

Studi Pemodelan Kinerja Persimpangan Bersinyal Akibat Adanya Perlintasan Sebidang Kereta Api (Studi Kasus: Pendekat Barat Kanan Persimpangan Bersinyal Jalan Monginsidi Bojonegoro)

Arie Wicaksono^{1,*}, Hera Widyastuti¹

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: ariewicaksono.eng@gmail.com

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	02 Agustus 2023	<i>Traffic congestion occurred when signalized intersection relatively nearby level crossing. Two models of the relationship between variables were created, the first model is the relationship between train length, crossing closing time, and train speed using multiple regression methods. The second model is the relationship between the length of crossing closing time and the length of the queue using the regression method. The first model results obtained $y = -16.72x_1 + 4.309x_2 + 436.237$. With $y =$ length of time to close a level crossing, $x_1 =$ train speed, and $x_2 =$ number of train cars. The results of the second model obtained $y = 0.043x + 39.443$ in the west-right approach to the real field, and $y = 0.745x + 28.052$ in the west-right approach the results of the calculation, with $y =$ the closing time of the level crossing and $x =$ the length of the queue of vehicles. This equation implies that 20 seconds of crossing time increases, it will increase the queue length by 40.30 m in real field conditions and 42.95 m in calculated conditions.</i>
Diperbaiki	22 Agustus 2023	
Disetujui	22 Agustus 2023	

Keywords: railway level crossing, queue length, traffic performance

Abstrak

Persimpangan bersinyal yang berdekatan dengan perlintasan sebidang menyebabkan waktu tunggu lebih lama pada saat penutupan perlintasan sebidang, sehingga mengakibatkan kemacetan. Dibuat dua model hubungan antar variabel, model pertama adalah hubungan antara panjang kereta api, lama waktu penutupan perlintasan, dan kecepatan kereta api menggunakan metode regresi berganda. Model kedua adalah hubungan antara lama waktu penutupan perlintasan dan panjang antrian menggunakan metode regresi. Hasil model pertama didapat $y = -16,72x_1 + 4,309x_2 + 436,237$. Dengan $y =$ lama waktu penutupan perlintasan sebidang, $x_1 =$ kecepatan kereta api, dan $x_2 =$ jumlah gerbong kereta api. Hasil model kedua didapat $y = 0,043x + 39,443$ pada pendekat barat kanan real lapangan, dan $y = 0,745x + 28,052$ pada pendekat barat kanan hasil perhitungan, dengan $y =$ waktu penutupan perlintasan sebidang dan $x =$ panjang antrian kendaraan. Persamaan tersebut mengandung arti 20 detik waktu perlintasan bertambah maka akan menambah panjang antrian sebesar 40,30 m pada kondisi real lapangan dan 42,95 m pada kondisi hasil perhitungan.

Kata kunci: perlintasan sebidang kereta api, panjang antrian, kinerja lalu lintas

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk serta peningkatan ekonomi di Indonesia mempengaruhi peningkatan volume kendaraan di kota-kota besar di Indonesia termasuk Kabupaten Bojonegoro. Bertambahnya volume kendaraan bermotor dan pertumbuhan pemukiman penduduk yang semakin pesat berpengaruh terhadap meningkatnya dorongan akses langsung ke pusat kota [1]. Di sisi lain, pertumbuhan pemukiman penduduk yang semakin pesat juga menimbulkan adanya permintaan akses melalui transportasi dengan kapasitas besar yang melalui jalur kereta api. Jaringan kereta api menawarkan keuntungan yang signifikan untuk mengangkut penumpang dan pengangkutan barang, karena menempati 2-3 kali lebih sedikit lahan per penumpang dibandingkan pada moda transportasi darat lainnya [2]. Transportasi sendiri didefinisikan sebagai kegiatan pemindahan penumpang, ba-

rang, dan atau jasa dari suatu tempat ke tempat lain [3].

Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu Kabupaten penghasil migas terbesar di Indonesia dengan jumlah penduduk 1.301.635 jiwa pada tahun 2020 dan memiliki pertumbuhan penduduk sebesar 0,6% tiap tahunnya. Sedangkan pertumbuhan ekonomi masyarakat Kabupaten Bojonegoro mencapai 6,34% per tahun [4]. Kabupaten Bojonegoro terletak pada jalur jalan raya Surabaya-Cepu-Semarang dan juga menjadi jalur alternatif Surabaya-Bojonegoro-Ngawi-Surakarta. Kabupaten Bojonegoro juga dilalui jalur kereta api Surabaya-Semarang. Dua hal tersebut menimbulkan konsekuensi munculnya perlintasan sebidang jalur kereta api dan jalan raya.

Permasalahan yang ditimbulkan dengan adanya perlintasan sebidang kereta api dengan jalan raya adalah kemacetan. Diduga kemacetan tersebut disebabkan lama waktu

penutupan palang pintu perlintasan sebidang sebelum kereta api melintas dan ketika kereta api melintas, serta tundaan kendaraan yang menyeberang setelah palang pintu perlintasan sebidang kereta api terbuka. Hal ini mengakibatkan kendaraan yang didominasi oleh kendaraan roda empat harus berhenti untuk beberapa selang waktu sehingga terjadi peningkatan panjang antrian di lengan persimpangan [5]. Waktu tunda tersebut diawali saat kendaraan berhenti sepenuhnya dan berakhir saat kendaraan dalam arus lalu lintas normal. Dugaan lainnya, Kemacetan juga diakibatkan oleh rusaknya kondisi perlintasan kereta api, yang menyebabkan pengendara kendaraan yang melewati perlintasan kereta api tersebut terpaksa harus mengurangi kecepatan [6].

Keberadaan perlintasan kereta api sebidang yang terletak di dekat persimpangan bersinyal menyebabkan persimpangan bersinyal mengalami penurunan kinerja sehingga berdampak pada tingkat pelayanannya. Dalam melakukan penilaian dampak yang terjadi akibat adanya perlintasan kereta api sebidang yang berada di dekat persimpangan bersinyal dapat menggunakan parameter derajat kejenuhan, waktu tundaan, dan panjang antrian [7].

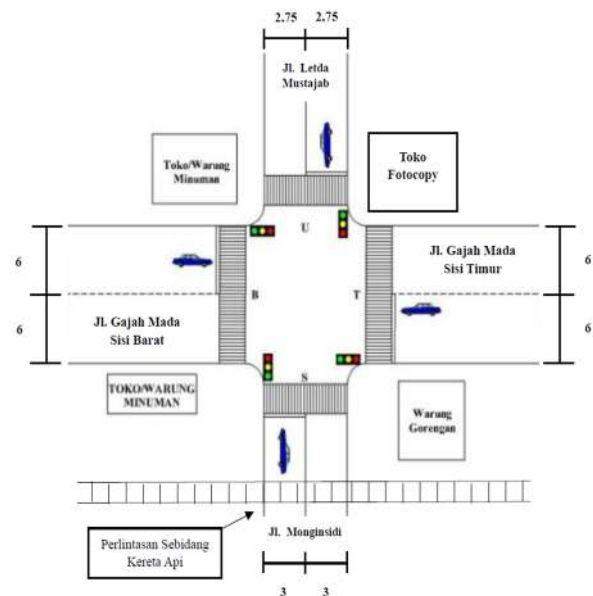
Penelitian ini dilakukan pada persimpangan bersinyal yang berada di Jalan Monginsidi Bojonegoro, dikarenakan pada Jalan Monginsidi terdapat perlintasan sebidang kereta api dan berada di dekat persimpangan bersinyal. Jarak antara persimpangan bersinyal dengan perlintasan sebidang tersebut adalah 25 meter. Jalan Monginsidi dan Jalan Gajah Mada yang berada pada satu persimpangan yang sama ini, juga merupakan salah satu jalan yang menghubungkan ke beberapa pusat kegiatan di Kota Bojonegoro, seperti sekolah, pasar, Stasiun Besar Bojonegoro, perkantoran, mall.

Penyebab kemacetan akibat adanya antrian kendaraan yang terjadi karena penutupan palang perlintasan sebidang saat kereta api melintas, sehingga terjadi penumpukan antrian kendaraan di titik sekitar perlintasan kereta api dan pada setiap pendekatan persimpangan bersinyal. Ditambah lagi, lamanya waktu antrian kendaraan karena adanya kereta api yang melintas bisa mencapai 4 menit dan mengakibatkan banyak kendaraan harus berhenti, sehingga menyebabkan adanya tundaan setiap kendaraan di ruas jalan dan di setiap pendekatan persimpangan bersinyal. Kemudian, antrian kendaraan tersebut memakan waktu melebihi waktu siklus lampu lalu lintas sehingga mengakibatkan ketidakteraturan lalu lintas. Lalu lintas yang tidak teratur tersebut seperti halnya kendaraan yang telah lolos pada lampu lalu lintas diharuskan berhenti dikarenakan adanya penutupan palang perlintasan kereta api. Saat kendaraan tersebut belum berhasil berjalan karena penutupan palang pintu perlintasan kereta api tetapi telah disusul oleh kendaraan yang telah lolos pada

siklus lampu lalu lintas selanjutnya, sehingga berdampak pada penumpukan kendaraan di tengah persimpangan dan terjadi kemacetan yang tidak teratur.

2. Metode

Dalam penelitian ini permasalahan yang akan diteliti adalah bagaimana kinerja persimpangan bersinyal akibat adanya perlintasan sebidang kereta api yang terletak saling berdekatan di Jalan Monginsidi Bojonegoro. Lokasi penelitian ini seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Layout Lokasi Penelitian

Untuk teknik pengumpulan data lalu lintasnya menggunakan bantuan CCTV selama 24 jam, lalu dilakukan proses pencacahan data jumlah volume kendaraan sesuai yang dibutuhkan selama 24 jam penuh. Selanjutnya analisis lalu lintas dilakukan guna mengetahui kinerja persimpangan bersinyal saat tidak ada kereta api yang melintas di perlintasan sebidang dan saat kereta api sedang melintas di perlintasan sebidang. Dalam studi analisis ini juga dicari hubungan antara lama waktu penutupan palang perlintasan kereta api terhadap panjang antrian kendaraan pada setiap pendekatan persimpangan bersinyal.

Data yang digunakan untuk penelitian ini terdiri dari data sekunder dan data primer. Data sekunder yang ada berupa bukti, catatan atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip (data dokumenter). Data sekunder yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

1. Data stamformasi kereta api
2. Data panjang gerbong kereta api

3. Jadwal kereta api
4. Studi terdahulu yang berkaitan

Lalu dilanjutkan dengan data primer, yang diperoleh secara langsung melalui pengamatan, kompilasi data CCTV, dan pengukuran langsung di lapangan. Berikut adalah data primer yang telah dikumpulkan dalam penelitian ini.

1. Data geometrik persimpangan
2. Data volume kendaraan
3. Data fase simpang
4. Data waktu siklus simpang bersinyal
5. Data antrian kendaraan
6. Data kecepatan kendaraan
7. Data lama penutupan perlintasan kereta api
8. Data Jarak Waktu antara Penutupan Palang Pintu Perlintasan Sebidang dengan Kedatangan Kereta Api pada Perlintasan Sebidang
9. Data Kecepatan Kereta Api

Setelah pengumpulan data, selanjutnya dilakukan analisis data. Proses analisis data yang dilakukan meliputi:

1. Analisis lalu lintas pada kondisi umum
Analisis kinerja simpang bersinyal dilakukan pada saat kereta api tidak lewat dan pada saat kereta api lewat. Ketika kereta api tidak lewat dilakukan analisis untuk mendapatkan nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan panjang antrian dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 [8]. Sebelumnya dilakukan perhitungan volume kendaraan selama 24 jam lalu menentukan satu jam puncak untuk didapatkan arus lalu lintas, kapasitas, derajat kejenuhan, dan panjang antrian pada setiap lengan persimpangan ketika tidak ada kereta api yang melintas. Lalu dilanjutkan analisis kinerja jalan, yang dilakukan pada saat kereta api tidak lewat dan pada saat kereta api lewat. Pada saat kereta api tidak lewat dilakukan analisis untuk mendapatkan nilai kapasitas, derajat kejenuhan, dan panjang antrian dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia tahun 2014.
2. Analisis lalu lintas ketika kereta api melewati perlintasan sebidang
Analisis lalu lintas kendaraan saat kereta api melewati perlintasan adalah volume kendaraan yang terhenti akibat kereta api lewat dimana waktu siklusnya yaitu lama waktu penutupan palang perlintasan dalam satuan detik. Oleh karenanya, diperlukan konversi data volume kendaraan ringan dari satu siklus menjadi satuan kendaraan ringan per jam untuk mendapatkan nilai arus lalu lintas dan derajat kejenuhan. Konversi waktu dihitung dari jam yang diubah dalam

detik yaitu 3600 detik. Setelah dikonversi, kemudian dibagi dengan siklus waktu dari lama waktu penutupan palang perlintasan menjadi faktor kali konversi data SKR dari SKR per siklus menjadi SKR per jam.

3. Analisis antrian

Pada saat penutupan perlintasan sebidang, maka akan terjadi penundaan kendaraan yang menyebabkan antrian, khususnya pada perlintasan sebidang yang terletak dekat persimpangan bersinyal akan menyebabkan antrian di setiap lengan persimpangannya. Maka pada pelaksanaan analisis lalu lintas, dihitung panjang dan perilaku antrian pada saat perlintasan mulai ditutup hingga perlintasan kembali terbuka dan arus lalu lintas kembali normal. Perhitungan panjang dan perilaku antrian di setiap lengan persimpangan ini dilakukan pada setiap ada kereta api yang lewat, yaitu saat palang perlintasan kereta api mulai ditutup hingga palang perlintasan kereta api mulai terbuka kembali selama 24 jam. Analisis yang digunakan dalam menganalisis antrian menggunakan metode *queueing analysis*. Pada *Queueing Analysis*, tundaan dan panjang antrian yang terjadi dipengaruhi oleh lama penutupan pintu perlintasan dan waktu pelepasan saja [9]. Metode *queueing analysis* [10] digunakan dalam penelitian ini seperti pada persamaan 1 dan 2.

$$T_Q = \frac{\mu \cdot r}{\mu - \lambda} \quad (1)$$

$$Q_M = \frac{\lambda r}{3600} \quad (2)$$

dimana ;

- T_Q = Waktu durasi antrian (detik)
- λ = Tingkat Kedatangan (Kend/Jam)
- μ = Tingkat Layanan (kend/jam)
- r = Efektif periode merah (detik)
- Q_M = Maksimal panjang antrian (Kend).

4. Persamaan model

Pada penelitian ini dibuat hubungan matematis antara lama penutupan palang perlintasan kereta api dengan panjang antrian di setiap lengan persimpangan. Data lama penutupan perlintasan kereta api dan panjang antrian di setiap lengan persimpangan sejumlah banyaknya kereta api yang lewat selama 24 jam sesuai dengan hari dilakukannya perekaman volume kendaraan oleh CCTV. Dalam menentukan persamaan model hubungan antara lama waktu penutupan palang perlintasan kereta api dengan panjang antrian menggunakan bantuan Microsoft Excel. Pada penen-

tuan hubungan ini diketahui terdapat satu peubah, yaitu lama waktu penutupan perlintasan kereta api [11]. Bentuk umum dari persamaan regresi linier untuk variabel/ peubah seperti pada persamaan 3.

$$Y = a + bx \quad (3)$$

dimana ;

- Y = Variabel tak bebas
- x = Variabel bebas
- A = Parameter Intercep
- b = Parameter Koefisien Regresi Variabel Bebas

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui kinerja lalu lintas simpang bersinyal Jalan Monginsidi perlu dilakukan perhitungan dengan hasil akhir berupa derajat kejenuhan dan panjang antrian. Dalam penelitian ini, analisis lalu lintas menggunakan acuan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014. Setelah dilakukan survey di lapangan, maka dilanjutkan dengan perhitungan satuan kendaraan ringan, rasio kendaraan, rasio belok, arus jenuh dasar, arus jenuh, kapasitas, derajat kejenuhan, dan panjang antrian.

A. Analisis Lalu Lintas Kondisi Umum

Data volume lalu lintas kendaraan yang telah didapatkan melalui survey kemudian dikalikan suatu nilai Ekuivalen Kendaraan Ringan (EKR) untuk persimpangan bersinyal dengan tipe pendekatan terlindung. Setelah menentukan Satuan Kendaraan Ringan, dilakukan pencarian SKR pada jam puncak (*peak hour*) di simpang bersinyal Jalan Monginsidi. Dari diketahuinya jam puncak (*peak hour*) pada Simpang Bersinyal Jalan Monginsidi, kemudian dilakukan rekapitulasi arus lalu lintas jam puncak (*peak hour*) untuk setiap pendekatan dengan menjumlahkan arus lalu lintas pada jam puncak (*peak hour*) di setiap pergerakan sesuai dengan pendekatnya. Berdasarkan pengamatan di lapangan dan penyesuaian Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 Kapasitas Simpang APILL [12], Simpang Bersinyal Jalan Monginsidi terbagi menjadi empat pendekatan, yaitu pendekatan barat kanan, pendekatan barat, pendekatan utara, dan pendekatan timur. Untuk simpang bersinyal, perlu dihitung kapasitas (C), derajat kejenuhan (Dj) dan panjang antrian (PA). Hasil perhitungan kapasitas (C), derajat kejenuhan (Dj) dan panjang antrian (PA) pada setiap arah Simpang Bersinyal seperti pada **Tabel 1**. Sedangkan untuk ruas Jalan Monginsidi kinerja lalu lintas dapat

diketahui dengan menghitung kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (Dj). Hasil perhitungan kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (Dj) pada ruas Jalan Monginsidi dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Kapasitas, Derajat Kejenuhan, dan Panjang Antrian Setiap Pendekat Simpang Bersinyal

Pendekat	C	Dj	PA
Barat kanan	820,73	0,637	118,60
Barat	1317,02	0,394	28,92
Utara	129,31	0,637	71,20
Selatan	1106,10	0,637	72,48

Tabel 2. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Ruas Jalan Monginsidi

Arah	Arus	C	Dj
Timur-Selatan	395	2245	0,176
Selatan-Timur	332	2245	0,148

B. Analisis Lalu lintas Ketika Kereta Api Melewati Perlintasan Sebidang

Perhitungan analisis lalu lintas saat kereta api melewati perlintasan sebidang yaitu dengan menggunakan acuan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 Simpang APILL untuk Simpang Bersinyal dan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 Kapasitas Perkotaan untuk ruas Jalan Monginsidi. Pada analisis lalu lintas saat kereta api melewati perlintasan sebidang didapatkan data volume kendaraan pada satu siklus baru, dimana waktu siklus tersebut merupakan waktu siklus simpang bersinyal yang terjadi saat penutupan perlintasan kereta api akibat adanya kereta api yang melintas. Maka dari itu diperlukan konversi data jumlah kendaraan dari satu siklus menjadi jumlah kendaraan per jam. Contoh hasil konversi volume kendaraan pada setiap arah simpang bersinyal dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Konversi Kendaraan di Persimpangan Bersinyal Jalan Gajah Mada Sisi Barat

Waktu Siklus (detik)	Kendaraan per Siklus	Faktor Konversi Waktu	Konversi (Kendaraan/ Jam)
177	122	20	2481
220	133	16	2176

C. Analisis Antrian

Pada penelitian ini dihitung panjang antrian kendaraan akibat kereta api yang melintas dengan menggunakan metode *queueing analysis*. Berikut ini contoh

perhitungan panjang antrian di Jalan Monginsidi dari arah Timur ke Selatan pada pukul 6:39:34.

- μ = 2245 skr/jam
- r = 258 detik
- λ = 573 skr/jam
- L_M = 3 meter

Sehingga didapatkan durasi antrian (T_Q) sebesar :

$$T_Q = (2245 \times 258) / (2245 - 573) = 346 \text{ detik}$$

Panjang antrian kendaraan dalam skr sebesar :

$$Q_M = \lambda r / (3600) = (573 \times 258) / (3600) = 42 \text{ skr}$$

dimana rata-rata luas kendaraan yang digunakan oleh satu kendaraan ringan berdasarkan PKJI 2014 adalah 20 m², kemudian dibagi dengan lebar masuk jalan (L_M), sehingga didapatkan panjang antrian sebesar : $Q_M = 42 \times (20/3) = 280$ meter

Tabel 4. Konversi Kendaraan di Persimpangan Bersinyal Jalan Gajah Mada Sisi Timur

Waktu Siklus (detik)	Kendaraan per Siklus	Faktor Konversi Waktu	Konversi (Kendaraan/ Jam)
186	88	19	1703
160	87	22	1957

D. Persamaan Model

Model pertama adalah hubungan antara panjang kereta api, lama waktu penutupan perlintasan, dan kecepatan kereta api menggunakan metode regresi berganda. Data lama waktu penutupan yang digunakan adalah waktu ketika palang sudah tertutup 45⁰ hingga waktu kereta api tiba di perlintasan sebidang. Berikut ini contoh data dalam penelitian untuk model pertama, seperti pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Data Lama Waktu Penutupan Perlintasan, Kecepatan Kereta Api, dan Panjang Rangkaian Kereta Api di Perlintasan Kereta Api Jalan Monginsidi

Nama Kereta Api	Lama Penutupan (detik)	Kecepatan Lintas (km/jam)	Jumlah Gerbong
Jayabaya	224	15	9
Sembrani	234	15	10

Dari data tersebut, yaitu sebanyak 28 kereta api penumpang, dapat dilihat dimana kecepatan lintas kereta pada perlintasan sebidang begitu rendah, dikarenakan lokasi perlintasan sebidang yang berjarak 200 meter dari area stasiun Besar Bojonegoro, sehingga kereta api penumpang akan transit di Stasiun Besar Bojonegoro yang menyebabkan kecepatan lin-

tas rendah. Kemudian dilakukan pengolahan menggunakan alat bantu program Excel, pada menu data *analysis* di program Microsoft Excel kemudian data di atas diproses dengan memilih regresi linier berganda. Maka didapat hasil persamaan model seperti pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Output Persamaan Model dan Signifikan Jalan Monginsidi

	Coefficients	Standard Error	T Stat	P-value
Intercept	436,2379	38,856	11,22	2,95E-11
Kecepatan Lintas (km/jam)	-16,72	2,034	-8,18	1,56E-08
Jumlah Gerbong	4,309	2,279	1,890	0,07

Dari hasil diatas diperoleh persamaan seperti pada persamaan 4.

$$Y = -16,72 X_1 + 4,309 X_2 + 436,237 \quad (4)$$

dimana ;

Y = Lama waktu penutupan perlintasan sebidang

X₁ = Kecepatan kereta api

X₂ = Jumlah rangkaian kereta api

Arti dari persamaan tersebut yaitu setiap bertambahnya kecepatan kereta api 1 km/jam maka akan menurunkan 16,72 detik lama waktu penutupan perlintasan sebidang dan setiap penambahan satu rangkaian kereta api maka bertambah pula lama waktu penutupan perlintasan sebidang sebesar 4,309 detik. Dari hasil data diatas juga didapatkan uji signifikan data dengan hasil P-value kecepatan rangkaian kereta yaitu 1,56E-08 lebih kecil dari alfa dimana alfa yang digunakan yaitu 0,05 maka dapat dinyatakan bahwa kecepatan kereta api terdapat hubungan yang signifikan terhadap lama waktu perlintasan sebidang. Sedangkan jumlah rangkaian kereta api dengan nilai P-value sebesar 0,07 lebih besar dari alfa dimana alfa yang digunakan yaitu 0,05 maka jumlah rangkaian kereta api tidak terdapat hubungan signifikan terhadap lama waktu penutupan perlintasan sebidang. **Tabel 7** menunjukkan nilai R-Square dari hasil regresi model.

Dari output nilai Adjusted R square yang didapatkan sebesar 0,728. Nilai ini mengandung arti bahwa pengaruh panjang rangkaian kereta dan kecepatan terhadap lama waktu sebesar 72,86% sedangkan 7,14% lama waktu dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti.

Tabel 7. R-Square Hasil Regresi

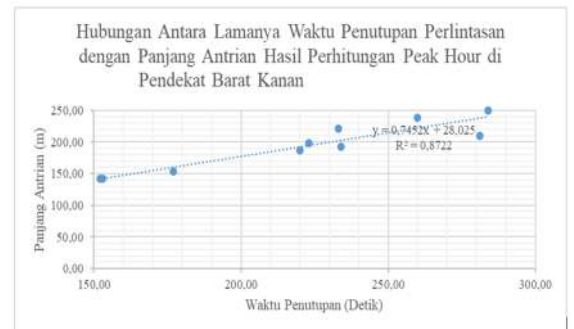
Regression Statistics	
Multiple R	0,8536
R Square	0,7286
Adjusted R Square	0,7069
Standard Error	26,6208
Observations	28

Kemudian dilanjutkan pada model kedua yaitu hubungan antara lama waktu penutupan perlintasan dan panjang antrian menggunakan metode regresi sederhana. Model ini menggunakan data survey lapangan dan juga data perhitungan rumus. Data panjang antrian secara perhitungan yang digunakan hasil dari perhitungan queueing analysis dengan asumsi rata-rata luas area yang dibutuhkan satu kendaraan ringan sebesar 20 m². Terdapat 4 pendekatan pada simpang bersinyal ini yaitu pendekatan barat kanan (Jalan Monginsidi Sisi Barat belok kanan), Pendekatan Barat (Jalan Monginsidi Sisi Barat Lurus dan Belok Kiri), Pendekatan Utara (Jalan Letda Mustajab belok kanan, lurus, dan belok kiri), Pendekatan Timur (belok kanan dan lurus). Dari 4 pendekatan ini diambil contoh pada Pendekatan Barat Kanan. Panjang antrian pada pendekatan barat kanan di simpang bersinyal perlu ditinjau karena ketika perlintasan kereta api ditutup, pada pendekatan Barat Kanan keadaan lampu persimpangan berwarna merah. Dapat diartikan bahwa pendekatan barat kanan ini dipengaruhi oleh adanya kereta api yang melintas. Selain itu, diketahui juga pada pendekatan barat kanan memiliki arus yang cukup padat, sehingga saat kereta api melewati perlintasan maka akan terjadi antrian yang mengakibatkan tundaan pada kendaraan. Berikut adalah model hubungannya seperti pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**. Persamaan model yang terbentuk pada **Gambar 2** adalah $y = 0,043x + 39,443$ dengan nilai R-Square adalah 0,896. Persamaan tersebut mengandung arti 20 detik waktu perlintasan bertambah maka akan menambah panjang antrian sebesar 40,30 m. kemudian, Persamaan model yang terbentuk pada **Gambar 3** adalah $y = 0,745x + 28,052$ dengan nilai R-Square adalah 0,872. Persamaan tersebut mengandung arti

20 detik waktu perlintasan bertambah maka akan menambah panjang antrian sebesar 42,95 m.



Gambar 2. Grafik Regresi Linier Hubungan Lama Waktu Penutupan dengan Panjang Antrian Real Lapangan di Pendekat Barat Kanan Simpang Bersinyal



Gambar 3. Grafik Regresi Linier Hubungan Lama Waktu Penutupan dengan Panjang Antrian Hasil Perhitungan di Pendekat Barat Kanan Simpang Bersinyal

4. Simpulan

Dari hasil analisis dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil analisis didapatkan nilai derajat kejenuhan sebelum kereta api melintasi perlintasan sebidang Jalan Monginsidi saat *peak hour*, yaitu pendekatan barat kanan sebesar 0,637, pendekatan barat sebesar 0,394, pendekatan utara sebesar 0,637, pendekatan timur sebesar 0,637.
2. Hubungan antara panjang rangkaian kereta dengan lama waktu penutupan perlintasan sebidang memiliki pengaruh signifikan, sedangkan hubungan antara kecepatan rangkaian kereta api memiliki pengaruh negatif terhadap lama waktu penutupan perlintasan, dengan model hubungan ketiganya yaitu $y = -15,664X_1 + 1,590X_2 + 445,023$. Keterangan y adalah lama waktu penutupan perlintasan sebidang, X_1 adalah kecepatan rangkaian kereta api dan X_2

adalah jumlah kereta/gerbong dalam satu rangkaian kereta api.

3. Hubungan lama waktu penutupan perlintasan sebidang dengan panjang antrian real lapangan yaitu setiap 20 detik waktu penutupan perlintasan sebidang bertambah maka akan menambah panjang antrian sebesar 40,30 m. Lalu hubungan lama waktu penutupan perlintasan sebidang dengan panjang antrian hasil perhitungan yaitu setiap 20 detik waktu penutupan perlintasan sebidang bertambah maka akan menambah panjang antrian sebesar 42,95 m

Daftar Pustaka

- [1] I. Joenaini, "Analisis Dampak Lalu Lintas bagi Perumahan Sebagai Upaya Mengatasi Kepadatan Lalu Lintas Kabupaten," pp. 269–289, 2014.
- [2] Lingamanaik, S. N., Thompson, C., Nadarajah, N., Ravitharan, R., Widyastuti, H., & Chiu, W. K. (2017). Using Instrumented Revenue Vehicles to Inspect Track Integrity and Rolling Stock Performance in a Passenger Network during Peak Times. *Procedia Engineering*, 188, 424–431. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.504>
- [3] Salim, A. (2000). Manajemen transportasi.
- [4] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. (2023). Jawa Timur dalam Angka 2017. Bie, Y., Mao, C., & Yang, M. (2016). Development of Vehicle Delay and Queue Length Models for Adaptive Traffic Control at Signalized Roundabout.
- [5] Mali, D. M., Umrigar, P. N. F., & N. A, P. P. (2017). Study of Congestion of the Road Traffic at Railway Crossings. *Iarjset*, 4(3), 147–150. <https://doi.org/10.17148/iarjset.2017.4327>
- [6] Sianipar, A. (2020). Kajian Penerapan Teknologi Pintu dengan Pagar Otomatis dan Yellow Box di Perlintasan Sebidang. 22, 91–102.
- [7] Qomar, F. Al, Irawati, & Hamduwibawa, R. B. (2017). Pengaruh jalan kereta api terhadap simpang bersinya patrang jember.
- [8] Kementerian Pekerjaan Umum, "Pedoman Kapasitas Jalan Perkotaan," Jakarta Menteri. Pekerj. Umum, 2014.
- [9] Setiyaningsih, I. (2007). Karakteristik Lalu Lintas Pada Persilangan Sebidang Jalan dan Jalan Rel.
- [10] A. D. May, *Traffic Flow Fundamentals*. 1990.
- [11] Widyastuti, H., Utami, A., & Dzulfiqar, Z. M. (2019). Model of queuing in the railway level crossing (case study: Imam Bonjol railway level crossing in Blitar). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 650(1), 0–9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/650/1/012053>
- [12] Kementerian Pekerjaan Umum, "Pedoman Kapasitas Simpang APILL," Jakarta Menteri. Pekerj. Umum, 2014.

Halaman ini sengaja dikosongkan