

Karakteristik Lalu Lintas Kendaraan Menggunakan Algoritma YOLOv3 dan Model Antrean M/M/1

Haris Dhaifullah^{*}, Erwin Harahap, M. Yusuf Fajar

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Bandung, Indonesia.

^{*}haris.dhaifullah@gmail.com, erwin2h@unisba.ac.id, myusuffajar@unisba.ac.id

Abstract. Congestion is still one of the biggest problems in Indonesia until today, especially in big cities. Congestion can be caused by many things, including the lack of public transportation facilities, the large number of residents who have private vehicles, to the unsystematic traffic system. Congestion often occurs at intersections that are meeting points for vehicles from and to the city center, one of which is the Pasteur intersection in Bandung City. In this study, the process of collecting and processing traffic condition data at the Pasteur intersection will be carried out automatically and systematically to obtain traffic characteristics in the area. The queuing model used in this study is the M/M/1 model. This study uses the YOLOv3 Algorithm to help read and retrieve data on the number of vehicles leaving the queue from available traffic videos. The data obtained will then be processed using the M/M/1 queue model to obtain information about traffic characteristics at the Pasteur intersection, starting from vehicle service average data, vehicle arrival rates, percentage of traffic density levels, and other data. other. The information is expected to assist the authorities in the decision-making process regarding the traffic systematization in the area.

Keywords: *Congestion, M/M/1, Pasteur Intersection, YOLOv3 Algorithm.*

Abstrak. Hingga saat ini, kemacetan masih menjadi salah satu problem terbesar di Indonesia terutama di kota-kota besar. Kemacetan dapat disebabkan oleh banyak hal di antaranya karena kurangnya sarana transportasi umum, banyaknya penduduk yang memiliki kendaraan pribadi, hingga sistem lalu lintas yang belum sistematis. Kemacetan sering kali terjadi di persimpangan-persimpangan yang menjadi titik pertemuan kendaraan dari dan menuju pusat kota, salah satunya pada persimpangan Pasteur di Kota Bandung. Pada penelitian kali ini, akan dilakukan proses pengambilan dan pengolahan data keadaan lalu lintas pada persimpangan Pasteur secara otomatis dan sistematis untuk mendapatkan karakteristik lalu lintas di daerah tersebut. Model antrean yang digunakan pada penelitian kali ini adalah model M/M/1. Penelitian ini menggunakan Algoritma YOLOv3 untuk membantu membaca dan mengambil data jumlah kendaraan yang meninggalkan antrean dari video lalu lintas yang tersedia. Data-data yang diperoleh kemudian akan diolah menggunakan model antrean M/M/1 sehingga didapatkan informasi-informasi mengenai karakteristik lalu lintas di persimpangan Pasteur, mulai dari data rata-rata pelayanan kendaraan, laju kedatangan kendaraan, persentase tingkat kepadatan lalu lintas, dan data-data lainnya. Informasi tersebut diharapkan dapat membantu pihak-pihak yang berwenang dalam proses pengambilan keputusan mengenai sistematika lalu lintas di daerah tersebut.

Kata Kunci: *Kemacetan, M/M/1, Persimpangan Pasteur, Algoritma YOLOv3.*

A. Pendahuluan

Berdasarkan publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) dengan judul Statistik Indonesia 2021 (*Statistical Yearbook of Indonesia 2021*), jumlah penduduk Indonesia yakni sebanyak 270.203.900 jiwa pada tahun 2020. Angka tersebut lebih tinggi sekitar 1,25% dengan tahun 2010 yang berjumlah 237.641.300 jiwa. Meningkatnya populasi di Indonesia mengakibatkan naiknya jumlah transportasi. Transportasi itu sendiri terbagi menjadi transportasi laut, transportasi udara dan transportasi darat. Transportasi darat merupakan transportasi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat di Indonesia. Transportasi darat meliputi kereta api, kendaraan bermotor dan kendaraan tak bermotor. Kendaraan bermotor merupakan kendaraan yang dioperasikan oleh peralatan teknik yang ada pada kendaraan tersebut. Sedangkan kendaraan tak bermotor merupakan kendaraan yang murni dioperasikan oleh manusia atau hewan. Kendaraan yang termasuk dalam kelompok kendaraan bermotor seperti sepeda motor, mobil penumpang, mobil bus, dan mobil truk.

Jumlah kendaraan di Indonesia pada tahun 2020 berdasarkan data dari BPS telah mencapai 136 juta unit. Dari jumlah total kendaraan tersebut, motor mendominasi jumlah kendaraan dengan 81,35% atau 105,2 juta unit. Kemudian dilanjutkan mobil penumpang dengan 11,27% atau 14,58 juta unit, kendaraan mobil barang atau truk sebesar 5,46% atau 7,06 juta unit, dan bus sebesar 1,92% atau 2,46 juta unit. Untuk kota Bandung sendiri, data BPS dalam Statistik 2021 (*Statistical Yearbook of Indonesia 2021*) menyatakan jumlah kendaraan pada tahun 2020 mencapai 3.976.235 unit kendaraan, meningkat 5,92% sejak tahun 2015. Meningkatnya volume jumlah kendaraan di kota Bandung mengakibatkan meningkatnya persentase terjadinya kemacetan di berbagai wilayah di kota Bandung.

Salah satu pemicu kemacetan di kota Bandung adalah karena kota Bandung merupakan jalur perlintasan kendaraan antar kabupaten dan kota di provinsi Jawa Barat. Semakin tingginya volume kendaraan berdampak pada semakin tinggi pula tingkat kemacetan terutama di daerah-daerah tertentu seperti penumpukan kendaraan pada lokasi persimpangan lampu lalu lintas. Sistem pendukung lalu lintas seperti lampu hijau, merah, dan kuning dengan durasi yang belum optimal juga menjadi penyebab lainnya terjadinya kemacetan pada persimpangan lalu lintas.

Salah satu persimpangan lampu lalu lintas yang sering kali mengalami penumpukan kendaraan di kota Bandung adalah persimpangan Pasteur arah keluar pintu Tol Pasteur. Penyebab padatnya kendaraan pada persimpangan tersebut karena merupakan salah satu pintu masuk dan keluar dari kota Bandung. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai proses pengambilan data secara otomatis dengan bantuan Algoritma YOLOv3 pada persimpangan Pasteur dari video lalu lintas yang tersedia.[1] Data yang diambil adalah data jumlah kendaraan yang meninggalkan antrean pada persimpangan tersebut. Antrean lalu lintas diasumsikan mengikuti model antrean M/M/1, di mana laju kedatangan dan rata-rata pelayanan kendaraan dianggap stabil dengan rata-rata tertentu. Data yang diperoleh kemudian akan diolah menggunakan model antrean M/M/1 untuk mendapatkan data karakteristik lalu lintas pada persimpangan tersebut. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam proses pengambilan keputusan terkait sistematisa lalu lintas di daerah tersebut.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data jumlah kendaraan yang melintasi persimpangan Pasteur (Jl. Dr. Djundjuna) arah pintu keluar Tol Pasteur Kota Bandung Provinsi Jawa Barat. Penelitian ini menggunakan data primer, dan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah kendaraan yang melintasi jalur masuk menuju kota Bandung di persimpangan Pasteur pada tanggal 21 Juni 2022 pukul 15:16 – 15:24 WIB menggunakan video lalu lintas yang tersedia.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah kendaraan yang melintasi jalur masuk menuju kota Bandung pada persimpangan Pasteur. Data tersebut didapatkan berdasarkan hasil identifikasi objek melalui video lalu lintas yang tersedia menggunakan algoritma YOLOv3. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah durasi satu siklus lampu lalu lintas mulai dari durasi lampu hijau hingga lampu merah, waktu menunggu di dalam sistem, dan jumlah keberangkatan kendaraan saat siklus lampu hijau. Penelitian ini akan menggunakan

model antrean M/M/1 *Markov Chain* untuk mengolah data yang diperoleh sehingga didapatkan karakteristik lalu lintas kendaraan pada persimpangan Pasteur.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Data yang dapat diamati dan diambil dari suatu video keadaan lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang keluar dari sistem antrean saat lampu hijau. Algoritma YOLOv3 akan membantu mendeteksi objek-objek kendaraan roda empat. Mula-mula, penulis memberikan garis penanda berwarna merah untuk mendeteksi jumlah kendaraan.

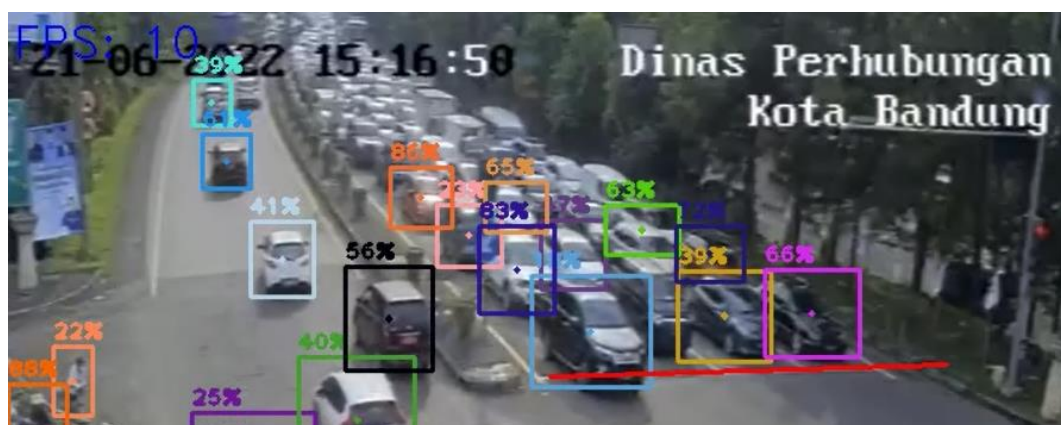
Tabel 1. Syntax lokasi garis untuk mendeteksi perpotongan

```
# -----
# Lokasi garis untuk mendeteksi perpotongan
# -----
line_lampumerah = [(360,242), (624,234)]
line_lampuhijau = [(345,242), (639,234)]
```

Tabel 2. Syntax objek kendaraan

```
# Jalankan jika ada obyek terdeteksi
if intersect(p0, p1, line_x_digunakan, line_y_digunakan):
    detected_class = yolo.counter(p0,out_class, midPoint)

# Deteksi jenis obyek dan tambahkan jika berupa kendaraan
if detected_class == 'Mobil' or 'Bus' or 'Truk':
    jumlah_kendaraan += 1
    array_jumlah_kendaraan.append(jumlah_kendaraan)
else:
    kendaraan_lain += 1
```

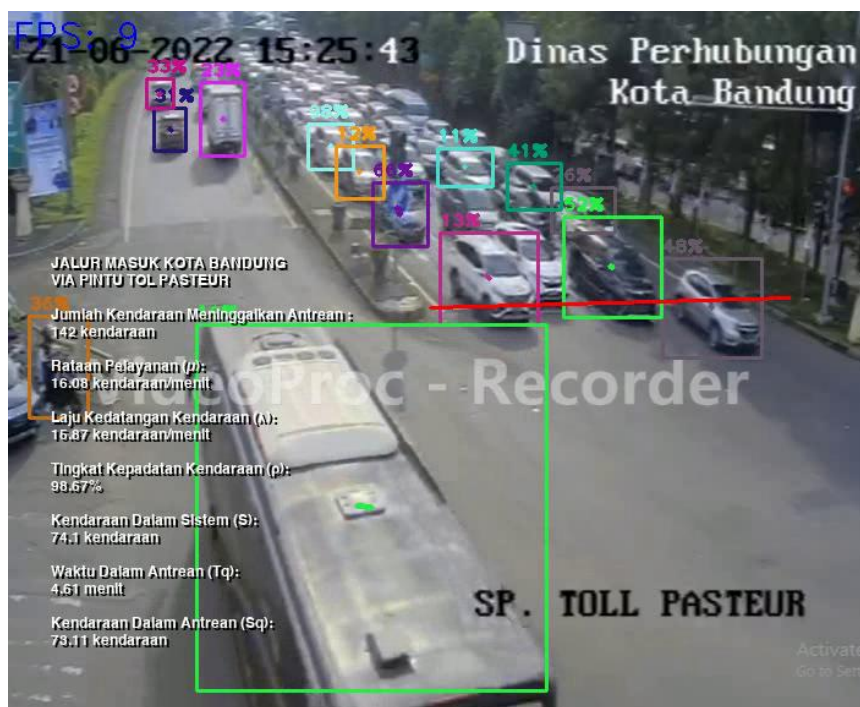


Gambar 1. Garis Penanda (Warna Merah)

Pada gambar di atas, saat titik *anchor* dari objek-objek kendaraan roda empat berpotongan dengan garis penanda, maka program akan memasukkan nilai banyaknya objek tersebut ke dalam variabel jumlah kendaraan yang telah dideklarasikan sebelumnya.



Gambar 2. Output Data Jumlah Kendaraan (Siklus Hijau Pertama)



Gambar 3. Output Data Jumlah Kendaraan (Siklus Hijau Kedua)

Berdasarkan pengambilan data dari video seperti yang ditampilkan oleh beberapa gambar di atas, didapatkan data jumlah kendaraan yang meninggalkan sistem selama dua siklus lampu hijau adalah 141 kendaraan. Jadi, secara rata-rata terdapat 70 kendaraan yang meninggalkan sistem setiap satu siklus lampu lalu lintas.

Durasi lampu hijau bisa didapatkan dengan cara menghitung selisih waktu antara nilai variabel *start hijau* dengan *start merah*. Nilai tersebut kemudian akan diinput ke dalam variabel

durasi lampu hijau. Hal yang sama juga dilakukan untuk mendapatkan nilai durasi lampu merah. Nilai rata-rata kendaraan yang meninggalkan sistem antrean kemudian dapat dihitung dengan cara mencari hasil pembagian antara data nilai jumlah kendaraan yang meninggalkan sistem dengan data nilai penjumlahan durasi lampu hijau dan durasi lampu merah.

$$\begin{aligned}\text{Durasi Lampu Lalu Lintas (Satu Siklus)} &= \text{Durasi Hijau} + \text{Durasi Merah} \\ &= 71 + 191 = 262 \text{ detik} \approx 4,37 \text{ menit} \\ \mu &= \frac{\text{Jumlah Kendaraan Keluar Antrean}}{\text{Durasi Lampu Lalu Lintas}} = \frac{70}{4,37} = 16,02 \text{ kendaraan/menit}\end{aligned}$$

Data laju kedatangan kendaraan ke dalam sistem tidak dapat terdeteksi melalui proses pengamatan video yang dilakukan program. Oleh karena itu, data tersebut didapatkan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus rata-rata waktu menunggu kendaraan di dalam sistem (T). Data nilai T didapatkan dengan memanfaatkan bantuan aplikasi *Google Maps*. Dari *Google Maps*, didapatkan bahwa rata-rata nilai T di persimpangan Pasteur pada waktu yang sesuai dengan video yang diamati adalah sebesar $T = 4,67$ menit/kendaraan. Menggunakan data tersebut, kita dapat menghitung laju kedatangan kendaraan yakni:

$$\begin{aligned}T &= \frac{1}{\mu - \lambda} \\ \lambda &= \mu - \frac{1}{T} = 16,02 - \frac{1}{4,67} \\ \lambda &= 16,02 - 0,21 \\ \lambda &= 15,81 \text{ kendaraan/menit}\end{aligned}$$

Tingkat kepadatan kendaraan (ρ) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{15,81}{16,02} \\ &= 0,9866 \\ &= 98,66\%\end{aligned}$$

Nilai dari rata-rata kendaraan yang berada di dalam sistem (S) dapat dihitung dengan cara:

$$\begin{aligned}S &= \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \\ &= \frac{15,81}{16,02 - 15,81} \\ &= 73,85 \text{ kendaraan}\end{aligned}$$

Rata-rata waktu kendaraan menunggu di dalam antrean (T_q) dapat dihitung dengan cara:

$$\begin{aligned}T_q &= \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \\ &= \frac{15,81}{16,02(16,02 - 15,81)} \\ &= 4,61 \text{ menit}\end{aligned}$$

Jumlah rata-rata kendaraan yang berada di dalam antrean (S_q) adalah banyaknya kendaraan yang mengantre dalam satu siklus lalu lintas. Nilai dari (S_q) adalah:

$$\begin{aligned}S_q &= \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \\ &= \frac{(15,81)^2}{16,02(16,02 - 15,81)} \\ &= 72,8 \text{ kendaraan}\end{aligned}$$

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis mendapatkan beberapa kesimpulan. Yang pertama, jumlah kendaraan yang meninggalkan sistem antrean lalu lintas selama dua siklus lampu lalu lintas adalah 141 kendaraan. Jadi, secara rata-rata terdapat 70 kendaraan yang meninggalkan sistem antrean setiap satu siklus lampu lalu lintas. Algoritma YOLOv3 dapat digunakan untuk membantu memperoleh data yang dibutuhkan melalui proses pengamatan dan identifikasi objek kendaraan di dalam video dengan hasil yang cukup baik.

Yang kedua, karakteristik antrean lalu lintas di persimpangan Pasteur pada waktu tersebut cukup padat. Dari hasil pengolahan data, didapatkan bahwa nilai rata-rata pelayanan

kendaraan pada waktu tersebut adalah sekitar 16 sampai 17 kendaraan setiap menitnya. Menggunakan data tersebut, didapatkan pula nilai laju kedatangan kendaraan yakni sekitar 15 sampai 16 kendaraan setiap menitnya. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, diperoleh kesimpulan bahwa kondisi sistem lalu lintas pada persimpangan Pasteur memiliki tingkat kepadatan sebesar 98,66% atau dengan kata lain lalu lintas kendaraan telah mencapai 98,66% dari jumlah kapasitas pelayanan sistem.

Acknowledge

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada bapak Erwin H. Harahap dan bapak M. Yusuf Fajar atas segala bantuan dan arahnya selama proses penelitian hingga selesainya penulisan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. Khaerunnisa, “Analisis Tingkat Kelulusan Mahasiswa di Unisba dengan menggunakan Algoritma K-Means Clustering,” *J. Ris. Mat.*, pp. 67–76, 2022, doi: 10.29313/jrm.v2i1.1018.
- [2] A. S. Riyadi, I. P. Wardhani, M. S. Wulandari dan S. Widayati, “Perbandingan Metode ResNet, YoloV3, dan TinyYoloV3 pada Deteksi Citra dengan Pemograman Python,” *Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika (P-ISSN: 1978-9262)* Vol. 15 No. 1, 2022.
- [3] C. M. Harris and D. Gross, *Fundamentals of Queueing Theory Third Edition*, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1998.
- [4] M. Indrayana, “Pengaturan Lampu Lalu Lintas Perempatan Pingit Yogyakarta dengan Simulasi Arena,” *AKPRIND*, 2008.
- [5] H. A. Taha, *An Introduction Operation Research Eighth Edition*, Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc., 2007.
- [6] S. Sinulingga, *Pengantar Teknik Industri*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2008.
- [7] H. A. Taha, *Riset Operasi Jilid 2*, Jakarta: Binarupa Aksara, 1996.
- [8] C. M. Harris and D. Gross, *The Queuing Systems*, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1994.
- [9] S. M. Ross, *Introduction to Probability Models Ninth Edition*, United States of America: Academic Press, 2007.