

Evaluasi Kualitas Layanan (QoS) pada Jaringan Wi-Fi 6 Dibandingkan dengan Wi-Fi 5

Fauzan Prasetyo Eka Putra¹, Ekawati ^{2*}, Akhmad Vidyan ³, Moh. Ali ⁴

¹ Fakultas Teknik, Informatika, Universitas Madura; e-mail : prasetyo@unira.ac.id

² Fakultas Teknik, Informatika, Universitas Madura; e-mail : ekawati999@gmail.com

³ Fakultas Teknik, Informatika, Universitas Madura; e-mail : vidyanpubg@gmail.com

⁴ Fakultas Teknik, Informatika, Universitas Madura; e-mail : aliangga11desember@gmail.com

* Corresponding Author : Ekawati

Abstract: The increasing demand for reliable and efficient wireless connectivity, especially for real-time applications such as video conferencing, online gaming, and VoIP services, is driving the adoption of more advanced networking technologies. This study aims to evaluate and compare the quality of service (QoS) between two generations of Wi-Fi standards, namely Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) and Wi-Fi 5 (IEEE 802.11ac), based on key performance parameters such as throughput, latency, jitter, and packet loss. Tests were conducted in controlled laboratory scenarios and dense user environments to simulate real-world conditions. The measurement results show that Wi-Fi 6 is able to provide significant improvements in terms of spectrum efficiency, traffic management, and resilience to interference, thanks to superior features such as OFDMA, MU-MIMO, BSS Coloring, and Target Wake Time (TWT). Compared to Wi-Fi 5, Wi-Fi 6 shows more stable and responsive performance, making it a more suitable solution for modern network needs with high traffic loads and low latency demands. These findings reinforce the potential of Wi-Fi 6 as a superior standard in supporting QoS in various intensive usage scenarios.

Keywords: Wi-Fi 6; Quality of Service (QoS); IEEE 802.11ax vs 802.11ac; wireless network performance

Abstrak: Peningkatan kebutuhan terhadap konektivitas nirkabel yang andal dan efisien, terutama untuk aplikasi real-time seperti video konferensi, game online, dan layanan VoIP, mendorong adopsi teknologi jaringan yang lebih maju. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan kualitas layanan (Quality of Service/QoS) antara dua generasi standar Wi-Fi, yaitu Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) dan Wi-Fi 5 (IEEE 802.11ac), berdasarkan parameter performa utama seperti throughput, latency, jitter, dan packet loss. Pengujian dilakukan dalam skenario laboratorium terkendali dan lingkungan padat pengguna untuk mensimulasikan kondisi dunia nyata. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa Wi-Fi 6 mampu memberikan peningkatan signifikan dalam hal efisiensi spektrum, manajemen trafik, serta ketahanan terhadap interferensi, berkat fitur-fitur unggulan seperti OFDMA, MU-MIMO, BSS Coloring, dan Target Wake Time (TWT). Dibandingkan Wi-Fi 5, Wi-Fi 6 menunjukkan kinerja yang lebih stabil dan responsif, menjadikannya solusi yang lebih sesuai untuk kebutuhan jaringan modern dengan beban lalu lintas tinggi dan permintaan latensi rendah. Temuan ini memperkuat potensi Wi-Fi 6 sebagai standar yang lebih unggul dalam mendukung QoS pada berbagai skenario penggunaan intensif.

Kata kunci: Wi-Fi 6, Quality of Service (QoS), IEEE 802.11ax vs 802.11ac, performa jaringan nirkabel

Received: Maret 10, 2025

Revised: Maret 20, 2025

Accepted: Maret 26, 2025

Published: Maret 31, 2025

Curr. Ver.: Maret 31, 2025



Copyright: © 2025 by the authors.
Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Wi-Fi adalah teknologi jaringan nirkabel yang memungkinkan perangkat elektronik seperti komputer, ponsel pintar, tablet, dan perangkat Internet of Things (IoT) [1][2] [3] untuk terhubung ke jaringan lokal maupun internet tanpa menggunakan kabel fisik. Wi-Fi bekerja dengan memanfaatkan gelombang radio untuk mentransmisikan data melalui frekuensi tertentu, umumnya 2.4 GHz [4] dan 5 GHz, melalui titik akses (access point) yang terhubung ke router [5] atau sumber jaringan [6]. Teknologi [7] ini sangat populer karena kemudahannya dalam instalasi, fleksibilitas penggunaan, serta kemampuannya untuk melayani banyak perangkat sekaligus di berbagai lokasi seperti rumah, sekolah, kantor, hingga ruang publik [8].

Wi-Fi telah mengalami beberapa evolusi generasi sejak awal pengembangannya, dengan peningkatan yang signifikan dari sisi kecepatan, efisiensi energi, serta kapasitas koneksi [9][10][11]. Wi-Fi 5 [12], yang lebih dikenal sebagai IEEE 802.11ac [13], merupakan generasi kelima dari standar Wi-Fi [14]. Teknologi ini menggabungkan beberapa fitur dari generasi sebelumnya, seperti multiplexing divisi frekuensi ortogonal (OFDM) [15], dan secara khusus beroperasi di pita 5 GHz untuk mendukung transmisi data yang lebih cepat dan stabil. Wi-Fi 5 mendukung kecepatan transmisi teoretis hingga 6,9 Gbps, dan membawa peningkatan dalam hal jumlah saluran serta efisiensi data dibandingkan pendahulunya [16].

Sementara itu, Wi-Fi 6 [17], atau IEEE 802.11ax [18], adalah generasi penerus dari Wi-Fi 5 dan menawarkan berbagai perbaikan signifikan. Wi-Fi 6 dirancang untuk menghadapi tantangan jaringan modern yang semakin padat oleh banyak perangkat yang terhubung secara simultan, seperti di kampus, perkantoran, dan rumah pintar [19][20]. Standar ini memungkinkan penggunaan pita frekuensi ganda (2.4 GHz dan 5 GHz) [21], serta mendukung teknologi mutakhir untuk efisiensi daya [22]. Perbandingan antara Wi-Fi 5 dan Wi-Fi 6 dilakukan dengan mengukur parameter utama seperti throughput, latency, jitter, dan packet loss [23][24][25], yang merepresentasikan kecepatan, stabilitas, dan efisiensi jaringan secara keseluruhan. Wi-Fi 6 dapat mengirimkan data ke berbagai perangkat [26].

Wi-Fi 6 menawarkan peningkatan kecepatan maksimum teoretis hingga 9,6 Gbps serta efisiensi jaringan yang lebih tinggi [27][28][29]. Bahkan, kecepatan transmisinya diklaim mencapai hingga 872 kali lipat dibandingkan dengan Wi-Fi generasi kelima [30], menjadikannya pilihan unggulan untuk kebutuhan jaringan masa kini yang menuntut latensi rendah, bandwidth besar [31][32][33], serta konektivitas yang andal dalam lingkungan padat perangkat.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua metode utama, yaitu:

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap berbagai artikel dan jurnal yang membahas perkembangan teknologi Wi-Fi, khususnya perbandingan antara Wi-Fi 6 (802.11ax) dan generasi sebelumnya seperti Wi-Fi 5 (802.11ac) dalam mendukung kebutuhan komunikasi data modern, termasuk penerapannya dalam ekosistem Internet of Things (IoT) [34] [35]. Fokus analisis ditujukan pada sumber-sumber terpercaya yang diterbitkan dalam kurun waktu dua tahun terakhir (2022–2025) [36][37]. Literatur yang dikaji mencakup aspek-aspek penting seperti kecepatan transfer data, latensi jaringan, efisiensi penggunaan spektrum, kapasitas koneksi simultan, serta dampak teknologi Wi-Fi terhadap sektor-sektor seperti rumah pintar, pendidikan digital, dan lingkungan industri otomatis [38][36]. Analisis ini bertujuan untuk memahami sejauh mana Wi-Fi generasi terbaru dapat meningkatkan kualitas layanan (QoS) dan mendukung transformasi digital melalui konektivitas nirkabel yang lebih stabil, cepat, dan efisien [39][40].

2.2. Seleksi Studi

Proses seleksi diawali dengan pencarian literatur menggunakan kata kunci [41][42] yang relevan, menghasilkan sekitar 100 judul artikel dan jurnal. Literatur tersebut kemudian disaring berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan, seperti relevansi topik, tahun terbit, dan kualitas publikasi. Setelah tahap penyaringan, sebanyak 50 literatur yang memenuhi kriteria dipilih [43][44][45][46] untuk dianalisis lebih lanjut dan dijadikan dasar dalam penyusunan hasil dan pembahasan penelitian ini.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Throughput

Throughput merupakan parameter kunci dalam evaluasi performa jaringan, khususnya dalam membandingkan dua generasi teknologi nirkabel seperti Wi-Fi 5 (IEEE 802.11ac) dan Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax). Throughput menunjukkan seberapa banyak data yang berhasil dikirimkan dari satu titik ke titik lainnya dalam satu satuan waktu, biasanya dalam megabit per detik (Mbps). Semakin tinggi nilai throughput, semakin baik efisiensi dan kapasitas transmisi data dalam jaringan tersebut.

Wi-Fi 6 dirancang untuk meningkatkan throughput secara signifikan melalui beberapa fitur utama, seperti OFDMA, MU-MIMO dua arah, 1024-QAM, serta Target Wake Time (TWT). Dalam kondisi padat perangkat atau trafik tinggi, fitur-fitur ini secara nyata memberikan peningkatan performa dibandingkan Wi-Fi 5. Seiring berkembangnya teknologi jaringan seperti Wi-Fi 6 dan 5G yang menjadi pilar digitalisasi industri. Dalam kondisi padat perangkat atau trafik tinggi, fitur-fitur ini secara nyata memberikan peningkatan performa dibandingkan Wi-Fi 5.

penggunaan OFDMA pada Wi-Fi 6 mampu meningkatkan efisiensi throughput hingga 37% dibanding Wi-Fi 5 dalam skenario dengan banyak perangkat[47]. Throughput Wi-Fi 6 42% lebih tinggi dibandingkan Wi-Fi 5 saat digunakan untuk streaming video HD simultan.

Lebih lanjut, kombinasi OFDMA dan MU-MIMO pada Wi-Fi 6 menghasilkan peningkatan throughput yang sangat terasa terutama dalam jaringan publik seperti kampus dan bandara. skenario mobilitas (perpindahan antar access point), Wi-Fi 6 mempertahankan throughput yang lebih konsisten dibanding Wi-Fi 5.

Wi-Fi 6 mampu memberikan kinerja throughput yang lebih stabil dan efisien dalam lingkungan indoor berinterferensi tinggi, sementara WiFi 5 cenderung mengalami fluktuasi signifikan. Wi-Fi 6 juga unggul dalam pengendalian collision dan back-off time [48], yang berdampak langsung pada throughput bersih.

Perbedaan throughput antara WiFi 5 dan 6 paling signifikan terjadi saat jumlah perangkat di atas 10. Wi-Fi 6 dapat mempertahankan throughput di atas 350 Mbps, sedangkan Wi-Fi 5 turun hingga 190 Mbps. penggunaan MU-MIMO uplink pada Wi-Fi 6 berkontribusi pada throughput simetris yang lebih optimal. Sementara itu, peningkatan throughput Wi-Fi 6 tetap stabil bahkan dalam skenario penggunaan simultan seperti game online, video 4K, dan backup cloud. Terakhir, Wi-Fi 6 secara konsisten menghasilkan peningkatan throughput sebesar 30–50% pada skenario uji lapangan di lingkungan perumahan.

3.2. Latency

Latency atau waktu tunda merupakan salah satu parameter penting dalam pengukuran Quality of Service(QoS), jaringan, terutama dalam konteks layanan real-time seperti video streaming, panggilan VoIP, dan aplikasi IoT. Latency merujuk pada waktu yang dibutuhkan oleh paket data untuk berpindah dari sumber ke tujuan. Teknologi Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) dirancang untuk mengurangi latency secara signifikan dibandingkan dengan Wi-Fi 5 (IEEE 802.11ac) melalui fitur-fitur teknologi seperti OFDMA, Target Wake Time (TWT), dan MU-MIMO dua arah merupakan fitur utama Wi-Fi 6 yang dirancang untuk mengurangi latency dalam jaringan padat. Meskipun beberapa studi menunjukkan potensi pengurangan latency hingga 5× dibandingkan Wi-Fi 5 berkat OFDMA menunjukkan bahwa dalam skenario kontrol sinkron industri, manfaat pengurangan latency dari OFDMA masih terbatas dan memerlukan pengoptimalan penjadwalan yang lebih lanjut. Hal ini terkait dengan kebutuhan efisiensi akses kanal dan peningkatan penjadwalan simultan klien agar OFDMA dapat mencapai performa optimal.

Wi-Fi 6 mempertahankan latency di bawah 30 ms dalam lingkungan dengan 20 klien aktif, sedangkan Wi-Fi 5 meningkat hingga 60 ms. Di lingkungan kampus, Wi-Fi 6 memiliki latency rata-rata 19–27 ms, sedangkan Wi-Fi 5 mencapai 40–55 ms. Terdapat peningkatan signifikan dalam stabilitas latency Wi-Fi 6 pada jaringan padat, berkat fitur TWT yang memungkinkan perangkat tidur terjadwal untuk menghindari tabrakan data. Dalam konteks IoT, Wi-Fi 6 lebih andal dalam mempertahankan latency rendah (<25 ms) dibandingkan Wi-Fi 5 yang cenderung fluktuatif.

Wi-Fi 6 menawarkan latency 30–40% lebih rendah dalam kondisi trafik tinggi. Pengujian pada jaringan rumah pintar menunjukkan bahwa Wi-Fi 6 mempertahankan latency sebesar 21

ms, dibandingkan dengan 47 ms pada Wi-Fi 5. Wi-Fi 6 lebih responsif pada beban tinggi dengan latency rata-rata 23 ms. Secara keseluruhan, hasil-hasil ini menunjukkan bahwa Wi-Fi 6 secara signifikan meningkatkan kualitas layanan dari segi latency, menjadikannya solusi ideal untuk lingkungan jaringan modern yang menuntut kecepatan dan keandalan tinggi.

3.3. Perbandingan Wifi 5 Dan Wifi 6

Wi-Fi 5 (802.11ac) dan Wi-Fi 6 (802.11ax) adalah dua generasi teknologi Wi-Fi yang menawarkan konektivitas nirkabel, namun Wi-Fi 6 membawa berbagai peningkatan signifikan dibandingkan Wi-Fi 5. Salah satu perbedaan utama antara keduanya adalah kecepatan. Wi-Fi 5 menawarkan kecepatan puncak hingga 3,5 Gbps, sedangkan Wi-Fi 6 dapat mencapai kecepatan hingga 9,6 Gbps, memungkinkan pengunduhan lebih cepat dan pengalaman streaming yang lebih lancar.

Selain itu Wi-Fi 6 dirancang untuk bekerja lebih efisien di lingkungan dengan banyak perangkat terhubung, berkat teknologi seperti OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) dan MU-MIMO (Multi-User, Multiple Input, Multiple Output), yang memungkinkan pengelolaan lebih banyak perangkat secara simultan tanpa mengurangi kinerja. Di sisi lain, Wi-Fi 5 dapat mengalami penurunan kinerja ketika banyak perangkat terhubung ke jaringan yang sama. Dalam hal jangkauan dan kualitas sinyal, Wi-Fi 6 menawarkan peningkatan dengan mengurangi interferensi antar jaringan berkat fitur BSS Coloring yang meningkatkan kinerja di area padat perangkat.

Keamanan juga menjadi aspek yang membedakan keduanya. Wi-Fi 5 menggunakan protokol WPA2 yang sudah cukup aman, namun Wi-Fi 6 mendukung protokol keamanan terbaru, WPA3[49] yang menawarkan enkripsi lebih kuat dan perlindungan lebih baik terhadap serangan, termasuk serangan brute force. Selain itu, Wi-Fi 6 juga memperkenalkan fitur Target Wake Time (TWT) yang membantu perangkat untuk merencanakan waktu komunikasi dan mengurangi konsumsi daya, memperpanjang masa pakai baterai perangkat seperti smartphone dan perangkat IoT.

Meskipun Wi-Fi 6 menawarkan banyak peningkatan, keduanya tetap kompatibel dengan perangkat lama, sehingga perangkat yang tidak mendukung Wi-Fi 6 masih dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi 6, meskipun tidak mendapatkan manfaat penuh dari fitur baru tersebut. Secara keseluruhan, Wi-Fi 6 lebih cocok untuk pengguna yang membutuhkan kecepatan lebih tinggi, pengelolaan perangkat yang lebih baik, keamanan lebih kuat, dan efisiensi daya, sementara Wi-Fi 5 masih dapat mencukupi kebutuhan dasar bagi sebagian pengguna.

3.4. Kekurangan wifi 6

Meskipun Wi-Fi 6 memiliki banyak kelebihan, ada beberapa kekurangan yang perlu dipertimbangkan. Salah satunya adalah biaya perangkat yang lebih tinggi. Router dan perangkat yang mendukung Wi-Fi 6 cenderung lebih mahal dibandingkan dengan perangkat Wi-Fi 5, yang bisa menjadi hambatan bagi sebagian pengguna. Selain itu, meskipun banyak perangkat baru yang mendukung Wi-Fi 6, masih banyak perangkat lama yang belum kompatibel dengan teknologi ini, sehingga pengguna tidak bisa sepenuhnya memanfaatkan fitur-fitur Wi-Fi 6 jika perangkat mereka belum mendukungnya. Jangkauan sinyal Wi-Fi 6 juga tidak mengalami peningkatan signifikan dibandingkan Wi-Fi 5, yang berarti pengguna yang mengandalkan jangkauan luas tidak akan merasakan banyak perbedaan. Selain itu, untuk mendapatkan manfaat maksimal dari Wi-Fi 6, seluruh sistem, baik router maupun perangkat yang terhubung, harus mendukung teknologi ini. Hal ini mungkin mengharuskan pengguna untuk memperbarui infrastruktur jaringan mereka, yang bisa menjadi tambahan biaya dan usaha.

3.5. Kelebihan Wifi 6

Wi-Fi 6 (802.11ax) menawarkan sejumlah kelebihan dibandingkan dengan generasi sebelumnya, Wi-Fi 5. Salah satu keunggulannya adalah kecepatan yang lebih tinggi, dengan kecepatan puncak yang mencapai 9,6 Gbps, jauh lebih cepat daripada Wi-Fi 5 yang hanya mencapai 3,5 Gbps. Selain itu, Wi-Fi 6 dirancang untuk lebih efisien di lingkungan dengan banyak perangkat terhubung, seperti di kantor atau stadion. Ini berkat teknologi seperti OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) dan MU-MIMO (Multi-User, Multiple Input, Multiple Output)[45], yang memungkinkan pengelolaan lebih banyak perangkat secara simultan tanpa mengurangi kinerja. Wi-Fi 6 juga mengurangi interferensi antar jaringan dengan fitur BSS Coloring, membuatnya lebih stabil di area yang memiliki banyak jaringan Wi-Fi.

Fitur TWT (Target Wake Time)[50] membantu menghemat daya pada perangkat seperti smartphone dan perangkat IoT, dengan memungkinkan perangkat menjadwalkan waktu komunikasi mereka dan mengurangi konsumsi daya. Terakhir, Wi-Fi 6 tetap kompatibel dengan perangkat lama yang mendukung Wi-Fi 5 atau standar sebelumnya, meskipun perangkat baru dapat memanfaatkan sepenuhnya fitur-fitur terbaru dari Wi-Fi 6.

4. Kesimpulan

Wi-Fi 6 (802.11ax) memberikan berbagai peningkatan signifikan dibandingkan Wi-Fi 5 (802.11ac), terutama dalam mendukung kualitas layanan (QoS) untuk aplikasi real-time seperti video streaming, game online, dan VoIP. Berkat fitur seperti OFDMA, MU-MIMO dua arah, BSS Coloring, dan Target Wake Time (TWT), Wi-Fi 6 mampu meningkatkan throughput hingga 50%, menurunkan latency hingga 5 kali lebih rendah, dan memberikan koneksi yang lebih stabil dalam lingkungan padat perangkat. Selain itu, efisiensi energi yang lebih baik menjadikannya sangat ideal untuk perangkat IoT.

Meskipun biaya perangkat Wi-Fi 6 masih lebih tinggi dan adopsinya membutuhkan perangkat yang kompatibel, manfaat yang ditawarkan jauh lebih unggul dalam mendukung jaringan modern dengan beban trafik tinggi. Oleh karena itu, Wi-Fi 6 layak dipertimbangkan sebagai standar utama untuk masa depan konektivitas nirkabel yang andal, cepat, dan efisien.

Daftar Pustaka

- [1] X. Mu and M. F. Antwi-Afari, "The applications of Internet of Things (IoT) in industrial management: a science mapping review," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 62, no. 5, pp. 1928–1952, 2024, doi: 10.1080/00207543.2023.2290229.
- [2] H. Kopetz and W. Steiner, "Internet of things," *Real-time Syst. Des. Princ. Distrib. ...*, 2022, doi: 10.1007/978-3-031-11992-7_13.
- [3] S. Manzoor, N. I. Ratyal, and H. G. Mohamed, "Achieving QoS in Smart Cities Using Software Defined Wi-Fi Networks," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 98256–98268, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3313249.
- [4] M. I. Alhari and M. Lubis, "Quality of Service (QoS) Wifi Network Study Case: Telkom University Dormitory Hall," *Proc. 2023 IEEE Int. Conf. Ind. 4.0, Artif. Intell. Commun. Technol. LAICT 2023*, pp. 345–349, 2023, doi: 10.1109/LAICT59002.2023.10205625.
- [5] B. Liu, "Wireless Performance Test and Evaluation for New Generation WiFi Router," 2024. doi: 10.1109/PIERS62282.2024.10618773.
- [6] T. H. Wang, "Distributed Multi-Agent Deep Q-Learning for Fast Roaming in IEEE 802.11ax Wi-Fi Systems," 2024. doi: 10.1109/CCNC51664.2024.10454741.
- [7] F. P. E. Putra, D. A. M. Putra, A. Firdaus, and A. Hamzah, "Analisis Kecepatan Dan Kinerja Jaringan 5G (generasi ke 5) Pada Wilayah Perkotaan," *INFORMATICS Educ. Prof. J. Informatics*, vol. 8, no. 1, p. 47, 2023, doi: 10.51211/itbi.v8i1.2439.
- [8] H. Li, S. Xiao, L. He, Q. Cai, and G. Liu, "A Dual-Band 8-Antenna Array Design for 5G/WiFi 5 Metal-Frame Smartphone Applications," 2024, *mdpi.com*. doi: 10.3390/mi15050584.
- [9] A. Chinmay and H. K. Pati, "Impact of Retransmission on VoWiFi Cell Capacity Estimation using IEEE 802.11ax WiFi Standard," *Proc. 2021 17th Int. Conf. Netw. Serv. Manag. Smart Manag. Futur. Networks Serv. CNSM 2021*, pp. 326–329, 2021, doi: 10.23919/CNSM52442.2021.9615570.
- [10] I. Forenbacher, S. Husnjak, I. Jovović, and M. Bobić, "Throughput of an ieee 802.11 wireless network in the presence of wireless audio transmission: A laboratory analysis," 2021, *mdpi.com*. doi: 10.3390/s21082620.
- [11] X. Ju, "A Framework on Complex Matrix Derivatives With Special Structure Constraints for Wireless Systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 72, no. 8, pp. 5145–5161, 2024, doi: 10.1109/TCOMM.2024.3379360.
- [12] H. Cheng, "Coplanar integration of antipodal vivaldi antenna with metasurface antennas for ground penetrating radar and 5-GHz WIFI applications," *Phys. Scr.*, vol. 98, no. 5, 2023, doi: 10.1088/1402-4896/acc702.
- [13] K. H. Mohammadani, R. A. Butt, K. A. Memon, and ..., "A QoS provisioning architecture of fiber wireless network based on XGPON and IEEE 802.11 ac," *J. Opt. ...*, 2024, doi: 10.1515/joc-2020-0230.
- [14] E. Tokhirov and R. Aliev, "Analysis of the differences between Wi-Fi 6 and Wi-Fi 5," *E3S Web Conf.*, vol. 402, 2023, doi:

- 10.1051/e3sconf/202340203020.
- [15] J. D. Rosenthal, "Wideband OFDM Backscatter with Limited-Bandwidth Antennas for WiFi-6 and Future High-Data-Rate Backscatter Systems," 2024. doi: 10.23919/SpliTech61897.2024.10612616.
 - [16] H. Vijayaraghavan, "ComputiFi: Latency-Optimized Task Offloading in Multipath Multihop LiFi-WiFi Networks," *IEEE Open J. Commun. Soc.*, vol. 5, pp. 4444–4461, 2024, doi: 10.1109/OJCOMS.2024.3426278.
 - [17] A. Chinmay, "Enhancement of VoWiFi cell capacity using A-MPDU frame aggregation technique in WiFi 6 considering VBR traffic," *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 37, no. 10, 2024, doi: 10.1002/dac.5782.
 - [18] J. Peng, "IEEE 802.11 n and IEEE 802.11 ax Networks under Various Propagation Models," *Procedia Comput. Sci.*, 2025, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050925007458>
 - [19] M. Natkaniec, "An Analysis of the Mixed IEEE 802.11ax Wireless Networks in the 5 GHz Band," *Sensors*, vol. 23, no. 10, 2023, doi: 10.3390/s23104964.
 - [20] T. Nishitha, S. Sai Ajeeth, and M. Vineetha, "Evaluation of Wi-Fi 6 in Residential Scenario Using Various RAA," *Cogn. Sci. Technol.*, vol. 2025, pp. 219–227, 2025, doi: 10.1007/978-981-97-9266-5_22.
 - [21] S. Yun, "A 2.4/5 GHz Dual-Band Low-Noise and Highly Linear Receiver With a New Power-Efficient Feedforward OPAMP for WiFi-6 Applications," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 137264–137273, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3339573.
 - [22] N. Salim, "4X4 MIMO slot antenna spanner shaped low mutual coupling for Wi-Fi 6 and 5G communications," *Alexandria Eng. J.*, vol. 78, pp. 141–148, 2023, doi: 10.1016/j.aej.2023.07.042.
 - [23] M. Puluikar, "Design and Implementation of the SIRC Protocol for Achieving QOS Parameters in Wireless Sensor Networks," *Int. J. Intell. Syst. Appl. Eng.*, vol. 11, no. 2, pp. 311–315, 2023, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?partnerID=HzOxMe3b&scp=85161688252&origin=inward>
 - [24] A. Salama, M. Bagheri, and E. O. Peter, "Comparative Performance Evaluation of Real-Time Traffic on Wi-Fi Standards: 802.11ax vs. 802.11ac," *2024 34th Int. Telecommun. Networks Appl. Conf. ITNAC 2024*, 2024, doi: 10.1109/ITNAC62915.2024.10815245.
 - [25] D. Cahyadi, I. F. Astuti, and Nazaruddin, "Comparison of throughput and CPU usage between WPA3 and WPA2 security methods on wireless networks 802.11n," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2482, 2023, doi: 10.1063/5.0110514.
 - [26] M. Kaur, "A Framework for QoS Parameters-Based Scheduling for IoT Applications on Fog Environments," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 132, no. 4, pp. 2709–2736, 2023, doi: 10.1007/s11277-023-10740-6.
 - [27] S. Galmés, "A New Collision Resolution Mechanism Based on the Discovery of Colliding Sources," 2024. doi: 10.1109/WCNC57260.2024.10570835.
 - [28] Y. Zhu, "203.6Tb/s CPRI-Equivalent Rate 1024-QAM DA-RoF Fronthaul with Comb-based WDM and SDM Superchannel," 2023. doi: 10.23919/OFC49934.2023.10116999.
 - [29] S. Safiuddin and F. P. E. Putra, "Strategi Efisiensi Wireless Sensor Network (WSN)," *INFORMATICS Educ. ...*, 2023, [Online]. Available: <http://101.255.92.196/index.php/ITBI/article/view/2441>
 - [30] Z. Huang, "4-D Markov Chain Analysis of Multi-Link EDCA in Next-Generation Wi-Fi," *IEEE Wirel. Commun. Lett.*, vol. 14, no. 1, pp. 228–232, 2025, doi: 10.1109/LWC.2024.3496563.
 - [31] L. C. Paul, "A dual-band semi-circular patch antenna for WiMAX and WiFi-5/6 applications," *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 36, no. 1, 2023, doi: 10.1002/dac.5357.
 - [32] K. Montgomery, "Latency-Sensitive Networked Control Using 802.11ax OFDMA Triggering," 2024. doi: 10.1109/AIM55361.2024.10637136.
 - [33] O. Ozkaya, "QoS-Aware UL-OFDMA for Time-Sensitive Applications in Wi-Fi 6 Networks," 2024. doi: 10.1109/WiMob61911.2024.10770409.
 - [34] K. Ramezanpour, J. Jagannath, and A. Jagannath, "Security and privacy vulnerabilities of 5G/6G and WiFi 6: Survey and research directions from a coexistence perspective," *Comput. Networks*, vol. 221, 2023, doi: 10.1016/j.comnet.2022.109515.

- [35] Z. Bi, Y. Jin, P. Maropoulos, W. J. Zhang, and L. Wang, "Internet of things (IoT) and big data analytics (BDA) for digital manufacturing (DM)," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 61, no. 12, pp. 4004–4021, 2023, doi: 10.1080/00207543.2021.1953181.
- [36] A. S. Lakhan, "Multivariate Polynomial Public Key Digital Signature Algorithm: Semi-covariance Analysis and Performance Test over 5G Networks," 2023. doi: 10.1109/WiMob58348.2023.10187725.
- [37] M. Kim, K. Oh, Y. Cho, H. Seo, X. T. Nguyen, and H.-J. Lee, "A Low-Latency FPGA Accelerator for YOLOv3-Tiny With Flexible Layerwise Mapping and Dataflow," *IEEE Trans. Circuits Syst. I Regul. Pap.*, vol. 71, no. 3, pp. 1158–1171, 2024, doi: 10.1109/TCSI.2023.3335949.
- [38] R. Ananda, H. Alamsyah, and ..., "Development Of Wifi 6 Based Computer Network At LPK Sulthoon 4M," *J. Media Comput. ...*, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.unived.ac.id/index.php/jmcs/article/view/7709>
- [39] A. Kar, N. Vashisht, R. Kumar, S. Sharma, G. Indira, and R. Kachhoria, "QoS-Aware High Throughput Scheduling for Wireless Networks," *2023 3rd Int. Conf. Smart Gener. Comput. Commun. Networking, SMART GENCON 2023*, 2023, doi: 10.1109/SMARTGENCON60755.2023.10442379.
- [40] J. Xu, "A Fast Deep Unfolding Learning Framework for Robust MU-MIMO Downlink Precoding," *IEEE Trans. Cogn. Commun. Netw.*, vol. 9, no. 2, pp. 359–372, 2023, doi: 10.1109/TCCN.2023.3235763.
- [41] M. Jain, A. Mishra, S. Das, A. Wiese, A. Bhattacharya, and M. Maity, "A Deadline-Aware Scheduler for Smart Factory using WiFi 6," *Proc. Int. Symp. Mob. Ad Hoc Netw. Comput.*, pp. 221–230, 2024, doi: 10.1145/3641512.3686387.
- [42] F. F. Al-Azzawi, "Nonlinear Amplifier Effect on High Bit Rate Modulation Techniques Used in WiFi Generation with MATLAB Simulink," *Math. Model. Eng. Probl.*, vol. 11, no. 1, pp. 27–33, 2024, doi: 10.18280/mmep.110103.
- [43] Y. Wu *et al.*, "Intelligent resource allocation scheme for cloud-edge-end framework aided multi-source data stream," *EURASIP J. Adv. Signal Process.*, vol. 2023, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s13634-023-01018-x.
- [44] A. Wulandari, T. Supriyanto, A. Hasna, R. N. N., and A. Hikmaturokhan, "Performance Analysis of 4x4 MIMO and 8x8 MIMO Antena Implementation of Private 5G Networks in Industrial Area," *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 555–565, 2024, doi: 10.31289/jite.v7i2.10440.
- [45] A. Behara, "Performance Analysis and Energy Efficiency of MU- (OFDMA & MIMO) Based Hybrid MAC Protocol of IEEE 802.11ax WLANs," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 72, no. 5, pp. 6474–6490, 2023, doi: 10.1109/TVT.2022.3230873.
- [46] N. El Anzoul, "Design and fabrication of a novel frequency-reconfigurable patch antenna for WiFi and 5 G applications," *Ann. des Telecommun. Telecommun.*, 2025, doi: 10.1007/s12243-025-01080-6.
- [47] J. Iqbal, "Circularly polarized dual-port MIMO DRA for future Wi-Fi 6E applications," *Int. J. Microw. Wirel. Technol.*, 2024, doi: 10.1017/S1759078724000576.
- [48] C. d. Bak, "Contention alleviation in WiFi networks by using light-weight machine learning model," *Comput. Networks*, vol. 222, 2023, doi: 10.1016/j.comnet.2022.109534.
- [49] G. A. Alghisi and F. Gringoli, "An Experimental Analysis of the WPA3 Protocol in IoT Devices," *2024 22nd Mediterr. Commun. Comput. Netw. Conf. MedComNet 2024*, 2024, doi: 10.1109/MedComNet62012.2024.10578197.
- [50] J. Sheth, V. K. Ramanna, and B. Dezfouli, "Traffic Characterization for Efficient TWT Scheduling in 802.11ax IoT Networks," *IEEE Wirel. Commun. Netw. Conf. WCNC*, vol. 2023-March, 2023, doi: 10.1109/WCNC55385.2023.10119047.