

Pengukuran Dampak Interferensi Sinyal Co-Channel dan Adjacent Channel pada Kualitas Layanan Jaringan Nirkabel IEEE 802.11n

DOI: <http://dx.doi.org/10.35889/progresif.v22i3.3885>

Creative Commons License 4.0 (CC BY –NC)



Syafril Ardi Hermawan^{1*}, Ahmad Jazuli², Esti Wijayanti³

Teknik Informatika, Universitas Muria Kudus, Jawa Tengah, Indonesia

*e-mail Corresponding Author. 202251211@std.umk.ac.id

Abstract

This research is motivated by the high number of complaints regarding IEEE 802.11n wireless network connection fluctuations at PT Ardi Karya Media due to the auto-channeling feature, which triggers overlapping in the 2.4 GHz spectrum. To address this problem, this study evaluates the impact of Co-Channel Interference (CCI) and Adjacent Channel Interference (ACI) using the Action Research method. The measurement process focuses on evaluating Quality of Service (QoS) parameters—namely throughput, delay, jitter, and packet loss—using Wireshark software across three testing scenarios: baseline condition, CCI exposure, and ACI exposure. The analysis results prove that CCI causes a drastic decline in throughput due to a high rate of data collisions, while ACI generates noise that degrades data integrity. As a technical solution, this research recommends implementing manual (static) channel management and migrating to the 5 GHz frequency band to ensure long-term connection reliability.

Keywords: Action Research; Adjacent Channel; Co-Channel; Quality of Service; TIPHON

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya keluhan fluktuasi koneksi jaringan nirkabel IEEE 802.11n di PT Ardi Karya Media akibat fitur *auto-channeling* yang memicu tumpang tindih pada spektrum 2.4 GHz. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, studi ini mengevaluasi dampak Co-Channel Interference (CCI) dan Adjacent Channel Interference (ACI) menggunakan metode Action Research. Proses pengukuran difokuskan pada evaluasi parameter Quality of Service (QoS) yang meliputi *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* menggunakan peranti lunak Wireshark ke dalam tiga skenario pengujian: kondisi *baseline*, paparan CCI, dan paparan ACI. Hasil analisis membuktikan bahwa gangguan CCI menyebabkan kemerosotan *throughput* secara drastis akibat tingginya tabrakan data, sedangkan gangguan ACI menghasilkan *noise* yang mendegradasi keutuhan informasi. Sebagai solusi teknis, penelitian ini merekomendasikan penerapan manajemen kanal secara manual (statis) serta migrasi ke pita frekuensi 5 GHz guna menjamin keandalan koneksi untuk jangka panjang.

Kata kunci: Action Research; Adjacent Channel; Co-Channel; Quality of Service; TIPHON

1. Pendahuluan

Di tengah pesatnya perkembangan teknologi modern, akses terhadap konektivitas internet yang stabil kini merupakan syarat mutlak yang mendasari berbagai aktivitas keseharian masyarakat serta kelancaran proses bisnis. Jaringan nirkabel, atau *Wireless Fidelity* (Wi-Fi), telah banyak diterapkan di berbagai lingkungan seperti perkantoran, kampus, kafe, dan fasilitas umum karena fleksibilitasnya yang memungkinkan banyak perangkat klien terhubung ke jaringan tanpa menggunakan media kabel [1]. Khususnya di lingkungan korporat seperti PT Ardi Karya Media, jaringan Wi-Fi merupakan infrastruktur kritis yang menunjang kelancaran akses data, komunikasi tim, dan mendukung operasional sistem informasi manajemen. Standar teknologi yang umum dan masih sangat banyak dijumpai implementasinya di berbagai instansi pemerintah maupun swasta untuk jaringan ini adalah IEEE 802.11n. Standar tersebut menawarkan peningkatan data rate dan beroperasi pada pita frekuensi 2.4 GHz, yang merupakan pita frekuensi ISM (*Industrial*,

Scientific, and Medical) sehingga dapat digunakan secara bebas tanpa memerlukan lisensi.

Meskipun memiliki kemudahan dan popularitas tinggi, penggunaan frekuensi 2.4 GHz tanpa lisensi ini menimbulkan tantangan signifikan karena pita spektrum tersebut menjadi sangat padat [2]. Kepadatan ini, ditambah dengan banyaknya perangkat lain yang beroperasi pada spektrum yang sama, sering kali menimbulkan gangguan teknis berupa interferensi sinyal, yaitu permasalahan utama yang terjadi akibat adanya bentrokan antar sinyal pada frekuensi yang sama atau tumpang tindih [3]. Berdasarkan studi kasus di PT Ardi Karya Media, ditemukan adanya keluhan mengenai fluktuasi dan ketidakstabilan jaringan Wi-Fi yang diduga kuat berkaitan dengan masalah interferensi tersebut. Di banyak instalasi, persoalan ini sering kali diperburuk oleh penempatan *Access Point* (AP) yang saling berdekatan serta penggunaan konfigurasi *auto-channeling* (saluran otomatis) yang gagal mengidentifikasi saluran terbaik. Dampaknya, perangkat memicu terjadinya *Co-Channel Interference* (CCI) saat beberapa AP dipaksa beroperasi pada kanal yang sama persis, serta *Adjacent Channel Interference* (ACI) akibat tumpang tindih transmisi pada saluran frekuensi yang berdekatan [4].

Terkait penyelesaian masalah interferensi sinyal komunikasi ini, berbagai riset terdahulu telah mengusulkan beragam prosedur dan model pengukuran. Penelitian oleh Nabiwaa dan Rustamaji [5] menggunakan prosedur pengukuran parameter fisik secara langsung untuk mengevaluasi kekuatan sinyal dan dominasi *noise*, yang menyimpulkan bahwa gangguan tersebut merusak kualitas informasi secara signifikan. Pada level evaluasi kinerja jaringan, desain pengukuran observasi lapangan diterapkan oleh Pribadi Fitriani dkk. [6] untuk memantau fluktuasi sinyal di area kampus, di mana mereka memodelkan ketidakstabilan koneksi akibat interferensi kanal melalui pengukuran parameter *Quality of Service* (QoS) dasar, yakni dengan mengukur tingkat penurunan *throughput* dan peningkatan *delay*. Untuk mengatasi permasalahan praktis di kondisi dunia nyata, Rizkiawan dan Ramza [7] mengimplementasikan desain pengukuran berbasis metode *Action Research* menggunakan alat bantu Wireshark guna menganalisis parameter QoS yang lebih terperinci (*bandwidth*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*). Perkembangan riset-riset terbaru juga terus mematangkan prosedur evaluasi ini; misalnya, Selvia dkk. [8] dan Hamin & Albar [9] telah memodelkan pengukuran spesifik terhadap dampak *Co-Channel Interference* (CCI) pada kinerja sinyal *Access Point* dengan mengekstraksi nilai parameter QoS. Dalam penentuan tingkat kelayakan jaringan, Safitri dkk. [10] mendesain prosedur pengukuran performa Wi-Fi yang dikomparasikan langsung dengan standar indeks TIPHON, sedangkan Juliansyah dan Rachmatika [11] turut mengadopsi langkah *Action Research* untuk mengkalkulasi pengaruh interferensi Wi-Fi terhadap penurunan QoS pada perangkat modem nirkabel. Akan tetapi, terdapat kelemahan (*gap*) metodologis yang masih tersisa dari model-model pengukuran tersebut. Sebagian besar desain penelitian terdahulu masih berfokus pada prosedur diagnosis umum (*troubleshooting*) atau hanya menguji satu jenis gangguan secara terpisah. Belum ada prosedur pengukuran yang merancang skenario eksperimental secara spesifik untuk mengisolasi, mengukur, serta membandingkan tingkat keparahan degradasi parameter QoS secara komparatif antara dampak tumpukan kanal (*Co-Channel Interference*/CCI) dengan dampak kebisingan pita sebelah (*Adjacent Channel Interference*/ACI) dalam satu siklus pengujian terstruktur pada frekuensi 2.4 GHz yang padat.

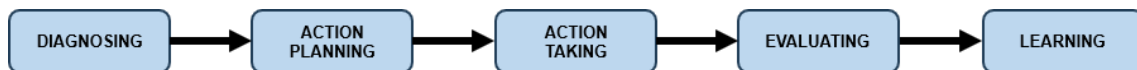
Untuk mengatasi celah kelemahan dari prosedur-prosedur sebelumnya, penelitian ini mengusulkan konsep solusi berupa desain pengukuran komparatif yang secara spesifik membedakan dampak CCI dan ACI terhadap kualitas layanan (QoS) menggunakan pendekatan metode *Action Research*. Kebaruan (*novelty*) dari prosedur yang diusulkan terletak pada rancangan skenario pengujian yang secara terisolasi membandingkan kondisi *baseline*, paparan CCI, dan paparan ACI, yang kemudian dianalisis tingkat keparahannya menggunakan peranti lunak Wireshark pada level paket data. Konsep penggunaan siklus *Action Research* dipilih karena dinilai sangat efektif untuk mengurai masalah jaringan secara terstruktur di kondisi lapangan; metode ini tidak hanya berhenti pada tahap diagnosis, tetapi memandu dari pengumpulan data empiris hingga penerapan tindakan perbaikan (*action taking*) secara nyata di lingkungan korporat, sebagaimana didukung oleh efektivitas penerapannya dalam riset Aribowo dkk. [12]. Selain itu, prosedur pemantauan lalu lintas (*traffic*) jaringan menggunakan perangkat lunak Wireshark diimplementasikan karena instrumen ini terbukti sangat akurat dan memiliki presisi tinggi dalam merekam aktivitas paket, menghitung metrik layanan secara detail (seperti *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter*), serta mendiagnosis akar permasalahan interferensi secara akurat [13]. Melalui perpaduan model pengukuran dan evaluasi ini, hasil empiris yang didapatkan dapat langsung ditransformasikan menjadi rencana tindakan perbaikan yang valid, seperti penerapan manajemen *Channel Planning* secara manual dan migrasi ke pita frekuensi 5 GHz, guna memastikan keandalan koneksi jangka panjang di PT Ardi Karya Media.

2. Metodologi

Pendekatan *Action Research* diaplikasikan dalam studi ini sebagai upaya empiris guna menganalisis sekaligus menyelesaikan problem penurunan performa jaringan nirkabel pada PT Ardi Karya Media. Pendekatan ini sangat relevan untuk mengurai masalah praktis terkait interferensi frekuensi dan parameter QoS (*throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*) di kondisi dunia nyata, yang kemudian dilanjutkan dengan perumusan rekomendasi perbaikan berbasis pemantauan lalu lintas (*traffic*) jaringan menggunakan perangkat lunak [13].

2.1 Tahapan Penelitian (Action Research)

Siklus pelaksanaan penelitian ini dibagi ke dalam lima tahapan riil dijelaskan berurutan pada Gambar 1. Berikut tahapan penelitiannya:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1.1 Mendiagnosis Masalah (*Diagnosing*)

Guna memvalidasi laporan terkait sambungan jaringan yang kerap terputus serta mengalami lonjakan latensi, langkah pertama pada fase ini dilakukan dengan pengamatan langsung dan sesi tanya jawab bersama jajaran staf operasional PT Ardi Karya Media. Dari temuan tersebut, dilakukan diagnosis awal bahwa sumber permasalahan dan penurunan QoS terletak pada tumpang tindih kanal (*channel overlapping*) pada pita frekuensi 2.4 GHz standar IEEE 802.11n yang memicu terjadinya interferensi gelombang (*wave interference*) [14].

2.1.2 Perencanaan Tindakan (*Action Planning*)

Pada tahap ini, dirancang tiga skenario pengujian utama yaitu Kondisi *Baseline*, *Co-Channel Interference* (CCI), dan *Adjacent Channel Interference* (ACI) untuk mengisolasi dampak gangguan secara spesifik. Instrumen penelitian dipersiapkan, meliputi perangkat keras serta perangkat lunak pendukung seperti Ubiquiti WiFiman untuk survei lokasi (*site survey*), serta mengandalkan Wireshark untuk mengukur parameter *Quality of Service* (QoS) guna meminimalisir dan mengetahui gangguan secara akurat [15].

2.1.3 Pelaksanaan Tindakan (*Action Taking*)

Eksekusi pengujian dilakukan secara langsung pada infrastruktur fisik jaringan di lokasi penelitian. Pemetaan spektrum dilakukan menggunakan Ubiquiti WiFiman untuk mencari kanal frekuensi yang padat maupun yang kosong. Setelah itu, ketiga skenario gangguan diinjeksikan secara bergantian sesuai rancangan. Saat skenario berjalan, aplikasi Wireshark untuk membandingkan dan merekam aktivitas paket data (*packet sniffing*) secara langsung di udara. Pengambilan sampel pada setiap skenario diulang sebanyak 10 iterasi dengan durasi rekam 30 detik per iterasi [16].

2.1.4 Evaluasi Tindakan (*Evaluating*)

Informasi yang berhasil direkam tersebut kemudian diproses lebih lanjut guna mengidentifikasi besaran nilai pada empat parameter utama, yakni *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, serta *Packet Loss*. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan tingkat degradasi kinerja antara skenario yang terkena interferensi melawan skenario *Baseline* yang stabil. Nilai rata-rata dari masing-masing parameter kemudian dicocokkan dengan standar pengukuran indeks TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) untuk memvalidasi tingkat kelayakan jaringan [17] [18].

2.1.5 Pembelajaran dan Refleksi (*Learning*)

Tahap akhir ini mengevaluasi jenis interferensi yang memberikan kerusakan parameter paling fatal. Pada fase ini, dilakukan refleksi mendalam dengan mengaitkan temuan empiris yang didapat terhadap penyelesaian masalah utama, serta membandingkan signifikansinya dengan riset-riset terdahulu untuk memastikan bahwa intervensi yang diberikan memiliki keunggulan. Peneliti kemudian menyusun rekomendasi teknis yang aplikatif, mencakup skema penataan ulang kanal frekuensi (*Channel Planning*) secara manual untuk menghindari tumpang tindih guna meminimalisir interferensi gelombang (*wave interference*) di masa depan [19] [20].

2.2 Skenario Pengujian

Untuk membedakan dampak spesifik dari kebisingan sinyal, penelitian ini menggunakan mekanisme intervensi berupa tiga skenario pengujian sebagai berikut:

1. Skenario Baseline: Pengukuran kualitas layanan dalam kondisi ideal tanpa mengaktifkan *Access Point* pengganggu (*Interferer OFF*).
2. Skenario *Co-Channel Interference* (CCI): *Access Point* utama dan *Access Point* pengganggu dikonfigurasi untuk memancarkan sinyal pada saluran kanal yang sama persis (misalnya Kanal 6 bersinggungan dengan Kanal 6) untuk menguji dampak tabrakan paket data (*collision*).
3. Skenario *Adjacent Channel Interference* (ACI): *Access Point* utama dan *Access Point* pengganggu dikonfigurasi pada saluran kanal yang tumpang tindih (misalnya Kanal 6 bersinggungan dengan Kanal 7) untuk mengukur tingkat degradasi akibat kebisingan pita frekuensi yang bersebelahan.

2.3 Pengukuran Parameter QoS (*Quality of Service*)

Hasil pengujian dari masing-masing skenario akan dihitung nilai kuantitatifnya dan dianalisis tingkat kelayakannya menggunakan tabel standar indeks pengukuran QoS dari TIPHON sebagai parameter penentu akhir [21] [22].

Tabel 1. Klasifikasi Standar Kualitas TIPHON

Kategori Kualitas	Indeks	Throughput (%)	Delay (ms)	Packet Loss (%)	Jitter (ms)
Sangat Bagus	4	100%	<150 ms	0%	0 ms
Bagus	3	75%	150 -300 ms	3%	0 – 75 ms
Sedang	2	50%	300 – 450 ms	15%	75 – 125 ms
Buruk	1	<25%	>450 ms	>25%	>125 ms

2.3.1 Throughput

Throughput merupakan ukuran dari volume data atau jumlah paket yang berhasil diproses dan dikirimkan oleh jaringan dalam jangka waktu pengamatan tertentu. Parameter ini merepresentasikan kecepatan actual dari transfer data efektif yang terjadi di dalam jaringan [23]. *Throughput* dirumuskan dengan:

$$\text{Throughput Aktual} = \frac{\text{Jumlah Data yang Diterima}}{\text{Lama Waktu Pengamatan}} \quad (1)$$

$$\text{Persentase Throughput} = \frac{\text{Throughput Aktual}}{\text{Total Bandwith Jaringan}} \times 100\% \quad (2)$$

2.3.2 Delay (*Latensi*)

Secara definisi, *delay* merupakan total durasi yang dihabiskan oleh sebuah paket informasi selama proses transmisi dari titik pengirim (*source*) menuju perangkat tujuan (*destination*). Fluktuasi besaran waktu tunggu ini sangat bergantung pada berbagai variabel pengganggu, di antaranya karakteristik media transmisi, rentang jarak antar simpul, tingkat kemacetan trafik data (*congestion*), serta durasi pemrosesan internal oleh perangkat keras jaringan yang dilalui [24]. Menghitung nilai *delay* digunakan persamaan:

$$\text{Rata – rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Paket Data yang Diterima}} \quad (3)$$

2.3.3 Jitter

Secara konsep, *jitter* dapat didefinisikan sebagai inkonsistensi atau selisih waktu kedatangan (*delay*) antar paket data ketika mencapai titik penerima. Timbulnya fluktuasi kedatangan paket yang tidak beraturan ini umumnya dipicu oleh ketidakseimbangan ukuran data yang dikirimkan, serta masalah antrean transmisi akibat tingginya tingkat kepadatan pada rute jaringan tersebut [25]. Berikut persamaan untuk menghitung nilai *jitter*:

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Paket Data yang Diterima}} \quad (4)$$

2.3.4 Packet Loss

Packet loss terjadi ketika data yang dikirimkan tidak sampai ke perangkat penerima. Hal ini biasanya terjadi karena jaringan sedang sangat sibuk atau penuh, sehingga data saling bertabrakan atau menumpuk dan akhirnya hilang di tengah jalan [26]. Berikut rumus untuk menghitung nilai *packet loss* :

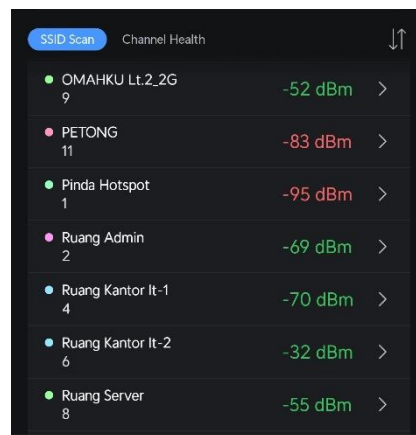
$$Packet Loss = \frac{Total\ Paket\ Data\ yang\ Dikirim - Total\ Paket\ Data\ yang\ Diterima}{Paket\ Data\ yang\ Dikirim} \times 100\% \quad (5)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Tahap ini memaparkan temuan-temuan yang diperoleh dari fase evaluasi beserta refleksi pada implementasi metode *Action Research* terhadap sistem jaringan nirkabel di PT Ardi Karya Media. Proses eksperimen tersebut secara khusus difokuskan pada spektrum 2.4 GHz dengan menggunakan protokol IEEE 802.11n guna meninjau secara mendalam imbas dari paparan dua variasi gangguan sinyal.

3.1 Hasil Pengujian Skenario Baseline (Tanpa Interferensi)

Skenario *Baseline* dieksekusi dengan menonaktifkan seluruh *Access Point* pengganggu di sekitar titik pengujian. *Access Point* yang akan diuji diatur untuk memancarkan sinyal secara eksklusif seperti yang ada pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektrum Frekuensi Baseline

Berdasarkan hasil ekstraksi dari aplikasi Wireshark selama 30 detik perekaman, aliran paket data berjalan cukup optimal tanpa adanya tabrakan paket. Kinerja parameter QoS pada kondisi ideal ini menunjukkan nilai pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Skenario Baseline

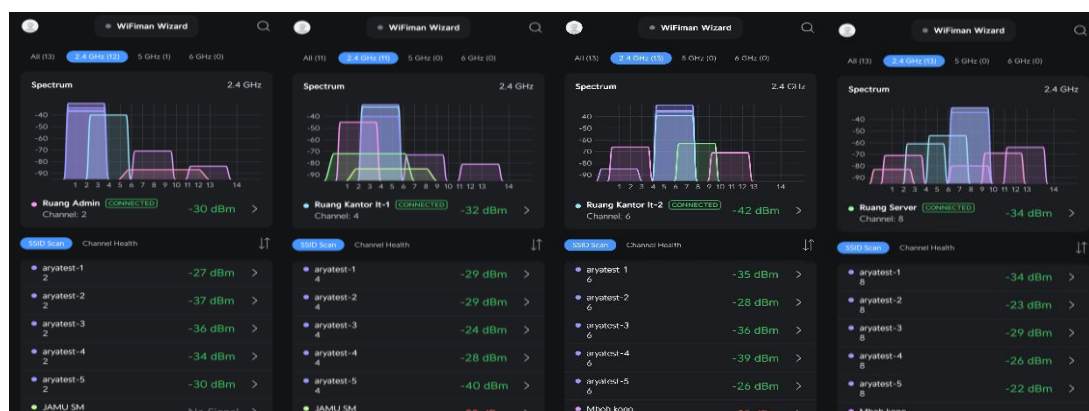
SSID	Throughput (Kbps)(%)	Delay (ms)	Packet Loss (%)	Jitter (ms)	Indeks	Kategori
Ruang Admin	8890 (88,9%)	1,97	1,6%	0,001448	4	Sangat Bagus
Ruang Kantor It-1	5660 (56,6%)	2,03	1,9%	0,000219	4	Sangat Bagus
Ruang Kantor It-2	8891 (88,9%)	1,3	1,0%	0,001056	4	Sangat Bagus
Ruang Server	9400 (94%)	1,51	2,7%	0,00019	4	Sangat Bagus
Rata – Rata					4	Sangat Bagus

Kinerja parameter QoS pada kondisi ideal ini menunjukkan nilai rata-rata *Throughput* sebesar 8210,25 Kbps, *Delay* rata-rata di angka 1,70 ms, *Jitter* pada 0,000728 ms, dan *Packet Loss* 1,8%. Mengacu pada standar indeks TIPHON, seluruh parameter pada skenario *Baseline* masuk ke dalam indeks 4 kategori sangat bagus. Kondisi ini membuktikan bahwa penurunan

kinerja jaringan yang dikeluhkan selama ini bukan bersumber dari kerusakan perangkat keras, melainkan dari faktor eksternal di sekitar *Access Point*.

3.2 Hasil Pengujian Skenario Co-Channel Interference (CCI)

Pada skenario kedua, pengujian difokuskan pada evaluasi dampak *Co-Channel Interference* (CCI) terhadap kualitas jaringan. Injeksi gangguan dilakukan dengan mengaktifkan *Access Point* pengganggu yang secara sengaja dikonfigurasi agar memancarkan gelombang pada kanal frekuensi yang sama persis dengan *Access Point* utama (sebagai contoh, keduanya sama-sama beroperasi di Kanal 6) [27]. Untuk memvalidasi terjadinya tumpang tindih kanal secara fisik di lokasi penelitian, dilakukan pemetaan spektrum udara yang hasil tangkapannya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum Frekuensi *Co-Channel Interference*

Berdasarkan Gambar 3, terlihat secara grafis bahwa *Access Point* utama saling bertumpang dengan *Access Point* pengganggu pada rentang frekuensi yang identik. Kondisi ini secara sistem memaksa protokol CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) bekerja jauh lebih berat, karena seluruh perangkat yang terhubung harus saling memperebutkan dan bergantian menggunakan medium transmisi udara yang sama. Saat skenario tumpang tindih ini berlangsung, aktivitas lalu lintas data direkam untuk mengekstraksi nilai parameter *Quality of Service* (QoS). Rangkuman hasil perhitungan kuantitatif dari pengujian skenario CCI ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Skenario *Co-Channel Interference*

SSID	Throughput (Kbps)(%)	Delay (ms)	Packet Loss (%)	Jitter (ms)	Indeks	Kategori
Ruang Admin	7716 (77,1%)	0,91	6,0%	0,000767	4	Sangat Bagus
Ruang Kantor It-1	5933 (59,3%)	1,79	5,0%	0,000063	3	Bagus
Ruang Kantor It-2	1460 (14,6%)	4,83	4,3%	0,01269	3	Bagus
Ruang Server	7627 (76,2%)	1,56	4,9%	0,000126	4	Sangat Bagus
Rata – Rata					3	Bagus

Merujuk pada data kuantitatif di dalam Tabel 3, hasil pengujian menunjukkan adanya degradasi performa yang nyata akibat tumpang tindih frekuensi jika dibandingkan dengan kondisi *Baseline*. Dampak destruktif paling utama terlihat pada penurunan kapasitas transfer data efektif (*Throughput*). Penurunan paling drastis terjadi di titik pengujian Ruang Kantor It-2, di mana *Throughput* anjlok secara signifikan hingga menyentuh angka 1460 Kbps atau hanya mampu menyerap 14,6% dari total *bandwidth*. Penurunan ini secara teknis diakibatkan oleh tingginya probabilitas tabrakan paket data (*collision*) di udara.

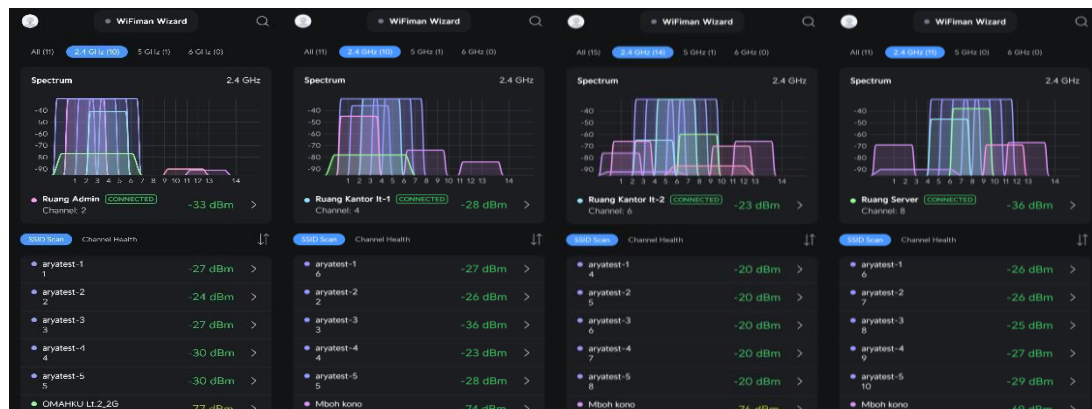
Selain kecepatan yang menurun, dampak interferensi kanal yang sama ini juga terekam

kelas pada parameter *Packet Loss*. Tingkat paket yang hancur dan gagal sampai ke tujuan mengalami peningkatan di seluruh titik pengujian, berada pada kisaran 4,3% (Ruang Kantor It-2) hingga yang tertinggi 6,0% (Ruang Admin). Kegagalan transmisi ini memaksa protokol CSMA/CA melakukan pengiriman ulang (retransmisi) data secara terus-menerus.

Meskipun secara angka metrik *Delay* (berkisar antara 0,91 ms hingga 4,83 ms) dan *Jitter* (di bawah 0,02 ms) masih mampu bertahan pada kategori "Sangat Bagus", hal ini tidak menutupi fakta bahwa infrastruktur fisik jaringan bekerja sangat keras untuk melayani antrian data. Secara keseluruhan, nilai rata-rata QoS untuk Skenario *Co-Channel Interference* menurut standar TIPHON turun menjadi indeks 3 dengan kategori "Bagus". Hasil ini membuktikan secara empiris bahwa CCI tidak serta-merta memutuskan sambungan jaringan secara total, melainkan memberikan efek perlambatan kecepatan dan kebocoran data yang nyata karena perangkat klien dan pemancar dituntut untuk terus "mengantre" di jalur udara yang padat.

3.3 Hasil Pengujian Skenario *Adjacent Channel Interference (ACI)*

Pada skenario ketiga, pengujian difokuskan pada evaluasi dampak *Adjacent Channel Interference (ACI)* terhadap kualitas jaringan. Injeksi gangguan dilakukan dengan mengaktifkan *Access Point* pengganggu pada kanal frekuensi yang bersinggungan sebagian atau bersebelahan dengan kanal *Access Point* utama (sebagai contoh, *Access Point* utama di Kanal 6 dan pengganggu di Kanal 7) [28]. Untuk memvalidasi terjadinya tumpang tindih kanal yang tidak sempurna ini di lokasi penelitian, pemetaan spektrum udara kembali dilakukan dan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum Frekuensi *Adjacent Channel Interference*

Berdasarkan visualisasi pada Gambar 4, terlihat bahwa gelombang frekuensi kedua pemancar saling beririsan pada bagian spektrum tepinya. Kondisi ACI ini secara teoritis sering kali memberikan dampak degradasi yang berbeda dibandingkan dengan *Co-Channel Interference (CCI)*. Pada skenario ACI, perangkat sering kali tidak mampu membaca *header* protokol CSMA/CA dari pemancar di kanal sebelah, sehingga alih-alih melakukan antrian (*backoff*), perangkat justru mendeteksi sinyal tersebut sebagai *noise* (derau) yang merusak integritas paket data utama. Hasil ekstraksi data QoS menggunakan aplikasi Wireshark untuk skenario ACI ini dirangkum dalam Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Skenario *Adjacent Channel Interference*

SSID	Throughput (Kbps) (%)	Delay (ms)	Packet Loss (%)	Jitter (ms)	Indeks	Kategori
Ruang Admin	7471 (74,7%)	1,46	2,4%	0,003895	3	Bagus
Ruang Kantor It-1	8524 (85,2%)	1,38	4,0%	0,000002	4	Sangat Bagus
Ruang Kantor It-2	6254 (62,5%)	1,8	3,0%	0,016037	3	Bagus
Ruang Server	9455 (94,5%)	1,55	3,9%	0,002277	4	Sangat Bagus
Rata – Rata					3	Bagus

Merujuk pada data di dalam Tabel 4, hasil pengujian menunjukkan bahwa gangguan *Adjacent Channel Interference* (ACI) memberikan beban signifikan pada integritas transmisi data. Meskipun rata-rata indeks QoS masih berada pada angka 3 (kategori "Bagus"), fluktuasi kinerja terlihat jelas pada parameter *Throughput* dan *Packet Loss*. Penurunan *Throughput* ke angka rata-rata 7926 Kbps mengindikasikan adanya interferensi yang memaksa *Access Point* menurunkan laju transmisi data (*data rate*) untuk menghindari kerusakan paket lebih lanjut. Peningkatan *Packet Loss* hingga rata-rata 3,33% merupakan bukti empiris bahwa *noise* dari kanal bersebelahan telah mengganggu proses *sniffing* dan pengiriman paket data, yang pada akhirnya memicu retransmisi dan menuntut ketajaman manajemen *Channel Planning* di lingkungan PT Ardi Karya Media guna memastikan stabilitas layanan yang berkelanjutan.

3.4 Analisis Komparatif Kinerja Jaringan

Berdasarkan pengujian pada ketiga skenario, terlihat adanya gradasi penurunan performa yang signifikan. Jaringan pada kondisi *Baseline* menunjukkan stabilitas yang sangat optimal dengan indeks 4,00. Ketika dihadapkan pada *Co-Channel Interference* (CCI), jaringan mengalami penurunan ke kategori "Bagus" dengan indeks rata-rata 3. Penurunan performa paling ekstrem terjadi pada skenario *Adjacent Channel Interference* (ACI) yang, meskipun secara rata-rata indeks masih berada di angka 3, menunjukkan fluktuasi *Packet Loss* dan *Throughput* yang lebih tidak stabil dibandingkan CCI pada beberapa titik pengujian.

Hasil ini menegaskan bahwa penggunaan konfigurasi *auto-channeling* di area PT Ardi Karya Media merupakan akar permasalahan degradasi QoS. Interferensi CCI memaksa perangkat untuk terus melakukan *backoff* atau antrean di kanal yang sama, sementara ACI menciptakan *noise* yang mengacaukan integritas data di lapisan fisik, yang keduanya berujung pada penurunan efisiensi *bandwidth* secara drastis.

3.5 Pembahasan Hasil dan Pembelajaran (*Learning*)

Pembahasan pada penelitian ini difokuskan pada evaluasi mendalam terhadap hasil pengukuran empiris dampak *Co-Channel Interference* (CCI) dan *Adjacent Channel Interference* (ACI) pada jaringan nirkabel IEEE 802.11n di PT Ardi Karya Media, serta bagaimana temuan tersebut secara langsung menjawab tujuan utama yang telah ditetapkan di awal studi. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi, mengukur, dan membandingkan tingkat keparahan degradasi parameter *Quality of Service* (QoS)—meliputi *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*—akibat tumpang tindih kanal pada pita frekuensi 2.4 GHz, yang dipicu oleh penggunaan fitur *auto-channeling*. Hasil pengujian secara empiris membuktikan bahwa pada kondisi *Baseline* (ideal), jaringan beroperasi secara sangat optimal dengan *throughput* rata-rata mencapai 8210,25 Kbps (82,1%), *delay* 1,70 ms, *jitter* 0,000728 ms, dan *packet loss* sebesar 1,8%, yang secara keseluruhan memenuhi kriteria indeks 4 (kategori "Sangat Bagus") berdasarkan standar TIPHON, sejalan dengan capaian ideal infrastruktur nirkabel pada umumnya [29]. Namun, ketika jaringan dipaparkan gangguan CCI, terjadi penurunan *throughput* yang sangat drastis hingga titik terendah 1460 Kbps (hanya menyerap 14,6% *bandwidth*) dengan rata-rata indeks QoS turun menjadi 3 (kategori "Bagus"). Sementara itu, pada paparan ACI, meskipun *throughput* masih relatif bertahan di rata-rata 7926 Kbps, tingkat kerusakan data (*packet loss*) melonjak hingga mencapai 3,33%. Temuan ini secara tegas menjawab tujuan penelitian dengan membuktikan bahwa fitur *auto-channeling* merupakan akar penyebab utama instabilitas jaringan, serta memberikan dasar empiris yang valid untuk merekomendasikan penerapan *manual channel planning* dan migrasi ke frekuensi 5 GHz.

Rasionalisasi di balik perbedaan bentuk degradasi performa antara CCI dan ACI terletak pada perbedaan mekanisme interaksi sinyal pada lapisan fisik dan lapisan tautan data (*data link layer*). Pada skenario CCI, *Access Point* (AP) utama dan AP pengganggu beroperasi pada kanal frekuensi yang identik. Kondisi ini menyebabkan terjadinya kejenuhan akustik data (*contention overhead*), di mana perangkat-perangkat yang terhubung dipaksa untuk saling memperebutkan medium udara yang sama. Tingginya probabilitas tabrakan paket (*collision*) mewajibkan protokol untuk melakukan mekanisme antrean transmisi berulang, yang secara langsung memotong kapasitas transfer data efektif (*throughput*). Di sisi lain, pada skenario ACI, gelombang frekuensi dari pemancar yang bersebelahan saling beririsan pada bagian tepi spektrumnya. Karakteristik perambatan gelombang elektromagnetik ini menyebabkan perangkat penerima gagal mengekstrak dan membaca header protokol [30]. Alih-alih menganggap sinyal tersebut sebagai antrean yang sah, perangkat mendeteksi transmisi bersebelahan tersebut sebagai *noise* murni. *Noise* ini mengkontaminasi dan merusak struktur paket data utama di udara, sehingga memaksa sistem melakukan pengiriman ulang (*retransmission*) secara terus-menerus yang tecermin dari

melonjaknya angka *packet loss*.

Fenomena degradasi yang ditemukan dalam penelitian ini sangat selaras dengan konsep fundamental mekanisme *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance* (CSMA/CA) serta prinsip *Signal-to-Interference Ratio* (SIR) pada standar protokol IEEE 802.11. Dalam kerangka teori CSMA/CA, setiap stasiun nirkabel diwajibkan melakukan pemindaian spektrum udara (*carrier sensing*) sebelum mengirimkan data. Ketika skenario CCI terjadi, keberadaan sinyal dari AP lain pada kanal yang sama memicu siklus penundaan (*backoff timer delay*) secara berulang-ulang, yang secara teoritis menjelaskan mengapa *delay* dan *jitter* tetap relatif stabil pada kategori bagus namun *throughput* mengalami penurunan drastis karena transmisi tertahan di antrean. Sementara itu, berdasarkan konsep SIR, besarnya daya sinyal interferensi dari kanal bersebelahan pada skenario ACI memperkecil rasio sinyal terhadap gangguan, sehingga menurunkan ambang batas demodulasi (*demodulation threshold*) pada sisi penerima dan memicu peningkatan *bit error rate* (BER). Temuan ini membuktikan secara ilmiah bahwa otomatisasi *auto-channeling* pada spektrum 2.4 GHz yang padat memiliki cacat logika operasional, karena algoritma pemilih saluran otomatis gagal memprediksi kontaminasi *noise* ACI serta dinamika *contention* CCI di lingkungan fisik korporat.

Apabila dikomparasikan dengan riset-riset terdahulu, hasil penelitian ini memberikan penguatan sekaligus menghadirkan kebaruan (*novelty*) metodologis dan praktis. Temuan ini mendukung hasil penelitian Selvia dkk. (2025) [8] serta Hamin & Albar (2024) [9] yang mengonfirmasi bahwa interferensi *Co-Channel* menurunkan kualitas sinyal dan kinerja Access Point. Selain itu, pola penurunan *throughput* yang drastis akibat kejenuhan transmisi juga mengonfirmasi temuan Nababan dan Lasut (2025) yang mencatat degradasi performa QoS signifikan pada jaringan nirkabel saat menghadapi kepadatan beban trafik [31]. Penelitian ini juga sejalan dengan kajian Rizkiawan & Ramza (2024) [7] dan Juliansyah & Rachmatika (2023) [11] mengenai efektivitas metode *Action Research* dan peranti Wireshark untuk evaluasi parameter QoS jaringan. Akan tetapi, kebaruan utama dari penelitian ini terletak pada pendekatan skenario eksperimental terisolasi yang membandingkan secara komparatif antara CCI dan ACI dalam satu siklus pengujian terstruktur. Jika penelitian terdahulu seperti Pribadi Fitriani dkk. (2025) [6] atau Safitri dkk. (2025) [21] umumnya berfokus pada evaluasi umum *troubleshooting* atau hanya menguji satu variasi gangguan, riset ini secara spesifik berhasil membuktikan pola diferensiasi karakteristik kerusakan, CCI melumpuhkan kapasitas *throughput* akibat bentrokan antrean CSMA/CA, sedangkan ACI merusak integritas informasi melalui lonjakan *packet loss* akibat pembacaan *noise* frekuensi irisan.

Kontribusi hasil penelitian ini bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang rekayasa jaringan nirkabel dan manajemen infrastruktur IT, sangat signifikan secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, riset ini memperkaya literatur dan model evaluasi QoS dengan menyediakan bukti empiris tingkat paket (*packet-level inspection*) mengenai perbedaan dampak CCI dan ACI pada spektrum frekuensi terikat ISM 2.4 GHz. Secara praktis, penelitian ini memberikan panduan metrik dan argumentasi teknis yang kuat bagi para praktisi jaringan untuk meninggalkan ketergantungan pada fitur saluran otomatis (*auto-channeling*) pada instalasi gedung berkerapatan tinggi. Penelitian ini membuktikan bahwa alokasi kanal statis non-overlapping yang ortogonal (Kanal 1, 6, dan 11) tetap merupakan strategi terbaik (*best practice*) dalam menekan CCI secara mutlak, serta memberikan pemahaman bahwa penataan *channel width* yang tepat sangat krusial untuk mengeliminasi dampak kebisingan ACI.

Meskipun memberikan kontribusi yang komprehensif, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dicermati. Pengujian dilakukan secara eksklusif pada pita frekuensi 2.4 GHz dengan standar IEEE 802.11n serta durasi perekaman sampel paket data yang dibatasi selama 30 detik per iterasi uji. Kondisi pengujian skenario buatan ini belum sepenuhnya merepresentasikan fluktuasi statistik pelemahan sinyal (*fading*) harian serta dinamika trafik jam sibuk (*peak hours*) dalam skala makro secara utuh. Berdasarkan keterbatasan tersebut, peluang penelitian selanjutnya sangat terbuka luas. Riset mendatang dapat mengeksplorasi efektivitas pemindahan pita frekuensi melalui implementasi migrasi penuh ke spektrum 5 GHz atau 6 GHz (Wi-Fi 6/6E) yang memiliki jumlah kanal *non-overlapping* jauh lebih banyak. Selain itu, peluang riset lanjutan juga mencakup pengujian algoritma cerdas seperti *Dynamic Frequency Selection* (DFS) dan *Band Steering*, serta pemodelan atenuasi material fisik bangunan (seperti dinding beton dan kaca) terhadap daya pancar sinyal dalam memitigasi interferensi nirkabel secara dinamis, mengingat jarak pancar dan hambatan struktural multi-lantai terbukti mampu mereduksi stabilitas sinyal secara drastis dalam perambatan di dalam ruangan [32].

4. Simpulan

Melalui penerapan metodologi *Action Research* pada lingkungan PT Ardi Karya Media, riset ini mengonfirmasi bahwa interferensi sinyal memberikan pengaruh negatif yang signifikan terhadap performa jaringan nirkabel berbasis standar IEEE 802.11n. Pengujian membuktikan bahwa *Co-Channel Interference* (CCI) menyebabkan penurunan *throughput* yang signifikan akibat mekanisme antrean dan tabrakan paket, sementara *Adjacent Channel Interference* (ACI) menciptakan *noise* yang merusak integritas data, meskipun secara umum *delay* dan *jitter* masih mampu bertahan dalam kategori stabil. Secara keseluruhan, konfigurasi *auto-channeling* yang selama ini diterapkan terbukti kurang efektif dalam memitigasi kepadatan spektrum frekuensi 2.4 GHz, sehingga penerapan manajemen kanal statis yang terencana terbukti menjadi solusi yang lebih andal untuk menjaga stabilitas kualitas layanan (*Quality of Service*). Berkenaan dengan hal tersebut, guna mengoptimalkan kinerja jaringan di masa depan, PT Ardi Karya Media direkomendasikan untuk menghentikan penggunaan fitur *auto-channeling* dan beralih ke *manual channel planning* dengan pengaturan kanal non-tumpang tindih (Kanal 1, 6, 11) secara permanen. Selain itu, perusahaan disarankan untuk melakukan pemantauan spektrum frekuensi secara berkala menggunakan perangkat lunak survei lokasi guna mendeteksi *Access Point* asing yang muncul di lingkungan operasional, serta mempertimbangkan migrasi ke pita frekuensi 5 GHz sebagai langkah jangka panjang untuk meminimalisir kepadatan spektrum dan meningkatkan kapasitas transmisi data yang lebih luas.

Daftar Referensi

- [1] S. E. Prasetyo and E. Tan, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Wireless 2.4 GHz dan 5 GHz di Dalam Ruang dengan Hambatan Kaca," *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 15, no. 2, pp. 103–114, 2021, doi: 10.32815/jitika.v15i2.609.
- [2] A. A. Rabbany, R. Munadi, S. Syahrial, E. D. Meutia, B. Devanda, and A. Bahri, "Analisis Pengaruh Co-Channel Interference Terhadap Kualitas Wi-Fi Pada Frekuensi 2,4 Ghz," *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 2–7, 2021, doi: 10.24815/kitektro.v6i2.22127.
- [3] H. Timothy, H. Nuradi, and B. Susanto Panca, "Re-Konfigurasi Channeling Access Point Untuk Mengatasi Interferensi Dengan Studi Kasus Universitas Kristen Maranatha," *J. Strateg.*, vol. Vol.2, no. November, p. 233, 2020.
- [4] H. Pribadi Fitrian, D. Sriastuti, D. Rifki, M. Rizki Yunara, and A. Aripin, "Analisis Pengaruh Jarak Terhadap Kekuatan Dan Stabilitas Sinyal Wifi Di Area Gedung Kampus," *TAMIKA J. Tugas Akhir Manaj. Inform. Komputerisasi Akunt.*, vol. 5, no. 2, pp. 386–393, 2025, [Online]. Available: <https://doi.org/10.46880/tamika.Vol5No2.pp386-393>
- [5] N. Nabiwaa and Rustamaji, "Mengapa Kekuatan Sinyal Tidak Selalu Menjamin Kualitas Komunikasi," *J. Sains Dan Teknol.*, vol. 02, no. 03, pp. 194–201, 2026.
- [6] H. Pribadi Fitrian, L. Siti Lutfiah, R. Fadhal Ash-Shidiq, and M. Mulya Oktavian, "Analisis Kinerja Jaringan Komputer Pada Infrastruktur Cloud Computing Menggunakan Metode Quality of Service (Qos)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 9, no. 1, pp. 1552–1558, 2025, doi: 10.36040/jati.v9i1.12708.
- [7] M. A. Rizkiawan and H. Ramza, "Analisis Quality of Service Jaringan Nirkabel Menggunakan Wireshark Dengan Metode Action Research," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 5, pp. 9876–9882, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.10757.
- [8] N. Selvia, D. Zaenal Abidin, and Nurhadi, "Analisis Interferensi Co-Channel Pada Kinerja Sinyal Yang Dipancarkan Access Point Wireless Fidelity (Wi-Fi) Menggunakan Metode Quality Of Service (QOS) Studi Kasus : Rumah Sakit Mitra Jambi," *J. Inform. Dan Rekayasa Komputer(JAKAKOM)*, vol. 5, no. 1, pp. 1356–1364, 2025, doi: 10.33998/jakakom.2025.5.1.2197.
- [9] R. Hamin and R. Albar, "Analisis Interferensi Co-Channel Pada Kinerja Sinyal Yang Dipancarkan Access Point Wireless Fidelity (Wi-Fi) Menggunakan Metode QoS," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 10, no. 1, pp. 79–89, 2024.
- [10] T. I. Safitri *et al.*, "Analisis QoS Menggunakan Standar TIPHON pada Jaringan Wi-Fi SMK Dharma Bahari Surabaya," *J. Artif. Intell. Digit. Bus.*, vol. 4, no. 4, pp. 2433–2443, 2025, doi: 10.31004/riggs.v4i4.3906.
- [11] F. Juliansyah and R. Rachmatika, "Analisis Pengaruh Interferensi Wifi Terhadap Quality of Service (QoS) Pada Modem Wireless Huawei Eg8145v5 Dengan Metode Action Research," *OKTAL J. Ilmu Komput. dan Sci.*, vol. 2, no. 11, pp. 3118–3132, 2023.
- [12] Didik Aribowo *et al.*, "Analisis Perbandingan Dua Software (Wireshark & Speedtest by Ookla) terhadap Pengukuran Quality of Service (QoS) pada Pengukuran Jaringan Provider

- Smartfren & Indosat Ooredoo di SMAN 3 Kota Serang," *J. Publ. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 2, pp. 105–119, 2024, doi: 10.55606/jupti.v4i2.4281.
- [13] G. A. J. Saskara, I. M. Edy Listartha, I. P. S. Dharma Putra, and K. A. Arijaya Kusuma, "Evaluasi Kualitas Jaringan Undiksha Harmoni dengan Menggunakan Metode Quality of Service," *J. Teknol. dan Inf.*, vol. 14, no. 1, pp. 50–61, 2024, doi: 10.34010/jati.v14i1.11993.
- [14] S. Subektiningsih, D. R. E. Candra, and P. Ferdiansyah, "Wave Interference dan Perbandingan QOS Pada WLAN Hotel Menggunakan Metode Action Research," *Decod. J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 106–117, 2023, doi: 10.51454/decode.v3i1.130.
- [15] F. Saputra, B. Cut, and F. Nilamsari, "Analisis Perbandingan Tiga Software Terhadap Pengukuran Quality Of service (QoS) Pada Pengukuran Jaringan Wireless Internet," *J. Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 33–40, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.utu.ac.id/JTI/article/view/7275>
- [16] A. A. T. Permana and A. F. Ramadhan, "Analisis Keamanan Jaringan Pada Layanan Wifi Dengan Menggunakan Wireshark," *Infoman J. Ilmu-ilmu Inform. dan Manaj.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–7, 2025, [Online]. Available: <https://ejournal.lppmunsap.org/index.php/infomans/article/view/820%0Ahttps://ejournal.lppmunsap.org/index.php/infomans/article/download/820/1179>
- [17] E. Li, Amelia, and Gusnawan, "Evaluasi Kinerja Jaringan WiFi Berdasarkan Kecepatan dan Kualitas di Lingkungan Rumah," *J. Comput. Sci. Res. Technol. Innov.*, vol. 1, no. 1, pp. 35–41, 2025.
- [18] L. Qystiar and D. Wijayanto, "Analisis Quality Of Service (Qos) Jaringan Internet PT Sarana Insan Muda Selaras Menggunakan Wireshark," *Pros. Semin. Nas. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masyarakat, Yogyakarta*, vol. 2, pp. 261–268, 2024.
- [19] A. Irfan, N. Nursakti, R. Riskayani, Z. Rachmat, and F. Nurhidayah, "Penerapan Metode Quality of Service (QOS) untuk Menganalisis Kualitas Jaringan Wireless di STMIK Amika Soppeng," *J. Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, pp. 585–594, 2025, doi: 10.33395/jmp.v14i1.14787.
- [20] R. E. Widianoro, F. Imansyah, and F. T. P. W, "Analisis Nilai Interferensi Terhadap Performance Access Point Edimax Br-6428ns V2 N300 Berbasis Quality Of Service (Qos)," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2019.
- [21] S. Indah Sari and Wardianto, "Analisis Kualitas Layanan Jaringan Internet Wi-Fi di SMP NU Yosowinangun dengan Metode QoS (Quality of Service)," *Instink Inov. Pendidikan, Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 102–113, 2025, doi: 10.30599/1bvz4h78.
- [22] N. A. Maneking, V. R. Palilingan, and A. C. Djamen, "Analisis Pemantauan Jaringan Internet dan Metode Quality of Service berbasis Algoritma Naive Bayes di SMK Negeri Tabukan Utara," *J. Educ. Method Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–9, 2025.
- [23] U. R. Hamka *et al.*, "Analisis Efektivitas Protokol Autentikasi Jaringan Nirkabel Berdasarkan Parameter (QoS)," *JEJAKDIGITAL J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 2, no. 4, pp. 5428–5438, 2026.
- [24] A. Ardiansyah and F. Yulian Pamuji, "Penerapan Standar TIPHON Untuk Kinerja Quality of Service Jaringan Internet," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 9, no. 5, pp. 8530–8537, 2025, doi: 10.36040/jati.v9i5.15112.
- [25] C. Adipradana, A. Yanwar Syarif, and C. Purnomo Prasetyo, "Analisis Kinerja Jaringan WLAN Menggunakan Metode QoS Versi TIPHON di SMKS Al-Mahrusiyah Kota Kediri," *J. Tecnoscienza*, vol. 8, no. 2, pp. 343–364, 2024, doi: 10.51158/tecnoscienza.v8i2.1200.
- [26] A. Ananda, F. W. Ginting, K. Putri, K. Lahagu, and S. K. Halawa, "Analisis Kualitas Layanan Jaringan Internet Wireless LAN Pada Layanan Indihome," *J. Ilm. Multidisiplin Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–30, 2023.
- [27] A. M. Raihan, M. Yasir, D. Handayani, A. Hidayat, and R. Suraji, "Analisis Kualitas Layanan Jaringan Internet Dengan Metode Quality Of Service Pada PT. PLN UP3 Bekasi," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 77–88, 2025.
- [28] M. Hafizh Ridwan, A. Solehudin, and C. Rozikin, "Analisis Quality Of Service (Qos) Jaringan Wireless Dengan Penerapan PCQ (Studi Kasus: Kantor Kecamatan Kemang)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 3293–3309, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.9663.
- [29] I. S. Nisa, R. M. Saputro, T. F. Nugroho, and A. R. Lahitani, "Analisis Quality of Service (QoS) Menggunakan Standar Parameter Tiphon pada Jaringan Internet Berbasis Wi-Fi Kampus 1 Unjaya," *Teknomatika J. Inform. dan Komput.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, 2024, doi: 10.30989/teknomatika.v17i1.1307.
- [30] H. Syukur Ziliwu, F. Juang, P. Waruwu, and F. A. Gulo, "Analisis Literatur Tentang Gelombang Elektromagnetik Dan Pengaruhnya Pada Teknologi Komunikasi," *J. Ilmu Ekon. Pendidik. dan Tek.*, vol. 02, no. 02, pp. 1–8, 2025.
- [31] A. J. Nathanael Nababan and D. Lasut, "Analisis Kualitas Jaringan Internet Berbasis Wireless

- Lan Menggunakan Metode QoS (Quality Of Service)," *J. ALGOR*, vol. 6, no. 2, pp. 1–10, 2025, doi: <https://doi.org/10.31253/algor.v6i1.2389>.
- [32] D. Anggita Cahyadi and R. A. K. N. Bintang, "Analisis Cakupan Sinyal Dan Interferensi Wifi Pada Gedung Kampus Multi-Lantai," *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 10, no. 2, p. 414, 2026, doi: 10.26798/jiko.v10i2.2730.