

Analisis Antrian Lalu Lintas Pada Persimpangan Buah Batu – Soekarno Hatta Bandung

The Queuing Analisis of Traffic at The Intersection of Buah batu – Soekarno Hatta Bandung

^{1*}Erwin Harahap, ¹Yurika Permanasari, ¹FH Badruzzaman, ²Emas Marlina,
¹Didi Suhaedi, ¹M Yusuf Fajar

¹Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Islam Bandung

²Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Bale Bandung

*erwin2h@unisba.ac.id

Abstrak. Antrian panjang kendaraan seringkali ditemukan pada lokasi persimpangan lampu lalu lintas. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya penyebab yang paling utama adalah banyaknya kedatangan kendaraan dan durasi lampu lalu lintas dalam satu siklus. Pada artikel ini diuraikan penelitian mengenai lalu lintas di persimpangan Buah-Batu - Soekarno Hatta. Persimpangan ini merupakan salah satu persimpangan yang paling padat di kota Bandung. Metode pengambilan data dilakukan dengan cara observasi langsung ke jalan raya. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap data yang diperoleh dengan menggunakan teori antrian. Pada penelitian ini gunakan model antrian M/M/1 dimana kedatangan kendaraan diasumsikan melalui proses Poisson dengan waktu layanan pada lampu lalu lintas diasumsikan berdistribusi eksponensial.

Kata kunci: lalu lintas, persimpangan, pemodelan, lampu merah, model antrian.

Abstract. Long queues of vehicles are often found at the location of traffic lights. This can be caused by several factors, including the most important cause is the number of vehicle arrivals and the duration of traffic lights in one cycle. In this article a study of traffic at the intersection of Buah-Batu - Soekarno Hatta is described. This intersection is one of the most congested intersections in the city of Bandung. The method of data retrieval is done by direct observation to the highway. Furthermore, an analysis of the data obtained using queuing theory is carried out. In this study use the M/M/1 queue model where the arrival of vehicles is assumed through a Poisson process with the service time at the traffic lights assumed to be exponentially distributed.

Keywords: traffic, intersection, modeling, queueing model.

1. Pendahuluan

Jumlah kendaraan di kota-kota besar di Indonesia semakin meningkat tiap tahunnya. Hal ini tidak sebanding dengan ketersediaan kapasitas jalan raya yang mengakibatkan pada padatnya lalu lintas dan terjadi kemacetan di berbagai tempat [1]. Melihat dari kondisi tersebut, diperlukan solusi yang efektif untuk memecahkan permasalahan kemacetan lalu lintas, dimana salah satunya adalah dengan peningkatan manajemen lampu lalu lintas di persimpangan [2]. Lampu lalu lintas secara umum dipergunakan untuk mengatur lalu lintas disetiap jalur untuk bergerak secara bergiliran agar tidak terjadi kemacetan. Namun seringkali muncul permasalahan dimana pengaturan durasi waktu lalu lintas yang tidak tepat dapat menyebabkan antrian kendaraan yang sangat panjang [3]. Oleh sebab itu, perlu disusun sebuah model untuk mengatur durasi lampu merah agar tidak terjadi peningkatan jumlah antrian pada persimpangan lalu lintas [22].

Dalam paper ini akan diuraikan model antrian kendaraan di salah satu persimpangan di Kota Bandung yang setiap harinya selalu menimbulkan antrian kendaraan yang cukup panjang, yaitu persimpangan lalu lintas Buah Batu - Soekarno Hatta (BS). Berdasarkan pengamatan, situasi lalu lintas

paling padat di lokasi ini terjadi umumnya pada hari sabtu atau sebelum hari libur. Durasi waktu satu siklus lampu lalu lintas didefinisikan sebagai lamanya waktu menyala lampu merah hingga akhir menyala lampu hijau. Pola kedatangan kendaraan digunakan diasumsikan mengikuti proses Poisson dengan waktu layanan berdistribusi eksponensial. Model antrian ini dikenal dengan model M/M/1, yaitu kedatangan dan hambatan kendaraan merupakan kejadian stokastik dengan melalui satu sistem layanan [4-7].

Berbagai kajian dan penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas lalu lintas, dimana salah satunya adalah kelancaran perjalanan tanpa kemacetan. Analisis lalu lintas di jalan raya sangat mirip kajiannya dengan analisis lalu lintas paket data atau Internet, sehingga seringkali berapa metode manajemen lalu lintas data diterapkan pada manajemen lalu lintas jalan raya [8-13]. Kajian melalui simulasi dipandang lebih efektif, karena dapat memprediksi kejadian lalu lintas dilapangan disertai dengan rekayasa [14-16]. Beberapa jenis rekayasa yang dapat diterapkan diantaranya adalah sistem penyeimbangan beban (*load balancing*) [15,17], ganjil genap [18], penyempitan satu jalur, *electronic road pricing* (ERP) [19], atau pengurangan penggunaan kendaraan melalui kerjasama transportasi online.

2. Landasan Teoritis

Sistem antrian dapat dideskripsikan sebagai kedatangan kendaraan kemudian mengantri karena terdapat hambatan dan akhirnya meninggalkan antrian. Pola kedatangan adalah salah satu unsur dasar pada model antrian. Pola kedatangan kendaraan dapat dipandang dari waktu antar kedatangan dua kendaraan yang berurutan (*interarrival time*) yang dapat bersifat deterministik ataupun stokastik. Pola kedatangan dikatakan deterministik apabila tetap atau tidak berubah sedemikian sehingga dapat ditentukan waktu kedatangan diantara tiap kendaraan. Kedatangan deterministik berakibat pada panjang antrian yang tetap. Pola kedatangan lainnya adalah pola stokastik, dimana waktu kedatangan antar kendaraan adalah tidak tetap atau tidak pasti dan dapat dicari dengan suatu formula tertentu berdasarkan pada suatu nilai distribusi. Dengan pola kedatangan yang tidak tetap terhadap waktu, maka panjang antrian juga tidak tetap.

Pelayanan (*server*) pada sistem antrian hal jumlah layanan dapat dibagi kedalam dua kategori, yaitu pelayanan tunggal atau jamak. Jumlah layanan tergantung pada banyaknya kedatangan kendaraan. Contoh otentik adalah antrian kendaraan pada pintu jalan tol. Jika jumlah kedatangan rendah, maka cukup digunakan satu layanan pintu. Namun apabila terjadi kedatangan yang tinggi, agar tidak menimbulkan antrian panjang, maka pintu layanan harus bekerja lebih cepat. Dilain pihak, jika kecepatan layanan memiliki rata-rata tertentu, maka untuk menghindari antrian kendaraan, dapat dibuka pintu layanan lainnya dimana jumlah layanan disesuaikan dengan jumlah kedatangan.

Pada penelitian ini diasumsikan antrian lalu lintas mengikuti model antrian M/M/1, yaitu sistem antrian Markov dimana kedatangan dan layanan kendaraan dikatakan stabil dengan rata-rata tertentu. Kedatangan kendaraan diasumsikan mengikuti proses Poisson, waktu layanan diasumsikan mengikuti distribusi eksponensial, dan diasumsikan menggunakan layanan tunggal. Karakteristik dari sistem antrian Markov adalah *ergodic*, yaitu akan memiliki karakteristik yang sama pada rentang waktu yang cukup panjang, dan sistem antrian berada pada kondisi *steady state*. Kedatangan kendaraan dilambangkan dengan variabel λ , dan layanan adalah μ [20] [21].

Pada model M/M/1, rata-rata jumlah kendaraan (N) didalam sistem dirumuskan sebagai

$$N = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad \dots\dots\dots (1)$$

dimana ρ adalah *utilization* atau tingkat kepadatan kendaraan dengan rentang nilai diantara 0 dan 1. Untuk model M/M/1, nilai ρ harus kurang dari 1. Rata-rata waktu kendaraan menunggu dalam sistem (T) dirumuskan sebagai

$$T = \frac{N}{\lambda} = \frac{1}{\mu - \lambda} \dots\dots\dots (2)$$

dan rata-rata jumlah kendaraan dalam sistem dirumuskan dengan

$$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \dots\dots\dots (3)$$

3. Metode

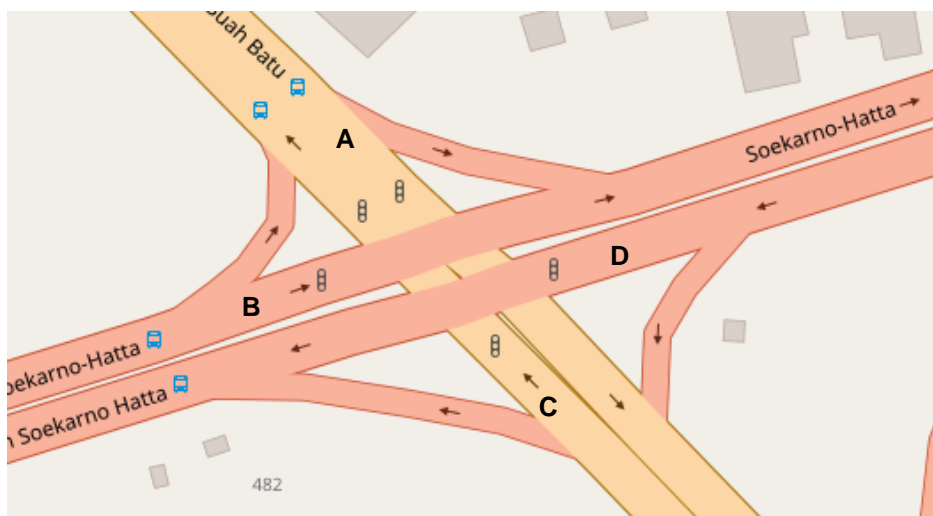
Data yang akan dibahas pada penelitian ini adalah diperoleh melalui observasi di lapangan, tepatnya di persimpangan jalan Buah Batu – Soekarno Hatta (BS). Data durasi lampu lalu lintas satu siklus diambil dari empat ruas jalan. Durasi lampu merah dan lampu hijau diperoleh dalam satuan waktu detik. Dalam penelitian ini, lampu kuning diperhitungkan sebagai lampu hijau karena sifatnya sebagai peringatan terhadap perubahan warna, dan juga karena pada saat lampu Kuning, kendaraan tetap bergerak hingga menyala lampu merah.

Variabel lainnya yang dikumpulkan di persimpangan lalu lintas BS adalah kedatangan kendaraan, banyak kendaraan dalam antrian, dan banyaknya kendaraan yang keluar dari keempat ruas jalan.

4. Pembahasan

4.1 Durasi lampu lalu lintas satu siklus

Persimpangan BS, ditunjukkan pada Gambar 1, dimana masing-masing ruas jalan diberi nama ruas A, B, C, dan D. Ruas A dan B memiliki dua lajur, sedangkan ruas C dan D memiliki tiga lajur kendaraan. Persimpangan BS dipilih sebagai objek penelitian karena menurut pengamatan penulis, persimpangan BS sangat padat dan seringkali menimbulkan antrian kendaraan yang cukup panjang.



Gambar 1. Persimpangan Jl. Buah Batu (A dan C) – Soekarno Hatta (B dan D)

Antrian kendaraan juga tidak seimbang, dimana pada satu ruas jalan antrian sangat panjang, sementara pada ruas lain antrian kendaraan tidak terlalu panjang. Kondisi ini menjadi dasar untuk menganalisis situasi di persimpangan BS untuk dianalisis, apa sebenarnya penyebab dari panjangnya antrian kendaraan, terutama pada hari sabtu atau menjelang hari libur. Pengamatan pertama adalah pada lampu lalu lintas. Tabel 1 menunjukkan rata-rata durasi waktu lampu lalu lintas di persimpangan BS. Pengamatan difokuskan pada lampu merah dan hijau.

Tabel 1
Durasi Lampu Lalu Lintas Satu Siklus Mengacu Pada Gambar 1
(dalam menit)

Ruas Jalan	Lampu Merah	Lampu Hijau
A	5,22	3.8
B	11.65	1.35
C	5.22	7.85
D	9.2	3.87

Tabel 2
Rata-rata keberangkatan kendaraan keluar dari perempatan saat siklus lampu hijau

Ruas Jalan	Jumlah kendaraan keluar antrian
A	131
B	213
C	258
D	188

Tabel 3
Rata-rata Jumlah kendaraan didalam sistem antrian

Ruas jalan	Kendaraan dalam antrian
A	27
B	84
C	102
D	36

Pada Tabel 2 dan 3, dilakukan asumsi jumlah kendaraan sebagai berikut: Satuan kendaraan diasumsikan sebagai ukuran kendaraan minibus jenis Toyota Avanza (TA). Truk dan bus yang berukuran besar dihitung sebagai 2 hingga 3 TA. Untuk kendaraan roda dua, 1 TA mewakili 6 kendaraan roda 2. Pada Tabel 2, panjang antrian dihitung berdasarkan pada jumlah kendaraan mengantri dalam satu lajur. Dengan demikian, untuk menentukan jumlah total kendaraan didalam sistem pada tiap ruas jalan adalah hasil kali panjang antrian dengan kapasitas lajur masing-masing ruas jalan.

4.2 Rata-rata waktu menunggu dalam antrian

Rata-rata laju kedatangan kendaraan (λ) diasumsikan mengikuti proses Poisson dengan waktu antar kedatangan terdistribusi secara eksponensial. Begitu pula rata-rata layanan (μ) diasumsikan terdistribusi secara eksponensial. Berdasarkan data yang diperoleh di jalan raya, yang dituangkan pada Tabel 1, 2 dan 3, dapat ditentukan lama waktu menunggu dalam antrian. Hal ini dilakukan dengan kalkulasi menggunakan persamaan (1) hingga (3).

Dengan demikian, diketahui bahwa total waktu lampu lalu lintas dalam satu siklus berturut-turut untuk ruas jalan *A*, *B*, *C*, dan *D*, adalah 9.02, 13, 13.07, dan 13.07. Semua siklus waktu dihitung dalam satuan menit. Selanjutnya, dengan menggunakan jumlah keberangkatan kendaraan pada masing-masing ruas jalan, dibagi dengan masing-masing total waktu satu siklus, diperoleh rata-rata layanan atau rata-rata jumlah kendaraan keluar dari sistem antrian (μ) per menit, yaitu

$$\begin{aligned}\mu_A &= 14.52 \\ \mu_B &= 6.46 \\ \mu_C &= 19.74 \\ \mu_D &= 14.38\end{aligned}\quad \dots\dots\dots (4)$$

Selanjutnya dengan menggunakan Tabel 3 akan ditentukan rata-rata laju kedatangan kendaraan, dimana berdasarkan pada persamaan (3) diperoleh

$$Q_i = \frac{\lambda_i^2}{\mu_i(\mu_i - \lambda_i)} \quad \text{dimana } i = A, B, C, D$$

Manipulasi rumus sedemikian sehingga diperoleh

$$\begin{aligned}\lambda_A &= 14.41 \\ \lambda_B &= 6.42 \\ \lambda_C &= 19.66 \\ \lambda_D &= 14.30\end{aligned}\quad \dots\dots\dots (5)$$

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2), akan dicari rata-rata waktu menunggu tiap kendaraan pada masing-masing ruas jalan didalam sistem perempatan lampu lalu lintas (T) dalam satuan menit, yaitu

$$T_i = \frac{1}{\mu_i - \lambda_i} \quad \text{dimana } i = A, B, C, D$$

dengan menginputkan nilai-nilai λ dan μ pada persamaan (4) dan (5), diperoleh

$$\begin{aligned}T_A &= 9.15 \\ T_B &= 26.64 \\ T_C &= 13.18 \\ T_D &= 13.14\end{aligned}\quad \dots\dots\dots (6)$$

Berdasarkan hasil pada persamaan 6, diperoleh data rata-rata waktu menunggu kendaraan didalam sistem antrian, yaitu ruas jalan *A* adalah 9.15 menit, ruas jalan *B* adalah 26.64 menit, ruas jalan *C* adalah

13.18 menit, dan ruas jalan *D* adalah 13.14 menit. Dalam hal ini, ruas jalan *B* memiliki rata-rata waktu menunggu yang sangat tinggi.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perhitungan menggunakan teori antrian dengan asumsi model $M/M/1$, dapat disimpulkan bahwa hasil data paling akhir yaitu rata-rata waktu menunggu didalam sistem adalah tidak adil atau tidak merata. Ruas jalan *B* memiliki rata-rata waktu menunggu 26,64 menit untuk dapat keluar dari persimpangan dan melanjutkan perjalanan. Hal ini sangat kontras jika dibandingkan dengan antrian pada ruas jalan lainnya, dimana pada ruas jalan *A* memiliki rata-rata waktu menunggu selama 9,15 menit, ruas jalan *C* 13,18 menit, dan ruas jalan *D* 13,14 menit. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa setting siklus waktu lampu lalu lintas di persimpangan Buah Batu – Soekarno Hatta perlu disesuaikan agar terdapat keadilan waktu menunggu untuk setiap ruas jalan.

Saran untuk penelitian lebih lanjut adalah menemukan metode yang tepat untuk menentukan siklus waktu lampu merah dan lampu hijau pada persimpangan lampu lalu lintas, sehingga dapat diperoleh pembagian waktu yang adil dan merata pada setiap ruas jalan.

Referensi

- [1] Rakyat Merdeka Online, "ATASI KEMACETAN, PEMERINTAH HARUS BERANI BATASI KENDARAAN," Kantor Berita Politik RMOL.co, 22 September 2016. [Online]. Available: <http://rmol.co>. [Accessed 15 September 2017].
- [2] Eko Supriyadi, Ichsan Emerald Alamsyah, "IBM Dapat Paten AI Pengontrol Lampu Lalu Lintas," 18 Mei 2018. [Online]. Available: <https://trendtek.republika.co.id>.
- [3] A. Fadil, "Mahasiswa Teknik Elektro ITB Buat Teknologi Smart Traffic Management System," 2 Juli 2018. [Online]. Available: <https://www.itb.ac.id>.
- [4] E Harahap et. al., "Improving Road Traffic Management by A Model-Based Simulation," in IEEE International Conference on Science and Technology (ICST 2018), Yogyakarta, Indonesia, 2018.
- [5] E Harahap, A Harahap, A Suryadi, D Darmawan, R Ceha, "LINTAS: Sistem simulasi lalu lintas menggunakan SimEvents MATLAB," Jurnal Ilmiah Informatika dan Komputer (ISSN: 2339-188X), vol. 10, no. 1, pp. 8-16, 2018.
- [6] E Harahap, J Wijekoon, R Tennekoon, F Yamaguchi, H Nishi, "Router-based request redirection management for a next-generation content distribution network," in GC13 WS - MENS: Globecom 2013 Workshop, Atlanta, USA, 2013.
- [7] E. Harahap, F. H. Badruzzaman and M. Y. Fajar, "Model dan Simulasi Sistem Transportasi Dengan Teori Antrian," Matematika - Jurnal Teori dan Terapan Matematika, vol. 15, no. 1, 2016.
- [8] E. Harahap, J. Wijekoon, R. Tennekoon, F. Yamaguchi, S. Ishida and H. Nishi, "A router-based management system for prediction of network congestion," in Advanced Motion Control (AMC), 2014 IEEE 13th International Workshop on, Yokohama, Japan., 2014.
- [9] E. Harahap, J. Wijekoon, R. Tennekoon, F. Yamaguchi, S. Ishida and H. Nishi, "Modeling of Router-based Request Redirection for Content Distribution Network," International Journal of Computer Applications (IJCA), vol. 76, no. 13, pp. 37-46, 2013.
- [10] E. Harahap, J. Wijekoon, R. Tennekoon, F. Yamaguchi and H. Nishi, "Router-based request redirection management for a next-generation content distribution network," in Globecom Workshops (GC Wkshps), 2013 IEEE, Atlanta, USA., 2013.
- [11] R Tennekoon, J Wijekoon, E Harahap, H Nishi, "Per-hop data encryption protocol for transmitting data securely over public networks," Procedia Computer Science, vol. 32, pp. 965-972, 2014.
- [12] R Tennekoon, J Wijekoon, E Harahap, H Nishi, E Saito, S Katsura, "Per hop data encryption protocol for transmission of motion control data over public networks," in IEEE 13th International Workshop on Advanced Motion Control (AMC), Yokohama, Japan., 2014.

- [13] J Wijekoon, R Tennekoon, E Harahap, H Nishi, "Service-oriented router module implementation on ns-3," in SIMUTOOLS 2014: The 7th International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques, 2014.
- [14] E. Harahap, A. A. Nurrahman and D. Darmawan, "A Modeling Approach For Event-Based Networking Design Using MATLAB-SimEvents," in International Multidisciplinary Conference (IMC) 2016, Jakarta, Indonesia, 2016.
- [15] E. Harahap, I. Sukarsih, H. Farid and M. Y. Fajar, "Model Antrian Dengan Pengalihan Dinamis untuk Mengurangi Kemacetan Jalan Raya," ETHOS (Jurnal Penelitian dan Pengabdian), vol. 5, no. 2, pp. 182-185, 2017.
- [16] E. Harahap, I. Sukarsih, G. Gunawan, M. Y. Fajar, D. Darmawan and H. Nishi, "A Model-Based Simulator for Content Delivery Network using SimEvents MATLAB-Simulink," INSIST: International Series on Interdisciplinary Science and Technology, vol. 1, no. 1, pp. 30-33, 2016.
- [17] E. Harahap, A. Suryadi, Ridwan, D. Darmawan and R. Ceha, "Efektifitas Load Balancing Dalam Mengurangi Kemacetan Jalan Raya," Matematika: Teori dan Terapan Matematika, vol. 16, no. 2, 2017.
- [18] P. K. Putri, "Uji Coba Ganjil-Genap di Pancoran, Macet Berkurang 25 Persen," Detik News, 18 Juli 2018. [Online]. Available: <https://news.detik.com>.
- [19] M. F. U. Haq, "Sempat Direncanakan Besok, Uji Coba ERP Ditunda," Detik News, 13 November 2018. [Online]. Available: <https://news.detik.com>.
- [20] Gunter Bolch, Stefan Greiner, Hermann de Meer, Kishor S. Trivedi, Queueing Networks and Markov Chains 2nd, New Jersey, USA.: John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [21] Ng Chee-Hock, Soong Boon-Hee, Queueing Modelling Fundamentals 2nd, Sussex, England.: John Wiley & Sons Ltd., 2008.
- [22] R Fadhillah, I Sukarsih, E Harahap, "Simulasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas Menggunakan Fuzzy Inference System Metode Mamdani pada MATLAB", Prosiding Matematika SPeSIA Universitas Islam Bandung Vol 2 No 2, 2016. h.172-179.