



Analisis Jaringan 4G untuk Aplikasi Smart Ambulance

Ari Endang Jayati*, Harmini, Diah Setyati Budiningrum

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Semarang
Semarang, Indonesia

*ariendang@usm.ac.id

Abstract – *The Intelligent Transport System (ITS) serves as a sophisticated mechanism for traffic management and engineering, leveraging inter-vehicle telecommunication technology. Semarang is among the cities pioneering the adoption of ITS, with a notable implementation in the healthcare sector. Here, telecommunication systems enable medical personnel to administer care to patients within ambulances en route to hospitals. However, the efficacy of such communications is contingent on a robust cellular network to facilitate data transmission to servers. This research evaluates the Quality of Service (QoS) across various cellular networks, focusing on delay, packet loss, jitter, and throughput characteristics. Utilizing Wireshark software and adhering to TIPHON standard guidelines, the study presents an analysis where Provider A excels in delay metrics with an average of 86.22 ms. In packet loss, the journey from Penggaron Terminal to the City Hall Bus Stop sees Provider A leading with 0.474%, whereas for the return leg, Provider B shows minimal packet loss at 0.574%. Jitter measurements favor Provider B from Penggaron Terminal to the City Hall Bus Stop with 0.42 ms and Provider A for the return journey with 0.57 ms. Throughput analysis highlights Provider C's superior performance on the Penggaron Terminal to City Hall Bus Stop route at 6631 Kbps, with Provider B achieving the best throughput of 6339.5 Kbps for the reverse route. These findings underscore the critical role of delay, packet loss, jitter, and throughput metrics in enhancing the smart ambulance system in Semarang. The study employs two primary routes for measurement, leveraging the Semarang BRT system for connectivity between the Penggaron Terminal and the City Hall Bus Stop, in both directions.*

Abstrak – Sistem Transportasi Cerdas (ITS) berfungsi sebagai mekanisme canggih untuk manajemen dan rekayasa lalu lintas, memanfaatkan teknologi telekomunikasi antar-kendaraan. Semarang termasuk di antara kota-kota yang memelopori adopsi ITS, dengan implementasi yang mencolok di sektor kesehatan. Di sini, sistem telekomunikasi memungkinkan personel medis untuk memberikan perawatan kepada pasien dalam ambulans dalam perjalanan ke rumah sakit. Namun, keefektifan komunikasi tersebut bergantung pada jaringan seluler yang kuat untuk memfasilitasi transmisi data ke server. Penelitian ini mengevaluasi Kualitas Layanan (QoS) di berbagai jaringan seluler, berfokus pada karakteristik delay, packet loss, jitter, dan throughput. Menggunakan perangkat lunak Wireshark dan mematuhi pedoman standar TIPHON, studi ini menyajikan analisis di mana Penyedia A unggul dalam metrik delay dengan rata-rata 86,22 ms. Dalam packet loss, perjalanan dari Terminal Penggaron ke Halte Bus Balai Kota melihat Penyedia A memimpin dengan 0,474%, sedangkan untuk perjalanan balik, Penyedia B menunjukkan packet loss minimal sebesar 0,574%. Pengukuran jitter menguntungkan Penyedia B dari Terminal Penggaron ke Halte Bus Balai Kota dengan 0,42 ms dan Penyedia A untuk perjalanan balik dengan 0,57 ms. Analisis throughput menyoroti kinerja superior Penyedia C pada rute Terminal Penggaron ke Halte Bus Balai Kota dengan 6631 Kbps, dengan Penyedia B mencapai throughput terbaik sebesar 6339,5 Kbps untuk rute sebaliknya. Temuan ini menekankan peran kritis metrik delay, packet loss, jitter, dan throughput dalam meningkatkan sistem ambulans cerdas di Semarang. Studi ini menggunakan dua rute utama untuk pengukuran, memanfaatkan sistem BRT Semarang untuk konektivitas antara Terminal Penggaron dan Halte Bus Balai Kota, dalam kedua arah.

Kata Kunci – *Intelligent Transport System; smart ambulance; 4G; Bus Trans Semarang; wireshark.*

I. PENDAHULUAN

SEKARANG ini angka pertumbuhan penduduk di Indonesia semakin pesat. Hampir setiap tahun terjadi peningkatan jumlah penduduk. Kota Semarang merupakan salah satu kota dengan pertumbuhan penduduk yang padat. Hal itu mempengaruhi kebutuhan transportasi tiap individu di Kota Semarang bertambah

Seiring dengan bertambahnya kebutuhan akan transportasi, jalanan pun akan semakin padat. Maka dari itu dibutuhkan suatu aplikasi untuk mengatasi hal tersebut. Solusi yang dihadirkan di Kota Semarang saat ini adalah teknologi Informasi dan Komunikasi dalam program-program pembangunan sistem cerdas (Intelligent) untuk manajemen dan rekayasa lalu lintas.

Salah satu hasil tersebut adalah penerapan awal Intelligent Transport System (ITS). Salah satunya penerapan dari ITS adalah pengadaan transportasi massal yang layak dan memudahkan untuk masyarakat,

Naskah diterima 02-05-2023, revisi 10-07-2023, terbit online 05-04-2024. Emitor merupakan Jurnal Teknik Elektro – Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terakreditasi dengan Sinta 3 beralamat di <https://journals2.ums.ac.id/index.php/emitor/index>.

salah satunya Semarang Mass Rapid Transportation (SMART) Tram and Monorail Project. Penerapan ITS erat hubungannya dengan teknologi komunikasi data, karena semua komunikasi akan berbasis IP (Internet Protocol). Contoh penerapan ITS dari system pembayaran, informasi berupa voice maupun text, pengecekan lokasi, dan pemantauan/ monitoringnya. Hal ini dikarenakan nantinya semua tram dan monorail terhubung dengan server dengan perantara internet. Teknologi Long Term Evolution (LTE) atau 4G merupakan teknologi terbaru yang bisa menghasilkan layanan data dengan kecepatan yang tinggi untuk perangkat mobile, dengan menjanjikan bandwidth yang setara bahkan melebihi kecepatan jaringan internet di rumah. Dengan menggunakan teknologi LTE diharapkan mampu mendukung system komunikasi data dari penerapan ITS [1]. Berbagai penelitian telah mengungkap potensi besar jaringan 4G dalam mendukung aplikasi ambulans cerdas, yang menjadi kunci untuk peningkatan layanan kesehatan darurat. Di satu sisi, penelitian oleh Rehman [2] dan Zhai [3] mengungkapkan bagaimana 4G dapat meningkatkan secara signifikan kinerja streaming video medis dan efisiensi layanan ambulans darurat. Lebih lanjut, penelitian yang dilakukan oleh Yang [4] dan Abid [5] memperluas wawasan kita dengan membahas perkembangan aplikasi seluler dan potensi penggunaan smartphone LTE untuk komunikasi antara kendaraan dan infrastruktur, membuka jalan baru untuk inovasi dalam layanan kesehatan mobile. Sementara itu, Ohta [6] mengeksplorasi pemanfaatan W-LAN 5 GHz untuk aplikasi seluler publik, menyoroti kemampuan teknologi 4G dalam menyediakan solusi komunikasi yang efisien. Almazroi [7] juga berfokus pada analisis kinerja jaringan 4G, menegaskan kembali pentingnya jaringan ini dalam mendukung aplikasi kesehatan yang canggih. Karkar [8] mengambil langkah lebih jauh dengan mengusulkan sistem ambulans cerdas yang tidak hanya menyoroti rute darurat tetapi juga memastikan kecepatan dan keamanan pasien menuju rumah sakit. Viruete [9], di sisi lain, membuka perspektif terhadap sistem telemedisin mobile berbasis 3G, yang memberikan dasar untuk transisi ke teknologi yang lebih cepat dan lebih andal seperti 4G. Keseluruhan penelitian ini secara kolektif menunjukkan bagaimana jaringan 4G tidak hanya meningkatkan kinerja aplikasi ambulans cerdas tetapi juga membuka kemungkinan baru untuk inovasi dalam layanan kesehatan darurat, menjadikan teknologi ini sebagai tulang punggung komunikasi kesehatan modern.

Untuk itu akan dilakukan penelitian nilai delay, packet loss, jitter dan throughput untuk mengetahui kinerja dari jaringan nirkabel 4G di Semarang, agar didapatkan hasil performansi dari TCP/IP, sehingga da-

pat dipilih suatu provider seluler yang mempunyai nilai delay paling rendah yang bisa mendukung komunikasi sistem ITS, dan menjadi salah satu pertimbangan ITS yang ada di Kota Semarang. Layanan ambulans pada bidang kesehatan terbagi menjadi dua yaitu layanan ambulans untuk pengantaran jenazah dan layanan ambulans untuk pengantaran orang sakit. Data kematian pasien dalam dunia kesehatan yang terjadi pada saat pasien dibawa dari rumah ke rumah sakit menggunakan ambulans mengalami kenaikan [10]. Hal ini terjadi karena minimnya fasilitas kesehatan dan fasilitas komunikasi yang ada pada ambulans tersebut. Fasilitas kesehatan dasar yang harus ada pada setiap ambulans diantaranya adalah Defibrillator dan Monitor EKG, Pompa Suntik Infus, Unit Pasokan Oksigen, Sphygmomanometer, Unit Penyedot [11]. Dengan berkembangnya teknologi telekomunikasi yang mampu mengirimkan data multimedia berupa gambar, suara, data dan video, memungkinkan sisi komunikasi dari ambulans ke pihak berikutnya dapat ditingkatkan.

Teknologi komunikasi berbasis seluler yang dikenal dengan 5G telah berkembang dan salah satu perkembangannya adalah mendukung layanan 5G untuk kesehatan [12–16]. Pada layanan dasarnya, teknologi 5G menjamin 3 faktor dari sisi kenaikan data rate yang sangat tinggi, penurunan delay dan latency serta penambahan device yang terkoneksi dengan jumlah yang sangat banyak [17]. Dari ketiga faktor tersebut salah satu aplikasi 5G for Healthcare dapat dimanfaatkan pada ambulans yang bergerak dan mengirimkan data medis yang bersifat multimedia. Data medis tersebut dapat berupa rekaman jantung dan otak dalam bentuk gambar, rekaman detak jantung dalam bentuk voice dan juga rekaman kondisi pasien dalam bentuk video.

Karakteristik utama dari kendaraan yang difungsikan sebagai smart ambulans adalah memiliki prioritas menembus kemacetan jalan raya, memiliki kecepatan yang lebih tinggi dari kendaraan biasa dan tuntutan supaya harus segera sampai di tujuan. Hal ini mengakibatkan smart ambulans akan mengalami efek Doppler yang tinggi. Selain itu, kondisi lingkungan di mana smart ambulance itu berada, jika diaplikasikan pada kota besar dengan bangunan-bangunan besar di sekitarnya, akan mengakibatkan shadowing [18]. Dan selanjutnya, pada kondisi lingkungan di sekitar kendaraan smart ambulance yang sangat padat dan macet, akan terjadi fenomena multipath fading yang mengakibatkan degradasi kualitas sinyal di sisi penerima [19]. Ketiga fenomena tersebut dalam keilmuan komunikasi nirkabel telah memiliki metode tersendiri untuk mengatasi masing-masing fenomena yang terjadi.

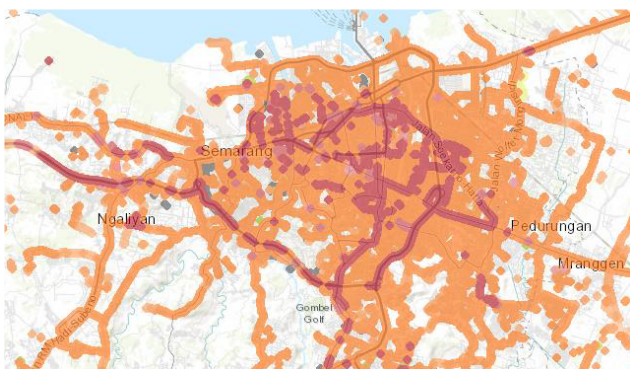
Mayoritas usulan penelitian yang mengkonseptkan smart ambulance diasosiasikan dengan standarisasi

C-V2X berbasis 4G LTE dan 5G [12–16]. Salah satu penelitian yang menerapkan konsep smart ambulance dengan mengirimkan video multimedia 4K menggunakan jaringan 5G dilakukan oleh [20] dengan mengoptimalkan metode network slicing pada bagian Enhanced Mobile Broadband (e-MBB) dan Ultra Reliable Low Latency Communications (URLLC) menggunakan algoritma yang diajukan tersendiri. Namun demikian, spesifikasi kanal komunikasi yang digunakan, channel coding yang digunakan dan bagian equalizernya tidak dibahas sama sekali. Kontribusi penelitian ini, pertama mengukur nilai delay, packet loss, jitter dan throughput untuk daerah Kota Semarang. Kedua mendapatkan suatu provider seluler dengan nilai delay, packet loss, jitter dan throughput yang rendah di Kota Semarang.

II. METODE PENELITIAN

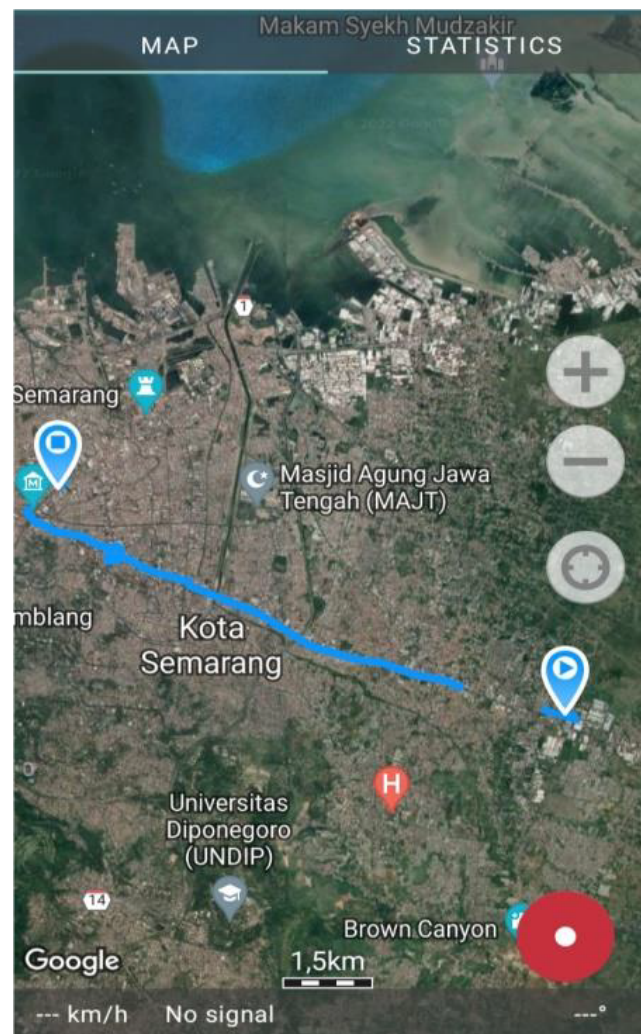
Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan suatu aplikasi yang dibangun dari perangkat lunak dari Wireshark. Dari aplikasi itu akan didapat nilai delay, packet loss, jitter dan throughput yang kemudian akan diolah untuk mengetahui kinerja TCP/IP jaringan 4G yang ada di Semarang.

Pengukuran nilai pengukuran delay, packet loss, jitter dan throughput akan digunakan untuk pertimbangan sistem ITS yang akan di terapkan di Semarang, khususnya untuk komunikasi dengan server. Pada saat diterapkan sistem ITS pada tram dan monorail, sistem untuk mengetahui nilai pengukuran delay, packet loss, jitter dan throughput. Penelitian yang dilakukan menggunakan 3 Provider dengan jaringan 4G LTE. Provider yang akan digunakan yaitu Provider A : Tri, Provider B : Telkomsel, Provider C : Smartfren. Pengukuran yang dilakukan ada dua tempat dengan menaiki BRT Semarang yaitu dari terminal penggaron ke Balaikota, Balaikota ke terminal Penggaron. Pengambilan data pengukuran menggunakan 3 waktu sesuai providernya yaitu (jam 09.00 – 10.00, 10.00 – 11.00 dan 11.00 – 12.00) dan selama 6 hari (20 September – 25 September 2022).



Gambar 1: Coverage area 4G untuk provider A

Jaringan yang digunakan dalam penelitian merupakan jaringan seluler, yang jarang digunakan sebagai menyediakan layanan internet pada jaringan menengah ke bawah. Maka perlu dilakukan analisa terhadap kualitas jaringan tersebut sehingga dapat diketahui apakah jaringan yang digunakan dapat dijadikan sebagai alternatif sumber koneksi pada jaringan menengah ke bawah. Penulis menggunakan parameter QOS (Quality of Service) dalam pengukuran kualitas jaringan internet yang digunakan. Perangkat komputer/ laptop yang digunakan untuk pengukuran delay, packet loss, jitter dan throughput. pada penelitian ini ada dua buah. Yang pertama yaitu Lenovo 32599EJ dan Mackbook pro 8.



Gambar 2: Denah lokasi terminal Penggaron dan perjalanan menuju halte Balaikota

Pada pengujian tugas akhir ini menggunakan dua buah perangkat telepon genggam. Spesifikasi dari perangkat handphone ini yang perlu diperhatikan adalah handphone ini didukung dengan teknologi 4G dengan frekuensi band 1800MHz. Hal ini dikarenakan di Indonesia untuk teknologi 4G ada di band 1800 MHz dan untuk CDMA ada di band 850 MHz dan 2300MHz. Handphone yang digunakan pada pengukuran kali ini

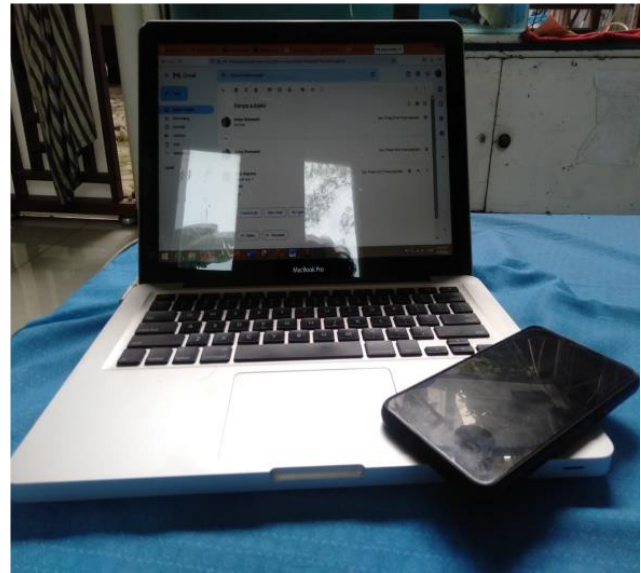
adalah Oppo A7 dan Oppo A3s. Salah satu perangkat lunak yang digunakan kali ini adalah Wireshark. Wireshark digunakan untuk mengetahui aktivitas apa saja yang terjadi yang dilewati oleh jaringan yang digunakan pada saat pengukuran. Wireshark berguna untuk pekerjaan analisis jaringan. Cara kerjanya yaitu dengan ‘menangkap’ paket-paket data dari protokol-protokol yang berbeda dari berbagai tipe jaringan yang umum ditemukan di dalam trafik jaringan internet. Paket-paket data tersebut ‘ditangkap’ lalu ditampilkan di jendela hasil capture secara real-time.

Dengan aplikasi Geo Tracker kita dapat merekam perjalanan yang kita lakukan dan menyimpannya dalam format GPX, KML dan KMZ Sehingga dapat di buka dengan software google earth dan aplikasi pemetaan lainnya. Lokasi yang dipilih untuk melakukan pengukuran adalah lokasi yang ada dipusat kota Semarang dan mempunyai trafik yang tinggi,serta dengan kepadatan transportasi di jalan. Pengukuran pada penelitian kali ini adalah meneliti jaringan 4G, maka lokasi yang dipilih harus sudah tercover oleh jaringan 4G.

Pada Gambar 1, dan Gambar 2, merupakan peta untuk daerah yang sudah tercover oleh teknologi 4G. Hampir semua daerah di Semarang tercover oleh teknologi 4G ini. Lokasi yang dijadikan lokasi pengukuran juga sudah tercover oleh 4G. Lokasi penelitian kali ini berlokasi di terminal Penggaron menggunakan angkutan BRT Semarang sampai Balaikota.

Pada Gambar 2 bisa dilihat denah terminal Penggaron menuju Balaikota . Pada saat pengukuran di terminal Penggaron menuju Balaikota dilakukan pengukuran menggunakan BRT Semarang. Pada Gambar 2 terminal Penggaron merupakan lokasi pemberhentian bus dalam dan luar kota. Bus merupakan salah satu alternatif yang masih banyak digunakan oleh masyarakat umum, sehingga terminal termasuk lokasi yang didatangi banyak orang. Lokasinya termasuk strategis, karena perjalanan dari terminal Penggaron ke Balaikota melewati mall, banyak kantor, tempat wisata, dan juga tempat makan. Sehingga terdapat banyak orang di dalam brt dan kendaraan yang memadati jalan . Lokasi tersebut termasuk lokasi dengan trafik yang tinggi.

Pada Gambar 3 bisa dilihat konfigurasi pengukuran yang mengacu dari flowchart pada Gambar 4 Pada pengukuran ini menggunakan dua buah perangkat komputer sebagai client dan dua buah handphone yang dual sim dan tiga buah jenis provider. Pada masing-masing perangkat menggunakan 1 buah kartu sim provider jaringan 4G dengan system pergantian provider setelah pengukuran provider sebelumnya sudah selesai pengukuran. Pada masing-masing perangkat komputer, harus mengaktifkan wifinya yang kemudian harus terkoneksi dengan salah satu handphone dan juga aktifkan aplikasi



Gambar 3: Konfigurasi pengukuran

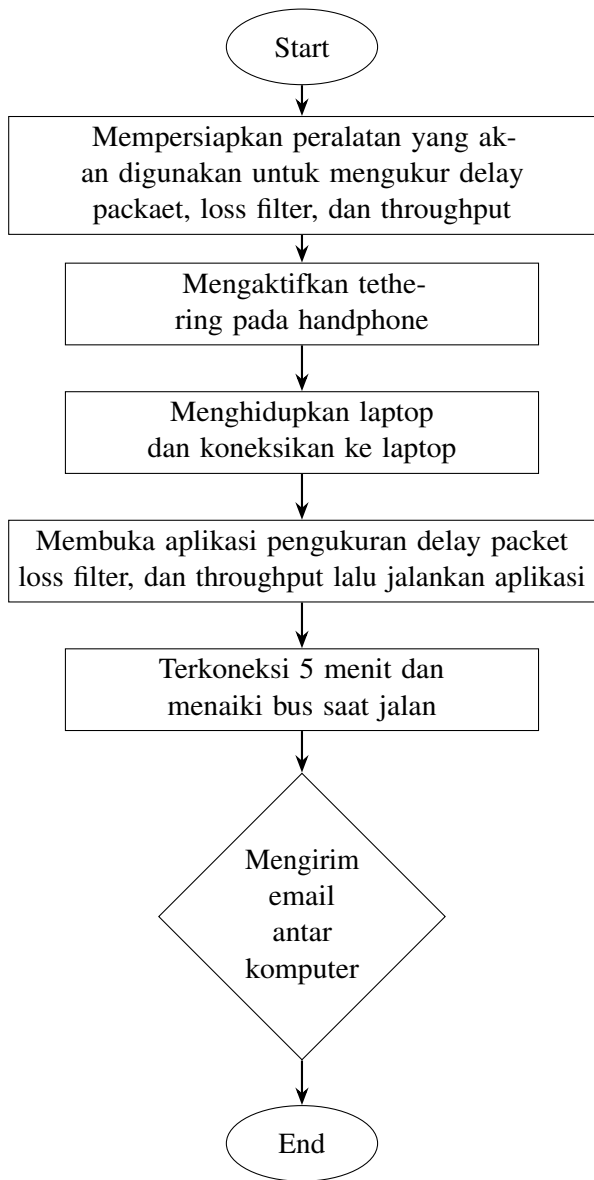
pengukuran delay, packet loss, jitter dan throughput. pengukuran nilai delay, packet loss, jitter dan throughput ini menaiki brt semarang sambil berjalan, untuk mengetahui nilai karakteristik delay, packet loss, jitter dan throughput dari ke tiga provider yang digunakan pada saat pengukuran. Hal ini lantaran delay, packet loss, jitter dan throughput yang diharapkan akan menjadi pertimbangan pengerjaan ITS di Semarang.

III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

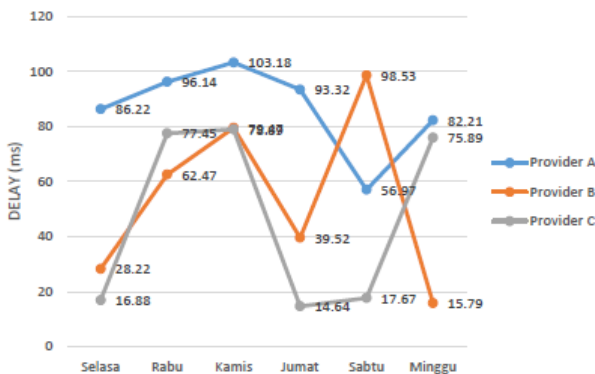
Gambar 5 menunjukkan hasil rata – rata dari pengujian delay selama 6 hari dengan menggunakan aplikasi wireshark dan menaiki BRT Semarang.

Nilai rata – rata delay pada terminal penggaron ke halte balaikota dengan nilai puncak tertinggi terjadi pada hari Kamis yaitu 103,18 ms. Nilay delay untuk pengukuran penggaron ke halte Balaikota dengan provider A tertinggi terjadi yaitu pada hari Kamis dengan nilai 103,18 ms dan terendah terjadi pada hari Sabtu dengan nilai 56,97 ms. Sedangkan untuk provider B tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan nilai 98,53 ms dan nilai terendah yaitu pada hari Minggu dengan nilai 15,79 ms. Untuk provider C nilai tertinggi pada hari Kamis dengan nilai 78,89 ms dan nilai terendah yaitu hari Jumat dengan nilai 14,64 ms. Berdasarkan ketiga provider dalam grafik tersebut yang memiliki nilai rata – rata delay tertinggi dan stabil selama 6 hari terjadi pada provider A, di ikuti dengan provider B, dan terburuk yaitu pada provider C. Berikut hasil beserta rata-ratanya dari perhitungan packet loss selama 6 hari dengan software wireshark dan menaiki BRT Semarang yang sudah dirata-rata:

Nilai tertinggi presentase packet loss pada terminal Penggaron ke halte Balaikota terjadi pada provider

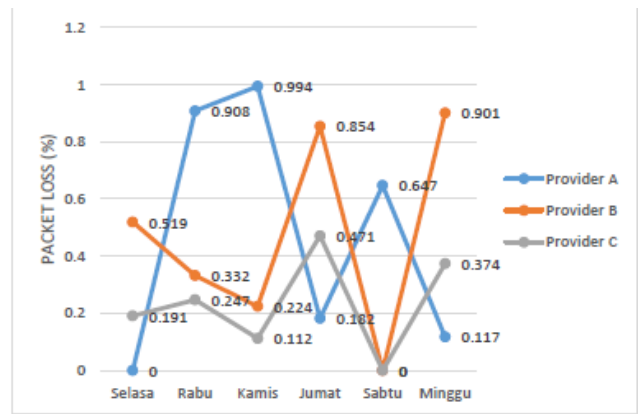


Gambar 4: Alur flowchart pengukuran



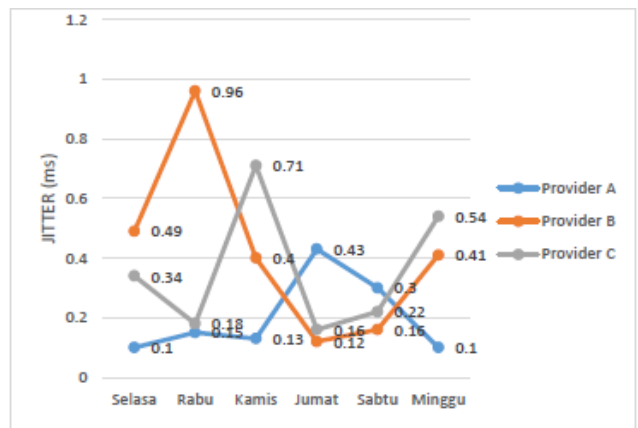
Gambar 5: Grafik Rata-rata Delay

A yaitu pada hari Kamis sebesar 0,994% dan terendah terjadi pada hari Selasa dengan nilai 0%. Pada provider B nilai tertinggi packet loss terjadi pada hari Rabu sebesar 0,901% dan 0% untuk nilai terendah terjadi pada hari Sabtu. Selanjutnya untuk provider C nilai



Gambar 6: Grafik Hasil Perhitungan Packet loss pada terminal Penggaron ke halte Balaikota

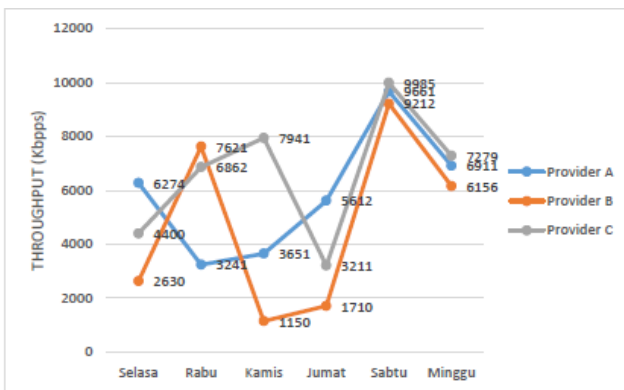
tertinggi terjadi pada hari Jumat dengan nilai packet loss 0,471% dan 0% untuk nilai terendah terjadi pada hari Sabtu. Berdasarkan grafik diatas nilai Packet Loss terendah selama 6 hari terjadi pada provider C , diikuti provider B dan terburuk pada provider A. Berdasarkan Gambar 7, dapat dilihat presentase nilai jitter dari terminal Penggaron ke halte Balaikota dengan 3 provider yaitu provider A,provider B, dan Provider C.



Gambar 7: Grafik Hasil Perhitungan jitter pada terminal Penggaron ke halte Balaikota

Berdasarkan Gambar 8, dapat dilihat presentase nilai throughput dari terminal Penggaron ke halte Balaikota dengan 3 provider yaitu provider A,provider B, dan Provider C.

Pada grafik throughput terminal Penggaron ke halte Balaikota memiliki pola naik turun. Pada provider A nilai throughput tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan nilai 9661 Kbps (Kilobit per second) dan nilai terendah pada hari Rabu dengan nilai throughput 3.241 Kbps. Sedangkan untuk provider B nilai tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan nilai throughput 9212 Kbps dan nilai terendah juga terjadi pada hari Kamis dengan nilai 1150 Kbps. untuk provider C nilai tertinggi terjadi pada hari Sabtu dengan nilai throughput 9985 Kbps dan juga



Gambar 8: Grafik Hasil perhitungan throughput terminal Penggaron ke halte Balaikota

nilai tertinggi di peneliiian di terminal Penggaron ke halte Balaikota untuk nilai terendah juga terjadi pada hari Jumat dengan nilai 3321 Kbps Berdasarkan ketiga provider diatas yang memiliki rata-rata throughput terbaik selama 6 hari terjadi pada provider C kemudian provider B dan terburuk pada provider A.

Pada uji coba kinerja TCP/IP jaringan 4G menggunakan 2 buah laptop dan 2 buah handphone sebagai sumber koneksi internet terhadap ITS yang dilakukan. Pada pengujian TCP/IP ini saling berkomunikasi satu sama lain menggunakan provider berbeda beda, meskipun kurang berimbang. Karena respon time dari masing-masing provider tidak sama, sehingga tiap koneksi akan melakukan pengiriman paket yang memiliki besar yang berbeda-beda. Pada pengujian terhadap ITS yang dilakukan monitoring lalu lintas kota Semarang menggunakan BRT Semarang terdapat kekuatan dan kestabilan jaringan antara kedua provider yang saling berkomunikasi pada saat pengujian tidak sama yang mengakibatkan pergerakan mengirim pesan dan interface lain hanya menunggu jika interface yang bergerak pengiriman pesan mengalami gangguan atau diskoneksi kondisi ini bisa disebut sebagai backup koneksi. Pada pengujian QoS Kinerja TCP/IP baik itu pengujian delay, packet loss, jitter, dan throughput memiliki hasil yang baik sesuai dengan standar penelitian dari TIPHON. Dengan pengujian selama 6 hari dengan 2 buah PC. Pada penelitian ini memiliki kelemahan, yaitu :

1. Ketika 3 provider yang berbeda - beda digunakan memiliki kekuatan sinyal dan respon time yang berbeda, mengakibatkan ketika melakukan pengiriman pesan akan menjadi lebih lambat dari sebelum dilakukannya penyebaran besar paket data menjadi tidak seimbang.
2. Karena sistem ini menggunakan jaringan 4G LTE, kecepatan yang dihasilkan dipengaruhi banyak hal, beberapa diantaranya adalah sinyal dan banyaknya pengguna pada jam sibuk. Sehingga kualitas jaring-

an yang dihasilkan bersifat fluktuatif.

3. Pada saat berjalan menggunakan brt Semarang kecepatan paket yang terkumpul berbeda beda. Pada saat brt terkena macet dengan jalan perlahan maka paket pun memiliki kecepatan rendah dan apabila brt tersebut berhenti di lampu lalu lintas dan juga bergerak dengan kecepatan sedang maka paket pun memiliki kecepatan tinggi.

IV. KESIMPULAN

Sudah ada tiga provider di Semarang yang menggunakan teknologi jaringan 4G. Pada pengukuran nilai delay, packet loss, jitter dan throughput juga digunakan tiga provider dengan jaringan 4G. Pengukuran nilai delay, packet loss, jitter dan throughput dilakukan di Terminal Penggaron ke Halte Balaikota dan Halte Balaikota ke Terminal Penggaron menggunakan BRT Semarang yang sedang berjalan sudah tercover oleh jaringan 4G. Nilai rata-rata pada delay yang diperoleh dari hasil pengukuran Terminal Penggaron ke Halte Balaikota didapat Provider A dengan hasil terbaik sebesar 86,22 ms dan provider B dengan hasil terjelek sebesar 28,22 ms, untuk Halte Balaikota ke Terminal Penggaron didapat Provider A dengan hasil terbaik sebesar 69,25 ms dan Provider B dengan hasil terjelek sebesar 46,83 ms. Nilai rata-rata pada Packet Loss yang diperoleh dari hasil pengukuran Terminal Penggaron ke Halte Balaikota didapat Provider A dengan hasil terbaik sebesar 0,474% dan provider C dengan hasil terjelek sebesar 0,232%, untuk Halte Balaikota ke Terminal Penggaron didapat Provider B dengan hasil terbaik sebesar 0,574% dan Provider A dengan hasil terjelek sebesar 0,236%. Nilai rata-rata pada jitter yang diperoleh dari hasil pengukuran Terminal Penggaron ke Halte Balaikota didapat Provider B dengan hasil terbaik sebesar 0,42 ms dan provider A dengan hasil terjelek sebesar 0,20 ms, untuk Halte Balaikota ke Terminal Penggaron didapat Provider A dengan hasil terbaik sebesar 0,57 ms dan Provider C dengan hasil terjelek sebesar 0,24 ms. Nilai rata-rata pada Throughput yang diperoleh dari hasil pengukuran Terminal Penggaron ke Halte Balaikota didapat Provider C dengan hasil terbaik sebesar 6631 Kbps dan provider B dengan hasil terjelek sebesar 4746,5 Kbps, untuk Halte Balaikota ke Terminal Penggaron didapat Provider B dengan hasil terbaik sebesar 6339,5 Kbps dan Provider A dengan hasil terjelek sebesar 4224,83 Kbps. Penelitian selanjutnya adalah membuat aplikasi pengukuran nilai delay untuk mobile pada smartphone. Penelitian bisa dilakukan pada koridor bis Terminal Penggaron ke Terminal Penggaron, Halte Balaikota Ke Terminal Cangkiran dan koridor bis dari Halte Balaikota ke halte Tawang. Selain itu, . diharapkan menggunakan provider yang lebih banyak lagi

dan bervariasi lagi minimal menggunakan 5 provider.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih disampaikan ke LPPM Universitas Semarang dan LPPM ITTP yang telah mendanai penelitian kolaboratif ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ulfah, "Optimasi jaringan 4g lte (long term evolution) pada kota balikpapan," *Jurnal Ecotipe (Electronic Control Telecommunication Information and Power Engineering)*, vol. 5, no. 2, pp. 1–10, 2020.
- [2] I. Rehman, N. Philip, and R. Istepanian, "Performance Analysis of Medical Video Streaming over 4g and Beyond Small Cells for Indoor and Moving Vehicle (Ambulance) Scenarios," in *Proceedings of the 4th International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare - "Transforming healthcare through innovations in mobile and wireless technologies"*. ICST, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.4108/icst.mobihealth.2014.257415>
- [3] Y. Zhai, X. Xu, B. Chen, H. Lu, Y. Wang, S. Li, X. Shi, W. Wang, L. Shang, and J. Zhao, "5g-Network-Enabled Smart Ambulance: Architecture, Application, and Evaluation," *IEEE Network*, vol. 35, no. 1, pp. 190–196, 1 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/MNET.011.2000014>
- [4] S. C. Yang, "Mobile applications and 4g wireless networks: a framework for analysis," *Campus-Wide Information Systems*, vol. 29, no. 5, pp. 344–357, nov 2 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1108/10650741211275107>
- [5] H. Abid, T. C. Chung, S. Lee, and S. Qaisar, "Performance Analysis of LTE Smartphones-Based Vehicle-to-Infrastructure Communication," in *2012 9th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing and 9th International Conference on Autonomic and Trusted Computing*. IEEE, 9 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/UIC-ATC.2012.155>
- [6] G. Ohta, F. Kamada, N. Teramura, and H. Hojo, "5 GHz W-LAN verification for public mobile applications - Internet newspaper on train and advanced ambulance car," in *2003 International Symposium on VLSI Technology, Systems and Applications. Proceedings of Technical Papers. (IEEE Cat. No.03TH8672)*. IEEE, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/CCNC.2004.1286924>
- [7] A. A. Almazroi, "Performance analysis of 4g broadband cellular networks," *International Journal of ADVANCED AND APPLIED SCIENCES*, vol. 5, no. 9, pp. 12–17, 9 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.21833/IJAAS.2018.09.003>
- [8] A. Karkar, "Smart Ambulance System for Highlighting Emergency-Routes," in *2019 Third World Conference on Smart Trends in Systems Security and Sustainability (WorldS4)*. IEEE, 7 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/WorldS4.2019.8903948>
- [9] E. Navarro, J. Mas, J. Navajas, and C. Alcega, "Performance of a 3g-based mobile telemedicine system," in *CCNC 2006. 2006 3rd IEEE Consumer Communications and Networking Conference, 2006*. IEEE, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/CCNC.2006.1593193>
- [10] T. M. S. Hospitals, "Mengenal fungsi ambulans & perbedaannya dengan mobil jenuh," accessed: 2024-04-06. [Online]. Available: <https://www.siloamhospitals.com/informasi-siloam/artikel/ambulans-bukan-sekadar-transportasi-pasien-ke-rumah-sakit>
- [11] Kemenkes, *Pedoman Teknis Sarana dan Prasarana Rumah Sakit Kelas B*, 2010.
- [12] A. Ahad, M. Tahir, and K. Yau, "5g-based smart healthcare network: Architecture, taxonomy, challenges and future research directions," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 100 747–100 762, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2930628>
- [13] M. Usman, N. Philip, and C. Politis, "5g enabled mobile healthcare for ambulances," in *IEEE Globecom Workshops, GC Wkshps 2019 - Proceedings, 2019*, pp. 1–6. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/GCWkshps45667.2019.9024584>
- [14] S. Dananjayan and G. Raj, "5g in healthcare: how fast will be the transformation?" *Irish Journal of Medical Science*, vol. 190, no. 2, pp. 497–501, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11845-020-02329-w>
- [15] H. Qureshi, M. Manalastas, A. Ijaz *et al.*, "Communication requirements in 5g-enabled healthcare applications: Review and considerations," *Healthcare (Switzerland)*, vol. 10, no. 2, pp. 1–33, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/healthcare10020293>
- [16] A. Ochoa *et al.*, "Smart healthcare applications over 5g networks: A systematic review," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, p. 1469, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/app13031469>
- [17] P. Fan and J. Zhao, "5g high mobility wireless communications: Challenges and solutions," *China Communications*, vol. 2, pp. 1–13, 2016.
- [18] S. Dwi, "Perhitungan wilayah pelayanan ambulans di wilayah kota yogyakarta dan sekitarnya," 2016.
- [19] T. Marins *et al.*, "Fading evaluation in standardized 5g millimeter-wave band," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 67 268–67 280, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3076631>
- [20] P. Tebe *et al.*, "5g-enabled medical data transmission in mobile hospital systems," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 9, no. 15, pp. 13 679–13 693, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3143873>