

SIMULASI PENGUKURAN WI-FI 6 INDOOR OUTDOOR SKALA LABORATORIUM

Made Sutha Yadnya, Sayyidis Syariful Halim
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl.
Majapahit No.62, Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Corresponding Author Email: msyadnya@unram.ac.id

ABSTRAK

Wi-Fi 6 dapat memberikan kecepatan tinggi, latensi rendah. Jaringan tinggi fitur kepadatan yang jelas membawa banyak manfaat bagi swasta jaringan. Misalnya kasus penggunaan seperti aplikasi video streaming membutuhkan banyak koneksi perangkat. Namun ini tidak cukup untuk semua jenis aplikasi seperti mereka yang memiliki kebutuhan mobilitas tinggi seperti perangkat POS, atau aplikasi yang membutuhkan komunikasi jarak jauh. Pada jurnal ini dilakukan pengukuran serta pemodelan dari kondisi berasumsi jarak serta Access Point. Kondisi tersebut dilaksanakan pada skala laboratorium. Pemodelan ini akan memprediksi QoS dan QoE.

Keyword: Wi-Fi 6 802.11ax Qos QoE

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus meningkat telah mengakibatkan peningkatan kebutuhan manusia dalam akses informasi. Kemajuan teknologi memberikan berbagai keunggulan, seperti mempercepat proses mendapatkan informasi dan mempermudah pencarian informasi yang dibutuhkan. Salah satu sarana yang penting dalam mendapatkan informasi adalah internet, yang telah menjadi fokus utama dalam perkembangan teknologi manusia.

dengan munculnya standar baru seperti Wi-Fi 6 (802.11ax). Wi-Fi 6 merupakan teknologi yang dirancang untuk memberikan peningkatan signifikan dalam kecepatan, kapasitas, dan kinerja jaringan nirkabel. Dalam konteks perancangan dan implementasi jaringan komputer skala kecil, penggunaan teknologi Wi-Fi 6 dapat memberikan berbagai keuntungan yang signifikan. (Prakasa, Perancangan dan Implementasi Jaringan Komputer Skala Kecil, 2023).

Keberadaan Wireless Communications (nirkabel) yang telah menghubungkan koneksi miliaran pengguna atau user ke jaringan Internet yang kini dapat mengambil banyak manfaat dari sisi digital ataupun dari sisi ekonomi, bahkan keberadaan nirkabel telah menjadi sebuah ketergantungan diberbagai sektor kehidupan, mulai dari pengguna jejaring sosial, pelaku perekonomian, pelaku perbankan, jasa transportasi hingga berbagai layanan – layanan dalam kebutuhan sehari – hari seperti, pembayaran ataupun belanja. Kelebihan yang kita dapatkan dari komunikasi nirkabel adalah segi mobilitas, fleksibilitas, dan dari segi kemudahan penggunaannya. Kini jaringan nirkabel telah menjadi sebuah teknologi yang bisa dipasangkan ke perangkat – perangkat seperti: Cellular Phone (smartphone), Radio Transceiver, Remote Sensing, Remote Control, Radio Receiver, TV, GPS (Global Positioning System), Wireless Modem, Microwave, atau Satellite yang bisa memungkinkan sebuah akses ke sumber informasi melalui Internet, dimana konsep sistem komunikasi jaringan nirkabel ini menggunakan Gelombang Elektromagnetik, seperti: Radio Frequency (RF), WiFi,

Bluetooth, RFID, Inframerah (IR), Microwave, atau jenis gelombang lainnya sebagai pengganti kabel untuk mengirimkan sinyal, data dan informasi. Kini jaringan nirkabel terus berkembang sejalan dengan jaringan komunikasi nirkabel, seperti 5G, Artificial Intelligence (AI atau kecerdasan buatan), dan Internet of Things (IoT). (Muhajir Syamsu, 2022)

Untuk menilai kualitas layanan yang disediakan oleh operator jaringan pada jaringan nirkabel, diperlukan penerapan standar layanan yang dikenal sebagai Quality of Service (QoS) dan Quality of Experience. QoS adalah kemampuan jaringan untuk mengatur dan menyediakan layanan data yang mengalir melaluinya. Beberapa parameter penting yang digunakan untuk mengukur kualitas jaringan WLAN termasuk Delay (keterlambatan), Packet Loss (kehilangan paket data), dan Throughput (bandwidth aktual). QoE adalah ukuran subjektif yang mencerminkan persepsi pengguna terhadap kualitas layanan atau produk, yang dapat mencakup berbagai faktor seperti kualitas jaringan, audio dan video, kinerja jaringan, kecepatan respons, ketersediaan layanan, dan banyak aspek lainnya.

Teknologi Wi-Fi 6 (802.11ax) Wi-Fi 6, juga dikenal sebagai 802.11ax, adalah standar terbaru dalam teknologi jaringan nirkabel yang mengatur komunikasi dan pertukaran data antara perangkat-perangkat yang terhubung dalam jaringan Wi-Fi. Wi-Fi 6 dirancang untuk memberikan peningkatan dalam kecepatan, kapasitas, dan efisiensi jaringan nirkabel.

Propagasi gelombang radio dapat dikatakan ideal jika gelombang yang dipancarkan oleh access point diterima langsung oleh client tanpa melalui suatu hambatan. Pada propagasi indoor terdapat 3 pemodelan yaitu tanpa penghalang, dengan penghalang dinding, dan dengan penghalang lantai (Agung Indra Prasetya, 2017).

Tabel 1. Standar Wlan (Edward J, 2021)

Features	Wi-Fi 4 (802.11n)	Wi-Fi 5 (802.11ac)	Wi-Fi 6/Wi-Fi 6 E (802.11ax)
Data rate	Up to 600 Mbps	Up to 7 Gbps	Up to 9.6 Gbps
Carrier Frequency	2.4, 5	5	2.4, 5, 6
Channel Bandwidth	20, 40	20, 40, 80, 80 + 80, 160	20, 40, 80, 80 + 80, 160
Frequency multiplexing	OFDM	OFDM	OFDM and OFDMA
OFDM symbol time (µs)	3.2	3.2	12.8
Guard interval (µs)	.04, .08	.04, .08	.08, 1.6, or 3.2
Total symbol time (µs)	3.6, 4.0	3.6, 4.0	13.6, 14.4, 16.0
Modulation	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM, 1024-QAM
MU-MIMO	N/A	DL	DL and UL
OFDMA	N/A	N/A	DL and UL
Radios	MIMO (4x4)	MU-MIMO (DL) (8x8)	MU-MIMO (DL & UL) (8x8)

Sumber: (Edward J, 2021)

WiFi 6 atau standarisasi 802.11ax adalah teknologi jaringan nirkabel terbaru yang memberikan peningkatan signifikan pada standar jaringan nirkabel. Teknologi ini diciptakan sebagai solusi untuk kebutuhan untuk meningkatkan performa dan konektivitas data serta memenuhi kebutuhan bandwidth yang besar karena saat ini lebih banyak perangkat yang perlu dihubungkan ke internet. Teknologi WiFi 6 menawarkan fitur baru seperti tersedianya pilihan penggunaan frekuensi 2.4 Ghz dan frekuensi 5 Ghz, mendukung hingga delapan transmisi MU-MIMO sekaligus dan menggunakan modulasi OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), dimana teknologi ini dapat memulihkan masalah multi-path (lintasan jamak) sehingga OFDMA ideal untuk mengatasi lingkungan banyak obstacle (penghalang sebagai pemantul) dan lingkungan jaringan nirkabel. (Vian Ardiyansyah Saputro, 2022) (Evgeny Khorov, 2019).

2. METODE PENELITIAN

Metodologi Pengukuran

Metode pengukuran dilakukan dengan menggunakan Perangkat laptop sebagai user yang mendukung WiFi 6 dan juga software wireshark untuk mengcapture paket data yang Terhubung melalui jaringan Handphone WiFi 6 802.11ax. Pengukuran dilakukan dengan menjauhi dari AP di 15 titik Indoor dan Outdoor Gedung C Lab Hydro Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Metodologi Penyelesain Masalah

- a. Metode penyelesaian masalah yang digunakan adalah:

Studi Literatur

Metode ini dilakukan untuk menemukan teori-teori yang mendukung dan menambah pengetahuan yang berkaitan dengan WiFi 6 802.11ax, QoS, QoE dan wireshark.

Observasi Lapangan

Survey lokasi pengukuran pada Lab Hydro Fakultas Teknik Universitas Mataram. Identifikasi Parameter QoS dengan menghubungkan Laptop dengan AP

- b. Persamaan yang digunakan

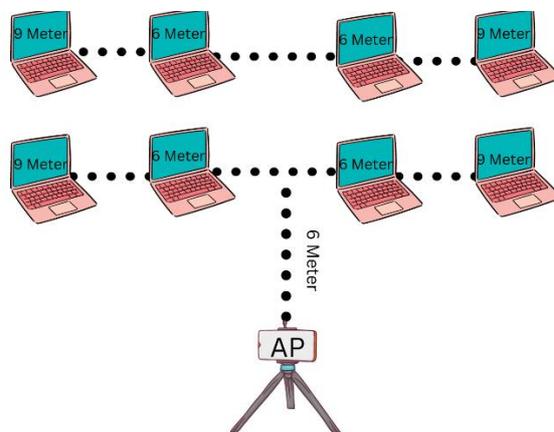
Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Througput} = \frac{\text{Jumlah data yang dikirm}}{\text{Waktu pengiriman data}} \quad (1)$$

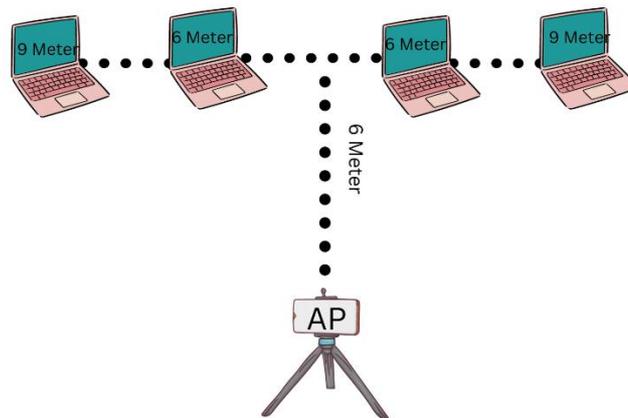
$$\text{Packet loss} = \frac{\text{Paket data yang dikirm} - \text{Paket data yang diterima}}{\text{Paket data yang dikirm}} \quad (2)$$

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total variasi Delay}}{\text{Total Paket Yang diterima}} \quad (3)$$

$$\text{Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket yang diterima}} \quad (4)$$



Gambar 1. Layout Pengukuran Indoor



Gambar 2. Layout Pengukuran Outdoor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan bandwidth, mengatasi *jitter* dan *delay*. Parameter QoS adalah *latency*, *jitter*, *packet loss*, *throughput*. QoS sangat ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan. Terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan nilai QoS, seperti: Redaman, Distorsi, dan *Noise*. (ETSI, 1999)

Quality of services berisi parameter-parameter yang menunjukkan kualitas paket data jaringan. QoS didesain untuk membantu *end-user (client)* menjadi lebih produktif dengan memastikan bahwa user mendapatkan performansi yang handal dari aplikasi-aplikasi berbasis jaringan. Berikut ini adalah parameter-parameter QoS sebagai berikut : (Budima, 2020)

Throughput, *Throughput* adalah *bandwidth* aktual yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentu dalam mentransmisikan berkas. Berbeda dengan *bandwidth* walaupun satuannya sama *bits per second (bps)*, tetapi *throughput* lebih menggambarkan *bandwidth* yang sebenarnya pada suatu waktu dan pada kondisi dan jaringan tertentu yang digunakan untuk mengunduh suatu *file* dengan ukuran tertentu. Nilai *throughput* dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data yang dikirim (kbps)}}{\text{Waktu pengiriman data(s)}} \quad (1)$$

Packet loss, *Packet loss* adalah persentase paket yang hilang selama mentransmisikan data. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti penurunan sinyal dalam media jaringan, kesalahan perangkat keras jaringan atau juga radiasi dari lingkungan sekitar. *Packet loss* merupakan parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan (Utami, 2020)

Nilai *Packet loss* dapat dihitung menggunakan Persamaan 2).

$$\text{Packet loss} = \frac{\text{Jumlah data yang dikirim (kbps)}}{\text{Waktu pengiriman data(s)}} \quad (2)$$

Tabel 2 standarisasi TIPHON untuk Packet loss

Kategori	Packet loss	Indeks
Sangat Baik	0-2 %	4
Baik	3-14 %	3
Cukup	15 - 24 %	2
Buruk	>25%	1

(Sumber : TIPHON)

Delay, Delay adalah waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya. Delay di dalam jaringan dapat digolongkan sebagai berikut:

- a) *Packetization delay* Delay yang disebabkan oleh waktu yang diperlukan untuk proses pembentukan paket IP dari informasi *user*. Delay ini hanya terjadi sekali saja, yaitu di sumber informasi.
- b) *Queuing delay* Delay ini disebabkan oleh waktu proses yang diperlukan oleh router dalam menangani transmisi paket di jaringan.
- c) *Delay propagasi* Proses perjalanan informasi selama di dalam media transmisi, misalnya kabel SDH, *coaxial* atau tembaga, menyebabkan *delay* yang disebut dengan *delay propagasi* (Budima, 2020) (Made Sutha Yadnya, 2020) Nilai *Packet loss* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3).

$$Delay \text{ rata-rata} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total Packet yang diterima}} \quad (3)$$

Tabel 3 standarisasi TIPHON untuk Delay

Kategori Latensi	Besar Delay	Indeks
Sangat Baik	<150 ms	4
Baik	150 - 300 ms	3
Cukup	300 - 450 ms	2
Buruk	>450 ms	1

(Sumber : TIPHON)

Jitter. *Jitter* merupakan variasi *delay* antara paket yang terjadi pada jaringan. Besarnya nilai *jitter* akan sangat dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket (*congestion*) yang ada dalam jaringan IP. Semakin besar beban trafik di dalam jaringan akan menyebabkan semakin besar pula peluang terjadinya *congestion* dengan demikian nilai *jitter* akan semakin besar.

Tabel 4. Standarisasi TIPHON untuk Jitter

Kategori Latensi	Besar Delay	Indeks
Sangat Baik	0 ms	4
Baik	1 s/d 75 ms	3
Cukup	76 s/d 125 ms	2
Buruk	>225 ms	1

(Sumber : TIPHON)

Wireshark. *Wireshark* adalah sebuah *Network Packet Analyzer*. *Network Packet Analyzer* akan mencoba “menangkap” paket-paket jaringan dan berusaha untuk menampilkan semua informasi di paket tersebut sedetail mungkin. Kita bisa mengumpamakan sebuah *Network Packet Analyzer* sebagai alat untuk memeriksa apa yang sebenarnya sedang terjadi di dalam kabel jaringan, seperti halnya voltmeter atau tespen yang digunakan untuk memeriksa apa yang sebenarnya sedang terjadi di dalam sebuah kabel listrik. Dulunya, tooltool semacam ini sangatlah mahal harganya, dan biasanya dengan embel-embel hak cipta. Namun dengan adanya *Wireshark*, kita akan sangat dimudahkan. Oleh karena itu tidak sedikit yang bilang bahwa *Wireshark* adalah salah satu tool gratis (dan bahkan *open source*) terbaik untuk menganalisa paket jaringan (Anggita Nindya Wisnu Wardhana, 2017).

Tabel 5. 5G and Wi-Fi 6

Comparing key 3GPP 5G and Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) features.

Category	Variable	3GPP 5G	Wi-Fi 6/Wi-Fi 6 E
Technical	Peak data rate	2 Gbps (DL), 1 Gbps (UL)	10 Gbps 8x8 (DL), 5 Gbps (UL)
Technical	MU-MIMO	128x128	8x8
Technical	Coverage range	100-300 m for small cells, up to tens of km for macro cells	<50 m indoor, up to 300 m outdoor
Technical	Carrier aggregation	Yes	Yes, 40, 80, 160 (or 80 + 80)
Technical	Inter-cell interference	Controlled	Mainly uncontrolled
Technical	Channel Access Scheme	OFDMA	OFDMA
Spectrum	License type	Mostly licensed	Unlicensed
Spectrum	General bands	Low, mid and high	Low and mid
Spectrum	Specific frequencies	Low-band (<1 GHz), mid-band (1-7 GHz) and high-band (~24-29 GHz)	2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz, 60 GHz
Spectrum	Channel Bandwidth	20, 40, 80, 100 MHz	20, 40, 80, 160 MHz
Business model and cost	Revenue model	Pre- or post-pay billing for data services	Either a service, 'free', amenity, or pure WLAN without external connection
Business model and cost	User equipment price	High	Low
Business model and cost	Public versus private	Traditionally publicly provided by an MNO	Traditionally privately provided
Business model and cost	Chip/modem cost	High	Low
Business model and cost	Data cost	Monthly subscription (\$5-20)	Free ('piggybacks' on fixed broadband)
Installation and skills	Deployment approach	Controlled and managed	Uncontrolled and mostly unmanaged
Installation and skills	Installation skill level	High	Low
Installation and skills	Development skill level	High	Low

Sumber: (Edward J, 2021)

Tabel 6. Main Features OF 802.11AX

Legacy feature	PHY	New 802.11ax features
Spectrum	up to 40 MHz at 2.4 (11n), up to 160 MHz at 5 GHz (11ac), or up to 16 MHz at 0.9 GHz (11ah)	up to 40 MHz at 2.4, up to 160 MHz at 5 GHz
OFDM Constellation Order	256-QAM (11ac)	1024-QAM
OFDM Symbol duration	3.2 μs	12.8 μs
OFDM Guard Interval	0.4 or 0.8 μs (10 or 20% overhead)	0.8, 1.6 or 3.2 μs (5, 10 or 20% overhead)
MIMO Order	4 (11n), 8 (11ac)	8
Maximal Data Rate	≈ 7 Gbps	≈ 9.6 Gbps
Channel Access		
Basic channel access	CSMA/CA	OFDMA on top of CSMA/CA
Random Channel Access	DCF, EDCA	UL OFDMA Random Access on top of CSMA/CA
Contention-free Access	PCF, HCCA (not implemented in real devices), RAW (11ah)	Trigger-based UL OFDMA
MU Technology	MU-MIMO (11ac)	MU-MIMO, OFDMA
MU transmission direction	DL (11ac)	DL and UL
Fragmentation	Static	Flexible
Aggregation	A-MSDU, A-MPDU (11n) without fragmentation	A-MPDU, A-MSDU with Fragmentation
HE/Legacy Fairness		2 EDCA Parameter Sets
OBSS Management		
Interference Mitigation	NAV, RTC/CTS, HCCA TXOP Negotiation	Two NAVs, Quiet Period
Spatial Reuse	Sectorization (11ah)	Adaptive Power and Sensitivity Thresholds, Color
Power Management		
Power Management	Many	Enhanced TWT, Enhanced Microsleep

Sumber: (Evgeny Khorov, 2019)

Perhitungan Parameter QoS

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Througput} &= \frac{\text{Jumlah data yang dikirm}}{\text{Waktu pengiriman data}} = \frac{747036}{8,170} = 91,436 \text{ bytes/s} \times 8 \\
 &= 731 \text{ Kb} \\
 &= 0,731 \text{ Mbps} \\
 2. \text{ Packet Loss} &= \frac{\text{Paket data dikirm} - \text{Paket data Diterima}}{\text{Paket data yang dikirim}} \times 100\% \\
 &= \frac{632 - 632}{632} \times 100\% \\
 &= 0\% \\
 3. \text{ Delay} &= \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket yang diterima}} \\
 &= \frac{8,170053}{632} = 0,012927 \text{ s} = 12,93 \text{ ms} \\
 4. \text{ Jitter} &= \frac{\text{Total variasi Delay}}{\text{Total Paket Yang diterima}} \\
 &= \frac{6,043811}{632} = 0,009563 \text{ s} = 9,56 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

Pengukuran ini dilakukan sebanyak 2 kali pada *indoor* dan *Outdoor*, dengan 10 titik dimana tiap titik diambil data sebanyak 30 data. Dari Pengukuran nilai *Indoor* didapatkan nilai rata rata.

Tabel 7. Pengukuran Indoor Lt 1 Indoor WIFI 6

No	QoS Parameter			
	Throughput (Mbps)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)
Rata-rata	0,700	0,08	13,08	9,5
Skor Indeks	1	4	4	4

Tabel 8. Pengukuran Indoor Lt 2 WIFI 6

No	QoS Parameter			
	Throughput (Mbps)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)
6 Meter	1,192	0,11	3,84	6,54
Skor Indeks	4	4	4	4

Tabel 9. Pengukuran Outdoor WIFI 6

No	QoS Parameter			
	Throughput (Mbps)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)
Rata-rata	0,596033	0,16	5,204	4,885193
Skor Indeks	4	4	4	4

Hasil dari data pengukuran QoS sebanyak 30 data didapatkan nilai rata – rata untuk masing masing throughput, packet loss, delay dan juga jitter pada kondisi indoor dan outdoor.

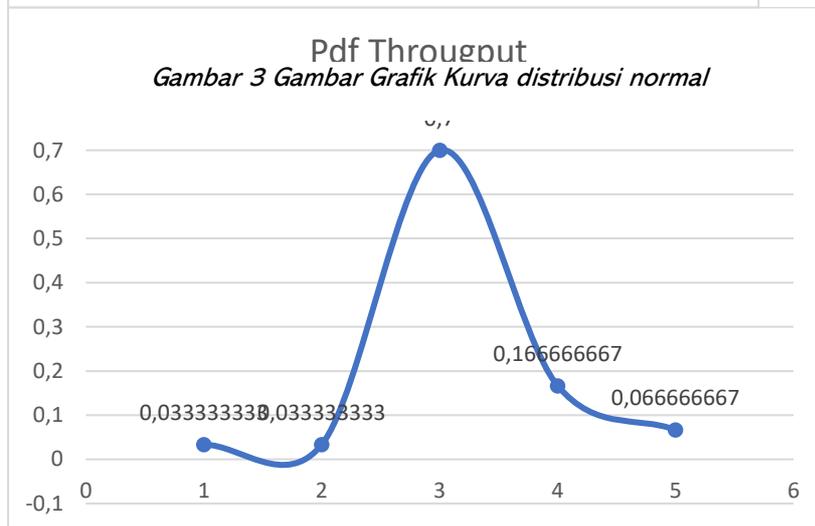
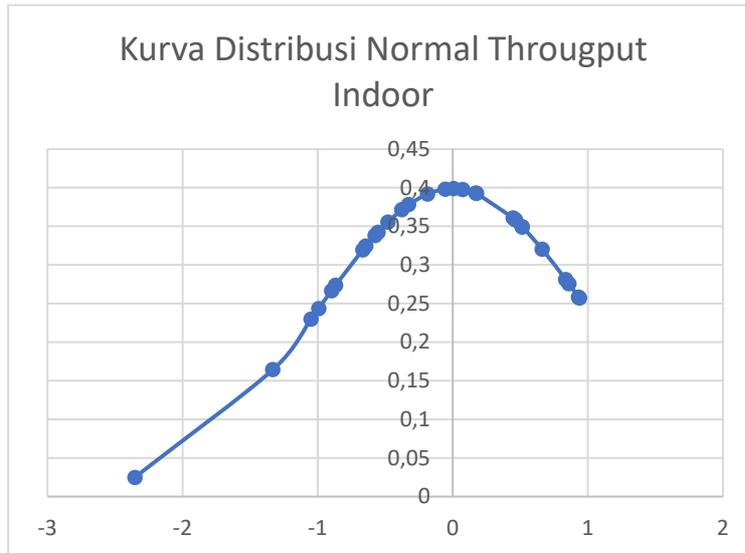
Mengacu pada tabel standarisasi TIPHON, maka dapat dikategorikan nilai QoS Wi-Fi 6 pada kondisi indoor dan Outdoor tergolong sangat baik, akan tetapi pada nilai rata rata throughput indoor didapatkan nilai skor indeks cukup, hal tersebut bisa disebabkan beberapa factor seperti propgasi ruangan dan waktu pengukuran dilakukan pada jam sibuk,

Througput Indoor : 0,283 – 1,156 Mbps *Delay Indoor* : 6,26 – 27,28 ms

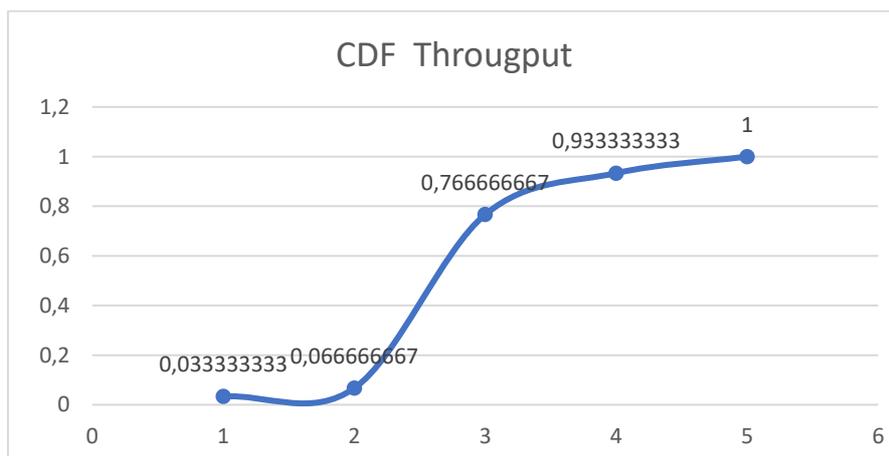
Througput Outdoor: 0,742 – 11,00 Mbps *Delay Indoor* : 0 – 12,4 ms

Packet loss Indoor : 0 – 1 % *Jitter Outdoor* : 0 – 42,9 ms

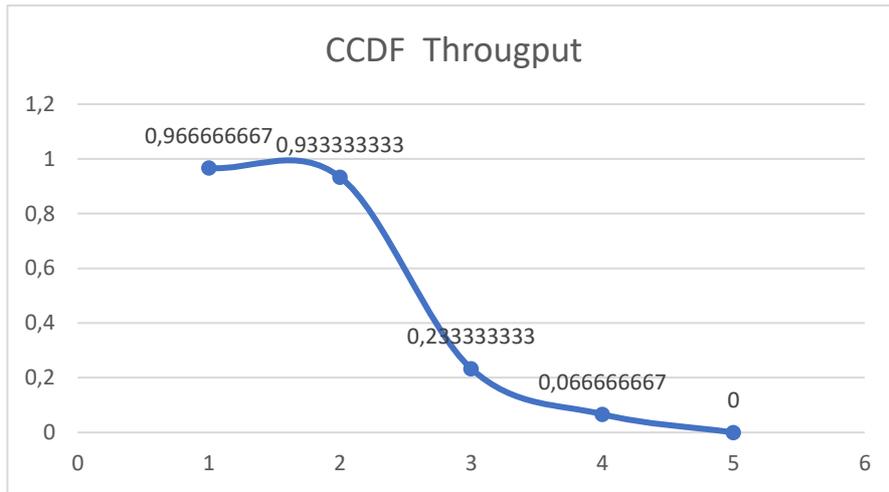
Packet loss Outdoor: 0 – 1,5% *Jitter Outdoor* : 0 – 21,29 ms



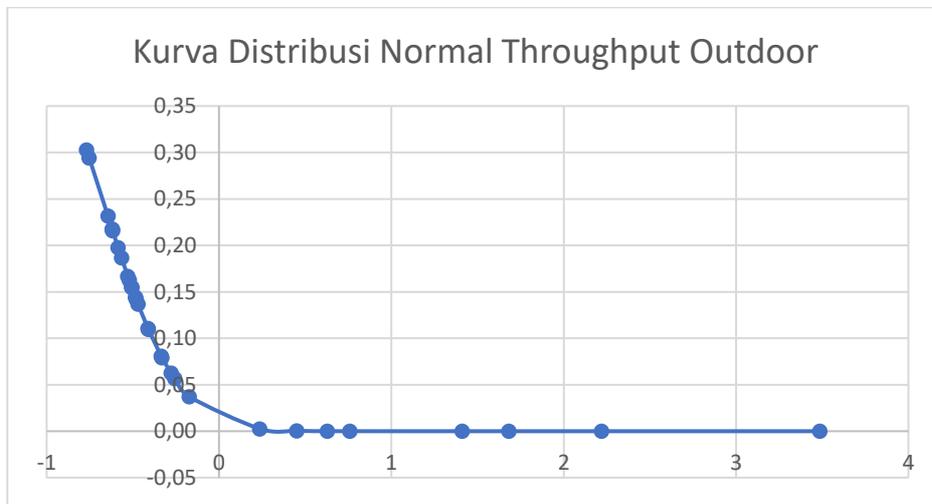
Gambar 4. Gambar grafik PDF Throughput



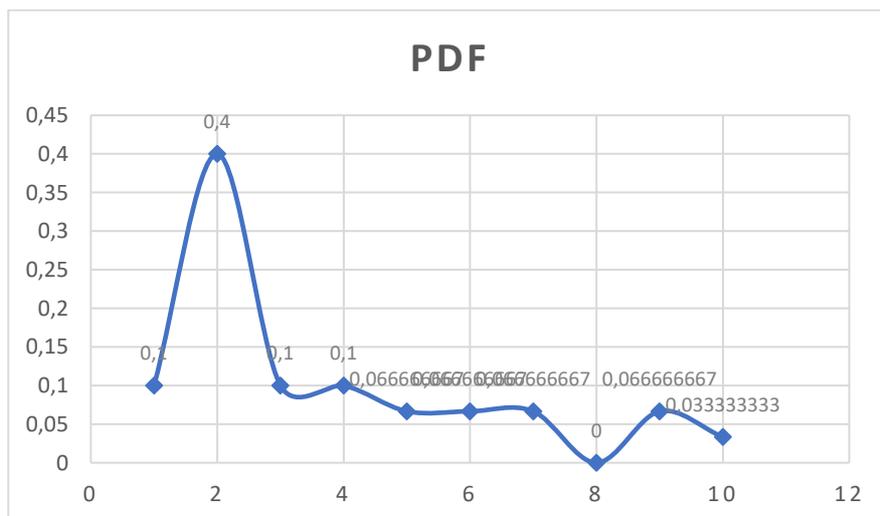
Gambar 5. Gambar Grafik CDF Throughput



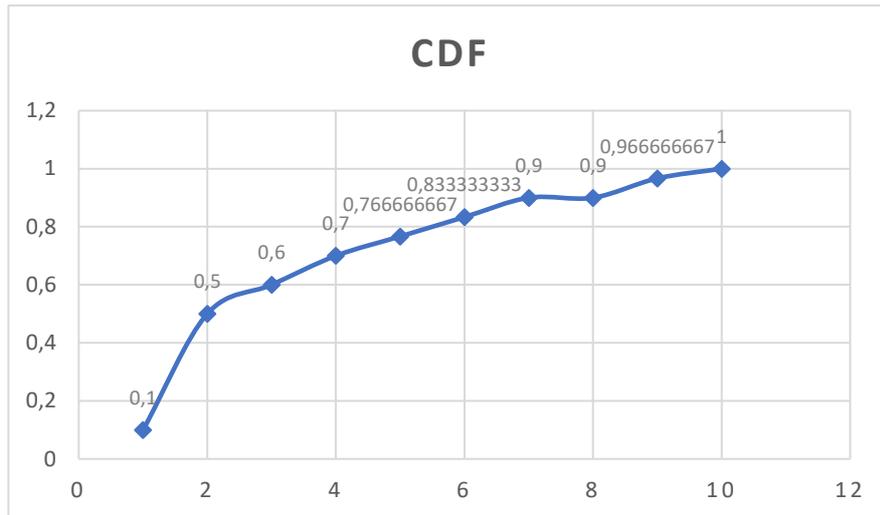
Gambar 6. Grafik CCDF Througput



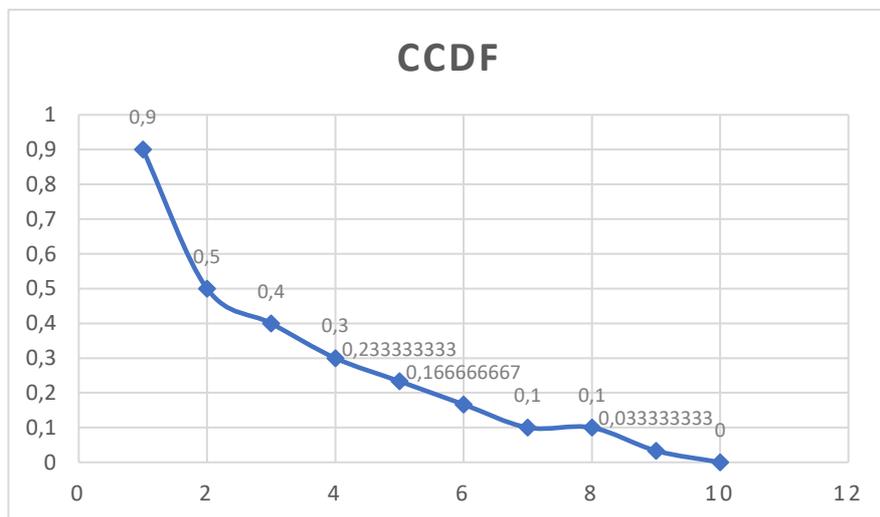
Gambar 7. Kurva Distribusi Normal Throughput Outdoor



Gambar 8. Grafik PDF Throughput Outdoor



Gambar 9. Grafik CDF Throughput Outdoor



Gambar 10. Grafik CCDF Throughput Outdoor

4. KESIMPULAN

Wi-Fi 6 dirancang untuk memberikan peningkatan dalam kecepatan, kapasitas, dan efisiensi jaringan nirkabel teknologi 802.11ax terbaru yang memberikan peningkatan signifikan pada standar jaringan nirkabel dengan frekuensi 5Ghz didapatkan kualitas nilai Parameter Throughput rata-rata pada indoor 2,1700 Mbps dan Outdoor 1,6 Mbps, dan Packet loss Indoor dan Outdoor sebesar 0,08 dan 0,16 % tergolong sangat baik, nilai Delay pada pengukuran didapatkan nilai rata-rata sebesar 13,08 dan 5,20 ms dan jitter didapatkan sebesar 9,5 dan 4,88 ms. Pada pengukuran pada area Indoor sinyal yang mampu untuk mengakses kualitas internet berada pada jarak maksimal 9 meter. nilai yang pengukuran yang fluktuatif dikarenakan pengukuran dilakukan dengan dua kondisi yakni Indoor (Laboratorium) dan Outdoor dimana kondisi Outdoor lebih bagus daripada Indoor.

5. DAFTAR REFERENSI

1. Agung Indra Prasetya, G. S. (2017). ANALISIS PROPAGASI INDOOR WLAN 802.11g. E-Journal SPEKTRUM, IV(2), 3.

2. Anggita Nindya Wisnu Wardhana, M. Y. (2017). ANALISIS QUALITY of SERVICE (QoS) JARINGAN . *semanTIK*, 3(5), 52.
3. Anwar, S., Afriyani, A., Ula, P. S., Safriana, I., Fajri, I., & Ariska, R. (2017). Visitor behavior in the library of Syiah Kuala University based on their visiting time duration. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, 119-136.
4. Arifah, S. N., & Fernando, Y. (2022). Upaya Meningkatkan Citra Diri Melalui Game Edukasi. 3(3), 295-315.
5. Budima, D. H. (2020). ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QOS) PADA JARINGAN . *JUIRNAL PINTER*, 4(3), 1-2.
6. Edward J, O. (2021). Revisiting Wireless Internet Connectivity: 5G vs Wi-Fi 6. *ELSEVIER*, 45(3), 8-9.
7. ETSI. (1999). Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS). RANCE: ETSI.
8. Evgeny Khorov, A. K. (2019). A Tutorial on IEEE 802.11ax High. *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*, 21(9), 200-202.
9. Made Sutha Yadnya , IWayan Sudiarta, "Synthesis of 4G outdoor femtocells under rain conditions in Mataram" *AIP Conference Proceedings* 2043.
10. Made Sutha Yadnya, Gamantyo H, A. Mauludiyato. ". Pemodelan ARMA untuk Curah Hujan di Surabaya." *SITIA* 8 Mei 2008 Surabaya 1, 61-67
11. Anwar, S., Afriyani, A., Ula, P. S., Safriana, I., Fajri, I., & Ariska, R. (2017). Visitor behavior in the library of Syiah Kuala University based on their visiting time duration. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, 119-136.
12. Muhajir Syamsu, W. (2022). *JuTech*, 142-145.
13. Prakasa, A. (2023). Perancangan dan Implementasi Jaringan Komputer Skala Kecil . *cyberarea.id*, 1-3.
14. Prakasa, A. (2023). Perancangan dan Implementasi Jaringan Komputer Skala Kecil . *cyberarea.id*, 3(12), 1-9.
15. Suer, M. T., Jose, P., & Tchouankem, H. (2022, December). Experimental evaluation of IEEE 802.11 ax-low latency and high reliability with Wi-Fi 6?. In *GLOBECOM 2022-2022 IEEE Global Communications Conference* (pp. 377-382). IEEE.
16. Utami, P. R. (2020). ANALISIS PERBANDINGAN QUALITY OF SERVICE JARINGAN. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 25(4), 3.
17. Vian Ardiyansyah Saputro, S. R. (2022). Pengaruh Penggunaan Beacon Interval Dalam . *Jurnal Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan*, VI(3), 29-35.