
SISTEM PERINGATAN SUARA PUBLIK MULTISALURAN PADA LALU LINTAS MELALUI LAN BERBASIS SINGLE BOARD COMPUTER

¹Afriyudi, ²Andra Imam Putra Graha, ³Anggoro S. Pramudyo

¹Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bina Darma, afriyudi@binadarma.ac.id

²Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, andraimamputra@gmail.com

³Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, pramudyo@untirta.ac.id

Abstract - Dense of road traffic increases violations of road traffic rules and disobedience of road signs. The limited number of traffic regulators requires a renewable traffic management system following the concept of smart city. One of the concept to renewable the traffic management system is to apply a public voice announce or warning system at a particular point of interest at the road. Warning or announce in the form of sound is a information delivery that is difficult to ignore. In order to meet these needs, it is necessary to apply the real-time audio streaming system through LAN (local area network) connection. The system works with traffic regulators capable of providing voice warnings at each point of the channel location in an initial effort to manage the dense of road traffic. In achieving cost efficiency, the system uses a SBC (single board computer) with orange pi zero as a audio channel device. The quality of audio streaming in the network using QoS (quality of service) test with delay category resulting in excellence that the value below 150ms, packet loss category is also excellence with the value no more than 1% and the size of throughput about 5 MB per second. The result of QoS test indicate the whole system meet the ITU-T standards.

Keywords: Orange Pi Zero, Smart City, Real-time Audio Streaming

Abstrak - Padatnya lalu lintas darat meningkatkan pelanggaran terhadap peraturan dan rambu lalu lintas oleh pengguna jalan. Terbatasnya jumlah petugas pengatur lalu lintas membutuhkan sistem pengelolaan lalu lintas yang terbaru mengikuti konsep kota cerdas. Salah satu pengelolaan lalu lintas terbaru adalah dengan menerapkan sistem peringatan suara publik pada titik lokasi tertentu untuk membantu pengaturan lalu lintas. Peringatan dalam bentuk suara merupakan bentuk penyampaian informasi yang sulit terabaikan. Penyaluran suara waktu nyata melalui hubungan jaringan lokal memberikan kemampuan kepada pihak pengatur lalu lintas untuk memberikan peringatan suara pada tiap titik lokasi saluran dalam upaya pertama mengatur lalu lintas. Untuk mencapai efisiensi maka sistem menggunakan single board computer orange pi zero sebagai perangkat saluran suara. Kualitas penyaluran suara dalam jaringan melalui pengujian QoS (quality of service) dengan parameter delay mendapat hasil excellence yaitu di bawah 150ms, parameter packet loss dengan hasil excellence yaitu di bawah 1% dan throughput sebesar 5MB per detik, hal ini menunjukkan bahwa sistem memenuhi standar penyaluran audio melalui jaringan berdasarkan ketentuan ITU-T.

Kata kunci: Orange Pi Zero, Smart City, Real-time Audio Streaming

1. Pendahuluan

Penerapan teknologi digital diharap mampu untuk membantu dan mempermudah tugas manusia pada berbagai hal, dengan tujuan menjadikan tugas tersebut lebih efektif dan efisien. Salah satu penerapan teknologi digital dapat diterapkan dalam sistem peringatan suara publik pada lalu lintas darat, yaitu metode penyaluran suara secara real time melalui hubungan jaringan lokal yang terhubung kepada setiap perangkat penerima. Kota Cilegon adalah salah satu kota di provinsi Banten yang memiliki kepadatan lalu lintas darat yang tinggi dan tingkat kepatuhan berlalu lintas yang rendah, maka sebagai solusi dari permasalahan tersebut pemerintah kota Cilegon memiliki

visi untuk menuju kota cerdas (*smart city*) salah satunya adalah melalui penerapan sistem peringatan publik pada pengelolaan lalu lintas [1]

Sistem peringatan suara publik sebagai metode dan upaya pihak penegak hukum dalam mengelola aktifitas lalu lintas untuk mengatasi masalah rendahnya kesadaran pengguna lalu lintas dan rendahnya kepatuhan pengguna lalu lintas terhadap rambu-rambu dan peraturan lalu lintas. Sistem peringatan suara publik ini diharap dapat bekerja dengan cara memberikan peringatan atau pemberitahuan suara melalui penyaluran audio secara waktu nyata (*real-time*) dari pusat pengelola lalu lintas kepada pengguna lalu lintas di titik lokasi yang saling terhubung dalam jaringan. Diharap melalui penelitian ini dapat berkesinambungan dengan konsep *smart city* yang digagas oleh pemerintah.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Transmisi Audio

Teknologi audio digital yang merupakan bagian dari bidang teknologi pengolahan sinyal digital mulai muncul dengan lahirnya konsep PCM (*Pulse Code Modulation*) yang dikemukakan oleh Alec Harvey Reevestahun 1939 melalui patennya ("*Electric Signaling System*" U.S Patent 2.272,070). Konsep tersebut berisi tentang konversi sinyal analog menjadi sinyal digital dalam bentuk biner, tetapi penerapan konsep ini dalam lingkungan multimedia pada saat itu masih terhambat karena ada keterbatasan pada rumitnya operasi dan tingginya biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan konsep ini pada perangkat multimedia [2].

Untuk bertukar data atau informasi dari satu perangkat ke perangkat penerima, maka membutuhkan suatu medium perantara dan penyediaan layanan jaringan yang akan dilalui oleh paket data untuk diterima pada perangkat tujuan. Jadi pada dasarnya yang dimaksud dengan media transmisi adalah penggunaan medium perantara dan jalur yang dilalui untuk membawa informasi data dari pengirim (*sender*) ke penerima (*receiver*). Informasi yang ditransmisikan dapat berupa sinyal listrik, elektro magnetik dan juga data biner. Transmisi audio dengan metode *broadcast* merupakan transmisi atau pengiriman audio dalam bentuk paket data yang dilakukan oleh satu pengirim ke banyak penerima dalam seluruh jaringan yang terhubung (*one to many*) [3]. Paket data akan dikirimkan oleh perangkat utama dan akan diterima oleh seluruh perangkat penerima yang meminta akses dan terhubung dalam jaringan yang sama.

2.2 Single Board Computer (SBC)

Single board computer (SBC) adalah suatu perangkat keras yang memiliki kapasitas untuk dapat menjalankan kemampuan operasi umum pada komputer kerja namun dengan ukuran yang jauh lebih mungil bahkan setara dengan ukuran sebuah kartu kredit. SBC yang digunakan pada penelitian ini adalah *orange pi zero* yang merupakan produk *Shenzhen Xunlong Software .CO Limited* asal republik rakyat Tiongkok. SBC ini memiliki kemampuan untuk menjalankan sistem operasi selayaknya sistem operasi komputer kerja seperti sistem operasi berbasis *GNU/Linux* hingga menjalankan sistem operasi telepon pintar seperti *android* versi 4.4 [4]. *Orange pi zero* menggunakan *processor* dengan sirkuit terintegrasi berupa *system on chip* (SoC) *Allwinner H2+*.

2.3 Sistem Operasi dan Perangkat Lunak

Sistem operasi berfungsi untuk mengatur dan mengawasi penggunaan sumber daya perangkat keras dari permintaan penggunaan oleh program dan atau aplikasi yang berjalan pada sistem, sistem operasi berfungsi layaknya pemerintah dalam suatu daerah, dalam arti membuat kondisi komputer agar dapat menjalankan tugas dan fungsi secara benar dan sesuai. Untuk menghindari pertentangan (*conflict*) antar sumber daya pada perangkat saat pengguna menggunakan sumber daya yang sama, sistem operasi mengatur alokasi sumber daya yang diminta oleh program atau aplikasi, karena itu sistem operasi juga sering disebut sebagai *resource allocator* [5].

Microsoft windows 1064 bit adalah sistem operasi yang dijalankan oleh perangkat komputer utama yang digunakan untuk penelitian ini, sistem operasi ini memiliki lisensi berbayar terhadap penggunaannya. *Microsoft windows 10* juga merupakan sistem operasi yang digunakan pada penelitian ini. *Armbian* yang digunakan pada penelitian ini adalah versi 5.38 yang memiliki basis sistem operasi *GNU/Linux* seri kesembilan, berkas instalasi *Armbian* yang tersedia untuk *orange pi zero* dapat diunduh dengan mengakses tautan <https://www.armbian.com/orange-pi-zero/>. *Armbian* adalah sistem operasi sumber terbuka (*open source*) yang diedarkan dengan lisensi *GNU Public License/GPL v2*. *Armbian* juga merupakan sistem operasi yang ringan namun tetap memunahi kemampuan fungsi umum layaknya kemampuan komputer [6].

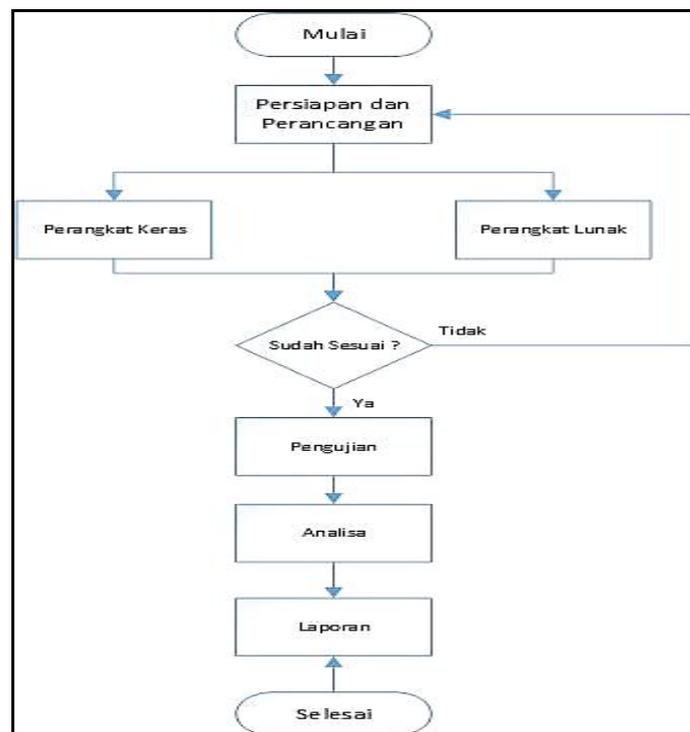
2.4 Protokol Komunikasi *Secure Shell*

Secure shell (SSH) adalah sebuah protokol komunikasi yang dijaga keamanannya dalam menjalankan layanan dan pengaturan tertentu antarperangkat yang mendukung protokol komunikasi ini [7]. Dalam suatu koneksi jaringan yang terhubung, identitas akses koneksi antarperangkat adalah dengan menggunakan pengalamatan IP (*IP address*) yang terdapat pada perangkat [8]. Konfigurasi dan komunikasi antara komputer utama dengan *orange pi zero* melalui protokol SSH [9]. Pada penelitian ini menggunakan aplikasi *PuTTY* yang merupakan aplikasi untuk menjalankan protokol komunikasi SSH dan dapat dijalankan pada sistem operasi *Windows 1064 bit* [10].

3. Metodologi Penelitian

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

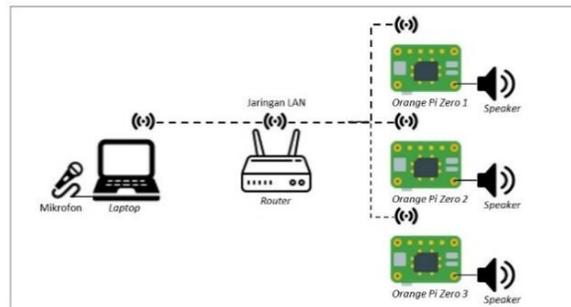


Gambar 1. Tahapan-tahapan penelitian

3.2 Perancangan Sistem

Pada penelitian ini, sistem keseluruhan bekerja untuk menyalurkan audio dari mikrofon internal komputer utama kepada perangkat penerima SBC *orange pi zero* dan hasil akhir pada

pengeras suara menggunakan router sebagai penyedia hubungan jaringan, rangkaian alat secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian alat secara keseluruhan

1. Komputer jinjing sebagai perangkat utama yang mengendalikan operasi pengiriman audio ke tiap saluran.
2. Mikrofon digunakan sebagai perangkat penerima suara.
3. Router digunakan sebagai basis penyediaan hubungan jaringan lokal untuk transmisi data antar perangkat.
4. Orange pi zero sebagai perangkat penerima pengolah penyaluran audio dari perangkat utama yang diteruskan ke loudspeaker.

3.3 Perancangan Perangkat Keras

Komputer utama yang digunakan adalah komputer jinjing (Laptop) Lenovo B475 dengan sistem operasi Microsoft Windows 1064 bit, Perangkat komputer utama digunakan sebagai penyedia penyalur audio yang akan menyalurkan audio ke tiap saluran penerima, masukan audio menggunakan mikrofon internal atau *bult-in microphone* yang tersedia pada komputer jinjing. Perangkat komputer utama juga digunakan sebagai pusat pengendali sistem keseluruhan untuk mengatur tiap perangkat penerima menjalankan fungsinya, dengan antarmuka pengendalian berbasis web server.

Orange pi zero digunakan sebagai perangkat yang menerima saluran audio dan memutarnya ke pengeras suara menggunakan kartu suara USB (USB *sound card*) melalui konektor analog 3.5mm. Orange pi zero berjalan pada sistem operasi armbian nirtampilan (*headless*) dengan menjalankan perintah dan program yang telah tertanam sebelumnya. Alat yang dipadukan dengan SBC ini adalah kartu memori micro SD sebagai berkas penyimpanan sistem operasi tersimpan, catu daya dengan tegangan 5V dengan arus tersedia maksimum 2A dan kartu suara USB sebagai keluaran analog untuk pengeras suara.

3.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak adalah pengelolaan perintah dan program terhadap sumber daya perangkat untuk dapat digunakan sesuai fungsinya. Perancangan perangkat lunak memiliki tujuan untuk memenuhi kebutuhan sistem keseluruhan sehingga sesuai dengan tujuan penelitian.

4. Hasil dan Pembahasan

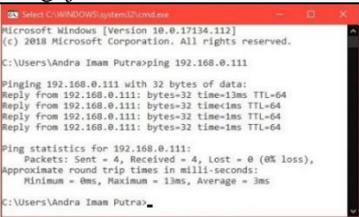
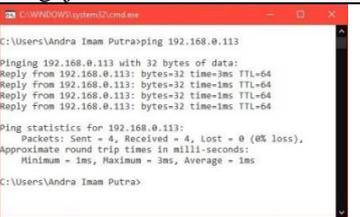
4.1 Pengujian Rancangan Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan adalah dengan merangkai seluruh perangkat keras yang digunakan dalam penelitian sesuai dengan konfigurasi peruntukan tugas dan fungsi setiap perangkat. Konfigurasi perangkat komputer jinjing *Lenovo B475* sebagai sumber penyedia audio dan pengendali sistem, hubungkan seluruh perangkat menggunakan router *TP-Link WR840N* sebagai satu jaringan lokal (LAN). Pada perangkat *orange pi zero* menggunakan konektor analog 3.5 mm sebagai keluaran audio pada *speaker berdaya 3 Watt*. Setelah seluruh perangkat telah terhubung dalam jaringan, maka sistem keseluruhan siap untuk dilakukan pengujian,

4.2 Pengujian Jaringan

Pengujian jaringan pada sistem keseluruhan dilakukan untuk mengetahui dan memastikan setiap perangkat telah terhubung dalam satu jaringan, sehingga operasi penyaluran audio dan pengendalian perangkat saluran audio melalui jaringan lokal dapat terlaksana. Pengujian jaringan dilakukan dengan memeriksa *client list* pada administrasi router dan menjalankan pengujian menggunakan utilitas *ping*. Pengujian utilitas *ping* dilakukan dengan menggunakan aplikasi *command prompt* di sistem operasi *Microsoft Windows 10*. Cara utilitas *ping* bekerja adalah dengan mengirimkan paket data ke alamat IP setiap perangkat, pengujian memastikan bahwa paket data yang dikirimkan berhasil diterima oleh setiap perangkat, seperti pada tabel 1.

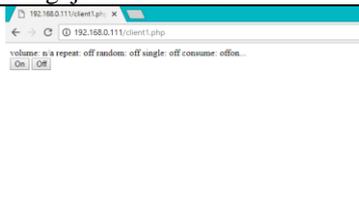
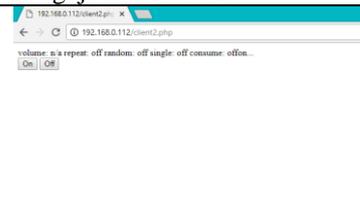
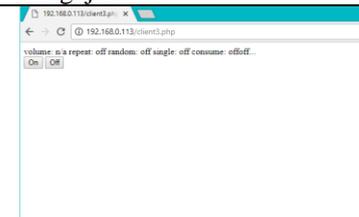
Tabel 1. Hasil pengujian utilitas *ping* pada tiap perangkat

No	Pengujian Saluran 1	Pengujian Saluran 2	Pengujian Saluran 3
1.			
2.	<i>ping</i> dengan alamat 192.168.0.111, merupakan pengujian transmisi kepada saluran unit 1. Hasil : berhasil	<i>ping</i> dengan alamat 192.168.0.112, merupakan pengujian transmisi kepada saluran unit 2. Hasil : berhasil	<i>ping</i> dengan alamat 192.168.0.113, merupakan pengujian transmisi kepada saluran unit 3. Hasil : berhasil

4.3 Pengujian Pengendalian Sistem

Pengujian pengendalian untuk setiap saluran adalah dengan mengakses tautan perangkat saluran dengan menggunakan peramban *web* pada komputer utama. Antarmuka untuk mengendalikan saluran memiliki tampilan dengan pilihan kolom “On” untuk mengaktifkan saluran dan pilihan kolom “Off” untuk nonaktifkan saluran. Hasil pengujian tiap saluran dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian pengendalian saluran melalui peramban *web*

No	Pengujian Saluran 1	Pengujian Saluran 2	Pengujian Saluran 3
1.			
2.	Akses alamat 192.168.0.111/client1.php pengujian kondisi “On” dan “Off” pada perangkat saluran 1. Hasil : Berhasil	Akses alamat 192.168.0.112/client2.php pengujian kondisi “On” dan “Off” pada perangkat saluran 2. Hasil : Berhasil	Akses alamat 192.168.0.113/client3.php pengujian kondisi “On” dan “Off” pada perangkat saluran 3. Hasil : Berhasil

4.4 Pengujian Variasi Penyaluran Audio

Pada pengujian penyaluran audio ini mekanisme untuk mengatur penyaluran audio ke setiap perangkat penerima pada sistem keseluruhan akan diuji variasi kondisi pengujian dengan mengatur saluran mana yang akan aktif untuk menerima saluran audio dan saluran mana yang tidak aktif untuk menerima saluran audio. Dari seluruh variasi kondisi pengujian penyaluran audio pada sistem keseluruhan terhadap ketiga pilihan saluran penerima mendapat hasil telah berhasil. Maka

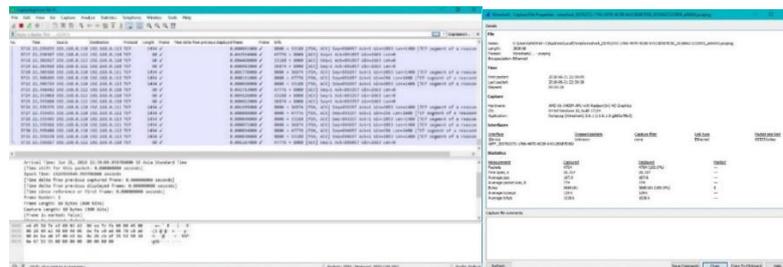
dari hasil pengujian penyaluran audio ini, perancangan sistem keseluruhan telah sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil variasi pengujian penyaluran audio dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian penyaluran audio pada tiap kondisi

No	Variasi Pengujian	Saluran Yang Aktif			Keterangan
		Client 1	Client 2	Client 3	
1.	Kondisi 1	•			Berhasil
2.	Kondisi 2		•		Berhasil
3.	Kondisi 3			•	Berhasil
4.	Kondisi 4	•	•		Berhasil
5.	Kondisi 5		•	•	Berhasil
6.	Kondisi 6	•		•	Berhasil
7.	Kondisi 7	•	•	•	Berhasil

4.5 Pengujian *Quality of Service (Qos)*

Pengujian kualitas layanan atau QoS dilakukan dengan melakukan perekaman transmisi yang berjalan dalam jaringan dengan menggunakan aplikasi *wireshark*. Parameter pengujian kualitas layanan pada jaringan berfungsi untuk mengetahui kualitas layanan dalam jaringan oleh sistem keseluruhan yang telah dirancang. Beberapa parameter pengujian kualitas layanan yang diuji pada sistem keseluruhan ini adalah parameter *delay*, *throughput*, dan *packet loss*. Pengamatan terhadap pelayanan pada jaringan lokal saat sistem keseluruhan berjalan adalah dengan menganalisa hasil perekaman data dari transmisi yang teramati. Pada aplikasi *wireshark* terdapat pilihan filter atau opsi untuk menyaring keseluruhan data rekaman, opsi filter tersebut digunakan sesuai dengan parameter pengamatan yaitu terhadap transmisi paket data dengan metode *broadcast*.



Gambar 3. Pengamatan dan analisa menggunakan aplikasi *wireshark*.

Setelah pengamatan dan perekaman data analisa melalui *wireshark*, maka konfigurasi *filter* hasil catatan data tersebut dengan hanya memilih alamat IP penyedia audio dan alamat IP penerima audio pada aplikasi. Konfigurasi filter alamat IP ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi pengamatan untuk analisa sehingga data tidak tercampur dengan data dari transmisi paket data lain yang tidak diinginkan. Hasil data pengamatan dan analisa oleh aplikasi *wireshark* dengan hasil pengamatan *packets*, *time span*, *average packet/sec*, *average packet size*, *average bytes/sec*, *average Megabit/sec*, dan *average time delta*, pada berbagai variasi kualitas audio dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengamatan menggunakan *wireshark*

No.	Bit rate			Data Pengamatan Sistem dalam Jaringan							
	Kbps	Hz	Mode	Packets Sent	Packets End	Time Span	Avg. packet/sec	Avg. packet Size (bytes)	Avg. byte/s	Avg. Mbit/sec	
1	40	22050	mono	254	254	61.02	4.7	1248	5249	0.04	
2	48	22050	mono	304	303	60.671	5.1	1249	6293	0.05	
3	56	22050	mono	357	357	60.98	5.9	1251	7341	0.058	
4	64	22050	mono	405	405	61.07	6.6	1253	8382	0.067	
5	80	22050	mono	513	512	61.472	8.4	1252	10123	0.083	
6	56	44100	mono	360	359	61.599	5.8	1256	7338	0.058	
7	64	44100	mono	403	403	60.55	6.7	1260	8382	0.067	

8	80	44100	mono	508	508	60.899	8.3	1256	10277	0.083
9	96	44100	mono	610	609	61	10	1257	12221	0.1
10	112	44100	mono	712	710	61.01	11.7	1255	14002	0.11
11	128	44100	mono	800	800	60.15	13.3	1258	15998	0.13
12	160	48000	mono	997	997	59.8	16.7	1255	20100	0.16
13	192	48000	mono	1199	1198	60.151	19.9	1259	25000	0.2
14	224	48000	mono	1401	1400	60.2	23.3	1258	29000	0.23
15	256	48000	mono	1583	1582	59.45	26.6	1257	33000	0.267
16	320	48000	mono	1998	1997	60.1	33.2	1259	41000	0.334

4.5.1 Pengujian Parameter Delay

Pengujian kualitas pelayanan jaringan pada parameter *delay* dilakukan dengan menguji 16 variasi konfigurasi spesifikasi kualitas audio yang disalurkan, *delay* atau latensi dalam transmisi paket data dalam jaringan diperoleh dari selisih waktu kirim antara tiap transmisi paket data, untuk menghitung rata-rata *delay* digunakan rumus:

$$\text{rata - rata delay} = \frac{\text{Total Waktu Pengiriman paket}}{\text{total paket yang diterima}} \quad (1)$$

Tabel 5 merupakan standar kualitas dari *delay* atau latensi dalam layanan jaringan menurut ITU-T G.1010.

Tabel 5. Standar kualitas *delay* berdasarkan ITU-TG.1010

	Category	Delay
Delay(Latency) Standard	Excellent	< 150 ms
	Good	150 – 300 ms
	Poor	300 – 450 ms
	Unacceptable	>450 ms

Hasil pengujian parameter *delay* diperoleh dengan menghitung data hasil pengamatan layanan dalam jaringan yang dapat dilihat pada tabel 4. Hasil pengujian parameter *delay* dengan 16 variasi kondisi kualitas audio yang disalurkan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Keseluruhan pengujian rata-rata *delay*

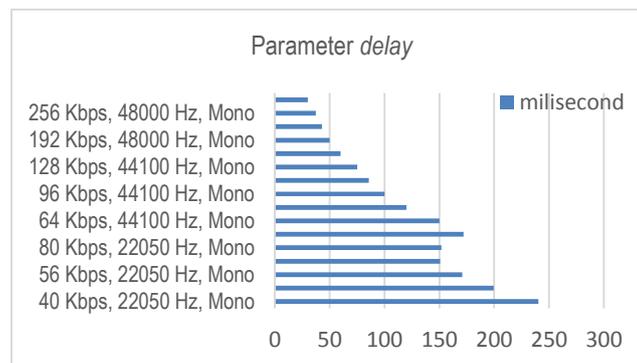
No	Kualitas Audio	Rata-rata <i>delay</i> (ms)
1	40 Kbps, 22050Hz, Mono	240,236
2	48 Kbps, 22050Hz, Mono	199,576
3	56 Kbps, 22050Hz, Mono	170,812
4	64 Kbps, 22050Hz, Mono	150,791
5	80 Kbps, 22050Hz, Mono	151,783
6	56 Kbps, 44100Hz, Mono	172,108
7	64 Kbps, 44100Hz, Mono	150,248
8	80 Kbps,44100Hz, Mono	119,879
9	96 Kbps, 44100Hz, Mono	100
10	112 Kbps, 44100Hz, Mono	85,688
11	128 Kbps, 44100Hz, Mono	75,187
12	160 Kbps, 48000Hz, Mono	59,979
13	192 Kbps, 48000Hz, Mono	50,167
14	224 Kbps, 48000Hz, Mono	42,969
15	256 Kbps, 48000Hz, Mono	37,552
16	320 Kbps, 48000Hz, Mono	30,081

Dari hasil uji coba yang dilakukan, *delay* terendah ketika *bitrate* pada kondisi 320 Kbps, yaitu nilai rata-rata *delay* sebesar 30,081 ms, dan nilai rata-rata *delay* terbesar terjadi ketika *bitrate* pada kondisi 40 Kbps, yaitu sebesar 240,236 ms. [11] Berdasarkan standar ITU-TG.1010 pada tabel 6, hasil pengujian penyaluran audio pada kondisi *bitrate* 80 Kbps, 96 Kbps, 112 Kbps, 128 Kbps, 160 Kbps, 192 Kbps, 224 Kbps, 256 Kbps, dan 320 Kbps yang diuji pada penelitian ini masih dalam kategori *excellent* atau sangat bagus, dengan melalui pengujian besarnya *delay* tidak melebihi 150 ms. Sementara penyaluran audio pada kondisi 40 Kbps, 48 Kbps, 56 Kbps, dan 64 Kbps masuk dalam kategori *Good* atau Baik yang masih pada jangkauan antara 150 sampai dengan 300 ms (ITU-TG.1010) dengan hasil grafik dapat dilihat pada gambar 4.

4.5.2 Pengujian Parameter Packet Loss

Pengujian kualitas pelayanan jaringan pada parameter *packet loss* adalah untuk mengetahui jumlah paket data yang hilang saat paket data ditransmisikan. *Packet loss* juga dipengaruhi beberapa faktor yang terjadi ketika paket data ditransmisikan dalam jaringan dan kesalahan pada perangkat keras jaringan juga berpengaruh. pengujian parameter *packet loss* dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\text{Packet loss} = \frac{\text{paket data terkirim} - \text{paket data diterima}}{\text{paket data terkirim}} \times 100\% \quad (2)$$



Gambar 4. Grafik hasil pengamatan parameter *delay*

Standar kualitas dari *packet loss* dalam kualitas pelayanan jaringan menurut ITU-T G.1010 dapat dilihat pada tabel 7 (ITU-T, 2002).

Tabel 7. Standar kualitas *packet loss* menurut ITU-T G.1010

	Category	Packet loss
Packet loss Standard	Excellent	0 %
	Good	1 – 3 %
	Poor	4 – 15 %
	Unnacceptable	>16 %

Hasil pengujian parameter *packet loss* dapat dihitung dengan mengambil data dari hasil pengamatan layanan dalam jaringan yang dapat dilihat pada tabel 4. Pengujian parameter *packet loss* dengan 16 variasi kondisi kualitas audio yang disalurkan didapat hasil seperti pada tabel 8.

Melalui pengujian parameter *packet loss* dari 16 variasi kualitas audio yang disalurkan melalui jaringan didapat hasil seluruh variasi kualitas audio telah memenuhi kriteria *excellence* atau sangat bagus menurut standar ITU-T G.1010 dengan nilai *packet loss* yang diperoleh di bawah 1%. Data pengujian parameter *packet loss* dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 5.

4.5.3 Pengujian Parameter Throughput

Pengujian kualitas pelayanan dalam jaringan pada parameter *throughput* dengan menguji 16 variasi konfigurasi spesifikasi kualitas audio yang disalurkan melalui jaringan. *Throughput* adalah

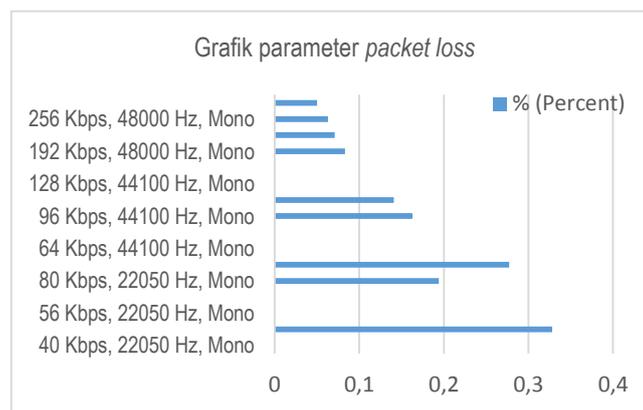
kecepatan (*rate*) transmisi paket data efektif dalam satuan *bit per second* (bps), *throughput* diperoleh dari jumlah total rata-rata paket data yang ditransmisikan selama durasi waktu tertentu di bagi oleh durasi waktu tersebut, dihitung dengan rumus:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{rata - rata paket transmisi data } \left(\frac{\text{bytes}}{\text{second}}\right)}{\text{durasi waktu transmisi}} \quad (3)$$

Hasil pengujian parameter *throughput* dapat dihitung dengan mengambil data dari hasil pengamatan layanan dalam jaringan yang dapat dilihat pada tabel 45. Hasil pengujian dengan 16 variasi kualitas audio yang disalurkan dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 8. Hasil pengujian parameter *packet loss*

No	Kualitas Audio	Packet loss (%)
1	40 Kbps, 22050Hz, Mono	0
2	48 Kbps, 22050Hz, Mono	0,328
3	56 Kbps, 22050Hz, Mono	0
4	64 Kbps, 22050Hz, Mono	0
5	80 Kbps, 22050Hz, Mono	0,194
6	56 Kbps, 44100Hz, Mono	0,277
7	64 Kbps, 44100Hz, Mono	0
8	80 Kbps,44100Hz, Mono	0
9	96 Kbps, 44100Hz, Mono	0,163
10	112 Kbps, 44100Hz, Mono	0,141
11	128 Kbps, 44100Hz, Mono	0
12	160 Kbps, 48000Hz, Mono	0
13	192 Kbps, 48000Hz, Mono	0,083
14	224 Kbps, 48000Hz, Mono	0,071
15	256 Kbps, 48000Hz, Mono	0,063
16	320 Kbps, 48000Hz, Mono	0,05

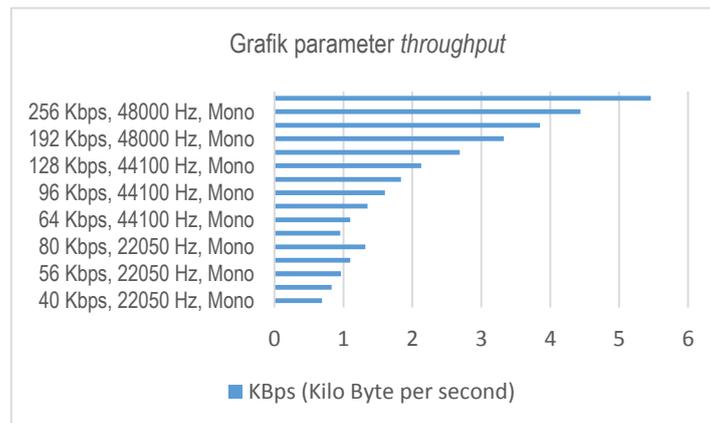


Gambar 5. Grafik pengujian parameter *packet loss*

Berdasarkan data hasil pengujian 16 variasi kualitas audio yang disalurkan, *throughput* terbesar adalah pada konfigurasi *bit rate* sebesar 320 Kbps, yaitu sebesar 5,457 KBps dan *throughput* terendah pada konfigurasi *bitrate* sebesar 40 Kbps yaitu sebesar 0,688 KBps. Data hasil pengujian parameter *throughput* dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 6.

Tabel 9. Hasil pengujian parameter *throughput*

No	Kualitas Audio	Throughput (KBps)
1	40 Kbps, 22050Hz, Mono	0,688
2	48 Kbps, 22050Hz, Mono	0,829
3	56 Kbps, 22050Hz, Mono	0,963
4	64 Kbps, 22050Hz, Mono	1,098
5	80 Kbps, 22050Hz, Mono	1,317
6	56 Kbps, 44100Hz, Mono	0,953
7	64 Kbps, 44100Hz, Mono	1,101
8	80 Kbps, 44100Hz, Mono	1,351
9	96 Kbps, 44100Hz, Mono	1,602
10	112 Kbps, 44100Hz, Mono	1,836
11	128 Kbps, 44100Hz, Mono	2,127
12	160 Kbps, 48000Hz, Mono	2,688
13	192 Kbps, 48000Hz, Mono	3,324
14	224 Kbps, 48000Hz, Mono	3,853
15	256 Kbps, 48000Hz, Mono	4,440
16	320 Kbps, 48000Hz, Mono	5,457



Gambar 6. Grafik pengujian parameter *throughput*.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penyaluran audio multi saluran dengan kondisi waktu nyata (*real-time*) menggunakan perangkat *single board computer* melalui hubungan jaringan lokal (LAN) dapat dilaksanakan.
2. Pengendalian penyaluran audio dengan konfigurasi perangkat saluran sebagai web server menggunakan bahasa pemrograman PHP dan diakses melalui web browser pada komputer utama.
3. Penyaluran audio secara waktu nyata (*real-time audio streaming*) dengan menggunakan aplikasi icecast sebagai audio streaming server dan aplikasi BuTT sebagai penangkap masukan audio dari mikrofon.
4. Pengujian QoS dengan parameter delay berdasarkan standarisasi ITU-T G.1010 mendapat predikat excellent atau sangat bagus pada kondisi bitrate 80 Kbps, 96 Kbps, 112 Kbps, 128 Kbps, 160 Kbps, 192 Kbps, 224 Kbps, 256 Kbps dan 320 Kbps dengan hasil rata-rata delay di bawah 150 ms, sedangkan pada kondisi bitrate 40 Kbps, 48 Kbps, 56 Kbps dan 64 Kbps hanya mendapat predikat good atau bagus dengan hasil rata-rata delay di atas 150 ms.

-
5. Pengujian QoS dengan parameter packetloss mendapat predikat excellent atau sangat bagus pada semua variasi kondisi kualitas audio yang di salurkan dalam jaringan dengan hasil pengujian tidak ada rata-rata packet loss yang melebihi 1%.

Referensi

- [1] Dinas Komunikasi Informatika Sandi dan Statistik, *Pengembangan Teknologi, Informasi Menuju Cilegon Smart City*, Pemerintah Kota Cilegon, 2017.
- [2] A. E. Grant dan J. H. Meadows, *Communication Technology Update and Fundamentals, 11th Edition*, Massachussets: Focal Press Elseiver Inc., 2008.
- [3] M. Ginanjar, "Analisa Radio Streaming/Radio Internet", *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Elektro*, Vol. 1, No. 1 . 2016
- [4] Shenzen Xunlong Software Co. Ltd., *Orange Pi Zero User Manual*. Retrieved Februari 21, 2018, from <http://www.orangepi.org/orangepizero/>
- [5] W. Stallng, *Operating Systems : internals and design principles 7th Edition*, New Jersey: Pearson Education Inc., 2012.
- [6] Armbian, *Linux for ARM Development Board*, Retrieved Mei 11, 2018, from Armbian Documentations: <http://docs.armbian.com>
- [7] D. Napier, "*The SSH Protocol*" *Enterprise Operations Management*, Inggris: Auerbach Publications, 2001.
- [8] S. Haritha dan R. A. Reddy, "Design and Implementation of Efficient Audio Streaming Using Raspberry Pi" *IJETCSE*, Vol. 12, No. 1, 2014.
- [9] N. Duncan, *The SSH Protocol*, Inggris: Auerbach Publications, 2001.
- [10] S. Tatham, *PuTTY Project Release 0.70*, Retrieved Mei 13, 2018, from PuTTY Documentations: <http://putty.org>, 2017.
- [11] ITU-T, *Series G: Transmission Systems and Media: Digital Systems and Networks*, Geneva: International Telecommunication Union, 2002.