

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI JARINGAN KOMPUTER LAN DAN WLAN DENGAN *QUALITY OF SERVICE*

Muhammad Alif Gustav¹, Mega Pranata²

Fakultas Informatika, Insitut Teknologi Telkom Purwokerto^{1,2}
18102203@ittelkom-pwt.ac.id, mega@ittelkom-pwt.ac.id

Submitted August 23, 2022; Revised December 4, 2022; Accepted December 4, 2022

Abstrak

Internet mempunyai peranan penting dalam menunjang kegiatan terhadap rutinitas penggunaannya, dalam kegiatannya dapat dilakukan diberbagai kepentingan seperti pada hiburan, pendidikan, bisnis dan sebagainya dengan syarat memiliki sebuah akses terhadap sebuah koneksi jaringan internet. Pada perusahaan PT. Satu Tujuan Kapital terdapat sebuah jaringan dengan akses koneksi internet, namun dalam skema arsitektur jaringan tersebut kurang memadai terhadap kebutuhan lingkupnya yang dibuktikan dengan pengujian signal strength yang bernilai -81 dBm dan *output* QOS parameter *Throughput* yang bernilai indeks 0 dengan berkategori *bad* atau buruk sesuai standarisasi *TIPHON*, Tujuan dari penelitian ini ialah meningkatkan mutu kualitas jaringan internet berdasarkan QOS dengan menerapkan pengembangan jaringan *Lan* dan *wlan* sebagai metode untuk memenuhi kebutuhan jaringan dalam lingkup tersebut. Hasil pengujiannya dilakukan melalui *iperf* dengan mengkoneksikan publik *server* yang beralamatkan *iperf.biznetnetworks.com* dan *wireshark* sebagai penangkap paket data, didapatkan peningkatan dengan hasil QOS pada *output* parameter *throughput* yang bernilai 3 berkategori *fair* atau wajar dan juga terdapat hasil parameter *delay*, *jitter*, dan *packet loss* yang cenderung *perfect* atau sempurna serta terdapat peningkatan hasil signal strength dengan nilai -46 dBm dari sisi *client* atau pengguna.

Kata Kunci : Jaringan Internet, Qos, Tiphon, Lan dan Wlan

Abstract

The internet has an important role in supporting activities against the routines of the users, the activities can be carried out in various interests such as entertainment, education, business and so on with the condition that if they have an access to an internet network connection. There is an network at the company PT. Satu Tujuan Kapital with the internet connection access, but the network architecture scheme is inadequate for that scope requirements as evidenced by signal strength testing with a value of -81 dBm and an output QOS parameter Throughput with a index value of 0 which is categorized as bad according to the TIPHON standard. The purpose of this research is to improve the quality of internet network quality based on QOS by implementing the development of Lan and wlan networks as a method to meet network needs within that scope. The test results are carried out via iperf by connecting a public server with the address iperf.biznetnetworks.com and wireshark as a data packet catcher, an increase is obtained with QOS results in the throughput parameter output which is worth 3 categorized as fair enough and there are also delay, jitter, and packet loss parameters that tends to be perfect and there is an increase in signal strength results with a value of -46 dBm from the client or user side.

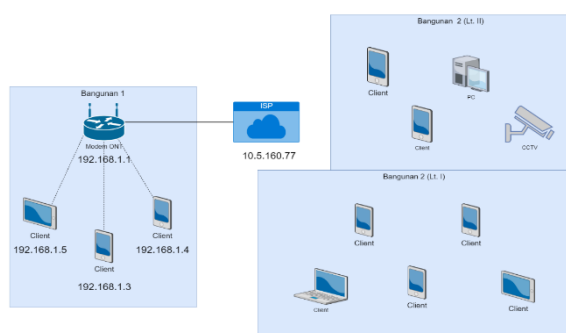
Key Words : Internet Networking, Qos, Tiphon, Lan and Wlan

1. PENDAHULUAN

Setiap hari kian bertambah jumlah pengguna dari teknologi internet untuk melakukan aktivitas pertukaran informasi

didunia maya, internet merupakan teknologi jaringan komunikasi global yang menghubungkan komputer dan jaringan komputer di seluruh dunia. Oleh karenanya

sangat banyak pengguna internet dari berbagai kalangan untuk melakukan tujuan tertentu dengan teknologi ini, diantaranya untuk mengakses informasi, pengetahuan, bisnis, hiburan, edukasi dan sebagainya. Mengingat dinamisnya perkembangan teknologi internet, sudah banyak layanan dari ISP (*internet service provider*) yang tersedia di wilayah Indonesia, akan tetapi dalam penerapan media internet perlu dibutuhkannya suatu perangkat media jaringan untuk bisa dipergunakan secara optimal, permasalahan yang kerap terjadi yaitu kurangnya riset terlebih dahulu untuk dilakukannya peninjauan skala jaringan internet. Maka dari itu diperlukannya inspeksi lokasi instalasi demi kebutuhan jaringan yang baik dan layak dari perangkat kerasnya seperti, *router*, *access point*, kabel dan lain-lain[1].



Gambar 1. Arsitektur Jaringan PT

Pada Gambar 1 menunjukkan arsitektur jaringan yang terletak pada perusahaan PT. Satu Tujuan Kapital yang dimana sudah terdapat layanan jaringan *internet* tetapi sudah beberapa bulan belakangan ini tidak aktif kembali dikarenakan kurangnya cakupan yang tidak memadai dari sebuah bangunan ke bangunan yang lain. Tentunya hal tersebut menjadi salah satu kendala untuk pengelola dan pegawai serta pengguna terkait untuk menikmati layanan dari teknologi *internet*. Maka dari itu perlu dilakukannya analisa serta pengimplementasian bagaimana suatu jaringan diperusahaan tersebut dapat berjalan secara efektif dan efisien.

Pada penelitian ini perlu dilakukannya pembuatan jaringan yang baru dengan perencanaan rancangan terhadap jaringan komputer menggunakan perangkat lunak *cisco packet tracer*, dengan begitu rancangan dapat disimulasikan dengan efektif dan efisien menyesuaikan lokasi denah bangunan maupun gedung studi kasus[2]. Dalam skema perancangan ini menggunakan metode *dhcp server* pada konfigurasi *router* demi memudahkan para pengguna dalam melakukan koneksi, selain itu bisa untuk menghindari terjadinya *ip conflict*[3]. Selanjutnya dalam merancang jaringan Lan (*Local Area Network*) diperlukan media transmisi untuk mengantarkan paket data dari sumber ke tujuan, media yang digunakan yaitu kabel UTP (*Unshielded Twisted Pair*). Dengan menggunakan tipe jaringan *client-server* dan penggunaan topologi jaringan maka akan membentuk arsitektur OSI (*Open System Interconnection*) dan beroperasinya protokol TCP/IP. Pada implementasinya, spesifikasi pada perangkat *server* harus diperhatikan untuk menunjang kebutuhan komunikasi data[4]. Selain itu, penerapan jaringan Wlan (*Wireless Local Area network*) dapat memudahkan user atau *client* dalam melakukan koneksi tanpa adanya media transmisi kabel. Melainkan dengan media sinyal radio yang dipancarkan dengan piranti jaringan berstandar *802.11b/g/n/ac*[5].

Dalam implementasi jaringan ini terdapat Analisis terhadap perfomansi Qos (*Quality of service*) untuk mengetahui kehandalan daripada jaringan yang ada dikawasan tersebut. Terdapat parameter yang diukur diantaranya *Throughput*, *Delay*, *Jitter* dan *Packet loss*. Adapun standarisasi yang menjadi barometer utama yakni TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*). Dengan begitu maka akan mengetahui bagaimana kualifikasi tingkat indeks QoS[6]. Setiap parameter Qos memiliki pengertian yang berbeda. Bermula dari

Throughput yang memiliki artian dari kecepatan atau suatu *rate* dari besaran sebenarnya data yang ditransmisikan terhadap jumlah paket data. Parameter ini merupakan jumlah total kedatangan paket yang berhasil tertangkap terhadap tujuan selama selang dalam beberapa waktu yang dibagi. Berikutnya parameter *delay* yang merupakan parameter yang mengindikasikan besaran dari jumlah waktu paket data yang tersendat atau mengalami tunda dari antrian satu waktu ke waktu yang berikutnya. *Delay* terjadi karena situasi dan kondisi tertentu seperti jarak hantaran, media yang digunakan, atau juga waktu proses total paket yang lama oleh durasi selang waktu tertentu, selanjutnya merupakan parameter lanjutan dari *delay* yakni *jitter* yang merupakan perubahan latensi antara *delay* pertama ke *delay* kedua dan seterusnya. Ini mengakibatkan kecepatan paket data yang tidak teratur pada jaringan sehingga terjadinya kemacetan dari proses transmisi paket sampai tujuan. Sehingga dalam prosedural audio dan video dapat terjadinya celah distorsi atau *noise*. Parameter terakhir yaitu *packet loss*. *Packet loss* adalah parameter dari Qos yang menandakan besaran hilangnya dari jumlah paket data dari awal proses hingga paket tersebut diterima secara utuh kepada tujuan sehingga paket tersebut mengalami gagal saat melintasi jaringan, *packet loss* biasanya terjadi karena kemacetan atau *congestion* dalam jaringan. Maka sedari analisa keempat parameter tersebut diharapkan dapat peningkatan mutu kualitas terhadap jaringan sekaligus menerapkan metode Lan dan Wlan sebagai metode untuk memenuhi kebutuhan jaringan yang telah ada[7]. Yang mana itu merupakan tujuan daripada penelitian ini. Dalam memenuhi tujuan itu, terdapat perangkat lunak yang diaplikasikan dalam penelitian ini. Diantaranya *Wireshark*, *Iperf3*, dan *Wireless analyzer*. *Wireshark* memiliki peranan penting untuk

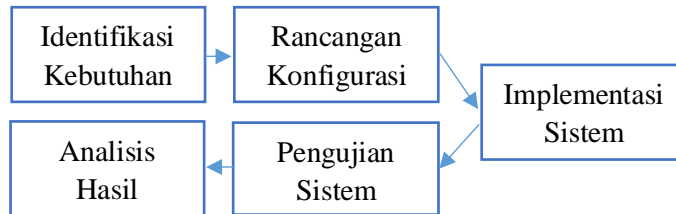
pemecahan masalah suatu jaringan, penganalisis, uji perangkat lunak dan pengembangan protokol komunikasi[8]. *Wireshark* dapat mengambil paket data dari setiap bit yang sedang beroperasi pada sistem. *Wireshark* mengilustrasikan bagaimana dalam berbagai aspek *bit frame* data dapat mudah ditangkap dengan berdasarkan lapisan data link, lapisan jaringan, lapisan pengantar ataupun lapisan aplikasi pada bit hingga menjadi paket tersebut terdapat informasi terkait waktu pengiriman, alamat sumber serta alamat tujuan dengan mendetail, lalu menampilkan jenis spesifikasi protokol yang dimiliki dan terdapat fitur penyaringan terhadap paket – paket data yang diamati. Selanjutnya terdapat *iperf3* yang merupakan perangkat lunak untuk pengukuran dan pengujian kinerja jaringan. Alat ini mampu menguji bandwidth secara maksimum kedalam satu titik ke titik koneksi jaringan lainnya dan dapat beroperasi pada protokol transport yakni TCP (*Transmission Control Protocol*) dan UDP (*User Datagram Protokol*)[9]. Adapun *wireless analyzer* atau bisa juga disebut sebagai alat penganalisis wifi ini merupakan penganalisis yang berguna untuk menangkap banyak informasi dari jaringan berbasis nirkabel yang meliputi kekuatan sinyal, jangkauan, nama, dan konfigurasi jaringan lainnya. Tentu informasi ini nantinya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan evaluasi lebih lanjut mengenai kelayakan sebuah jaringan.

2. METODE PENELITIAN

Subjek penelitian ini adalah penerapan sistem jaringan komputer dengan menggunakan metode Lan dan Wlan beserta analisa pengujian hasil berdasarkan monitoring parameter QoS juga diharapkan dengan objek sistem pengujian ini akan mendapat hasil jaringan yang optimal,

Penelitian ini dilakukan di PT. Satu Tujuan Kapital.

Terdapat diagram tahapan penelitian yang menunjukkan proses alur penelitian tersebut berlangsung pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tahap awal penelitian dimulai dari mengidentifikasi tempat studi kasus dengan mengobservasi situasi dan kondisi yang ada. Dilanjutkan dengan membuat rancangan desain terhadap jaringan baru yang akan diimplementasikan. Selanjutnya mengeksekusi jaringan baru sesuai dengan data kebutuhan dan rancangan jaringan sebelumnya. Berikutnya menguji Qos jaringan melalui perangkat lunak Iperf dan Wireshark. Setelahnya, melakukan analisa terhadap paket data Qos yang telah didapatkan.

Adapun tabel 1 yang merupakan daftar dengan berisikan peralatan jaringan yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Rancangan Sistem

No	Peralatan Jaringan	Spesifikasi
1.	Router	Standar IEEE b/g/n/ac frekuensi 2,4 & 5.0 Ghz Lan & Wan Ports 100Mbps
2.	Access point	Standar IEEE b/g/n frekuensi 2.4 GHz Lan & Wan Ports 100Mbps
3.	Kabel lan STP	Cat5e (20 Meter)
4.	Kabel lan UTP	Cat5e (30 Meter)
5.	Konektor Rj-45	Cat5e (6 buah)
6.	Kabel PoE	Dc in & Dc out (2 buah)

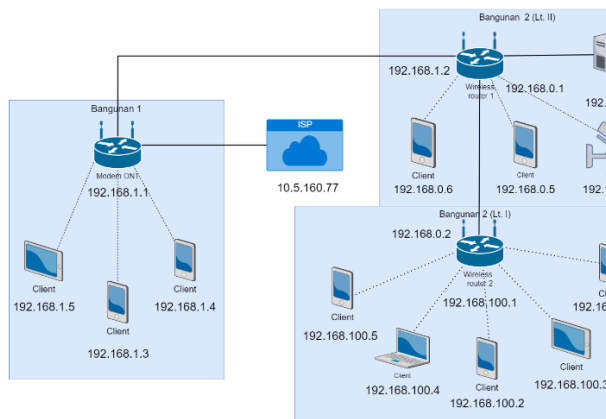
Dalam perancangan sistem ini menggunakan konfigurasi *ip address* yang telah ditentukan seperti pada tabel 2.

Tabel 2. IP Address Subnetting

No	Perangkat Jaringan	Network	Range Ip	Subnet
1.	ISP	10.5.160.0	10.5.160.77– 10.5.160.77	255.255. 255.255
2.	Modem ONT	192.168.1. 0	192.168.1.1– 192.168.1.25 4	255.255. 255.0
3.	Wireless Router 1	192.168.0. 0	192.168.0.1– 192.168.0.25 4	255.255. 255.0
4.	Wireless Router 2	192.168.1 0.0	192.168.10.1 – 192.168.10. 254	255.255. 255.0

Pada bagan tabel 2 jika diuraikan maka memiliki arti mengenai konfigurasi rancangan yang diterapkan. Perangkat jaringan seperti *modem* ONT dan *Router* mengadopsi konfigurasi DHCP *Server*, yang dimana konfigurasi ini akan melakukan pengalokasian alamat ip pada setiap *host client*-nya. Selanjutnya pada konfigurasi perangkat jaringan tersebut menggunakan IP *subnet* kelas C (/24), karena sangat ideal untuk jaringan berskala menengah kebawah[10]. Selanjutnya tiap - tiap perangkat jaringan memiliki konfigurasi ip *broadcast* sebanyak 254 *hosts*, akan terkecuali dari alamat ISP yang memang sudah paten didapatkan dari penyedia jasa layanan.

Dalam menerapkan jaringan Lan (*Local Area Network*) dan Wlan (*Wireless Local Area Network*) menggunakan perangkat jaringan dengan spesifikasi yang telah diuraikan pada bagan tabel 1 terkait rancangan sistem jaringan yang dimana untuk meningkatkan mutu kualitas kinerja jaringan yang terdapat pada jaringan tempat studi kasus. Rancangan arsitektur dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Arsitektur

Berikut merupakan ilustrasi sistem terhadap jaringan yang baru pada bangunan II.



Gambar 4. Wireless Router 1



Gambar 5. Wireless Router 2

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah didapatkan hasil pengujian atau pengukuran dari data yang meliputi 4 parameter Qos diantaranya *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Pengujian dilakukan dengan perangkat lunak wireshark untuk menangkap paket

lalu lintas data yang berjalan serta *iperf3* yang digunakan untuk melakukan pengukuran paket data jaringan. Pengujian ini diterapkan melalui *port wireless adapter* dari sisi laptop yang terkoneksi via *iperf3* public server dengan melalui *iperf.biznetnetworks.com*, nantinya domain *public server* tersebut digunakan sebagai pengukuran dari *client* ke *server* ataupun sebaliknya. Adapun mekanisme skenario pengukuran *iperf3* ini dioperasikan melalui protokol TCP serta *bandwidth* sebesar 10Mbps dengan durasi selama 20 detik dan diujikan berulang kali hingga 10 kali pada setiap *router* sisi *server*. Pada pengujian ini terdapat dua bagian yakni pengujian sebelum dilakukannya implementasi sistem dan pengujian sesudah dilakukannya implementasi sistem pada bangunan 2. Lalu dari hasil pengujian tersebut didapat hasil kalkulasi nilai akhir dari seluruh paket data dari Qos yang didapat. Hasil tersebut dapat langsung dikategorikan berdasarkan standarisasi TIPHON. Berikut merupakan hasil pengujian Qos pada tabel - tabel berikut.

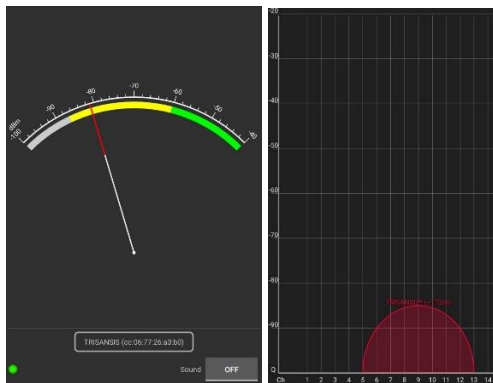
Tabel 3. Pengukuran Modem ONT sebelum Implementasi

No	Parameter	Total keluaran	Indeks	Kategori
1	Throughput	111583.6603	0	Bad
2	Delay	8.254223605	4	Perfect
3	Jitter	0.027960888	4	Perfect
4	Packet Loss	1.096533852	3	Good

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 3 pada perangkat Modem ONT sisi yang beralokasikan bangunan 1 mendapatkan hasil *throughput* atau besaran aktual *bandwidth* dengan sebesar 96 Kbps yang dimana memperoleh indeks QoS bernilai 0 berkategori Bad atau buruk, pada Delay sebesar 8,9 ms, lalu Jitter sebesar 0,05 ms yang dimana keduanya berkategori *perfect* atau sempurna dan parameter *packet loss* sebesar 2,24% dengan berkategori *Good*. Pengukuran ini didapat dari pengamatan paket – paket

menggunakan wireshark dan dilakukan filterisasi melalui protokol Tcp. Kategori dan indeks nilai mengacu pada QoS dengan standarisasi TIPHON.

Adapun pada gambar 6, merupakan pengujian kekuatan sinyal wireless sebelum dilakukannya implementasi, dari hasil tersebut menyatakan kuat sinyal yang diperoleh dari router Modem ONT pada bangunan 1 tersebut berada pada zona kuning dengan besaran nilai -81 dBm, dan router tersebut mempunyai konfigurasi frekuensi (*channel*) berskala 5 – 13 yakni channel 9.



Gambar 6. Pengujian Wireless Strength Sebelum

Tabel 4. Pengukuran Router 1 Sesudah Implementasi

No	Parameter	Total keluaran	Indeks	Kategori
1	Throughput	833504.1944	3	Fair
2	Delay	1.134704	4	Perfect
3	Jitter	0.017790141	4	Perfect
4	Packet Loss	0.027149851	4	Perfect

Pada hasil pengukuran setelah dilakukannya Implementasi pada tabel 4 perangkat Router 1 disisi server yang beralokasikan bangunan 2 lantai 2 mendapatkan hasil throughput atau besaran aktual *bandwidth* dengan sebesar 834 Kbps yang dimana memperoleh indeks QoS bernilai 3 berkategori *Fair*. Selbihnya hasil yang diperoleh pada parameter *Delay* sebesar 1,13 ms, Jitter sebesar 0,018 ms, lalu terdapat *packet loss* sebesar 0.03% yang

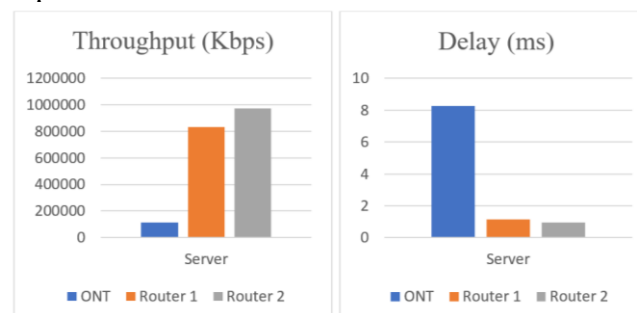
dimana hasil dari ketiga parameter tersebut berkategori *perfect* atau sempurna dan tentunya pengukuran ini juga mengacu pada standarisasi TIPHON.

Tabel 5. Pengukuran Router 2 Sesudah Implementasi

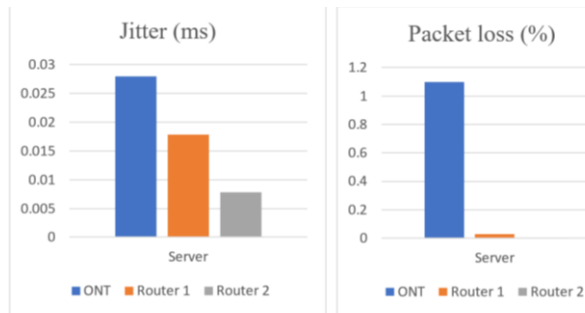
No	Parameter	Total keluaran	Indeks	Kategori
1	Throughput	974083.0629	3	Fair
2	Delay	0.936776156	4	Perfect
3	Jitter	0.007763217	4	Perfect
4	Packet Loss	0.002961813	4	Perfect

Berdasarkan hasil pengukuran setelah dilakukannya Implementasi pada tabel 5 perangkat Router 2 disisi server yang beralokasikan bangunan 2 lantai 1 mendapatkan hasil *throughput* atau besaran aktual *bandwidth* dengan sebesar 974 Kbps yang dimana memperoleh indeks QoS bernilai 3 berkategori *Fair*. Selbihnya hasil yang diperoleh pada parameter *Delay* sebesar 0,94 ms, *Jitter* sebesar 0,008 ms, dan *packet loss* sebesar 0,003% yang dimana ketiga parameter tersebut berkategori *perfect* atau sempurna, dan tentunya pengukuran ini juga mengacu pada standarisasi TIPHON.

Berikut gambar 7 dan gambar 8 merupakan grafik hasil perbandingan parameter data pengukuran sebelum dan sesudah implemetansi.

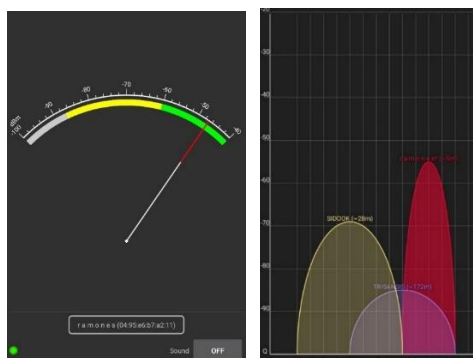


Gambar 7. Grafik Parameter Throughput dan Delay



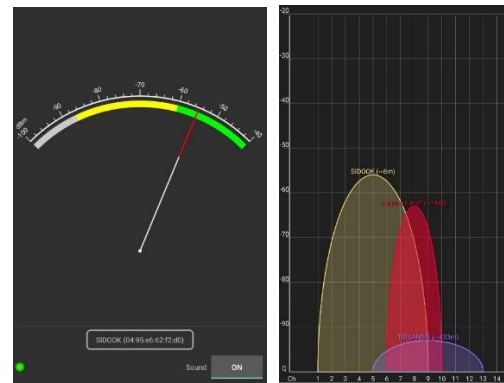
Gambar 8. Grafik Parameter Jitter dan Packet loss

Adapun pada gambar 9 merupakan pengujian signal *strength* kekuatan sinyal *wireless*, dari hasil tersebut menyatakan kuat sinyal yang diperoleh dari Router 1 pada bangunan 2 lantai 2 tersebut berada pada zona hijau dengan besaran nilai -46 dBm, dan router tersebut mempunyai konfigurasi frekuensi (*channel*) berskala 9 – 13 yakni *channel* 11.



Gambar 9. Pengujian Signal Strength R1 Sesudah

Lalu selanjutnya pada gambar 10, juga merupakan pengujian *signal strength* kekuatan sinyal *wireless*, dari hasil tersebut menyatakan kuat sinyal yang diperoleh dari Router 2 pada bangunan 2 lantai 2 tersebut berada pada zona hijau masih dengan besaran nilai -55 dBm, dan router tersebut mempunyai konfigurasi frekuensi (*channel*) berskala 1 – 9 yakni *channel* 5.



Gambar 10. Pengujian Signal Strength R2 Sesudah

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian Rancang Bangun dan Implementasi Jaringan Komputer Menggunakan Lan Dan Wlan Dengan Qos pada PT. Satu Tujuan Kapital, dapat disimpulkan sebagai berikut. Pada studi kasus dalam penelitian ini terdapat faktor cakupan sinyal atau *coverage area* yang menjadi satu aspek keterbatasannya suatu pengguna untuk menikmati atau menggunakan internet secara maksimal. Oleh karenanya diperlukan peningkatan jarak cakupan sinyal *wireless* dengan menambahkan perangkat jaringan. Disamping itu, Implementasi Lan dan Wlan ini menggunakan beberapa peralatan perangkat jaringan yang mampu meningkatkan performa jaringan di tempat studi kasus. Diantaranya Router dan *Access point* yang mempunyai peranan penting dalam menyebarkan cakupan sinyal *wireless*, hal ini merujuk kepada pengujian signal strength yang dimana terjadinya peningkatan performa dari tangkapan sisi *client*. Selanjutnya dalam analisa pengukuran Qos yang telah dioperasikan menggunakan iperf dan wireshark, Hasil total parameter *throughput* tidak mencapai kategori *Good* ataupun *Excellent* pada hasil akhir. akan tetapi setelah dilakukannya penambahan router terjadi peningkatan yang signifikan dari hasil awal yang berindeks *Bad* atau

buruk. Selanjutnya terdapat besaran pengukuran dari *parameter delay* dan *jitter* semuanya tergolong *perfect* atau sempurna dengan berdasarkan pengukuran standarisasi tiphon, begitu juga dengan parameter *packet loss* yang semuanya cenderung berkategori bagus atau *good* dengan mendapat indeks 3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Yanti and N. Pramita, "Analisa Pengukuran Interferensi Pada Acces Point (Ap) Untuk Mengetahui Kualitas Quality Of Service (QoS)," vol. 1, no. 1, p. 5, 2018.
- [2] D. S. Ramadhan and N. Mubarakah, "Perancangan Jaringan Lan Pada Gedung Perkantoran Dengan Menggunakan Software Cisco Packet Tracer," *SINGUDA ENSIKOM*, vol. 4, no. 3, p. 5, 2013.
- [3] Hariyudo, Reza Rizqi Firdaus, and Fatah Yasin Al Irsyadi, "Pemetaan Dan Perancangan Jaringan Komputer Di Gedung Rektorat Baru Di Iain (Institut Agama Islam Negeri) Surakarta," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017. [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/49329/>
- [4] W. Irianti, "Rancangan Sistem Jaringan Lan (Lokal Area Network) Di Satuan Kerja Staf Operasi Mabesau," *J. Online Mhs. Sist. Inf. Dan Manaj. Inform.*, vol. 2, no. 1, p. 11, 2018.
- [5] Afkarudin Tripuristya R, Budi Pramono Jati, and Jenny Putri Hapsari, "Analisa Kinerja Wlan 802.11 B/G/N Pada Jaringan Komputer Di Fti Berdasarkan Quality Of Services Dengan Menggunakan Aplikasi Wireshark," in *Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 2*, 2019, p. 16.
- [6] S. Amin, A. C. Rumaikewi, and A. Adahati, "Analisis Quality Of Service (QOS) Jaringan Internet pada Kantor Bandar Udara Rendani," *Syntax Lit. J. Ilm. Indones.*, vol. 6, no. 6, p. 3049, Jun. 2021, doi: 10.36418/syntax-literate.v6i6.1395.
- [7] Al Ghifari, Afif, and Heru Supriyono, "Perencanaan Jaringan Local Area Network Di Gedung Dakwah Muhammadiyah Kabupaten Sragen Dengan Cisco Packet Tracer," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2020. [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/88494/>
- [8] M. A. Zaus and K. Krismadinata, "Suatu Kajian Literatur Masalah-Masalah yang Dihadapi dalam Mata Kuliah Jaringan Komputer," *INVOTEK J. Inov. Vokasional Dan Teknol.*, vol. 18, no. 2, pp. 1–8, Oct. 2018, doi: 10.24036/invotek.v18i2.263.
- [9] Agusriandi, "Analisis Delay Jitter, Throughput, dan Paket Lost Menggunakan iPerf3 : IlmuKomputer.Com." https://ilmukomputer.org/2017/12/20/analisis-delay-jitter-throughput-dan-paket-lost-menggunakan-iperf3/#google_vignette (accessed Dec. 04, 2022).
- [10] I. R. Rahadjeng and Ritapuspitarsari, "Analisis Jaringan Local Area Network (Lan) Pada Pt. Mustika Ratu Tbk Jakarta Timur," *PROSISKO*, vol. 5, no. 1, p. 8, 2018.