

TINJAUAN LITERATUR INDIKATOR KINERJA BERBASIS PERINGKAT DALAM EVALUASI JARINGAN SELULER 4G LTE

Lin Fitri Alif Aisyah^{1*}, Muhammad Putra Pamungkas², Sri Yusnita³, Yulindon Khaidir⁴

^{1,2,3,4} Politeknik Negeri Padang, Indonesia

^{1*} aisyahlin11@gmail.com, ² mputrapamungkas@pnp.ac.id, ³ sriyusnita@pnp.ac.id, ⁴ yulindon@pnp.ac.id

ABSTRACT

This study presents a literature review on ranking-based performance indicators in the evaluation of 4G LTE cellular networks. Conventional network performance evaluation commonly relies on Key Performance Indicators (KPIs) such as throughput, latency, and packet loss, which are typically assessed using average values. However, this approach often fails to represent the performance experienced by users under worst network conditions. Therefore, this study aims to analyze and highlight the role of ranking-based KPIs, particularly Rank2%, in providing a more representative evaluation of network performance. The research employs a structured literature review method by analyzing relevant journal articles from reputable databases published in recent years. The results show that ranking-based KPIs are more sensitive in capturing extreme conditions, especially for users experiencing the lowest quality of service. In addition, these indicators are closely related to Quality of Experience (QoE), as they better reflect user-perceived performance. This study concludes that integrating ranking-based KPIs with conventional metrics can improve the accuracy and effectiveness of LTE network performance evaluation.

Keywords:

LTE, KPI, Rank2%, QoE, Network Performance.

PENDAHULUAN

Perkembangan jaringan seluler generasi keempat Long Term Evolution (4G LTE) telah meningkatkan kemampuan jaringan dalam menyediakan layanan komunikasi data berkecepatan tinggi serta mendukung berbagai aplikasi multimedia seperti video streaming, layanan berbasis cloud, dan komunikasi real-time. Pertumbuhan trafik data seluler yang terus meningkat menuntut jaringan seluler untuk mampu menyediakan kapasitas yang besar, latensi rendah, serta kualitas layanan yang stabil bagi pengguna. Oleh karena itu, evaluasi kinerja jaringan menjadi aspek penting dalam pengelolaan jaringan seluler untuk memastikan bahwa kualitas layanan yang diberikan tetap memenuhi standar yang diharapkan (Kala et al., 2024; Ahmad et al., 2021).

Dalam praktik operasional jaringan seluler, performa jaringan umumnya dievaluasi menggunakan indikator kinerja utama atau Key Performance Indicators (KPI). Parameter yang umum digunakan meliputi throughput, delay, dan packet loss sebagai indikator kualitas layanan, serta parameter kualitas sinyal radio seperti Reference Signal Received Power (RSRP), Reference Signal Received Quality (RSRQ), dan Signal-to-Interference-and-Noise Ratio (SINR) yang mencerminkan kualitas koneksi dan cakupan jaringan (Garey et al., 2025; Li et al., 2022). Selain itu, pendekatan berbasis Quality of Service (QoS) dan Quality of Experience (QoE) juga banyak digunakan untuk mengevaluasi performa jaringan dari perspektif teknis maupun pengalaman pengguna (Ahmad et al., 2021).

Meskipun KPI konvensional tersebut banyak digunakan, pendekatan evaluasi berbasis nilai rata-rata memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan kondisi performa jaringan secara menyeluruh. Nilai rata-rata KPI sering kali hanya menggambarkan kondisi umum jaringan dan tidak mampu menunjukkan variasi kualitas layanan yang dialami oleh pengguna pada berbagai kondisi jaringan. Dalam praktiknya, sebagian kecil pengguna dapat mengalami kualitas layanan yang jauh lebih rendah dibandingkan pengguna lainnya meskipun nilai rata-rata KPI masih berada dalam kategori baik. Kondisi ini menunjukkan bahwa evaluasi berbasis rata-rata kurang sensitif terhadap kondisi ekstrem, terutama pada pengguna di area cell-edge atau pengguna dengan kualitas sinyal yang rendah (Wang et al., 2020; Al-Azzeh et al., 2022).

Beberapa penelitian telah mencoba mengatasi keterbatasan tersebut dengan menggunakan pendekatan berbasis distribusi, seperti analisis persentil untuk menggambarkan variasi performa jaringan. Chen et al. (2021) menunjukkan bahwa KPI berbasis persentil mampu memberikan gambaran yang lebih representatif dibandingkan nilai rata-rata. Selain itu, Li et al. (2022) menekankan pentingnya pendekatan QoE-aware dalam mengevaluasi performa jaringan dari perspektif pengalaman pengguna. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa monitoring jaringan berbasis data dapat meningkatkan akurasi evaluasi performa jaringan melalui pemanfaatan data pengukuran secara kontinu (Kala et al., 2024).

Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada indikator berbasis rata-rata maupun distribusi statistik, dan belum secara sistematis mengkaji indikator kinerja berbasis peringkat (ranking-based performance indicators). Pendekatan ini memiliki potensi untuk mengevaluasi performa jaringan secara lebih spesifik, terutama dalam mengidentifikasi kelompok pengguna dengan kualitas layanan terburuk yang sering kali tidak terdeteksi melalui analisis konvensional.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menyajikan tinjauan literatur mengenai indikator kinerja berbasis peringkat dalam evaluasi jaringan seluler 4G LTE. Kajian ini difokuskan pada konsep, metode perhitungan, serta penerapan indikator berbasis peringkat, khususnya Rank2%, dalam memberikan gambaran performa jaringan yang lebih representatif terhadap pengalaman pengguna.

KAJIAN LITERATUR

Key Performance Indicators (KPI)

Key Performance Indicators (KPI) merupakan parameter utama yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja jaringan seluler. KPI mencerminkan kondisi performa jaringan dari berbagai aspek, seperti kualitas layanan dan kualitas sinyal radio. Dalam jaringan LTE, KPI yang umum digunakan meliputi throughput, delay, dan packet loss, serta parameter radio seperti Reference Signal Received Power (RSRP), Reference Signal Received Quality (RSRQ), dan Signal-to-Interference-and-Noise Ratio (SINR) (Ahmad et al., 2021; Garey et al., 2025).

Quality of Service (QoS) dan Quality of Experience (QoE)

QoS merupakan pendekatan evaluasi yang berfokus pada parameter teknis jaringan, seperti throughput, delay, dan reliabilitas transmisi data. Sementara itu, QoE berfokus pada persepsi pengguna terhadap kualitas layanan yang diterima.

Menurut Li et al. (2022), QoE memiliki keterkaitan langsung dengan parameter jaringan, khususnya pada layanan multimedia seperti video streaming dan komunikasi real-time. Oleh karena itu, evaluasi performa jaringan modern tidak hanya mempertimbangkan QoS, tetapi juga QoE sebagai indikator pengalaman pengguna.

KPI Berbasis Nilai Rata-rata

KPI berbasis nilai rata-rata merupakan pendekatan yang paling umum digunakan dalam evaluasi performa jaringan LTE. Dalam pendekatan ini, performa jaringan direpresentasikan dalam bentuk nilai rata-rata dari parameter tertentu, seperti throughput rata-rata atau delay rata-rata.

Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan karena tidak mampu menggambarkan variasi kualitas layanan yang dialami oleh pengguna. Wang et al. (2020) menunjukkan bahwa nilai rata-rata tidak sensitif terhadap kondisi ekstrem yang dialami oleh sebagian kecil pengguna.

KPI Berbasis Distribusi

Sebagai pengembangan dari pendekatan rata-rata, KPI berbasis distribusi menggunakan analisis statistik seperti persentil (P10, P50, P90) untuk menggambarkan variasi performa jaringan.

Chen et al. (2021) menunjukkan bahwa pendekatan berbasis persentil mampu memberikan gambaran performa jaringan yang lebih representatif dibandingkan nilai rata-rata, terutama dalam mengidentifikasi variasi kualitas layanan pada berbagai kondisi pengguna.

Indikator Kinerja Berbasis Peringkat

Indikator kinerja berbasis peringkat (ranking-based performance indicators) merupakan pendekatan evaluasi yang mengurutkan nilai performa pengguna dari yang terbaik hingga terburuk. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi kelompok pengguna dengan kualitas layanan terendah secara lebih eksplisit.

Berbeda dengan pendekatan berbasis rata-rata dan distribusi, indikator berbasis peringkat lebih fokus pada kondisi ekstrem dalam jaringan yang memiliki dampak besar terhadap kualitas pengalaman pengguna.

Konsep Rank2%

Rank2% merupakan salah satu bentuk indikator berbasis peringkat yang digunakan untuk merepresentasikan performa jaringan pada 2% pengguna dengan kualitas layanan terburuk.

Pendekatan ini diperoleh dengan mengurutkan nilai KPI dan mengambil bagian terbawah dari distribusi performa jaringan. Rank2% mampu memberikan gambaran performa jaringan pada kondisi ekstrem (tail performance) yang tidak terlihat pada nilai rata-rata maupun persentil umum.

Hubungan Rank-Based KPI dengan QoE

Indikator berbasis peringkat memiliki keterkaitan erat dengan QoE karena secara langsung mencerminkan pengalaman pengguna pada kondisi jaringan terburuk.

Pengguna dengan kualitas layanan rendah memiliki pengaruh besar terhadap persepsi keseluruhan kualitas jaringan. Oleh karena itu, penggunaan indikator seperti Rank2% dapat memberikan evaluasi performa jaringan yang lebih realistis dibandingkan pendekatan konvensional.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode literature review dengan pendekatan terstruktur, yang bertujuan untuk menganalisis indikator kinerja berbasis peringkat dalam evaluasi jaringan seluler 4G LTE. Penelitian ini difokuskan pada kajian berbagai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan KPI jaringan, QoS, QoE, serta pendekatan evaluasi berbasis distribusi dan peringkat.

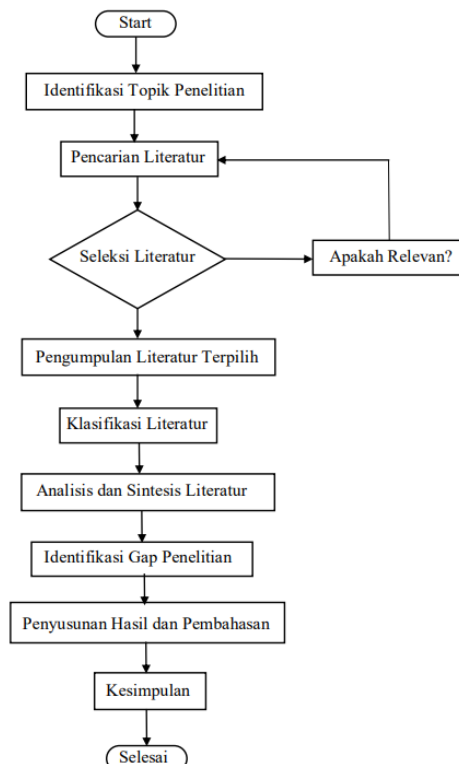
Penelitian diawali dengan proses identifikasi topik yang berfokus pada indikator kinerja berbasis peringkat (ranking-based KPI), khususnya Rank2% dalam evaluasi performa jaringan LTE. Selanjutnya dilakukan pencarian literatur menggunakan database ilmiah seperti IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, dan Google Scholar dengan menggunakan kata kunci yang relevan.

Literatur yang diperoleh kemudian melalui tahap seleksi untuk menentukan kesesuaian dengan topik penelitian. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap relevansi artikel berdasarkan judul, abstrak, dan isi penelitian. Jika literatur tidak relevan, maka proses kembali ke tahap pencarian literatur untuk mendapatkan sumber yang lebih sesuai. Proses ini dilakukan secara berulang hingga diperoleh literatur yang relevan dan memenuhi kriteria penelitian.

Literatur yang telah lolos seleksi kemudian dikumpulkan sebagai literatur terpilih untuk dianalisis lebih lanjut. Selanjutnya, literatur tersebut diklasifikasikan berdasarkan pendekatan evaluasi kinerja jaringan, yaitu KPI berbasis nilai rata-rata, KPI berbasis distribusi, dan KPI berbasis peringkat.

Tahap berikutnya adalah analisis dan sintesis literatur untuk mengidentifikasi perbedaan pendekatan, tren penelitian, serta kelebihan dan keterbatasan masing-masing metode evaluasi. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dilakukan identifikasi celah penelitian (research gap) yang berkaitan dengan keterbatasan penggunaan KPI konvensional dalam merepresentasikan kondisi pengguna dengan kualitas layanan terburuk.

Hasil dari proses tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan hasil dan pembahasan, yang berfokus pada analisis indikator kinerja berbasis peringkat seperti Rank2%. Tahap akhir penelitian adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alur Metode Penelitian

Identifikasi Topik Penelitian

Tahap awal penelitian dilakukan dengan menentukan topik yang berfokus pada indikator kinerja berbasis peringkat dalam evaluasi jaringan LTE.

Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan melalui database ilmiah seperti IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, dan Google Scholar menggunakan kata kunci yang relevan.

Seleksi Literatur

Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap relevansi literatur. Jika literatur tidak sesuai, maka dilakukan pencarian ulang hingga diperoleh literatur yang relevan dengan topik penelitian.

Pengumpulan Literatur Terpilih

Literatur yang telah memenuhi kriteria relevansi dikumpulkan sebagai bahan utama dalam penelitian.

Klasifikasi Literatur

Literatur diklasifikasikan berdasarkan pendekatan evaluasi, yaitu KPI berbasis rata-rata, distribusi, dan peringkat.

Analisis dan Sintesis Literatur

Dilakukan analisis terhadap metode yang digunakan pada setiap penelitian, kemudian disintesis untuk menemukan pola dan tren penelitian.

Identifikasi Gap Penelitian

Tahap ini bertujuan untuk menemukan celah penelitian terkait keterbatasan metode evaluasi KPI konvensional.

Penyusunan Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis disusun dalam bentuk pembahasan terstruktur yang menekankan pada indikator berbasis peringkat.

Kesimpulan

Tahap akhir berupa penarikan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

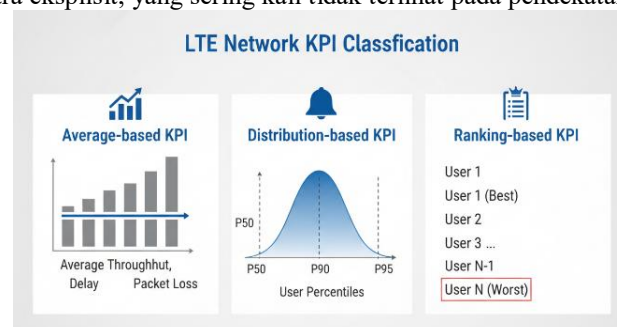
Klasifikasi KPI dalam Evaluasi Jaringan LTE

Berdasarkan hasil kajian literatur, indikator kinerja jaringan LTE dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama, yaitu KPI berbasis nilai rata-rata, KPI berbasis distribusi, dan KPI berbasis peringkat.

KPI berbasis nilai rata-rata merupakan pendekatan yang paling umum digunakan dalam evaluasi performa jaringan. Parameter seperti throughput rata-rata, delay rata-rata, dan packet loss digunakan untuk merepresentasikan kondisi jaringan secara agregat. Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan karena tidak mampu menggambarkan variasi performa yang dialami oleh pengguna dalam kondisi jaringan yang berbeda (Wang et al., 2020).

Sebagai pengembangan, KPI berbasis distribusi menggunakan pendekatan statistik seperti persentil untuk menggambarkan variasi performa jaringan. Chen et al. (2021) menunjukkan bahwa pendekatan ini lebih representatif dibandingkan rata-rata karena mampu menggambarkan distribusi kualitas layanan pada berbagai kelompok pengguna.

Sementara itu, KPI berbasis peringkat (ranking-based KPI) merupakan pendekatan yang mengurutkan performa pengguna dari yang terbaik hingga terburuk. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi kondisi pengguna dengan kualitas layanan terendah secara eksplisit, yang sering kali tidak terlihat pada pendekatan rata-rata maupun distribusi.



Gambar 2. Perbandingan pendekatan evaluasi performa jaringan berbasis rata-rata, distribusi dan peringkat

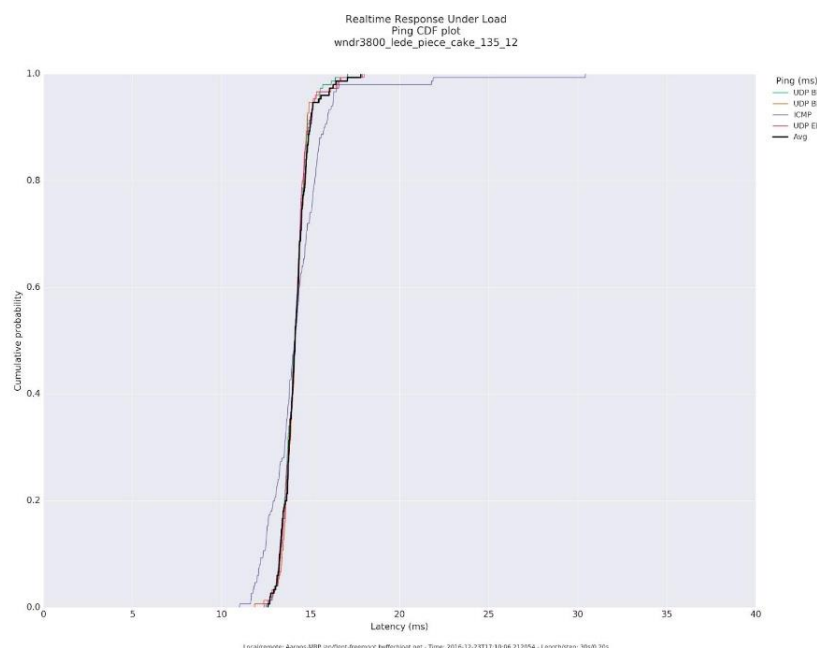
Grafik distribusi performa jaringan menunjukkan bahwa pendekatan berbasis rata-rata hanya merepresentasikan nilai tengah, sedangkan pendekatan berbasis distribusi mampu menggambarkan variasi performa. Namun demikian, hanya pendekatan berbasis peringkat yang secara eksplisit menyoroti kondisi ekstrem pada bagian ekor distribusi (tail performance).

Konsep Indikator Kinerja Berbasis Peringkat

Indikator kinerja berbasis peringkat (ranking-based KPI) merupakan metode evaluasi performa jaringan yang didasarkan pada pengurutan nilai KPI dari seluruh pengguna. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi performa jaringan dari pengguna terbaik hingga pengguna dengan kualitas layanan terburuk.

Berbeda dengan pendekatan berbasis rata-rata dan distribusi, indikator berbasis peringkat secara khusus menyoroti kondisi ekstrem dalam jaringan yang sering kali tidak terdeteksi melalui analisis konvensional. Pendekatan ini sangat relevan dalam konteks evaluasi Quality of Experience (QoE), karena pengalaman pengguna tidak hanya dipengaruhi oleh performa rata-rata, tetapi juga oleh kondisi layanan pada pengguna dengan kualitas terburuk.

Representasi Rank-Based KPI menggunakan CDF



Gambar 3. Distribusi throughput menggunakan fungsi distribusi kumulatif (CDF) pada jaringan seluler.
Sumber: Adaptasi dari Wang et al. (2020) dan Chen et al. (2021)

Fungsi distribusi kumulatif (Cumulative Distribution Function/CDF) digunakan untuk merepresentasikan distribusi performa jaringan berdasarkan nilai KPI pengguna. Pada grafik tersebut, sumbu horizontal menunjukkan nilai performa (misalnya throughput), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan persentase kumulatif pengguna.

Nilai pada persentil rendah, seperti 2% atau 5%, merepresentasikan kelompok pengguna dengan kualitas layanan terburuk. Dalam konteks ini, Rank2% dapat diperoleh dari titik pada kurva CDF yang berada pada probabilitas 0.02, yang menunjukkan performa jaringan pada 2% pengguna terbawah.

Dengan demikian, pendekatan berbasis CDF memberikan dasar matematis yang kuat dalam penggunaan indikator berbasis peringkat. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi performa jaringan yang lebih sensitif terhadap kondisi ekstrem (tail performance), yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas pengalaman pengguna secara keseluruhan.

Penerapan Rank-Based KPI dalam Evaluasi Jaringan LTE

Indikator berbasis peringkat dapat diterapkan dalam berbagai aspek evaluasi jaringan LTE. Pada evaluasi throughput, Rank2% digunakan untuk mengidentifikasi pengguna dengan throughput terendah dalam jaringan, yang sering kali berada pada kondisi jaringan yang kurang optimal.

Selain itu, indikator ini juga dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas sinyal pada area cell-edge, yang umumnya mengalami penurunan kualitas sinyal akibat jarak dari base station dan interferensi. Dengan menggunakan

pendekatan berbasis peringkat, operator jaringan dapat mengidentifikasi kondisi kritis yang tidak terlihat pada nilai rata-rata.

Pendekatan ini juga memungkinkan analisis pengguna dengan kualitas layanan terburuk secara lebih mendalam, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam proses optimasi jaringan yang lebih terarah dan efektif.

Tabel Perbandingan Penelitian

Tabel 1. Perbandingan Kajian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Fokus Penelitian	Jenis KPI	Metode	Keterbatasan
Wang et al.	2020	Distribusi performa jaringan	KPI distribusi	Analisis statistik	Tidak fokus worst user
Ahmad et al.	2021	Evaluasi QoS dan QoE LTE	KPI konvensional	Literature review	Tidak membahas ranking KPI
Chen et al.	2021	Evaluasi berbasis pengguna	KPI persentil	User-centric analysis	Tidak membahas KPI peringkat
Li et al.	2022	QoE-aware performance	QoE KPI	Analitik	Tidak fokus worst-user
Kala et al.	2024	Monitoring performa jaringan	KPI pengukuran	Data-driven analysis	Fokus monitoring
Kajian ini	–	Evaluasi berbasis peringkat	Rank2% KPI	Literature review	Analisis komprehensif

Analisis Perbandingan dan Kontribusi Penelitian

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada KPI berbasis nilai rata-rata dan distribusi statistik. Meskipun pendekatan tersebut mampu memberikan gambaran umum performa jaringan, namun belum secara spesifik mengidentifikasi kondisi pengguna dengan kualitas layanan terburuk.

Pendekatan berbasis peringkat yang dikaji dalam penelitian ini menawarkan keunggulan dalam mengidentifikasi kondisi ekstrem yang memiliki dampak signifikan terhadap QoE. Berbeda dengan KPI berbasis persentil yang masih bersifat agregatif, indikator seperti Rank2% secara langsung menyoroti kelompok pengguna dengan kualitas layanan terendah.

Selain itu, pendekatan ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan akurasi evaluasi performa jaringan serta mendukung proses optimasi jaringan yang lebih terarah. Dengan mengintegrasikan indikator berbasis peringkat ke dalam evaluasi performa jaringan, analisis yang dihasilkan menjadi lebih komprehensif dan berorientasi pada pengalaman pengguna.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyajikan tinjauan literatur mengenai indikator kinerja berbasis peringkat (ranking-based performance indicators) dalam evaluasi jaringan seluler 4G LTE. Berdasarkan hasil kajian, dapat disimpulkan bahwa pendekatan evaluasi kinerja jaringan yang selama ini didominasi oleh KPI berbasis nilai rata-rata dan distribusi memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan kondisi pengguna dengan kualitas layanan terburuk.

Indikator berbasis peringkat, khususnya Rank2%, terbukti mampu memberikan evaluasi performa jaringan yang lebih representatif dengan menyoroti kondisi ekstrem (tail performance) pada sebagian kecil pengguna. Pendekatan ini memiliki keterkaitan yang kuat dengan Quality of Experience (QoE), karena mampu menggambarkan pengalaman pengguna secara lebih realistis dibandingkan KPI konvensional.

Selain itu, penggunaan indikator berbasis peringkat memberikan manfaat praktis dalam proses optimasi jaringan, karena memungkinkan identifikasi area kritis seperti pengguna pada kondisi cell-edge atau jaringan dengan kualitas sinyal rendah. Dengan demikian, integrasi indikator berbasis peringkat dengan KPI konvensional dapat meningkatkan akurasi dan efektivitas evaluasi performa jaringan LTE.

Meskipun demikian, penelitian ini masih terbatas pada kajian literatur, sehingga implementasi langsung indikator berbasis peringkat dalam sistem jaringan nyata belum dibahas secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji penerapan indikator Rank-based KPI pada jaringan seluler generasi berikutnya, seperti 5G, serta mengintegrasikannya dengan pendekatan analitik berbasis data dan machine learning untuk meningkatkan akurasi evaluasi performa jaringan secara real-time.

REFERENSI

- Ahmad, I., Trabelsi, Z., & Rachedi, A. (2021). Performance evaluation of LTE networks using QoS and QoE metrics: A comprehensive survey. *IEEE Access*, 9, 102345–102360. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3098654>
- Al-Azzeh, J. S., Al-Hadidi, M. T., & Al-Dulaimi, A. (2022). QoE monitoring and enhancement in cellular networks. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2022(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s13638-022-02125-3>
- Chen, X., Wang, Y., & Zhang, J. (2021). User-centric performance evaluation for LTE networks based on percentile-based KPIs. *Computer Networks*, 195, 108185. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108185>
- Ciambone, D., Tennina, S., Tsolkas, D., & Pomante, L. (2021). A QoE performance evaluation framework for LTE networks. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*. <https://doi.org/10.1109/ICCWorkshops50388.2021.9473810>
- Ekeocha, C., Ohaneme, C., & Nnadi, C. (2021). Performance analysis of KPIs of a 4G LTE network. *International Journal of Computer Network and Information Security*, 13(3), 1–10.
- Garey, W. D., Sun, Y., & Rouil, R. (2025). A QoE-based method for quantifying and comparing LTE coverage. *NIST Internal Report (NIST IR 8566)*. <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8566>
- Kala, S. M., Mishra, M., Biju, A., Sathya, V., Amano, T., Higashino, T., Yamaguchi, H., & Tamma, B. R. (2024). Architecture, performance and usability of mobile cellular network monitoring applications for data-driven analysis. *IEEE Access*, 12, 87340–87358. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3412752>
- Li, Q., Sun, Y., & Huang, T. (2022). QoE-aware performance assessment for LTE and beyond cellular networks. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 19(3), 3142–3156. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2022.31687496>
- Mane, A. D., & Khot, U. P. (2022). QoE improvement for dynamic adaptive streaming of multimedia in LTE cellular network using cross-layer communication. *International Journal of Wireless and Microwave Technologies*, 12(2), 51–59. <https://doi.org/10.5815/ijwmt.2022.02.05>
- Wang, H., Liu, X., & Chen, M. (2020). Statistical analysis of cellular network performance based on user experience distribution. *Wireless Networks*, 26(7), 5031–5045. <https://doi.org/10.1007/s11276-020-02371-9>