

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS PERFORMANSI WIRELESS DISTRIBUTION SYSTEM PADA LAYANAN VIDEO STREAMING

IMPLEMENTATION AND ANALYSIS WIRELESS DISTRIBUTION SYSTEM IN THE SERVICE OF VIDEO STREAMING

Yusuf Budiman¹, Ahmad Tri Hanuranto², Rendy Munadi³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹yusufbudiman@student.telkomuniversity.ac.id, ²athanuranto@telkomuniversity.ac.id, ³rendymuadi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Seiring perkembangan terhadap kebutuhan informasi, yang tidak hanya berupa informasi teks dan gambar saja akan tetapi juga melibatkan aspek multimedia yang ada. Salah satu yang dimaksud adalah informasi video *streaming*. Pada saat mengakses video *streaming* diperlukan *bandwidth* yang cukup besar dan mengakibatkan biaya yang besar. Solusi dari permasalahan tersebut yaitu dengan mengimplementasikan *Wireless Distribution System* (WDS) dengan mode *wireless Repeater/Bridge* WDS pada perangkat *access point* (AP) untuk mengembangkan jaringan nirkabel tanpa menggunakan kabel sebagai *access point*, melainkan memanfaatkan jalur nirkabel sebagai *backbone*. Pada Tugas Akhir ini diimplementasikan dan dianalisis performansi *Wireless Distribution System* (WDS) pada layanan video *streaming* dengan menggunakan *raspberry pi* sebagai server lalu di distribusikan ke pada *client* melalui jaringan *local wireless* dengan mode *Wireless Distribution System* (WDS), sehingga *client* bisa mengakses video *streaming* tanpa internet. Dalam pengujian ini menggunakan parameter-parameter yang dihitung dalam hasil akhirnya adalah *packet loss*, *delay*, dan *throughput*. Dari hasil implementasi dan analisis dapat diketahui nilai dari parameter *Quality of Service* (QoS). Diketahui bahwa *delay* skenario 1 untuk video *streaming* pada jarak 15m *router client* 1 didapatkan *delay* terkecil 0,1264s dan pada jarak 15m *obstacle acces point 2 client 2* mendapatkan *delay* yang besar 4,662s begitu juga pada skenario 2 jarak 30m *access point 1 client 1* didapatkan 0,548s dan 30m *obstacle access point 2 client 2* didapatkan 4,662s, *throughput* pada skenario 1 yang mendapatkan nilai yang besar terdapat pada jarak 15m *router client* 1 didapatkan 1,1 Mbps dan jarak 15m *obstacle acces point 2 client 2* didapatkan 0,78 Mbps mendapatkan nilai terkecil begitu juga pada skenario 2 jarak 30m *router client* 1 didapatkan 0,98 Mbps dan 30m *obstacle acces point 2 client 2* didapatkan 0,45 Mbps dan *Packet Loss* pada Skenario 1 dan 2 mendapatkan *loss packet* sebesar 0%.

Kata Kunci: WDS, *Raspberrry pi*, *Access Point*, *Video Streaming*, QoS

Abstract

A Along with the development of information needs, which is not only text and image information but also involve the multimedia aspects that exist. One of the intended information is streaming video. When accessing streaming video required bandwidth is considerable and leads to big cost. The solution of the problem is by implementing a *Wireless Distribution System* (WDS) with a *WDS Repeater/Bridge Wireless* mode on an *access point* (AP) device to develop wireless networks without having to use the cable as *Access points*, but rather utilizing wireless lines as *backbone*. This final project is implemented and analyzed, the performance and analysis of *Wireless Distribution System* (WDS) perform in the video streaming service using the *Raspberrry Pi* as a server and then distributed to the client through a local *Wireless network* with the mode *Wireless Distribution System* (WDS), so the client can access streaming video without internet. In this test, using parameters calculated in the final result is *packet loss*, *delay*, and *throughput*. From the results of implementation and analysis can be seen the value of the *Service Quality* (QoS) parameter. It is known that the *delay* scenario 1 for streaming video at a distance of 15m *client router* 1 gets 0.1264s *delay* and at a distance of 15m *access point constraints 2 client 2* gets a huge *delay* 4,662s as well as in scenario 2 the distance 30m *access point 1 client 1* gets 0.548s and 30m *obstacle access points 2 clients 2* get 4,662s, *throughput* in scenario 1 which gets a large value at a distance of 15m *client router* 1 gets 1.1 Mbps and 15m distance obsolete *access points 2 clients 2* gets 0.78 Mbps gets better value in scenario 2 the distance of 30m *client router* 1 is 0.98 Mbps and 30m *access point barrier 2 client 2* is 0.45 Mbps and *Package Loss* in Scenario 1 and 2 gets *packet loss* of 0%.

Keywords: WDS, *Raspberrry pi*, *Access Point*, *Streaming Video*, QoS

1. Pendahuluan

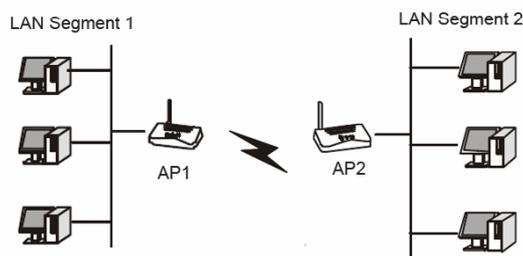
Seiring perkembangan terhadap kebutuhan informasi, yang tidak hanya berupa informasi teks dan gambar saja akan tetapi juga melibatkan aspek multimedia yang ada. Salah satu yang dimaksud adalah informasi video *streaming*. Informasi video *streaming* sangatlah penting baik untuk mencari video tutorial praktikum, video

seputar kampus atau video pengetahuan terbaru. Kebutuhan ini sangat di perlukan bagi instansi perguruan tinggi. Namun, *bandwidth* internet di Indonesia masih terhitung mahal jika digunakan menikmati video *streaming*. Dengan mengimplementasikan *Wireless Distribution System* (WDS) pada perangkat *access point* (AP) untuk mengembangkan jaringan nirkabel tanpa harus menggunakan kabel sebagai *access point*, melainkan memanfaatkan jalur nirkabel sebagai *backbone* maka dengan membangun aplikasi server *streaming* lokal dapat menjadi solusi untuk menikmati layanan *streaming*. Oleh karena itu mahasiswa tidak perlu memiliki paket internet untuk mengakses video *streaming* karena adanya aplikasi server *streaming* dengan jaringan lokal. Dalam pembuatan aplikasi server *streaming* banyak cara yang bisa dilakukan. Kemajuan teknologi saat ini dapat membuat segala sesuatu menjadi lebih mudah. Membuat aplikasi server video *streaming* di kampus Universitas Telkom memiliki banyak manfaat yang dapat di berikan. Banyaknya *Access Point* / *Wireless Router* yang banyak dapat menunjang aplikasi video *streaming*. Jika di manfaatkan dengan sistem *Wireless Distribution System* (WDS). *Wireless Distribution System* (WDS) adalah sebuah sistem untuk mempeluas jangkauan jaringan tanpa menggunakan kabel. Dengan sistem *Wireless Distribution System* (WDS) ini menggunakan 2 atau lebih *Access Point* dan tidak menggunakan kabel sebagai *backbone* jaringan, sehingga lebih murah, mudah dan efisien dalam instalasinya. Teknik ini memungkinkan mahasiswa mengakses tanpa kabel dan bisa berpindah tempat selama tempat tersebut terdapat *Access Point* yang sudah di masukan mode *repeater Wireless Distribution System* (WDS). Dengan adanya *Wireless Distribution System* (WDS) ini juga memungkinkan mahasiswa banyak yang mengakses aplikasi video *streaming* untuk keperluan belajar maupun mencari informasi seputar kampus tanpa perlu memikirkan *bandwidth* yang besar. Perbedaan dengan penelitian WDS sebelumnya terletak pada tempat diimplementasikannya dari WDS berupa ruang terbuka atau *outdoor*. Selain itu perbedaan juga ada pada penggunaan video *streaming* sebagai objek pengukuran kualitas jaringan. WDS akan diimplementasikan menggunakan rasp pi sebagai server dan *storage* dari video *streaming*, 2 *client*, 2 *access point*, serta 1 *router*. Parameter yang digunakan sebagai pedoman dalam menganalisis adalah *Packet Loss*, *Delay*, dan *Troughput*.

2. Dasar Teori

A. *Wireless Distribution System* (WDS)

Wireless Distribution System (WDS) atau Sistem Distribusi Nirkabel adalah sistem untuk mengembangkan jaringan internet nirkabel tanpa harus menggunakan kabel sebagai tulang punggungnya untuk jalur akses, melainkan menggunakan jalur nirkabel dari titik aksesnya [1] Dengan metode atau teknik menghubungkan (*Interconnection*) antara satu *router* atau *access point* dengan *router* atau *access point* lain dalam menggunakan media *wireless* dalam suatu *Wireless Local Area Network* (WLAN). Dengan WDS ini, area kerja dari WLAN dapat diperluas tanpa menggunakan kabel. Dengan kata lain, WDS adalah metode untuk menghubungkan beberapa *router* atau *access point* dalam suatu WLAN tanpa mengubungkan beberapa *router* atau *access point* tersebut ke dalam sistem kabel. Untuk membangun WDS ini, dibutuhkan setidaknya dua atau lebih *access point*. Dan untuk melakukan distribusi akses nirkabel, beberapa *access point* tersebut dikonfigurasi dengan parameter SSID dan frekuensi yang sama. Pada jaringan *wireless* dengan menggunakan mode WDS *bridge*, komunikasi dua arah antara *access point* yang satu dengan *access point* lainnya tidak membolehkan *wireless clients* atau *station* untuk mengaksesnya. Macam-macam mode pada *wireless distribution system* (WDS) bisa di bagi 2 macam yaitu mode *bridge* dan mode *repeater*. *Wireless bridge* pada *Access Point* WDS hanya berkomunikasi satu sama lain, dan tidak mengizinkan *station* untuk mengaksesnya. *Wireless repeater* antar *Access Point* dapat saling berkomunikasi satu sama lain dan mengizinkan *station* untuk mengakses mereka [2].



Gambar 1 *Wireless Distribution System* [2]

Kita dapat menggunakan *access point* dalam berbagai hal, salah satunya sebagai *relay base station* seperti yang dijelaskan sebelumnya. Pada mode ini kita dapat menggunakan fitur WDS ataupun *repeater*. Kedua mode ini memiliki fungsi yang kurang lebih sama, yaitu memperluas jangkauan jaringan. Namun kedua mode ini juga memiliki perbedaan, yaitu:[2]

1. *Wireless Distribution System*
 - a. Menghubungkan kedua *access point* menggunakan gelombang radio (*wireless*).
 - b. Harus memiliki terhubung dengan jaringan DSL (*Digital Subscriber Line*).
 - c. Menggunakan MAC address untuk mengidentifikasi *access point*.
2. Non WDS
 - a. Menghubungkan kedua *access point* menggunakan kabel UTP.

b. Tidak harus terhubung ke jaringan DSL (*Digital Subscriber Line*).

c. Tidak menggunakan MAC *address* untuk mengidentifikasi *access point*.

Namun WDS juga memiliki kekurangan seperti. Kecepatan berkurang, karena banyak user yang terhubung dalam satu jaringan. Apabila *access point* yang dijadikan server rusak, maka *access point* klien tidak mendapatkan koneksi dan tidak semua *access point* mendukung penggunaan WDS.[2]

B. Access Point

Access point atau yang biasa disebut sebagai AP merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk menyambungkan perangkat *wireless* ke sebuah jaringan berbasis kabel. Biasanya perangkat *access point* ini memanfaatkan sinyal radio seperti *Wi-Fi*, *bluetooth*, atau standar yang lain. *Access point* juga telah dilengkapi fungsi *security* seperti WEP (*Wireless Equivalent Privacy*) dan WPA (*Wifi Protected Access*) untuk proteksi keamanan jaringan. *Access point* mempunyai beberapa limitasi seperti jarak jangkauan, jumlah klien yang dapat tersambung dan kecepatan transfer[3].



Gambar 2 Acces Point [3]

C. Raspberry Pi

Raspberry Pi 3 merupakan generasi ketiga dari keluarga *Raspberry Pi*. *Raspberry Pi 3* memiliki RAM 1GB dan grafis *Broadcom VideoCore IV* pada frekuensi *clock* yang lebih tinggi dari sebelumnya yang berjalan pada 250MHz. *Raspberry Pi 3* menggantikan *Raspberry Pi 2* model B pada bulan Februari 2016. Kelebihannya dibandingkan dengan *Raspberry Pi 2* adalah: [4]

1. A 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU
2. 802.11n Wireless LAN
3. *Bluetooth 4.1*
4. *Bluetooth Low Energy (BLE)*

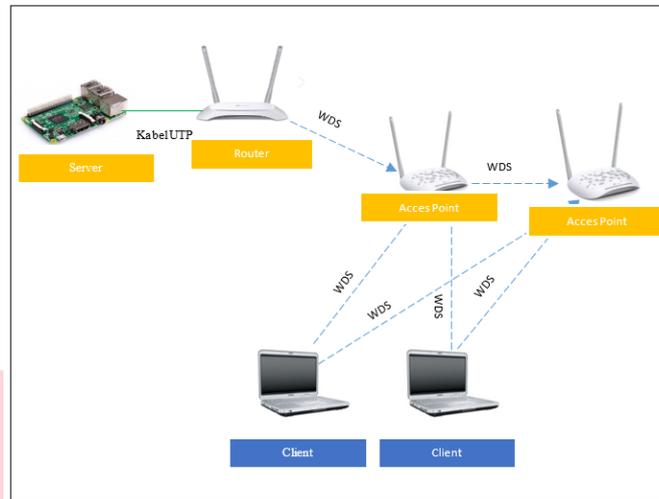


Gambar 1 Raspberry Pi 3 Model B [4]

3. Perancangan Sistem

A. Blok Diagram Sistem

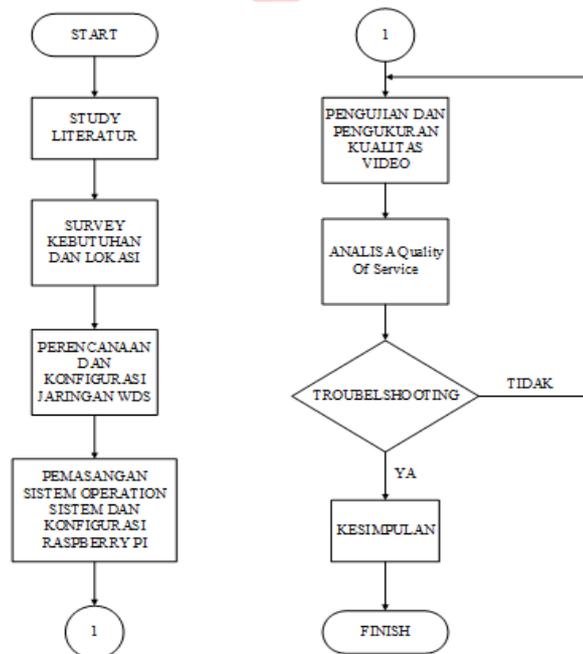
Arsitektur sistem pada penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan dalam Gambar 4 Pada arsitektur system WDS tersebut dapat dilihat bahwa terdapat 2 *access point* dan 1 buah *router* yang di ubah ke mode *access point*, pada *access point* ke 1 dan 2 terhubung secara *Wireless Distribution System* dan pada *resberry pi* ke *router* terhubung dengan kabel LAN. Pada posisi penerima atau *client* digunakan laptop untuk menampilkan hasil dari performa video pada server.



Gambar 4 Arsitektur Sistem WDS

B. Flowchart Sistem

Adapun tahapan dalam perancangan desain sistem yaitu *flowchart*, memberikan gambaran suatu bagan yang melakukan proses satu denganyang lainnya secara detail.



Gambar 6 Flowchart

Tahap pertama pada gambar 6 adalah study literature degan mencari jurnal atau sumber untuk Tugas Akhir ini. Kemudian tahap selanjutnya survey kebutuhan yaitu dengan melihat tempat yang ingin digunakan dalam membangun jaringan di Parkiran MSU Universitas Telkom serta melakukan survey lokasi yang akan digunakan untuk membangun jaringan *Wireless Distribution System (WDS)*. Setelah diketahui kebutuhan serta lokasi dari jaringan maka pada tahap kedua adalah perancangan jaringan *Wireless Distribution System* sesuai dengan kebutuhan dan lokasi yang telah didapatkan dari survey. Tahap ketiga adalah melakukan konfigurasi pada *Raspberry Pi*, mulai dari instalasi sistem operasi Raspbian, setting static IP Address hinga pemasangan web server *Raspberry Pi*. Kemudian Setelah itu dilakukan tahapan pengujian jaringan menggunakan dua skenario yang kemudian di analisa, jika terdapat *troubleshooting* pada saat proses pengujian dan analisa maka dilakukan pengujian kembali dan analisa *Quality of Service (QoS)* dan setelah itu disimpulkan.

C. Komponen perangkat

Tabel 1 Tabel komponen

No.	Nama Perangkat	Keterangan
1	<i>Raspberry Pi</i>	Digunakan Sebagai Web Server Video Streaming
2	<i>Router TP link TL-WR840N</i>	Sebagai <i>Access Point</i> awal dan sebagai penghubung antara server dengan tp link lainnya
3	<i>Access Point Tp link TL-WA801ND</i>	Sebagai <i>Access Point</i> dengan Mode WDS yang di hubungkan pada <i>Access Point</i> pertama
4	Laptop	Sebagai Penerima juga sebagai melihat performa pada video
7	Kabel UTP	Sebagai penghubung antara <i>Access Point</i> pertama dengan Server

D. Skenario Pengujian

Pada Tugas akhir ini dilakukan skenario pengujian untuk melihat nilai dari QoS (*Quality of Service*) menunjukkan tingkat kecepatan serta keunggulan pengiriman dan penyampaian data dalam suatu komunikasi. Ada 3 skenario pada pengujian yaitu yang pertama dilakukan pengujian pada jarak 15 meter dan 15 meter *obstacle*, kedua dilakukan pengujian pada jarak 30 meter dan 30 meter *obstacle*.

4. HASIL PERANCANGAN DAN ANALISIS

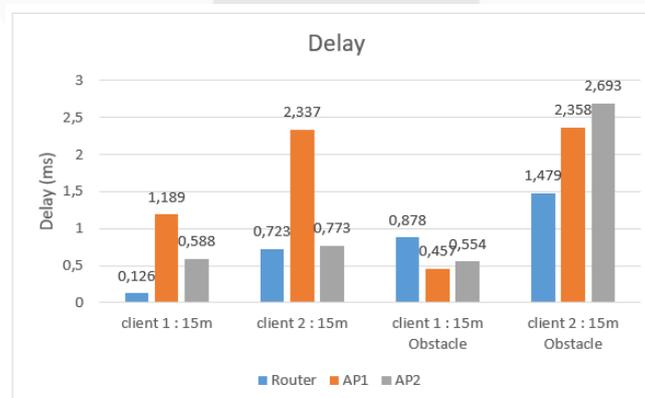
Pengujian sistem ini telah dilakukan beberapa skenario yang didapatkan pada saat pengujian sistem. Hasil dari pengujian skenario dipersentasikan kedalam bentuk grafik. Berikut ini adalah beberapa skenario yang telah ditentukan:

1. Skenario Pertama: Mengukur *Delay* dari *Router*, *Access Point* 1 dan *Access Point* 2 pada jarak 15 m dan jarak 15 m *Obstacle*
2. Skenario Kedua: Mengukur *Delay* dari *Router*, *Access Point* 1 dan *Access Point* 2 pada jarak 30 m dan jarak 30 m *Obstacle*

A. Pengujian Delay

Tujuan pengukuran *delay* yaitu untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari *client* ke server maupun sebaliknya. Data *delay* yang diambil adalah setiap proses tranfer data pada saat *streaming*. *Delay* maksimal yang direkomendasikan ITU-T adalah 150 ms dan yang tidak bisa diterima oleh pengguna adalah 250 ms. Jadi didapatkan rumus *delay* adalah waktu paket diterima dikurangi waktu paket dikirim. Berikut ini contoh proses menghitung nilai *delay* menggunakan rumus sebagai berikut:

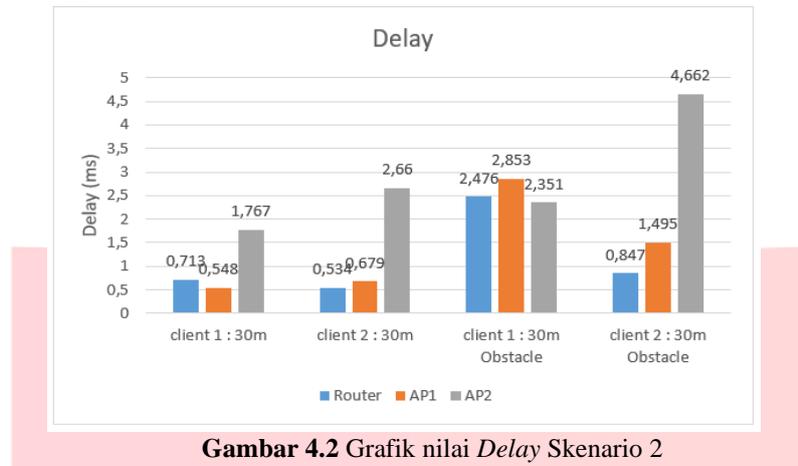
$$\text{Delay} = \text{Waktu saat sampai} - \text{Waktu berangkat}$$



Gambar 4.1 Grafik nilai Delay Skenario 1

Dari Gambar 4.1 memperlihatkan bahwa saat pengujian menggunakan jaringan *wireless distribution system* yang dimana pada *router client* 1 jarak 15m mendapatkan nilai *delay* terkecil saat proses video *streaming*. Untuk

nilai *delay* yang terbesar pada *access point 2 client 2* pada jarak 15m. Pada jarak 15m *obstacle client 2* mendapat nilai *delay* tertinggi dikarenakan melewati *Obstalce* pada *client* proses video *streaming* ada *buffering*, berbeda dengan jarak 15m *router client 1* yang mendapatkan nilai *delay* terkecil di mana proses *streaming* video tidak melewati *obstacle* sehingga tidak *buffering*.



Gambar 4.2 Grafik nilai *Delay* Skenario 2

Dari Gambar 4.2 memperlihatkan bahwa saat pengujian menggunakan jaringan *wireless distribution system* yang dimana pada *access point 1 client 1* jarak 30m mendapatkan nilai *delay* terkecil saat proses video *streaming*. Untuk nilai *delay* yang terbesar pada *access point 2 client 2* pada jarak 30m *obstacle*. Pada jarak 30m *obstacle access point 2 client 2* mendapat nilai *delay* tertinggi dikarenakan melewati *Obstalce* sehingga proses video *streaming buffering*, berbeda dengan jarak 30m *access point 1 client 1* yang mendapatkan nilai *delay* terkecil di mana proses *streaming* video tidak melewati *obstacle* sehingga tidak *buffering*.

B. Pengujian Throughput

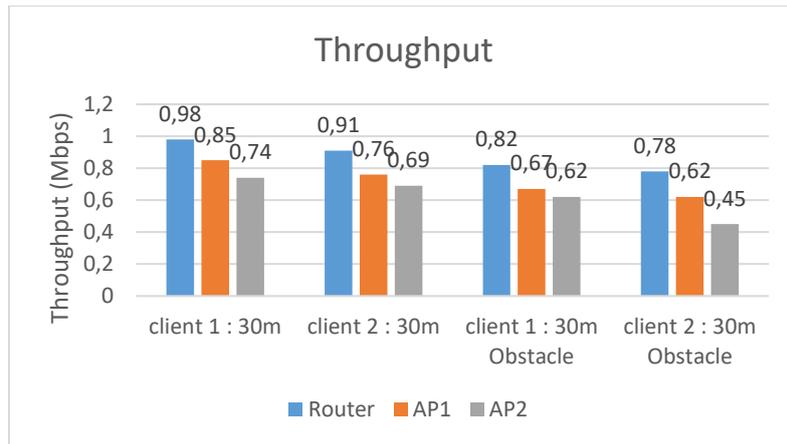
Nilai *throughput* didapatkan menggunakan tool Wireshark dengan cara memilih *Statistics* kemudian *Capture File Properties*. Untuk nilai *throughput* ditunjukkan pada parameter data *bytes* dan *time span(s)* pada *Statistics*. Berikut ini menghitung sebuah nilai *throughput* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Data diterima}}{\text{Lama Pengamatan}}$$



Gambar 4.3 Grafik nilai *Throughput* skenario 1

Dari Gambar 4.3 memperlihatkan bahwa pengujian menggunakan jaringan *wireless distribution system* pada jarak 15m *router client 1* yang tanpa melewati *obstacle* ke server video mendapatkan nilai *throughput* terbesar. Untuk jarak 15m *access point 2 client 2* yang melewati *obstacle* mendapatkan nilai *throughput* terkecil. Pada jarak 15m *router client 1* mendapatkan nilai *throughput* terbesar dikarenakan pada saat proses *streaming* video *bandwidth* yang di dapat sangat lebar sehingga proses *streaming* menjadi lebih cepat selesai dan tidak *buffering* berbeda dengan jarak 15m *obstacle acces point 2 client 2* yang mendapatkan nilai *throughput* terkecil sehingga proses *streaming* menjadi lambat selesai dan adanya *buffering*.

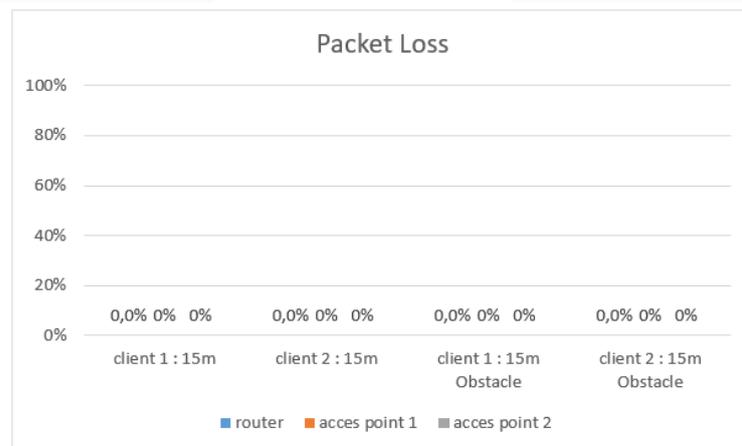


Gambar 4.4 Grafik nilai Throughput skenario 2

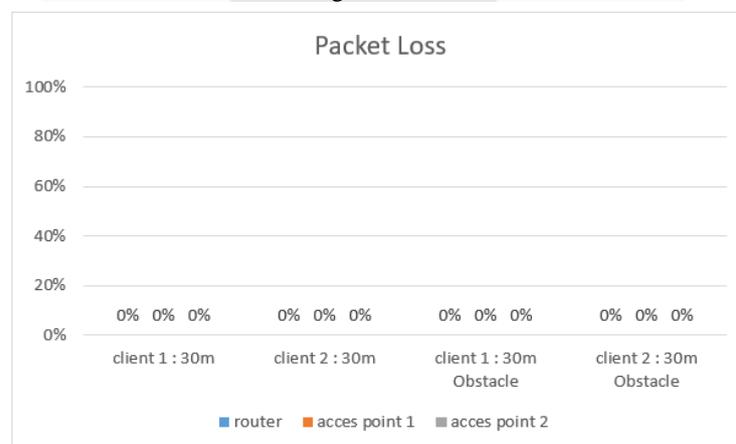
Dari Gambar 4.3 memperlihatkan bahwa pengujian menggunakan jaringan *wireless distribution system* pada jarak 30m *router client 1* yang tanpa melewati *obstacle* ke server video mendapatkan nilai *throughput* terbesar. Untuk jarak 30m *access point 2 client 2* yang melewati *obstacle* mendapatkan nilai *throughput* terkecil. Pada jarak 30m *router client 1* mendapatkan nilai *throughput* terbesar dikarenakan pada saat proses *streaming* video *bandwidth* yang di dapat sangat lebar sehingga proses *streaming* menjadi lebih cepat selesai dan tidak *buffering* berbeda dengan jarak 30m *obstacle access point 2 client 2* yang mendapatkan nilai *throughput* terkecil sehingga proses *streaming* menjadi lambat selesai dan adanya *buffering*.

C. Pengujian Packet Loss

Nilai *packet loss* didapatkan menggunakan *tool* Wireshark dengan cara memfilter data capture Wireshark maka dapat dilihat dari hasil capture dimana paket-paket yang telah di capture apakah ada yang *loss* atau di terima semua.



Gambar 4.5 Hasil Pengukuran Packet Loss Skenario 1



Gambar 4.6 Grafik nilai Packet Loss Skenario 2

Berdasarkan gambar 4.5 dan gambar 4.6 pengukuran yang telah dilakukan didapatkan paket loss sebesar 0% tiap *client* atau tidak ada paket yang hilang selama pengiriman data pada layanan video *streaming*. Ini disebabkan oleh penggunaan *localhost* dan jumlah *user* sebanyak 2, serta tempat pengujian merupakan daerah *coverage* yang kecil kemungkinan nilai *paket loss* bisa didapatkan lebih dari 0% jika jumlah *user* bertambah banyak karena semakin banyak *user* mengakses semakin padat pula trafik pada pengiriman data sehingga kemungkinan paket yang hilang akan ada.

5. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil perancangan dan pengujian yang sudah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Cara membangun jaringan baru menggunakan jaringan mode WDS. dengan menggunakan *device wireless* tp link WA801ND atau WR841N yang support mode *Wireless Distribution System* dan bisa di konfigurasi dengan mudah.
2. Pada pengujian pada setiap *device wireless* mendapatkan hasil dan kualitas yang dihasilkan dari aplikasi video *streaming* ini. Setelah diimplementasi dan dianalisis diketahui bahwa *delay* skenario 1 untuk video *streaming* pada jarak 15m *router client* 1 didapatkan *delay* terkecil 0,1264s dan pada jarak 15m *obstacle acces point 2 client 2* mendapatkan *delay* yang besar 4,662s begitu juga pada skenario 2 jarak 30m *access point 1 client 1* didapatkan 0,548s dan 30m *obstacle acces point 2 client 2* didapatkan 4,662s, *throughput* pada skenario 1 yang mendapatkan nilai yang besar terdapat pada jarak 15m *router client* 1 didapatkan 1,1 Mbps dan jarak 15m *obstacle acces point 2 client 2* didapatkan 0,78 Mbps mendapatkan nilai terkecil begitu juga pada skenario 2 jarak 30m *router client* 1 didapatkan 0,98 Mbps dan 30m *obstacle acces point 2 client 2* didapatkan 0,45 Mbps dan *Packet Loss* pada skenario 1 dan 2 mendapatkan *loss packet* sebesar 0%.
3. Cara mendistribusikan konten menggunakan *Wireless Distribution System* (WDS). Dengan menggunakan *raspberry pi* yang sudah di konfigurasi sebagai web server dan konten video yang tersimpan di *storage raspberry pi*. Laptop atau *client* dapat mengaksesnya melalui jaringan *wireless Diristribution system* dengan masuk ke *localhost raspberry pi* yang sudah di tentukan.

Rancangan yang telah dibuat ini masih perlu adanya perbaikan atau pengembangan agar dapat bekerja dengan optimal. Ada beberapa yang direkomendasikan untuk dikembangkan lebih lanjut diantaranya:

1. Diharapkan untuk pengembangan selanjutnya dapat memperbaiki kinerja pada *Access Point 3* sehingga pada proses video *streaming* bisa berjalan dengan lancar
2. Diharapkan untuk pengembangan selanjutnya diadakan pengujian kinerja *raspberry pi* sebagai *streaming* video untuk mengetahui jumlah maksimal *client* yang terhubung.
3. Diharapkan melakukan pengujian dengan *mobile node* berupa *smartphone* agar mudah dalam pengambilan data.

Daftar Referensi

- [1] H. P. D. A. N. D. D. P. Rohmat Tulloh, *SIMULATION Wi-Fi NETWORK WITH WIRELESS DISTRIBUTION SYSTEM (WDS) TOPOLOGY*, vol. 15, no. 5, 2017.
- [2] M. F. Hafidh, "Perancangan dan implementasi jaringan televisi kampus pada sisi penerima di gedung seluru menggunakan jaringan berbasis WDS (*Wireless Distribution System*)," 2017.
- [3] M. Agustina, "Wireless Distribution System," 2015 .
- [4] Suranata., "10 Pengetahuan Dasar Tentang Rasperry Pi., 2015.