *packet loss*

n = jumlah percobaan

Maka, perhitungan rata-rata *jitter* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{2,28+1,82+3,66+4,22+3,70+3,91+3,10+3,67+4,10+3,69}{10} \\ &= \frac{35,15}{10} = 3,415\% = 3,42\%\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai rata-rata *packet loss* sebesar 3,42%. Pada Tabel 4.6, nilai *packet loss* pada setiap percobaan menunjukkan variasi yang relatif kecil. Nilai *packet loss* tertinggi diperoleh pada Percobaan 4 sebesar 4,22%, sedangkan nilai terendah diperoleh pada Percobaan 2 sebesar 1,82%. Variasi tersebut menunjukkan bahwa selama proses transmisi masih terdapat sejumlah paket yang tidak berhasil diterima, namun persentasenya relatif rendah pada setiap percobaan.

Berdasarkan standar kategori packet loss yang digunakan pada penelitian ini, nilai rata-rata sebesar 3,52% termasuk dalam kategori Bagus, karena masih berada pada rentang nilai yang dapat diterima untuk mendukung komunikasi data secara real-time. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar paket data berhasil diterima oleh perangkat penerima sehingga proses transmisi audio dapat berlangsung dengan baik.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan wireless yang digunakan memiliki tingkat kehilangan paket yang rendah. Dengan nilai packet loss rata-rata sebesar 3,52%, jaringan masih mampu mendukung implementasi Audio over IP (AoIP) secara real-time dengan kualitas komunikasi yang baik, meskipun pada beberapa percobaan masih terdapat sedikit kehilangan paket yang tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap proses transmisi audio.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan wireless yang digunakan memiliki tingkat keandalan yang cukup baik dalam mendukung transmisi Audio over IP (AoIP). Nilai packet loss yang relatif rendah membuat kualitas audio yang dikirim tetap dapat diterima dengan baik tanpa gangguan yang terlalu signifikan.

4.6 Pembahasan

Berikut perhitungan rata-rata parameter Quality of Service (QoS) yang meliputi throughput, jitter, dan packet loss berdasarkan hasil pengujian sistem Audio over IP (AoIP) berbasis jaringan wireless point-to-point.

Tabel 4.7 Hasil QoS Sistem Audio over IP (AoIP)

Parameter QoS	Hasil Pengujian	Standar QoS	Indeks	Kategori
Throughput	1.825,60 Kbps	1.200–2.100 Kbps	3	Bagus
Jitter	2,14561 ms	1–75 ms	3	Bagus
Packet Loss	3,42 %	3–14 %	3	Bagus

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai rata-rata throughput sebesar 1.825,60 Kbps, jitter sebesar 2,14561 ms, dan packet loss sebesar 3,42%. Hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 4.7. Berdasarkan standar Quality of Service (QoS) yang digunakan dalam penelitian ini, ketiga

parameter tersebut memperoleh indeks 3 dengan kategori Bagus. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan *wireless point-to-point* yang digunakan mampu memberikan kualitas layanan yang baik dalam mendukung implementasi sistem Audio over IP (AoIP).

Pada parameter throughput, diperoleh nilai rata-rata sebesar 1.825,60 Kbps yang berada pada rentang 1.200–2.100 Kbps, sehingga termasuk dalam kategori Bagus. Nilai tersebut menunjukkan bahwa jaringan memiliki kemampuan yang baik dalam mentransmisikan data audio secara kontinu selama proses komunikasi berlangsung. Jika dibandingkan dengan penelitian Pingge et al. (2025) dan Rianto et al. (2023), nilai throughput pada penelitian ini memang lebih rendah. Perbedaan tersebut disebabkan oleh karakteristik jaringan yang digunakan, di mana penelitian ini menggunakan jaringan *wireless point-to-point* yang difokuskan untuk transmisi audio secara real-time, sedangkan penelitian pembandingan menggunakan jaringan dengan kapasitas bandwidth yang lebih besar dan melayani lebih banyak pengguna. Meskipun demikian, nilai throughput yang diperoleh telah memenuhi kategori Bagus, sehingga jaringan dinilai mampu mendukung kebutuhan transmisi audio secara efektif.

Pada parameter jitter, diperoleh nilai rata-rata sebesar 2,14561 ms yang berada pada rentang 1–75 ms, sehingga termasuk dalam kategori Bagus. Nilai jitter yang rendah menunjukkan bahwa variasi waktu kedatangan antar paket data relatif kecil sehingga paket audio dapat diterima dengan interval waktu yang konsisten. Kondisi ini sangat penting pada sistem Audio over IP (AoIP) karena mampu menjaga kontinuitas aliran audio dan mengurangi risiko terjadinya audio dropout maupun distorsi suara. Jika dibandingkan dengan penelitian Darso et al. (2025), Restuady et al. (2024), dan Turangga et al. (2022), nilai jitter pada penelitian ini relatif lebih rendah, yang menunjukkan bahwa kestabilan jaringan pada proses transmisi audio berada dalam kondisi yang baik.

Pada parameter packet loss, diperoleh nilai rata-rata sebesar 3,42% yang berada pada rentang 3–14%, sehingga termasuk dalam kategori Bagus. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar paket data berhasil diterima oleh perangkat tujuan, meskipun masih terdapat sejumlah kecil paket yang hilang selama proses transmisi. Kehilangan paket tersebut dipengaruhi oleh kualitas sinyal

wireless, interferensi jaringan, serta kondisi lingkungan pada saat pengujian dilakukan. Dibandingkan dengan penelitian Pingge et al. (2025), Turangga et al. (2022), dan Rianto et al. (2023) yang memperoleh nilai packet loss di bawah 1%, hasil penelitian ini memang lebih tinggi. Namun demikian, nilai packet loss sebesar 3,42% masih berada dalam kategori Bagus berdasarkan standar QoS yang digunakan, sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas audio yang diterima.

Penelitian ini juga mengevaluasi kualitas output audio yang dihasilkan selama proses transmisi. Berdasarkan hasil pengujian, audio yang diterima pada perangkat penerima terdengar jelas, stabil, dan tidak mengalami gangguan yang signifikan seperti *audio dropout*, distorsi, maupun *noise*. Selain itu, jeda (*delay*) yang terjadi tidak terasa mengganggu sehingga komunikasi audio dapat berlangsung secara *real-time*.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi berdasarkan parameter throughput, jitter, dan packet loss menunjukkan bahwa implementasi sistem Audio over IP (AoIP) berbasis jaringan *wireless point-to-point* memiliki kualitas layanan jaringan yang baik. Ketiga parameter QoS memperoleh indeks 3 dengan kategori Bagus, sehingga dapat disimpulkan bahwa jaringan yang digunakan mampu mendukung proses transmisi audio secara *real-time* dengan kualitas layanan yang stabil. Hasil ini juga didukung oleh evaluasi output audio yang menunjukkan bahwa suara yang diterima tetap jelas, stabil, dan tidak mengalami gangguan yang berarti selama proses transmisi. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan telah memenuhi standar performa jaringan yang dibutuhkan untuk mendukung komunikasi audio melalui jaringan *wireless point-to-point*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai implementasi sistem Audio over IP (AoIP) berbasis jaringan wireless point-to-point sebagai pengganti Studio Transmitter Link (STL) analog di Radio Badratun FM, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem Audio over IP (AoIP) menggunakan perangkat MikroTik, TP-Link CPE605, dan perangkat lunak Voicemeeter pada jaringan *wireless point-to-point* dengan jarak sekitar 1,2 kilometer, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti Studio Transmitter Link (STL) analog di Radio Badratun FM.
2. Hasil pengukuran Quality of Service (QoS) menggunakan Wireshark menunjukkan nilai rata-rata throughput sebesar 1.825,60 Kbps, jitter sebesar 2,14561 ms, dan packet loss sebesar 3,42%. Berdasarkan standar QoS yang digunakan, ketiga parameter tersebut termasuk dalam kategori Bagus. Hasil evaluasi terhadap output audio juga menunjukkan bahwa suara yang diterima pada perangkat penerima terdengar jelas, stabil, serta tidak mengalami gangguan yang signifikan seperti *audio dropout*, distorsi, maupun *noise*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan parameter Quality of Service (QoS) lain seperti jitter dan bandwidth agar analisis performa jaringan menjadi lebih lengkap.
2. Untuk meningkatkan kualitas transmisi audio, dapat digunakan perangkat wireless dengan spesifikasi yang lebih tinggi dan sistem AoIP juga dapat dikembangkan dengan menambahkan keamanan jaringan seperti VPN dan penggunaan codec audio yang lebih optimal agar kualitas dan keamanan transmisi audio menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliah, A., Mariani, D., Zain, N., Abdurrahman, Ir. T. S. D., Rahman, M. N., Hartono, Ir. S. Y., Salmiah, & Farida, F. (2025). *Dasar Sistem Telekomunikasi*. Lingkar Edukasi Indonesia.
- Abletek. (2024). *AoIP (Audio over IP)*. Abletek.Co.Uk. <https://abletek.co.uk/aoip-network-ip-audio/>
- Andre. (2026). *Membangun Sebuah Jaringan Point to Point (Ptp) Menggunakan Radio Wireless Dengan Sumber Daya Solar Panel* [Skripsi]. Politeknik Negeri Bengkalis.
- Arenastreaming. (2025). *Memahami STL: Cara Mengirim Audio dari Studio ke Pemancar dengan Efektif*. Arenastreaming.Com. <https://arenastreaming.com/memahami-stl-pengiriman-audio-studio-pemancar/>
- Atiqoh, U. (2021). *Strategi Penyiaran Radio Sonora 99.8 Fm Dalam Mempertahankan Eksistensinya Di Era Media Online* [Skripsi thesis, IAIN Purwokerto].
- Awalia, K.M.F. & Desmira. (2024). Monitoring Sistem Transmisi Dan Distribusi Pada Pemancar Radio Fm Di Radio Republik Indonesia. *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro Dan Informatika*, 2(4), 56–67. <https://doi.org/10.61132/jupiter.v2i3.369>
- Buana, W., Hariyandi, A., & Rezi, F. (2023). Pengembangan Jaringan Local Area Network (Lan) Dan Wide Area Network (Wan) Pada Smkn 4 Padang Dengan Metode Research Dan Development. *JOISIE Journal Of Information System And Informatics Engineering*, 7(1), 120–134.
- Darso, D., Mohamad Ridho Mubarak, & Mohamad Dandi Ramadhan. (2024). Analisa Kinerja Jaringan Nirkabel Universitas AMIKOM Purwokerto Berdasarkan Konsep Quality of Service (QoS). *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 3(4), 235–241. <https://doi.org/10.55123/storage.v3i4.4478>
- Danacoid. (2024). *Apa perbedaan antara VoIP dan AoIP?*. Danacoidedu.Com. <https://www.danacoidedu.com/id/blog/what-is-the-difference-between-voip-and-aqip>

- Dhika, H., & Tyas, Syafitri Ayuning. (2020). Quality Of Services (QOS) Untuk Meningkatkan Skema Dalam Jaringan Optik. *JIMP: Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, 5(2).
- Fauzi, A., Setiawan, A., & Utami, D. Y. (2022). Perancangan Jaringan Voice Over Internet Protokol (Voip) Menggunakan Platform Asterisknow. *Computer Science (CO-SCIENCE)*, 2(1).
- Fikri, K. A., & Djuniadi. (2021). Keamanan Jaringan Menggunakan Switch Port Security. *InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 5(2). <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v5i2.3501>
- Guo, Y., & Li, Q. (2020). AoIP / AVB Technology and Application of Digital Audio Network. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 11(5), 305–318.
- Handayanti, D. B. (2025). *Apa Itu Quality of Service (QoS)? Jenis, Konsep, dan Manfaatnya*. Digitalsolusigrup.Co.Id. <https://digitalsolusigrup.co.id/quality-of-service-adalah>
- Hilmi, M., Alfandi, M., & Prisdianti, S. (2022). Strategi Komunikasi Radio Komunitas Pendidikan dan Dakwah dalam Mempertahankan Eksistensi di Kota Semarang. *Dakwatuna: Jurnal Dakwah Dan Komunikasi Islam*, 8(2), 127–145.
- Imam, & Zamzami, M. N. (2026). Analisis Kinerja Wireless Distribution Network (WDN) pada Lingkungan Padat Pengguna Menggunakan Metode QoS. *Karapan Network Journal*, 2(1).
- Januardiansyah, D. P., Hidayat, M. H., & al-hidayat, Moh. R. isya. (2026). Analisis Parameter QoS pada Infrastruktur Wi-Fi Kampus di Jam Padat Pengguna. *Karapan Network Journal*, 2(1).
- Komdigi. (2026). *Pelayanan Izin Stasiun Radio Dinas Tetap Dan Bergerak Darat*. Direktorat Jenderal Infrastruktur Digital. <https://www.postel.go.id/artikel-izin-spektrum-frekuensi-radio-informasi-pelayanan-7-1856>
- Lee, S., Kwon, S., & Lee, S. (2023). Study on Eliminating Delay and Noise in On-site Audio Center of Anchor Technology. *IEEE Access*, 11.
- Muh, A., & Aksa, N. (2018). Penerapan Sinyal Radio Point to Point Untuk Analisis Kinerja Jaringan Lan Pada Smk Negeri 2 Sinjai. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Dan Teknik Informatika*, 1(2).

- Nevion. "What Is Audio over IP?" Nevion.Com, 2025.
<https://nevision.com/lexicon/what-is-audio-over-ip/>
- Nindhasari, Harlita, Harliantara, Nurannafi, Zulaikha, and Didik Sugeng. "Perkembangan Komunikasi Radio Di Era Digital: Tinjauan Literatur Yang Sistematis." *MUKASI: Jurnal Ilmu Komunikasi* 5, no. 2 (2026): 751–62.
<https://doi.org/10.54259/mukasi.v5i2.6356>.
- Nurazizah, I. D. (2022). Protocol Routing. *Jurnal Ilmu-Ilmu Informatika Dan Manajemen STMIK*, 13(11).
- Pingge, R. M. P. U., Bernadus, I. N., & Adnyana, G. F. (2025). Analisis Performansi Jaringan Internet Smk Wira Harapan Menggunakan Quality Of Service (Qos). *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(5).
- Prasetya, M. A. L. (2022). Implementasi Voice Over Internet Protocol (VOIP) Menggunakan Protokol Keamanan VPN Dan Protokol SIP Pada Jaringan Pusdatin Kemensos. *Jurnal Sisfo*, 10(2), 27–48.
<https://doi.org/10.24089/j.sisfo.2020.10.003>
- Puspitasari, D., Rahmadewi, R., Lindawati, U., Sya'bana, D. H., & Fauzi, R. F. (2025). Optimalisasi Sinyal Wireless dengan Tenda N300 Access Point di Kontrakan Pemda Sukaharja. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3). <http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6650>
- Rahayu, A.P. (2022). *Upaya Stasiun Radio dalam Persaingan Bisnis di Era Digital*. Wwww.Jitoe.Com. <https://www.jitoe.com/upaya-stasiun-radio-dalam-persaingan-bisnis-di-era-digital/3642/>
- Restuadi, F., Nopriandi, H., & Aprizal, A. (2024). Analisis Qos Jaringan Internet Fakultas Teknik Universitas Islam Kuantan Singingi Menggunakan Wireshark 4.0.3. *Jurnal Teknologi Dan Open Source*, 7(1), 44–54.
<https://doi.org/10.36378/jtos.v7i1.3871>
- Rianto, N. A. K., Salsabila, H., & Jumanto. (2023). Analysis of Quality of Service (QoS) Wi-Fi Network in UNNES Digital Center Building using Wireshark. *Journal of Student Research Exploration*, 1(1), 21–32.
- Sari, M. S., & Lala, A. (2026). Analisa Jaringan Local Area Network (LAN) Pada Mal Pelayanan Publik (MPP) Kabupaten Kepahiang. *Jurnal Media Infotama*, 22(1).

- Sinabariba, S. C. (2023). Eksistensi Radio: Tantangan dan Peluang di Era Digital dan Post-Pandemic COVID-19 (Sebuah Pendekatan dengan Metode Tinjauan Literatur Sistematis). *Jurnal Lensa Mutiara Komunikasi*, 7(2), 11–23.
- Sramp. (2025). *VBAN Protocol & VB-CABLE – Stream Audio Over Your Network*. Sramp.Com. <https://sramp.com/CollectionTutorial/vban-tutorial.html>
- Stekom. (2025). *Jaringan radio*. P2k.Stekom. https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Jaringan_radio
- Susanto, R. (2020). Rancang Bangun Jaringan Vlan dengan Menggunakan Simulasi Cisco Packet Tracer. *Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 4(2). <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v4i2.2297>
- Travelya, E. R. & Desmira. (2024). Sistem Penyiaran Broadcasting Programa 1 (91.2 Fm) di Radio Republik Indonesia Jakarta Pusat. *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro Dan Informatika*, 2(4), 47–55. <https://doi.org/10.61132/jupiter.v2i3.367>
- Turangga, S., Martanto, & Arie, Y. (2022). Analisis Internet Menggunakan Parameter Quality Of Service Pada Alfamart Tuparev 70. *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(1).
- Wibowo, A. & Ristyo. (2020). Perancangan Dan Implementasi Jaringan Wireless Point To Point untuk Warga Desa Trimodadi Kec Abung Selatan. *Sienna*, 1(2), 54–63.
- Yanto, R., Irfan, D., & Huda, A. (2022). Analisis Quality of Service Jaringan Wireless untuk Teknologi Streaming. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 6(2), 167–175. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v6i2.5840>

LAMPIRAN

PERCOBAAN 1

1. Throughput

Rumus: Throughput = Jumlah Bytes / Time Span	
Jumlah Bytes	4.990.144 Bytes
Time Span	21.942 detik
Throughput (Bytes/s)	$4.990.144 \div 21.942 = 227424.300$ Bytes/s
Konversi ke bits/s ($\times 8$)	$227424.300 \times 8 = 1819394.400$ bits/s
HASIL THROUGHPUT	1819 Kbits/s

2. Packet Loss

Rumus: Packet Loss = [(Paket Dikirim - Paket Diterima) / Paket Dikirim] $\times$ 100%	
Paket Dikirim	10.465 paket
Paket Diterima	10.226 paket
Selisih Paket	$10.465 - 10.226 = 239$ paket
Rasio Packet Loss	$239 \div 10.465 = 0.0228380315336837$
HASIL PACKET LOSS	2.28%

3. Jitter

Rumus: Jitter = Total Variasi Waktu Paket / (Total Paket Diterima - 1)	
Total Variasi Waktu	21.941178 detik
Total Paket Diterima	10.226 paket

(Paket Diterima – 1)	$10.226 - 1 = 10.225$
Jitter (detik)	$21.941178 \div 10.225 = 0.0021458$ detik
Konversi ke ms ($\times 1000$)	$0.0021458 \times 1000 = 2.145836479$ ms
HASIL JITTER	2.145836479 ms

PERCOBAAN 2

1. Throughput

Rumus: Throughput = Jumlah Bytes / Time Span	
Jumlah Bytes	4.958.516 Bytes
Time Span	21.855 detik
Throughput (Bytes/s)	$4.958.516 \div 21.855 = 226882.452$ Bytes/s
Konversi ke bits/s ($\times 8$)	$226882.452 \times 8 = 1815059.616$ bits/s
HASIL THROUGHPUT	1815 Kbits/s

2. Packet Loss

Rumus: Packet Loss = [(Paket Dikirim - Paket Diterima) / Paket Dikirim] $\times 100\%$	
Paket Dikirim	10.375 paket
Paket Diterima	10.186 paket
Selisih Paket	$10.375 - 10.186 = 189$ paket
Rasio Packet Loss	$189 \div 10.375 = 0.0182168674698795$
HASIL PACKET LOSS	1.82%

3. Jitter

Rumus: Jitter = Total Variasi Waktu Paket / (Total Paket Diterima – 1)	
Total Variasi Waktu	21.853902 detik
Total Paket Diterima	10.186 paket
(Paket Diterima – 1)	$10.186 - 1 = 10.185$
Jitter (detik)	$21.853902 \div 10.185 = 0.0021457$ detik
Konversi ke ms ($\times 1000$)	$0.0021457 \times 1000 = 2.145694845$ ms
HASIL JITTER	2.145694845 ms

PERCOBAAN 3

1. Throughput

Rumus: Throughput = Jumlah Bytes / Time Span	
Jumlah Bytes	5.058.702 Bytes
Time Span	21.857 detik
Throughput (Bytes/s)	$5.058.702 \div 21.857 = 231445.395$ Bytes/s
Konversi ke bits/s ($\times 8$)	$231445.395 \times 8 = 1851563.160$ bits/s
HASIL THROUGHPUT R - R	1851 Kbits/s

2. Packet Loss

Rumus: Packet Loss = [(Paket Dikirim - Paket Diterima) / Paket Dikirim] $\times$ 100%	
Paket Dikirim	10.574 paket
Paket Diterima	10.186 paket

Selisih Paket	$10.574 - 10.186 = 388$ paket
Rasio Packet Loss	$388 \div 10.574 = 0.0366937771893323$
HASIL PACKET LOSS	3.66%

3. Jitter

Rumus: Jitter = Total Variasi Waktu Paket / (Total Paket Diterima - 1)	
Total Variasi Waktu	21.855928 detik
Total Paket Diterima	10.186 paket
(Paket Diterima - 1)	$10.186 - 1 = 10.185$
Jitter (detik)	$21.855928 \div 10.185 = 0.0021460$ detik
Konversi ke ms ($\times 1000$)	$0.0021460 \times 1000 = 2.145893765$ ms
HASIL JITTER	2.145893765 ms

PERCOBAAN 4

1. Throughput

Rumus: Throughput = Jumlah Bytes / Time Span	
Jumlah Bytes	5.069.324 Bytes
Time Span	22.245 detik
Throughput (Bytes/s)	$5.069.324 \div 22.245 = 227885.996$ Bytes/s
Konversi ke bits/s ($\times 8$)	$227885.996 \times 8 = 1823087.968$ bits/s
HASIL THROUGHPUT	1823 Kbits/s

2. Packet Loss

Rumus: Packet Loss = [(Paket Dikirim - Paket Diterima) / Paket Dikirim] × 100%	
Paket Dikirim	10.822 paket
Paket Diterima	10.365 paket
Selisih Paket	$10.822 - 10.365 = 457$ paket
Rasio Packet Loss	$457 \div 10.822 = 0.0422287931990390$
HASIL PACKET LOSS	4.22%

3. Jitter

Rumus: Jitter = Total Variasi Waktu Paket / (Total Paket Diterima - 1)	
Total Variasi Waktu	22.244246 detik
Total Paket Diterima	10.365 paket
(Paket Diterima - 1)	$10.365 - 1 = 10.364$
Jitter (detik)	$22.244246 \div 10.364 = 0.0021462$ detik
Konversi ke ms (× 1000)	$0.0021462 \times 1000 = 2.146299305$ ms
HASIL JITTER	2.146299305 ms

PERCOBAAN 5

1. Throughput

Rumus: Throughput = Jumlah Bytes / Time Span	
Jumlah Bytes	5.066.606 Bytes
Time Span	22.223 detik

Throughput (Bytes/s)	$5.066.606 \div 22.223 = 227989.290 \text{ Bytes/s}$
Konversi ke bits/s ($\times 8$)	$227989.290 \times 8 = 1823914.320 \text{ bits/s}$
HASIL THROUGHPUT	1823 Kbits/s

2. Packet Loss

Rumus: Packet Loss = $[(\text{Paket Dikirim} - \text{Paket Diterima}) / \text{Paket Dikirim}] \times 100\%$	
Paket Dikirim	10.758 paket
Paket Diterima	10.359 paket
Selisih Paket	$10.758 - 10.359 = 399 \text{ paket}$
Rasio Packet Loss	$399 \div 10.758 = 0.0370886781929727$
HASIL PACKET LOSS	3.70%

3. Jitter

Rumus: Jitter = $\text{Total Variasi Waktu Paket} / (\text{Total Paket Diterima} - 1)$	
Total Variasi Waktu	22.218638 detik
Total Paket Diterima	10.359 paket
(Paket Diterima - 1)	$10.359 - 1 = 10.358$
Jitter (detik)	$22.218638 \div 10.358 = 0.0021450 \text{ detik}$
Konversi ke ms ($\times 1000$)	$0.0021450 \times 1000 = 2.145070284 \text{ ms}$
HASIL JITTER	2.145070284 ms

PERCOBAAN 6

1. Throughput

Rumus: Throughput = Jumlah Bytes / Time Span	
Jumlah Bytes	4.822.154 Bytes
Time Span	21.236 detik
Throughput (Bytes/s)	$4.822.154 \div 21.236 = 227074.496$ Bytes/s
Konversi ke bits/s ($\times 8$)	$227074.496 \times 8 = 1816595.968$ bits/s
HASIL THROUGHPUT	1816 Kbits/s

2. Packet Loss

Rumus: Packet Loss = [(Paket Dikirim - Paket Diterima) / Paket Dikirim] $\times$ 100%	
Paket Dikirim	10.301 paket
Paket Diterima	9.898 paket
Selisih Paket	$10.301 - 9.898 = 403$ paket
Rasio Packet Loss	$403 \div 10.301 = 0.0391224152994855$
HASIL PACKET LOSS	3.91%

3. Jitter

Rumus: Jitter = Total Variasi Waktu Paket / (Total Paket Diterima - 1)	
Total Variasi Waktu	21.234684 detik
Total Paket Diterima	9.898 paket
(Paket Diterima - 1)	$9.898 - 1 = 9.897$

Jitter (detik)	$21.234684 \div 9.897 = 0.0021455$ detik
Konversi ke ms ($\times 1000$)	$0.0021455 \times 1000 = 2.145070284$ ms
HASIL JITTER	2.145070284 ms

PERCOBAAN 7

1. Throughput

Rumus: Throughput = Jumlah Bytes / Time Span	
Jumlah Bytes	4.889.600 Bytes
Time Span	21.361 detik
Throughput (Bytes/s)	$4.889.600 \div 21.361 = 228903.141$ Bytes/s
Konversi ke bits/s ($\times 8$)	$228903.141 \times 8 = 1831225.128$ bits/s
HASIL THROUGHPUT	1831 Kbits/s

2. Packet Loss

Rumus: Packet Loss = $[(\text{Paket Dikirim} - \text{Paket Diterima}) / \text{Paket Dikirim}] \times 100\%$	
Paket Dikirim	10.276 paket
Paket Diterima	9.957 paket
Selisih Paket	$10.276 - 9.957 = 319$ paket
Rasio Packet Loss	$319 \div 10.276 = 0.0310432074737252$
HASIL PACKET LOSS	3.10%

3. Jitter

Rumus: Jitter = Total Variasi Waktu Paket / (Total Paket Diterima – 1)	
Total Variasi Waktu	21.350209 detik
Total Paket Diterima	9.957 paket
(Paket Diterima – 1)	$9.957 - 1 = 9.956$
Jitter (detik)	$21.350209 \div 9.956 = 0.0021444$ detik
Konversi ke ms ($\times 1000$)	$0.0021444 \times 1000 = 2.144456509$ ms
HASIL JITTER	2.144456509 ms

PERCOBAAN 8

1. Throughput

Rumus: Throughput = Jumlah Bytes / Time Span	
Jumlah Bytes	4.906.998 Bytes
Time Span	21.513 detik
Throughput (Bytes/s)	$4.906.998 \div 21.513 = 228094.547$ Bytes/s
Konversi ke bits/s ($\times 8$)	$228094.547 \times 8 = 1824756.376$ bits/s
HASIL THROUGHPUT	1824 Kbits/s

2. Packet Loss

Rumus: Packet Loss = [(Paket Dikirim - Paket Diterima) / Paket Dikirim] $\times$ 100%	
Paket Dikirim	10.410 paket
Paket Diterima	10.027 paket

Selisih Paket	$10.410 - 10.027 = 383$ paket
Rasio Packet Loss	$383 \div 10.410 = 0.0367915465898175$
HASIL PACKET LOSS	3.67%

3. Jitter

Rumus: Jitter = Total Variasi Waktu Paket / (Total Paket Diterima - 1)	
Total Variasi Waktu	21.512131 detik
Total Paket Diterima	10.027 paket
(Paket Diterima - 1)	$10.027 - 1 = 10.026$
Jitter (detik)	$21.512131 \div 10.026 = 0.0021456$ detik
Konversi ke ms ($\times 1000$)	$0.0021456 \times 1000 = 2.14563445$ ms
HASIL JITTER	2.14563445 ms

PERCOBAAN 9

1. Throughput

Rumus: Throughput = Jumlah Bytes / Time Span	
Jumlah Bytes	4.899.087 Bytes
Time Span	21.375 detik
Throughput (Bytes/s)	$4.899.087 \div 21.375 = 229197.052$ Bytes/s
Konversi ke bits/s ($\times 8$)	$229197.052 \times 8 = 1833576.416$ bits/s
HASIL THROUGHPUT	1833 Kbits/s

2. Packet Loss

Rumus: Packet Loss = [(Paket Dikirim - Paket Diterima) / Paket Dikirim] × 100%	
Paket Dikirim	10.390 paket
Paket Diterima	9.963 paket
Selisih Paket	$10.390 - 9.963 = 427$ paket
Rasio Packet Loss	$427 \div 10.390 = 0.0410972088546679$
HASIL PACKET LOSS	4.10%

3. Jitter

Rumus: Jitter = Total Variasi Waktu Paket / (Total Paket Diterima - 1)	
Total Variasi Waktu	21.373841 detik
Total Paket Diterima	9.963 paket
(Paket Diterima - 1)	$9.963 - 1 = 9.962$
Jitter (detik)	$21.373841 \div 9.962 = 0.0021455$ detik
Konversi ke ms ($\times 1000$)	$0.0021455 \times 1000 = 2.145537141$ ms
HASIL JITTER	2.145537141 ms

PERCOBAAN 10

1. Throughput

Rumus: Throughput = Jumlah Bytes / Time Span	
Jumlah Bytes	4.936.402 Bytes
Time Span	21.679 detik

Throughput (Bytes/s)	$4.936.402 \div 21.679 = 227704.322 \text{ Bytes/s}$
Konversi ke bits/s ($\times 8$)	$227704.322 \times 8 = 1821634.576 \text{ bits/s}$
HASIL THROUGHPUT	1821 Kbits/s

2. Packet Loss

Rumus: Packet Loss = $[(\text{Paket Dikirim} - \text{Paket Diterima}) / \text{Paket Dikirim}] \times 100\%$	
Paket Dikirim	10.490 paket
Paket Diterima	10.102 paket
Selisih Paket	$10.490 - 10.102 = 388 \text{ paket}$
Rasio Packet Loss	$388 \div 10.490 = 0.0369876072449952$
HASIL PACKET LOSS	3.69%

3. Jitter

Rumus: Jitter = $\text{Total Variasi Waktu Paket} / (\text{Total Paket Diterima} - 1)$	
Total Variasi Waktu	21.678101 detik
Total Paket Diterima	10.102 paket
(Paket Diterima - 1)	$10.102 - 1 = 10.101$
Jitter (detik)	$21.678101 \div 10.101 = 0.0021461 \text{ detik}$
Konversi ke ms ($\times 1000$)	$0.0021461 \times 1000 = 2.146134145 \text{ ms}$
HASIL JITTER	2.146134145 ms