

Pengaruh Antrean Kendaraan Terhadap Kerugian Ekonomi dan Risiko Keselamatan pada Perlintasan Stasiun Bojonggede Bogor

Teguh Dwi Mulyanto^{*,1}, Prasadja Ricardianto¹, Siti Fatimah², Susanty Handayani¹,
Zaenal Abidin¹

¹ Fakultas Manajemen dan Bisnis, Institut Transportasi dan Logistik Trisakti
Jalan IPN No. 2, Cipinang Besar Selatan, Jakarta Timur, DKI Jakarta, 13410, Indonesia

² Teknik Bangunan dan Landasan, Politeknik Penerbangan Surabaya
Jalan Jemur Andayani I No 73, Surabaya 60236, Indonesia

*E-mail: dwimulyantoteguh@gmail.com

Diterima: 26 Februari 2023, direvisi: 18 Maret 2025, disetujui: 12 Juni 2025,
tersedia daring: 26 Juni 2025, diterbitkan: 30 Juni 2025

Abstrak

Penutupan perlintasan sebidang di sekitar kawasan Stasiun Bojonggede, Bogor, menimbulkan dampak berupa konsumsi bahan bakar minyak yang terbuang dan kerugian ekonomi sangat banyak per hari dan pertahunnya, serta berdampak pada risiko keselamatan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerugian ekonomi dari konsumsi bahan bakar minyak yang terbuang dan mengevaluasi risiko keselamatan pada perlintasan sebidang di kawasan Stasiun Bojonggede, Bogor. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan analisis antrean dan tundaan dengan alat analisis *Deterministic Queueing Analysis* dan *Mean Absolute Percentage Error*. Selain itu, diperlukan juga metode analisis kerugian ekonomi yang dihitung berdasarkan konsumsi bahan bakar minyak yang terbuang pada saat penutupan perlintasan sebidang yang dikonversikan dalam satuan rupiah. Secara keekonomian, pada Perlintasan Sebidang I dan Perlintasan Sebidang II didapatkan bahwa delapan kriteria evaluasi memiliki risiko yang tinggi terhadap keselamatan dan kerugian ekonomi per hari serta pertahun yang cukup besar. Berdasarkan rekapitulasi dapat disimpulkan bahwa keakuratan nilai *Mean Absolute Percentage Error* untuk masing-masing pendekatan pada perlintasan dengan panjang antrean hasil perhitungan metode *Deterministic Queueing Analysis* memiliki akurasi yang sangat baik setelah dibandingkan dengan hasil survei di lapangan. Adapun rekomendasi yang diberikan adalah peningkatan perlintasan sebidang menjadi perlintasan tidak sebidang seperti jalan layang atau terowongan dan dilakukan penutupan perlintasan sebidang. Temuan kunci adalah lamanya tundaan dan panjangnya antrean kendaraan yang menyebabkan kerugian secara ekonomi. Hal ini disebabkan karena banyaknya konsumsi bahan bakar yang terbuang pada saat pintu perlintasan sebidang ditutup. Potensi kerugian ekonomi yang telah dihitung diharapkan dapat menjadi pertimbangan pemerintah dalam penentuan kebijakan penanganan penutupan perlintasan sebidang lebih lanjut.

Kata kunci: kerugian ekonomi, konsumsi bahan bakar minyak, panjang antrean, penanganan perlintasan sebidang, tundaan antrean.

Abstract

The Influence of Vehicle Queues on Economic Losses and Safety Risks at the Bojonggede Station Crossing in Bogor: The closure of level crossings around Bojonggede Station, Bogor, has resulted in wasted fuel consumption, substantial daily and annual economic losses, and high safety risks. This study aims to determine the economic losses from wasted fuel consumption and evaluate the safety risks at level crossings at the Bojonggede Station area. The research method uses the approach of queueing and delay analysis with the analysis tools of *Deterministic Queueing Analysis* and *Mean Absolute Percentage Error*. It is also necessary to have an economic loss analysis method calculated based on the consumption of fuel wasted when closing the level crossing, converted into rupiah units. Economically, at Level Crossing I and Level Crossing II, it was found that the eight evaluation criteria posed a high risk to the safety and significant economic losses per day and per year. Based on the recapitulation, it can be concluded that the accuracy of the *Mean Absolute Percentage Error* value for each approach at the crossing with the queue length calculated by the *Deterministic Queueing Analysis* method has a very good accuracy after being compared with the result of the survey in the field. The recommended policy is to upgrade level crossings into non-level crossings, such as flyovers or tunnels, and to permanently close the existing level crossings. The key finding is that long delays and long queues of vehicles caused economic losses due to the large amount of fuel consumed when the level crossing gate is closed. It is hoped that the potential economic losses that have been calculated could be taken into consideration by the government in determining further policies for handling level crossings.

Keywords: economic losses, fuel consumption, handling level crossings, queue delay, queue length.

1. Pendahuluan

Berdasarkan data PT Kereta Commuter Indonesia (KCI) total jumlah penumpang kereta rel listrik (KRL) pada tahun 2019 sebanyak 336.274.343 penumpang dengan rata-rata 921.300 penumpang/hari. Perjalanan penumpang tersebut diakomodasi dengan jumlah perjalanan KRL pada tahun 2019 sebanyak

342.669 dengan rata-rata frekuensi perjalanan KRL per hari sebanyak 980 perjalanan. Terkait operasional KRL di Kabupaten Bogor, jumlah perjalanan untuk pelayanan lintas Bogor terdiri dari lintas *center line* Bogor/Depok-Jakarta Kota pergi pulang (PP) dan lintas *loop line* Bogor/Depok-Jatinegara PP merupakan jumlah perjalanan tertinggi sebanyak 405 perjalanan KRL per hari. Tingginya tingkat mobilitas penumpang KRL berdampak terhadap jaringan pelayanan baik sarana maupun prasarana penunjang operasional KRL. Dampak yang ditimbulkan antara lain kebutuhan penyediaan fasilitas di stasiun, kebutuhan fasilitas penunjang operasional sarana KRL maupun kebutuhan pemenuhan aspek keselamatan dan keamanan transportasi itu sendiri. Stasiun Bojonggede merupakan salah satu stasiun KRL di Kabupaten Bogor yang cukup padat. Hal ini ditunjukkan dengan Stasiun Bojonggede menjadi salah satu di antara lima stasiun tersibuk yang mampu melayani 12,4 juta penumpang selama tahun 2019. Terdapat dua perlintasan sebidang yang berjarak kurang dari 1 km dari Stasiun Bojonggede, yaitu perlintasan sebidang pada Jalan Raya Bojonggede dan perlintasan sebidang pada Jalan Abdul Halim. Banyaknya frekuensi perjalanan KRL lintas Bogor *line* dan banyaknya jumlah penumpang yang dilayani secara tidak langsung menyebabkan kondisi lalu lintas menjadi macet terutama pada perlintasan sebidang jalan dan rel kereta api di sekitar Stasiun Bojonggede.

Perlintasan Sebidang I merupakan perlintasan Jalan Raya Bojonggede dengan rel kereta api yang berjarak sekitar 875 meter dari Stasiun Bojonggede. Sedangkan Perlintasan Sebidang II merupakan perlintasan Jalan Abdul Halim dengan rel kereta api yang berjarak sekitar 345 meter dari Stasiun Bojonggede. Jalan Raya Bojonggede memiliki lebar jalan 6 meter dan Jalan Abdul Halim memiliki lebar jalan 7 meter. Ruas-ruas jalan tersebut berstatus jalan kabupaten dengan tipe lingkungan sekitar area komersil (pertokoan). Tingginya hambatan samping dari area komersil berupa pertokoan ini mempengaruhi kapasitas ruas jalan tersebut. Pada saat jam sibuk, terjadi antrean panjang karena tingginya volume lalu lintas kendaraan yang melewati perlintasan sebidang. Hal ini terjadi karena kendaraan mengalami tundaan akibat durasi dan intensitas penutupan perlintasan sebidang di mana *headway* perjalanan KRL pada saat jam sibuk yang sekitar lima menit. Lalu lintas perjalanan KRL pada lintasan jalur ganda (*double track*) juga dapat meningkatkan tundaan semakin tinggi karena durasi penutupan menjadi lebih lama jika KRL yang melintas berasal dari dua arah pada satu kali penutupan perlintasan.

Pembahasan terkait evaluasi perlintasan sebidang tidak cukup pada aspek lalu lintas saja akan tetapi aspek utama adalah aspek keselamatan pada perlintasan sebidang. Masalah keselamatan pada perlintasan sebidang tidak hanya berfokus pada penumpang kereta tetapi juga para pengguna jalan lainnya. Idealnya, perpotongan antara jalur kereta api dan jalan dibuat tidak sebidang agar menjamin keselamatan pengguna jalan [1]. Pemenuhan aspek keselamatan pada perlintasan sebidang pada kawasan Stasiun Bojonggede mencakup berbagai aspek antara lain kondisi geometrik perlintasan sebidang, ketersediaan peralatan keselamatan, operasional pintu perlintasan sebidang, maupun perilaku pengguna jalan yang melintas pada perlintasan sebidang. Hal ini menjadi perhatian serius dikarenakan kondisi prasarana dan lalu lintas kereta api (*double track*, frekuensi, dan *headway* KRL), serta kondisi lalu lintas jalan saat ini berisiko tinggi terhadap keselamatan. Kondisi geometrik perlintasan sebidang pada lokasi penelitian berupa kondisi permukaan jalan yang berlubang memerlukan perbaikan. Perbedaan kondisi geometrik jalan, dikombinasikan dengan banyaknya kendaraan yang melintas, antrean, dan tundaan akan memengaruhi kinerja lalu lintas dan durasi penutupan pintu perlintasan [2].

Pada Perlintasan Sebidang I dioperasikan secara semiotomatis dan memiliki peralatan keselamatan yang relatif lengkap, sedangkan untuk Perlintasan Sebidang II dioperasikan secara manual dengan peralatan keselamatan yang sangat minim. Operasional Perlintasan Sebidang I dijaga resmi oleh PT Kereta Api Indonesia (Persero) dan mempunyai palang pintu penutup yang dikendalikan oleh Departemen Jalan dan Jembatan PT KAI. Perlintasan Sebidang II dikelola oleh masyarakat/swasta dan beroperasi dengan sistem manual. Pemenuhan perlengkapan jalan pada kedua perlintasan tersebut masih sangat minim. Terkait personel penjaga pintu perlintasan, Perlintasan Sebidang I memiliki empat penjaga yang berkompeten dan bersertifikat dengan pembagian tiga *shift* kerja/hari (delapan jam/*shift*), sesuai dengan Peraturan Kementerian Perhubungan [3]. Adapun pada Perlintasan Sebidang II yang dikelola oleh masyarakat, jumlah personel tidak tetap dan belum berkompeten atau bersertifikat. Oleh sebab itu, pertimbangan pemenuhan aspek keselamatan yang dibandingkan dengan kerugian ekonomi akibat kemacetan lalu lintas di perlintasan sebidang jalan-rel di kawasan Stasiun Bojonggede diharapkan dapat

Tabel 1. Kerangka dasar karakteristik lalu lintas [8].

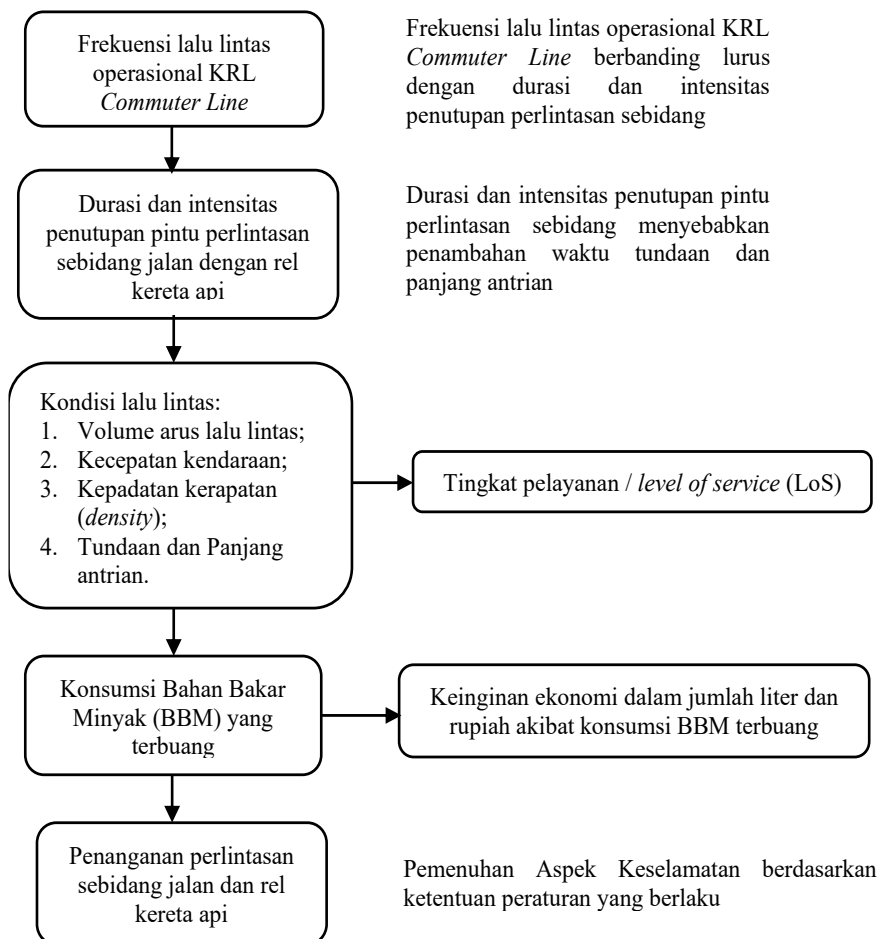
Karakteristik lalu lintas	Mikroskopik	Makroskopik
Arus	Waktu antrean (<i>time headway</i>)	Tingkat arus
Kecepatan	Kecepatan individu	Kecepatan rata-rata
Kerapatan	Jarak antran (<i>distance headway</i>)	Tingkat kerapatan

menjadi masukan pemerintah dalam penetapan kebijakan penanganan perlintasan sebidang pada lokasi tersebut.

Perpotongan antara jalur kereta api dengan bangunan lain dapat berupa perpotongan sebidang atau tidak sebidang. Perpotongan tidak sebidang tersebut dapat berada di atas maupun di bawah jalur kereta api. Perpotongan antara jalur kereta api dengan jalan disebut perlintasan. Pada perlintasan sebidang, kereta api mendapat prioritas berlalu lintas [4]. Pedoman teknis perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api terdiri dari dua jenis, yaitu perlintasan sebidang yang dilengkapi pintu dan perlintasan sebidang yang tidak dilengkapi pintu perlintasan. Perlintasan sebidang termasuk dalam lokasi potensi kecelakaan sehingga diperlukan upaya peningkatan keselamatan pada perlintasan sebidang. Pemasangan perlengkapan jalan dalam rangka pengendalian lalu lintas di ruas jalan pada lokasi potensi kecelakaan pada perlintasan sebidang [5]. Penjaga pintu perlintasan sebidang harus memiliki kompetensi dan kecakapan untuk menjaga perlintasan kereta api dan bertanggung jawab terhadap keselamatan perjalanan kereta api di wilayah kerjanya [6][7]. Karakteristik dasar arus lalu lintas adalah arus, kecepatan, dan kerapatan. Karakteristik ini dapat diamati secara makroskopik atau mikroskopik (Tabel 1).

Arus lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan bermotor yang melewati satu titik pada suatu penggal jalan per satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan kend/jam (Q_{kend}), atau skr/jam (Q_{skr}), atau akr/hari (LHRT) [8]. Arus lalu lintas pada suatu ruas jalan karakteristiknya akan bervariasi baik berdasarkan lokasi maupun waktunya. Menurut [9], kerapatan adalah jumlah kendaraan yang menggunakan suatu panjang jalan, pada umumnya ditentukan panjang 1 km dan satu lajur jalan. Derajat jenuh (DJ) adalah ukuran utama yang digunakan untuk menentukan tingkat kinerja segmen jalan [8]. Nilai DJ menunjukkan kualitas kinerja arus lalu lintas dan bervariasi antara 0-1. Terdapat dua jenis tundaan dalam arus lalu lintas, yaitu tundaan tetap dan tundaan operasional [8]. Tundaan mencerminkan waktu tidak produktif dan bila dikonversi ke nilai uang menunjukkan jumlah biaya yang harus ditanggung masyarakat akibat keterbatasan kapasitas jalan. Antrean didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang mengantri pada suatu pendekat simpang dan dinyatakan dalam kendaraan atau satuan mobil penumpang (kendaraan/SMP) [8], sedangkan panjang antrean didefinisikan sebagai panjang antrean kendaraan dalam suatu pendekat dan dinyatakan dalam satuan meter.

Beberapa penelitian sebelumnya atau *state of the art* mengenai perlintasan sebidang telah dilakukan sebelumnya. Hasil analisis [10], menyatakan bahwa untuk mengatasi kemacetan di ruas Jalan Urip Sumoharjo di Lampung, Pembangunan undepass lebih efektif (skor 60%) dibandingkan *flyover* (40%). Penelitian di Yogyakarta [11], menjelaskan bahwa saat penutupan perlintasan, nilai derajat kejenuhan pada semua ruas jalan mengalami penurunan sehingga terjadi peningkatan kinerja ruas jalan. Hasil temuan [12] di Surabaya menunjukkan hubungan positif antara lama waktu penutupan perlintasan sebidang, panjang dan kecepatan kereta. Penelitian [13], melakukan investigasi persepsi masyarakat di Lamongan terhadap level persimpangan tanpa persimpangan gerbang kereta api dengan indikator kenyamanan dan keamanan. Dari kajian [14], menyatakan dari perhitungan waktu tundaan diperoleh durasi penutup palang pintu kereta api tercepat durasi penutup palang pintu kereta api terlama. Secara umum, penelitian dengan hasil derajat kejenuhan, jumlah antrean dan panjang antrean dengan kondisi yang tidak baik, maka mengoptimalkan kapasitasnya serta mengatur pergerakan kendaraan yang lewat [15][16][17]. Secara umum terkait penggunaan BBM, dalam kajiannya [18][19][20], menyebutkan bahwa kemacetan akan menyebabkan kerugian finansial dalam pemakaian BBM. Khususnya terkait kerugian ekonomi penelitian sebelumnya, misalnya dengan kondisi VCR mencapai 1.88, maka terjadi kerugian secara ekonomi dan kerugian bahan bakar minyak akibat kemacetan yang tinggi [21][22]. Penelitian lainnya oleh [23] dan [24] terkait pada kerugian biaya konsumsi bahan bakar kendaraan serta biaya perjalanan yang diakibatkan tundaan di perlintasan sebidang jalan dengan rel kereta api. Mitigasi risiko



Sumber: Hasil analisis, 2022

Gambar 1. Bagan alir penelitian.

keselamatan juga sangat diperlukan, agar metode penelitian pada persimpangan kereta api yang sebidang dapat lebih sempurna [25][26].

Adapun pertanyaan penelitian diidentifikasi dalam enam bagian, yaitu berapa durasi dan intensitas penutupan perlintasan sebidang jalan-rel di kawasan Stasiun Bojonggede, bagaimana kondisi lalu lintas ruas jalan pada perlintasan sebidang tersebut, berapa waktu tundaan dan panjang antrean kendaraan saat penutupan pintu perlintasan, berapa konsumsi BBM yang terbuang akibat penutupan pintu perlintasan, berapa kerugian ekonomi yang ditimbulkan akibat banyaknya konsumsi bahan bakar yang terbuang oleh adanya tundaan dan antrean kendaraan pada penutupan pintu perlintasan sebidang, dan bagaimana evaluasi penanganan perlintasan sebidang jalan-rel kereta api di kawasan Stasiun Bojonggede. Dari uraian permasalahan tersebut, diperlukan adanya penelitian yang mengkaji tentang kondisi perlintasan sebidang jalan dan rel kereta api di kawasan Stasiun Bojonggede beserta dampak kerugian ekonomi yang ditimbulkan dari konsumsi BBM yang terbuang. Analisis dikonversikan dalam nilai rupiah serta evaluasi terhadap pemenuhan aspek keselamatan perlintasan sebidang guna pertimbangan kebijakan penanganan perlintasan sebidang. Berdasarkan beberapa bagian dari pertanyaan penelitian tersebut, maka secara khusus tujuan penelitian ini diutamakan dan fokus untuk menganalisis konsumsi BBM yang terbuang serta menganalisis kerugian ekonomi yang ditimbulkan karena banyaknya konsumsi bahan bakar yang terbuang oleh adanya tundaan dan antrean kendaraan pada penutupan pintu perlintasan yang sebidang pada rel kereta api pada kawasan Stasiun Bojonggede. Tujuan lainnya adalah melakukan mitigasi risiko keselamatan yang juga sangat diperlukan. Adapun tahapan dalam penelitian dapat dijabarkan dalam bentuk bagan alir dan rancangan penelitian (Gambar 1).

2. Metodologi

2.1. Metode Pengumpulan Data

Lokasi studi perlintasan sebidang kawasan Stasiun Bojonggede, yaitu Perlintasan Sebidang I Jalan Raya Bojonggede dan Perlintasan Sebidang II Jalan Abdul Halim (Gambar 2 dan Gambar 3). Hasil penelitian hanya berlaku untuk lokasi ini pada periode pengamatan. Pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi data sekunder dan data primer serta kajian literatur terkait. Data sekunder yang diperlukan, yaitu data jumlah perjalanan KRL *commuter line* yang melintas, peta lokasi perlintasan sebidang dari Dinas Perhubungan Kabupaten Bogor, studi literatur, dan harga BBM dari laman situs resmi Pertamina [27]. Data primer diperoleh melalui metode survei lapangan. Populasi penelitian ini adalah jumlah kendaraan yang melintas pada perlintasan sebidang lokasi penelitian selama 24 jam. Survei volume lalu lintas dilakukan selama 16 jam (06.00-22.00 WIB) guna melihat fluktuasi volume lalu lintas beserta jam sibuk pada ruas jalan lokasi penelitian. Sedangkan sampel data kecepatan ruas adalah 30 sampel per jenis kendaraan yang melintas pada perlintasan sebidang lokasi penelitian selama jam sibuk dimana kendaraan yang melewati perlintasan sebidang diukur berdasarkan jarak tertentu dibandingkan dengan hasil pengukuran waktu menggunakan *stopwatch*.

2.2. Metode Analisis Data

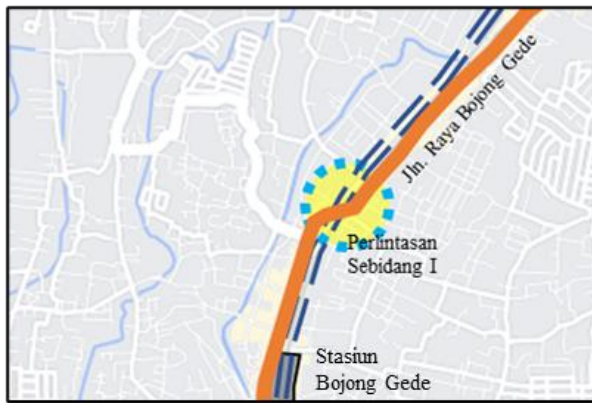
Metode penelitian menggunakan pendekatan analisis antrean dan tundaan dengan alat analisis *Deterministic Queueing Analysis* (DQA) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), serta analisis konsumsi bahan bakar minyak (BBM). Perhitungan konsumsi BBM dalam penelitian ini menggunakan metode LAPI-ITB (1996) [28], yaitu metode untuk menghitung biaya kemacetan dan konsumsi BBM yang terbuang pada saat kendaraan terhenti akibat tundaan oleh penutupan perlintasan sebidang. Metode berikutnya adalah menganalisis kerugian ekonomi dengan pendekatan analisis deskriptif, dihitung berdasarkan konsumsi BBM yang terbuang saat penutupan perlintasan sebidang yang dikonversikan ke dalam satuan rupiah. Pada analisis keselamatan, juga dilakukan kajian beberapa mitigasi risiko keselamatan, seperti sosialisasi, penataan ruang, alokasi anggaran, fasilitas dan sumber daya manusia dan peran pemerintah daerah.

Tahapan analisis terdiri atas enam tahap, yaitu analisis durasi penutupan perlintasan, analisis kondisi lalu lintas ruas jalan, dan analisis antrean dan tundaan dengan perhitungan analisis antrean dan tundaan dengan DQA, diuji akurasi menggunakan MAPE [29], analisis konsumsi BBM terbuang, dan analisis kerugian ekonomi. Hasil analisis yang dilakukan selanjutnya dibahas dengan mempertimbangkan berbagai studi literatur tentang penanganan perlintasan sebidang guna dirumuskan alternatif-alternatif yang dapat disarankan sebagai penanganan terhadap perlintasan sebidang kawasan Stasiun Bojonggede untuk dapat dikaji lebih lanjut.

2.3. Teknik Pengolahan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini mencakup data sekunder dan data primer serta kajian literatur terkait. Data sekunder yang diperlukan, yaitu data jumlah perjalanan KRL *commuter line* yang melintas, peta lokasi perlintasan sebidang dari Dinas Perhubungan Kabupaten Bogor, studi literatur, dan harga BBM dari laman situs Pertamina [27]. Sementara itu, untuk pengumpulan data primer dilakukan melalui metode survei di lapangan. Survei yang dilakukan terdiri dari: Inventarisasi ruas jalan dan perlintasan sebidang, durasi penutupan perlintasan, volume lalu lintas terklasifikasi, kecepatan lalu lintas, dan panjang antrean.

Data sekunder berupa data jumlah KRL *commuter line* yang melintas, peta lokasi, studi literatur, dan harga BBM. Metode analisis antrean digunakan dalam rangka menghitung durasi antrean (t_q), waktu pelepasan (t_a), jumlah kendaraan yang antri, jumlah kendaraan maksimum dalam antrean, serta waktu rata-rata kendaraan tertunda. Hasil analisis antrean tersebut berdasarkan survei pencacahan volume lalu lintas terklasifikasi maupun survei durasi penutupan pintu perlintasan kereta api. Hasil analisis data antrean dan tundaan disajikan per pendekat perlintasan sebidang. Sebagaimana lokasi kajian, Perlintasan Sebidang I mempunyai dua pendekat (Utara dan Selatan). Sedangkan Perlintasan Sebidang II mempunyai dua pendekat (Barat dan Timur).



Gambar 2. Lokasi Perlintasan Sebidang I.



Gambar 3. Lokasi Perlintasan Sebidang II.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Deskripsi Data

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang dilaksanakan pada dua perlintasan sebidang sekitar Stasiun Bojonggede. Berdasarkan hasil analisis data, diperoleh gambaran mengenai kondisi lalu lintas, besaran konsumsi BBM yang kemudian diterjemahkan dalam estimasi kerugian ekonomi sebagai yang diakibatkan penutupan pintu perlintasan sebidang pada lokasi penelitian. Hasil analisis data tersebut yang kemudian dibahas sebagai dasar pertimbangan dalam perumusan kebijakan di lapangan. Pada Gambar 2 dan Gambar 3 dapat dilihat terdapat dua perlintasan sebidang sekitar Stasiun Bojonggede yang menjadi lokasi penelitian, yaitu Perlintasan Sebidang I pada Perlintasan Sebidang Jalan Raya Bojonggede dan Perintasan Sebidang II pada Perlintasan Sebidang Jalan Abdul Halim.

3.1.1. Analisis Durasi Penutupan Perlintasan Sebidang

Durasi dan intensitas penutupan perlintasan sebidang dihitung berdasarkan pengumpulan data primer maupun data sekunder terkait lalu lintas kereta berupa jadwal operasional KRL *commuter line* Jabodetabek yang melintas dan pelaksanaan survei durasi penutupan perlintasan sebidang. Data lalu lintas kereta didapatkan melalui jadwal perjalanan operasional KRL *commuter line* Jabodetabek. Data operasional KRL *commuter line* Jabodetabek diolah berdasarkan kebutuhan menyesuaikan lokasi kajian. Pengolahan data kemudian dikhususkan terhadap operasional KRL *commuter line* Jabodetabek yang melintas di Stasiun Bojonggede. Durasi penutupan pintu Perlintasan Sebidang I tertinggi selama 167 detik, terendah 94 detik, dengan rata-rata 143 detik. Sedangkan durasi penutupan pintu Perlintasan Sebidang II tertinggi 168 detik, terendah 88 detik, dengan rata-rata 141 detik. Arah lalu lintas KRL *commuter line* Jabodetabek pada jalur *double track* Bojonggede terdiri dari lalu lintas dua arah dan satu arah. Lalu lintas dua arah terjadi pada satu waktu penutupan pintu perlintasan terdapat dua KRL yang melintas berlawanan arah. Hal ini terjadi karena jarak waktu antar KRL yang melintas terlalu dekat sehingga tidak dimungkinkan untuk buka tutup pintu perlintasan. Sedangkan lalu lintas satu arah terjadi pada satu waktu penutupan pintu perlintasan terdapat satu KRL yang melintas.

Pada jam operasional 03.00-24.00 WIB terdapat 354 pelayanan KRL *commuter line* Jabodetabek yang melintas di Stasiun Bojonggede yang terdiri dari 208 pelayanan *central line* dan 146 pelayanan *loop line*. Terdapat dua periode jam sibuk operasional KRL *commuter line* Jabodetabek yang melintas di Stasiun Bojonggede terjadi pada jam sibuk pagi pukul 07.00-09.00 WIB dengan frekuensi 21 layanan per jam yang terdiri dari 12 layanan *central line* dan sembilan layanan *loop line* per jam. Sementara itu, untuk jam sibuk sore pukul 18.00-20.00 WIB dengan frekuensi 22 layanan per jam yang terdiri dari 12 layanan *central line* dan 10 layanan *loop line* per jam. Pelaksanaan survei durasi penutupan pintu perlintasan kereta api bertujuan untuk mencari variasi dari durasi penutupan pintu perlintasan kereta api dikarenakan lalu lintas sarana KRL. Waktu pelaksanaan survei durasi penutupan pintu perlintasan kereta api didasarkan pada hasil identifikasi periode jam sibuk operasional KRL *commuter line* Jabodetabek yang melintas di Stasiun Bojonggede, yaitu pada periode jam sibuk sore pukul 18.00-20.00 WIB.

3.1.2. *Perlindungan Sebidang I (Jalan Raya Bojonggede)*

Perlindungan Sebidang I merupakan perpotongan antara Jalan Raya Bojonggede dengan jalur kereta api ganda (*double track*). Perlindungan ini terletak pada koordinat 6°29'10.38"S 106°47'41.67"T. Perlindungan Sebidang I terletak pada lintas Jakarta–Bogor koridor Manggarai–Bogor yang berada diantara Stasiun Citayam dan Stasiun Bojonggede pada KM 42+148 dengan nomor jalur perlindungan langsung (JPL) 26 (Gambar 2). Perlindungan sebidang ini dijaga resmi oleh KAI dengan palang pintu penutup yang dikendalikan oleh Departemen Jalan dan Jembatan. JPL 26 merupakan pintu perlindungan sebidang yang masih menggunakan sistem semi otomatis dimana masih terdapat petugas atau operator untuk mengendalikan naik turun palang pintu perlindungan sebidang. Penjaga pintu dan lintasan bertugas menyelamatkan perjalanan kereta api dari sisi perlindungan.

Pada saat peninjauan kondisi perlindungan sebidang, yang perlu menjadi perhatian adalah kondisi permukaan jalan memiliki beberapa titik yang rusak dan berlubang pada perlindungan sebidang. Hal ini menjadi hambatan pada laju kendaraan sehingga menyebabkan kendaraan lebih lambat saat melewati perlindungan sebidang. Selain meninjau peralatan keselamatan, survei inventarisasi perlindungan sebidang juga meninjau aspek pemenuhan pemasangan fasilitas keselamatan berupa perlengkapan jalan pada perlindungan sebidang. Survei inventarisasi fasilitas perlengkapan jalan pada perlindungan sebidang tersebut dilakukan sesuai kriteria [5].

3.1.3. *Perlindungan Sebidang II (Perlindungan Sebidang Jalan Abdul Halim)*

Perlindungan Sebidang II merupakan perpotongan antara Jalan Abdul Halim dengan jalur kereta api ganda (*double track*). Perlindungan ini terletak pada koordinat 6°29'45.81"S 106°47'41.67"T. Perlindungan Sebidang II terletak pada lintas Jakarta–Bogor di koridor Manggarai–Bogor yang berada diantara Stasiun Bojonggede dan Stasiun Cilebut pada KM 43+272 (Gambar 3). Perlindungan sebidang ini dijaga oleh swasta dan mempunyai palang pintu penutup pada saat kereta api akan melintas. Perlindungan Sebidang II dikelola oleh swasta atau masyarakat sekitar dan beroperasi dengan sistem manual dengan pengaturan jumlah personel yang tidak tetap dan belum berkompeten dan bersertifikat. Sistem operasi yang masih manual perlu menjadi perhatian serius dikarenakan pemenuhan kebutuhan akan keselamatan pada perlindungan sebidang tersebut masih sangat minim. Hal ini dapat dilihat pada saat peninjauan, di mana peralatan keselamatan yang dimiliki oleh Perlindungan Sebidang II praktis hanya portal pengaman pengguna jalan. Kondisi portal pengguna jalan itu pun hanya terbuat dari batang bambu yang dibuka tutup dengan bantuan tali. Kondisi geometrik perlindungan pun sama dengan Perlindungan Sebidang I di mana kondisi permukaan jalan memiliki beberapa titik yang rusak dan berlubang sehingga menjadi hambatan pada laju kendaraan dan menyebabkan kendaraan lebih lambat saat melewati perlindungan sebidang.

Hal yang sama terlihat pada aspek pemenuhan pemasangan fasilitas keselamatan berupa perlengkapan jalan pada perlindungan sebidang. Dari survei inventarisasi fasilitas perlengkapan jalan pada perlindungan sebidang tersebut, pemenuhan kebutuhan perlengkapan jalan masih sangat minim. Peninjauan juga dilakukan terhadap tata cara berlalu lintas pengendara kendaraan maupun masinis KRL di Perlindungan Sebidang II. Seperti halnya di Perlindungan Sebidang I, pengemudi kendaraan yang hendak melewati Perlindungan Sebidang II senantiasa memperlambat laju kendaraannya. Akan tetapi pada saat pintu perlindungan ditutup, antrian para pengemudi kendaraan tidak teratur menggunakan seluruh lajur pada jalan. Sementara itu, untuk masinis KRL yang hendak melewati Perlindungan Sebidang II selalu membunyikan suara suling lokomotif sebanyak satu untuk minta perhatian.

3.1.4. *Kondisi Lalu Lintas pada Perlindungan Sebidang*

Pada ruas Jalan Raya Bojonggede memiliki V/C rasio sebesar 0,77 dan Jalan Abdul Halim memiliki V/C rasio sebesar 0,78, sehingga termasuk dalam tingkat pelayanan jalan D. Pada level tingkat pelayanan jalan D dapat diartikan bahwa arus lalu lintas mendekati kapasitas (arus tidak stabil) dan kecepatan kendaraan pada ruas jalan rendah. Kecepatan kendaraan yang diukur adalah kecepatan rata-rata ruang pada saat kendaraan melewati perlindungan sebidang. Baik pada Perlindungan Sebidang I dengan rentang kecepatan 15,88-18,48 km/jam maupun Perlindungan Sebidang II dengan rentang kecepatan 14,41-15,56 km/jam. Hasil analisis pada Perlindungan Sebidang I memiliki kepadatan lalu lintas sebesar 104,99 smp/jam dan Perlindungan Sebidang II memiliki kepadatan lalu lintas sebesar 131,49 smp/jam. Kepadatan lalu lintas akan terus berbanding terbalik dengan kecepatan. Semakin tinggi kepadatan lalu lintas akan semakin rendah kecepatannya.

Tabel 2. Tingkat pelayanan jalan lokasi penelitian.

No	Uraian	Jalan Raya Bojong Gede	Jalan Abdul Halim
1	Volume (V)	1667,45	1919,65
2	Kapasitas (C)	2151,61	2473,12
3	Rasio (V/C)	0,77	0,78
4	Tingkat Pelayanan	D	D

3.1.5. Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan jalan diketahui berdasarkan perbandingan antara volume dan kapasitas jalan. Volume lalu lintas yang menjadi parameter adalah volume lalu lintas jam puncak untuk mengetahui kemampuan kapasitas jalan dalam menampung arus lalu lintas kendaraan. Rasio perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas ruas jalan kemudian direpresentasikan dengan tingkat pelayanan jalan (Tabel 2).

Berdasarkan V/C rasio untuk ruas Jalan Raya Bojonggede (0,77) dan untuk ruas Jalan Abdul Halim (0,78) termasuk dalam kategori D dengan karakteristik arus lalu lintas mulai tidak stabil, kecepatan rendah, dan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan.

3.1.6. Antrean dan Tundaan

Perhitungan mengenai antrean dan tundaan dijelaskan dalam beberapa langkah, pertama, dilakukan analisis antrean metode *deterministic queueing analysis* (DQA), hasil dari analisis ini kemudian diverifikasi melalui pengukuran keakuratan perhitungan panjang antrean di lapangan, kemudian dihitung analisis konsumsi BBM terbuang, selanjutnya dilakukan analisis kerugian ekonomi, dan langkah terakhir adalah melakukan evaluasi tingkat risiko keselamatan penanganan perlintasan sebidang.

3.1.6.1 Analisis Antrean Metode Deterministic Queueing Analysis (DQA)

Perhitungan dari data hasil survei pada Perlintasan Sebidang I untuk pendekat utara pada saat penutupan perlintasan pukul 18.02 WIB dengan durasi antrean adalah 170,72 detik, waktu pelepasan adalah 73,72 detik, jumlah kendaraan yang antri adalah 34,15 smp, jumlah kendaraan maksimum dalam antrean adalah 19,40 smp dan waktu rata-rata kendaraan tertunda adalah 48,50 smp. Selanjutnya, untuk menghitung panjang antrean diperoleh dari jumlah kendaraan yang antri dikalikan dengan asumsi panjang kendaraan. Asumsi panjang kendaraan dikonversi berdasarkan ekuivalen kendaraan ringan dan satuan ruang parkir untuk mobil penumpang dimana untuk panjang mobil penumpang dalam dimensi satuan ruang parkir (SRP) sepanjang lima meter. Sehingga, dapat diasumsikan untuk 1 smp sepanjang lima meter panjang kendaraan. Jadi, perhitungan panjang antrean adalah 170,73 meter.

Sebagaimana hasil analisis, untuk Perlintasan Sebidang I (Pendekat Utara) terjadi panjang antrean maksimum pada pukul 18.47 WIB dengan panjang antrean 377,15 meter (Gambar 4). Panjang antrean disertai dengan waktu rata-rata kendaraan tertunda selama 81,50 detik. Untuk jumlah kendaraan yang antri sebanyak 75,43 smp, dan jumlah kendaraan maksimal dalam antrean adalah 37,73 smp, sedangkan untuk Perlintasan Sebidang I (Pendekat Selatan) terjadi panjang antrean maksimum pada pukul 19.22



Gambar 4. Pendekat pada Perlintasan Sebidang I. **Gambar 5.** Pendekat pada Perlintasan Sebidang II.

WIB dengan panjang antrean 358,95 meter (Gambar 4). Panjang antrean disertai dengan waktu rata-rata kendaraan tertunda selama 77 detik.

Untuk jumlah kendaraan yang antri sebanyak 71,79 smp, dan jumlah kendaraan maksimal dalam antrean adalah 35,78 smp. Untuk Perlintasan Sebidang II (Pendekat Barat) terjadi panjang antrean maksimum pada pukul 18.54 WIB dengan panjang antrean 404,56 meter (Gambar 5). Panjang antrean disertai dengan waktu rata-rata kendaraan tertunda selama 76 detik. Untuk jumlah kendaraan yang antri sebanyak 80,91 smp, dan jumlah kendaraan maksimal dalam antrean adalah 40,49 smp, sedangkan untuk Perlintasan Sebidang II (Pendekat Timur) terjadi panjang antrean maksimum pada pukul 18.54 WIB dengan panjang antrean 399,62 meter (Gambar 5). Panjang antrean disertai dengan waktu rata-rata kendaraan tertunda selama 76 detik. Untuk jumlah kendaraan yang antri sebanyak 79,92 smp, dan jumlah kendaraan maksimal dalam antrean adalah 40,24 smp.

3.1.6.2 Pengukuran Keakuratan Perhitungan Panjang Antrean

Guna mengetahui keakuratan data panjang antrean hasil perhitungan metode DQA, dilakukan survei primer berupa pengukuran panjang antrean kendaraan pada masing-masing pendekat perlintasan sebidang di periode jam sibuk. Nilai panjang antrean yang dihitung dengan metode DQA selanjutnya dibandingkan dengan hasil survei antrean kendaraan pada Perlintasan Sebidang I dan Perlintasan Sebidang II. Data nilai panjang antrean hasil perhitungan metode DQA kemudian diukur keakuratannya dengan menggunakan nilai *mean absolute percentage error* (MAPE). Hasil perhitungan MAPE dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan MAPE dapat diketahui bahwa signifikansi/keakuratan nilai MAPE untuk masing-masing pendekat pada perlintasan sebidang memiliki persentase <10%, maka dapat disimpulkan bahwa panjang antrean hasil perhitungan metode DQA memiliki signifikan/akurasi yang sangat baik setelah dibandingkan dengan hasil survei di lapangan sehingga data tersebut dapat dipergunakan dalam analisis selanjutnya.

3.1.6.3 Analisis Konsumsi BBM Terbuang

Banyaknya konsumsi BBM yang terbuang pada saat penutupan pintu perlintasan sebidang dikonversikan berdasarkan panjangnya antrean dan lamanya tundaan yang dialami kendaraan pada saat melewati perlintasan sebidang. Konsumsi BBM terbuang di Perlintasan Sebidang I pada periode jam sibuk pukul 18.00-20.00 WIB sebesar 1.062,54 liter/2 jam atau 531,27 liter/jam. Sedangkan konsumsi BBM terbuang di Perlintasan Sebidang II pada periode jam sibuk pukul 18.00-20.00 WIB sebesar 1.149,90 liter/2 jam atau 574,95 liter. Sehingga total jumlah konsumsi BBM yang terbuang oleh penutupan perlintasan sebidang lokasi penelitian adalah 2.212,45 liter/2 jam atau sebanyak 1.106,22 liter/jam.

3.1.6.4 Analisis Kerugian Ekonomi

Elemen-elemen perhitungan dalam analisis kerugian ekonomi yang diakibatkan konsumsi BBM yang terbuang tersebut terdiri dari volume arus lalu lintas yang terbagi proporsi antar jenis kendaraan, banyaknya konsumsi BBM yang terbuang dan harga BBM dengan asumsi penggunaan BBM per jenis

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan MAPE.

No	Perlntasan sebidang	Pendekat	Jumlah waktu penutupan	MAPE
1	Perlntasan Sebidang I	Utara	24	8,49
		Selatan	24	9,35
2	Perlntasan Sebidang II	Barat	23	8,22
		Timur	23	7,21

Tabel 4. Konversi data konsumsi BBM yang terbuang dan kerugian ekonomi pada lokasi penelitian.

No	Konversi Waktu	Konsumsi BBM yang terbuang (liter)	Kerugian Ekonomi (Rp)
1	Jam	1.106,22	8.492.674
2	Hari (jam x 20 jam operasi)	22.124,47	169.853.481
3	Tahun (hari x 365)	8.075.431,83	61.996.520.529

kendaraan. Pada penelitian ini diasumsikan untuk sepeda motor dan mobil penumpang menggunakan jenis BBM pertalite dengan harga Rp 7.650/liter, sedangkan untuk kendaraan berat menggunakan jenis BBM Dexlite dengan harga Rp 12.150/liter. Hasil perhitungan pada analisis kerugian ekonomi selama periode jam sibuk pukul 18.00-20.00 WIB dapat diketahui bahwa kerugian ekonomi akibat konsumsi BBM pada Perlintasan Sebidang I (Pendekat Utara) sebesar Rp 4.086.809 dengan rata-rata kerugian Rp 170.284 per penutupan pintu perlintasan sebidang dan untuk kerugian ekonomi akibat konsumsi BBM pada Perlintasan Sebidang I (Pendekat Selatan) sebesar Rp 4.070.620 dengan rata-rata kerugian Rp 169.609 per penutupan pintu perlintasan sebidang. Sementara itu, kerugian ekonomi akibat konsumsi BBM pada Perlintasan Sebidang II (Pendekat Barat) sebesar Rp 4.442.250 dengan rata-rata kerugian Rp 193.141 per penutupan pintu perlintasan sebidang dan kerugian ekonomi akibat konsumsi BBM pada Perlintasan Sebidang II (Pendekat Timur) sebesar Rp 4.385.669 dengan rata-rata kerugian Rp 190.681 per penutupan pintu perlintasan sebidang.

Konsumsi BBM yang terbuang kemudian dikonversikan dalam satuan rupiah sebagai kerugian ekonomi yang disebabkan penutupan pintu perlintasan sebidang. Perlintasan Sebidang I mengalami kerugian ekonomi sebesar Rp 8.157.429 pada periode jam sibuk (2 jam) atau Rp 4.078.715 per jam sedangkan Perlintasan Sebidang II mengalami kerugian ekonomi sebesar Rp 8.827.919,- pada periode jam sibuk atau Rp 4.413.959 per jam. Oleh karena itu, total kerugian ekonomi yang disebabkan oleh penutupan perlintasan sebidang lokasi kajian adalah sebesar Rp16.985.348/2 jam atau sebanyak Rp 8.492.674,-/jam (Tabel 4).

Penutupan perlintasan sebidang di lokasi penelitian menimbulkan dampak berupa konsumsi BBM yang terbuang per hari sebesar 22.124,47 liter dengan kerugian ekonomi per hari sebesar Rp 169.853.481 (Tabel 4). Sementara itu, untuk konsumsi BBM yang terbuang pertahun sebesar 8.075.431,83 liter dengan kerugian ekonomi pertahun sebesar Rp 61.996.520.529 (Tabel 3). Potensi kerugian ekonomi tersebut seyogyanya dapat menjadi pertimbangan Pemerintah dalam penentuan kebijakan penanganan perlintasan sebidang lebih lanjut.

3.1.6.5 *Evaluasi Tingkat Risiko Keselamatan Penanganan Perlintasan Sebidang*

Analisis data kemudian dilanjutkan dengan evaluasi sebagaimana kriteria yang telah ditentukan guna merumuskan rekomendasi penanganan perlintasan sebidang di kawasan Stasiun Bojonggede. Evaluasi perlintasan sebidang dilakukan dengan meninjau delapan variabel terdiri dari: Jalur KRL, frekuensi KRL, headway KRL, kepadatan lalu lintas, sistem operasi, pengelola pintu perlintasan, peralatan keselamatan, dan pemenuhan perlengkapan jalan. Terhadap personil penjaga pintu perlintasan, untuk Perlintasan Sebidang I memiliki empat orang penjaga pintu perlintasan yang sudah berkompeten dan bersertifikat menjamin terhadap keselamatan perlintasan sebidang dengan pengaturan jam kerja personil dibagi tiga menjadi tiga *shift* masing-masing delapan jam. Sedangkan untuk Perlintasan Sebidang II dijaga oleh petugas dari masyarakat yang belum memiliki sertifikasi dan kompetensi sehingga Perlintasan Sebidang II berisiko tinggi terhadap keselamatan perlintasan sebidang.

Terkait peralatan keselamatan, Perlintasan Sebidang I dilengkapi beberapa peralatan keselamatan, antara lain: portal pengaman pengguna jalan terbuat dari bahan kayu dengan warna putih dan merah pendar cahaya, isyarat lampu peringatan/larangan, isyarat suara, alat pendeteksi kereta api, pengendali utama (*main controller*), dan catu daya. Meskipun masih kurang, akan tetapi masih dapat minimal operasional terhadap pemenuhan peralatan keselamatan. Sementara itu, peralatan keselamatan yang dimiliki oleh Perlintasan Sebidang II praktis hanya portal pengaman pengguna jalan. Kondisi portal pengguna jalan itu pun hanya terbuat dari batang bambu yang dibuka tutup dengan bantuan tali. Kondisi ini menjadikan Perlintasan Sebidang II berisiko tinggi terhadap keselamatan perlintasan sebidang.

Hasil evaluasi pada Perlintasan Sebidang I pada Tabel 5, didapatkan bahwa dari delapan kriteria evaluasi sebanyak lima kriteria memiliki risiko tinggi terhadap keselamatan. Sebagaimana Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 94 Tahun 2018 [30], dengan pertimbangan karakteristik jalur kereta berupa *double track*, frekuensi KRL tinggi, *headway* tinggi setiap lima menit, kepadatan lalu lintas yang tinggi, dan ketersediaan perlengkapan jalan yang minim perlu mendapatkan penanganan berupa peningkatan status perlintasan sebidang. Selain kepada masyarakat, mitigasi terhadap risiko keselamatan, agar dilakukan sosialisasi peraturan dan kebijakan lintas instansi juga masih dianggap minim karena

banyak pemerintah daerah khususnya di Tingkat kabupaten/kota tidak memahami tanggung jawab dan wewenang masing-masing terkait pengelolaan perlintasan sebidang. Akibatnya, perlintasan sebidang yang sudah ada tidak dikelola dengan baik, khususnya dalam hal penyediaan dan pengoperasian fasilitas keselamatan. Kemudian dilakukan mitigasi penanganan permasalahan perlintasan sebidang lainnya, yaitu penataan ruang, alokasi anggaran, fasilitas dan sumber daya manusia dan peranan pemerintah daerah. Setelah dilakukan mitigasi terhadap risiko keselamatan, dapat direkomendasikan peningkatan perlintasan sebidang menjadi perlintasan tidak sebidang, yaitu jalan layang atau terowongan.

Hasil evaluasi pada Perlintasan Sebidang II didapatkan bahwa delapan kriteria evaluasi seluruhnya memiliki risiko tinggi terhadap keselamatan (Tabel 6). Kondisi Perlintasan Sebidang II dari aspek prasarana perlintasan sebidang, aspek sumber daya manusia, dan aspek kondisi lalu lintas membutuhkan penanganan yang serius. Dalam aspek prasarana perlintasan sebidang, jalur kereta berupa *double track*, sistem operasi yang masih manual, peralatan keselamatan dan perlengkapan jalan yang minim. Aspek kondisi lalu lintas berupa frekuensi KRL tinggi, *headway* tinggi setiap lima menit, dan kepadatan lalu lintas yang tinggi. Sementara itu, dalam aspek sumber daya manusia untuk pengelola pintu perlintasan adalah swasta, yaitu masyarakat sekitar yang belum kompeten dan bersertifikat dapat membahayakan pengguna jasa transportasi. Dengan kondisi demikian, rekomendasi yang diberikan adalah penutupan perlintasan sebidang. Rekomendasi penutupan perlintasan sebidang tersebut juga dengan mempertimbangkan jarak antar perlintasan sebidang yang kurang dari satu kilometer sehingga penutupan Perlintasan Sebidang II tersebut menjadikan Perlintasan Sebidang I sebagai jalan alternatif.

3.2. Pembahasan

Evaluasi perlintasan sebidang dilakukan pada delapan variabel terdiri dari jalur, frekuensi, *headway*, kepadatan lalu lintas, sistem operasi, pengelola pintu perlintasan, peralatan keselamatan, dan pemenuhan perlengkapan jalan. Hasil evaluasi pada Perlintasan Sebidang I didapatkan bahwa dari delapan kriteria evaluasi sebanyak lima kriteria, yaitu jalur, frekuensi, *headway*, kepadatan lalu lintas pemenuhan perlengkapan jalan memiliki risiko tinggi terhadap keselamatan. Sementara itu, pada Perlintasan Sebidang II didapatkan bahwa delapan kriteria evaluasi memiliki risiko tinggi terhadap keselamatan. Terhadap personil penjaga pintu perlintasan, untuk Perlintasan Sebidang I memiliki empat orang penjaga pintu perlintasan yang sudah berkompeten dan bersertifikat dan dilengkapi peralatan keselamatan yang cukup memadai. Sementara itu, untuk Perlintasan Sebidang II dijaga oleh petugas dari masyarakat yang belum memiliki sertifikasi dan kompetensi dan hanya memiliki peralatan keselamatan portal pengaman pengguna jalan yang terbuat dari batang bambu yang dibuka tutup dengan bantuan tali.

Hasil evaluasi pada Perlintasan Sebidang II didapatkan bahwa delapan kriteria evaluasi memiliki risiko tinggi terhadap keselamatan. Kondisi Perlintasan Sebidang II dari aspek prasarana perlintasan sebidang, aspek sumber daya manusia, dan aspek kondisi lalu lintas membutuhkan penanganan yang serius. Dalam aspek prasarana perlintasan sebidang, jalur kereta berupa *double track*, sistem operasi yang masih manual, peralatan keselamatan dan perlengkapan jalan yang minim. Aspek kondisi lalu lintas berupa frekuensi KRL tinggi, *headway* tinggi setiap lima menit, dan kepadatan lalu lintas yang tinggi. Sementara itu, dalam aspek sumber daya manusia untuk pengelola pintu perlintasan adalah swasta, yaitu masyarakat sekitar yang belum berkompeten dan bersertifikat dapat membahayakan pengguna jasa transportasi. Dengan kondisi demikian, rekomendasi yang diberikan adalah penutupan perlintasan sebidang. Rekomendasi penutupan perlintasan sebidang tersebut juga dengan mempertimbangkan jarak antar perlintasan sebidang yang kurang dari satu kilometer sehingga penutupan Perlintasan Sebidang II tersebut menjadikan Perlintasan Sebidang I sebagai jalan alternatif.

Hasil penelitian yang terkait dengan analisis tundaan, panjang antrean dan konsumsi BBM ini sangat mendukung kajian yang dilakukan [31]. Hasil analisis penelitian ini sejalan dengan kajian [32], bahwa semakin tinggi nilai waktu tundaan dan panjang antrean semakin besar pula konsumsi bahan bakar yang terbuang. Penelitian ini mendukung dengan kajian [12][33][34] mereka menyatakan bahwa, tundaan dan panjang antrean memiliki pengaruh terhadap konsumsi bahan bakar pada penutupan pintu perlintasan kereta api, maka semakin tinggi nilai tundaan dan panjang antrean semakin besar pula konsumsi bahan bakar. Penelitian ini mendukung kajian [35], yang terkait dengan durasi penutupan palang pintu. panjang antrean dan tundaan pada perlintasan sebidang jalan dengan rel kereta api. Terkait penutupan pintu perlintasan kereta api yang berpengaruh terhadap tundaan dan panjang antrean kendaraan, maka hasil

penelitian ini relevan dengan temuan lainnya oleh beberapa peneliti seperti [36][37][38]. Penelitian ini juga masih sejalan dengan kajian [39], meskipun dari perhitungan panjang antrian dan tundaan, kapasitas jalan yang ada masih memenuhi syarat namun volume, kapasitas jalan sudah tidak memenuhi syarat sehingga perlu penanganan ulang, yaitu pelebaran jalan. Penelitian ini juga sejalan dengan kajian [40] yang menyatakan bahwa diperlukan kebijakan untuk meningkatkan kinerja perlintasan sebidang agar keselamatan kereta api dan lalu lintas jalans selalu terjamin di Indonesia. Sebelum dilakukan proses perijinan perlu direncanakan pemetaan terhadap eksistensi perlintasan sebidang.

Sinergi dalam perumusan kebijakan penanganan perlintasan sebidang sangat diperlukan antar *stakeholder* dengan dituangkan dalam aspek legal dimana telah terdapat *timeline* beserta *action plan* seperti rencana penanganan jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang. Selain kepada masyarakat, sosialisasi peraturan dan kebijakan lintas instansi juga masih dianggap minim karena banyak pemerintah daerah khususnya di tingkat kabupaten-kota tidak memahami tanggungjawab dan wewenang masing-masing terkait pengelolaan perlintasan sebidang. Akibatnya, perlintasan sebidang yang sudah ada tidak dikelola dengan baik, khususnya dalam hal penyediaan dan pengoperasian fasilitas keselamatan. Permasalahan tata ruang dapat dicapai melalui pendekatan fisik, yaitu dengan membuat *fly over* atau *underpass* dengan pentahapan rencana penanganan jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang untuk menggantikan perlintasan sebidang, akan tetapi memang tidak mudah untuk dilakukan. Banyaknya bangunan yang timbul pada ruang manfaat jalan atau di sekitar perlintasan sebidang dikarenakan efek tumbuhnya bangunan atau pemukiman di sekitar ruas jalan yang melintasi perlintasan sebidang, sehingga hal tersebut dapat menjadi masalah pembebasan lahan apabila dibuat pendekatan fisik seperti *fly over* atau *underpass* karena lahan di sekitar perlintasan telah terhimpit oleh bangunan-bangunan.

Prasarana perkeretaapian adalah milik pemerintah dalam hal ini Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan RI, maka biaya penyelenggaraan dan perawatan seharusnya menjadi kewajiban pemerintah dan konsekuensinya, pemerintah diharuskan membayar biaya kepada pihak yang menyelenggarakan dan merawat prasarana perkeretaapian. Pemerintah dapat menandatangani kontrak dengan badan usaha yang memperoleh penugasan melakukan perawatan prasarana dalam hal ini adalah PT KAI. Biaya penggunaan prasarana perkeretaapian atau sering dikenal dengan *track access charge* (TAC) adalah biaya yang harus dibayar oleh penyelenggara sarana perkeretaapian dalam hal ini PT KAI.

Terkait penggunaan *early warning system* juga belum menjadi prioritas bagi sebagian besar pemerintah dan pemerintah daerah. Terhadap ketersediaan dan pola pembinaan sumber daya manusia sebagai penjaga pintu perlintasan juga menjadi kendala dalam pelaksanaannya oleh pemerintah daerah. Berdasarkan Pasal 92 Undang-undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian [1] dan Pasal 83 Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 menyebutkan pembangunan, pengoperasian, perawatan, dan keselamatan perpotongan jalur kereta api dan jalan menjadi tanggungjawab pemegang izin [41]. Artinya, tanggung jawab pengadaan fasilitas keamanan perlintasan kereta api adalah pemerintah atau pemerintah daerah sesuai dengan status jalan. Jika perlintasan sebidang berada di jalan provinsi, maka tanggung jawabnya ada pada pemerintah provinsi, perlintasan yang terletak di jalan kabupaten/kota, tanggung jawabnya ada pada Pemerintah Kota/Pemerintah Daerah dan perlintasan yang terletak di jalan nasional adalah tanggungjawab pemerintah pusat. Evaluasi dari pemerintah daerah menjadi penting karena berkaitan dengan antisipasi pertumbuhan perlintasan sebidang yang selalu meningkat jumlahnya.

Tabel 6. Hasil evaluasi tingkat risiko keselamatan Perlintasan Sebidang II.

No	Variabel	Uraian	Kriteria	Keterangan
1	Jalur KRL	<i>Double track</i>	Risiko tinggi	
2	Frekuensi KRL	22 Layanan/Jam	Risiko tinggi	
3	<i>Headway</i> KRL	5 menit	Risiko tinggi	<i>Headway</i> pada perlintasan sebidang minimal 30 (tiga puluh) menit
4	Kepadatan lalu lintas	131,49 smp/jam	Risiko tinggi	
5	Sistem operasi	Manual	Risiko tinggi	
6	Pengelola pintu perlintasan	Swasta	Risiko tinggi	Masyarakat sekitar yang belum berkompeten dan bersertifikat
7	Peralatan keselamatan	Minim	Risiko tinggi	
8	Perlengkapan jalan	Minim	Risiko tinggi	

Inventarisasi perlintasan sebidang yang tidak resmi juga harus selalu diupayakan untuk ditutup. Jumlah perlintasan sebidang dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan terutama yang liar dan hal ini jika dibiarkan sangat berbahaya dan semakin menimbulkan potensi terjadinya kecelakaan.

4. Kesimpulan

Penutupan pintu perlintasan sebidang jalan dan rel kereta api di kawasan Stasiun Bojonggede, menyebabkan konsumsi BBM terbuang pada Perlintasan Sebidang I dan Sebidang II. Akibatnya, total jumlah konsumsi BBM yang terbuang oleh penutupan perlintasan sebidang yang terbuang per hari sebesar 22.124,47 liter dan konsumsi BBM yang terbuang pertahun sebesar 8.075.431,83 liter. Jumlah tersebut merupakan kerugian besar pada ekonomi setempat, sehingga perlu diterapkan pengembangan teknologi pada kendaraan bermotor. Implikasi kebijakannya dapat berupa penerapan teknologi efisiensi konsumsi BBM kendaraan, misalnya penggunaan sistem bahan bakar injeksi sebagai peralihan dari sistem bahan bakar karburator, maupun penggunaan energi terbarukan sebagai penggerak kendaraan, misalnya kendaraan listrik. Implikasi lainnya, adanya besaran kerugian ekonomi yang berasal dari konsumsi BBM yang terbuang pada dua perlintasan sebidang pada kawasan Stasiun Bojonggede. Hal ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penyusunan kebijakan terhadap penanganan perlintasan sebidang lebih lanjut. Dalam perumusan kebijakan tersebut perlu adanya sinergi antara *stakeholder* terkait, baik pemerintah, pemerintah daerah, PT KAI *Commuter* Jabodetabek, maupun *stakeholder* lainnya. Lamanya tundaan dan panjangnya antrean kendaraan menyebabkan kerugian secara ekonomi disebabkan banyaknya konsumsi bahan bakar yang terbuang pada saat pintu perlintasan sebidang ditutup. Peningkatan perlintasan sebidang menjadi perlintasan tidak sebidang merupakan rekomendasi utama seperti jalan layang atau terowongan dan dilakukan penutupan perlintasan sebidang, sehingga mengurangi risiko keselamatan pada pengguna jalan yang melintas pada perlintasan sebidang jalan dan rel kereta api di kawasan Stasiun Bojonggede. Maka, potensi kerugian ekonomi yang telah dihitung diharapkan dapat menjadi pertimbangan pemerintah dalam penentuan kebijakan penanganan perlintasan sebidang lebih lanjut.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ucapkan terima kasih kepada editor yang ditugaskan untuk penyusunan naskah ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan dan Kecamatan Bojonggede, Kabupaten Bogor serta dinas-dinas terkait atas dukungan datanya. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada rekan-rekan Surveyor di Bojonggede, Kabupaten Bogor yang telah membantu serta terima kasih juga kepada seluruh responden yang telah bersedia mengisi kuesioner. Khususnya, juga kepada pimpinan Pascasarjana Institut Transportasi dan Logistik Trisakti yang telah memberikan penugasan untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] UU RI, "Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian," Jakarta: Undang-undang Republik Indonesia, 2007.
- [2] M. Yusyadiputra, R. Hermawanto, B. Pudjianto, and E. Yulipriyono, "Pengaruh Penutupan Pintu Perlintasan Jalan Rel Terhadap Kinerja Lalu Lintas Jalan Raya di Perlintasan Kaligawe Semarang dan Kaliwungu Kenda," *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 3, no. 3, pp. 723–735, 2014.
- [3] PM RI, "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia PM Nomor 13 Tahun 2011 Tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Pengawasan Jalan.," Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2011.
- [4] PM RI, "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 77 Tahun 2011 tentang Tanggung Jawab Pengangkut Angkutan Udara," a: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2011.
- [5] DJPD RI, "Pedoman Teknis Pengendalian Lalu Lintas di Ruas Jalan pada Potensi Kecelakaan di Perlintasan Sebidang dengan Kereta Api,," Jakarta: Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2018.
- [6] PM RI, "Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM.19 Tahun 2011 tentang Sertifikat Kecakapan Penjaga Perlintasan Kereta Api,," Jakarta : Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2011.
- [7] D. S. Oktaria, "Aspek Hukum Perlintasan Sebidang bagi Penjaga Perlintasan Sebidang Dinas Perhubungan Kabupaten Bojonegoro," *J. Dedik. Huk.*, vol. 2, no. 1, pp. 12-23., 2022.
- [8] DJBM RI, "Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia,," Jakarta: Kemeterian Pekerjaan Umum, 2014.
- [9] T. L. Soedirdjo, *Rekayasa Lalu Lintas*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2002.
- [10] D. Herianto and A. M. R. Siregar, "Analisis Solusi Kemacetan pada Simpang Sebidang Kereta Api Jalan Urip Sumoharjo," *J. Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 9, no. 3, pp. 491-502., 2021.
- [11] P. J. Romadhona and S. Artistika, "Pengaruh Penutupan Perlintasan Sebidang Kereta Api di Jalan H.O.S. Cokroaminoto, Yogyakarta,," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 16, no. 2, pp. 119-131., 2020.
- [12] A. Utami and H. Widyastuti, "Model Panjang Antrean Kendaraan pada Perlintasan Sebidang Tanpa Palang Pintu (Studi Kasus: Perlintasan Sebidang Jl. Gayung Kebonsari Surabaya),," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 17, no. 1, pp. 27-34., 2019.

- [13] H. Handoko, N. F. Rachman, F. A. Kurniawan, and R. Guangjiong, "Investigating Public Perception Toward the Level Crossing Without Railway Gate Crossing (Case Study: at JPL 297 and 294 Lamongan)," *J. Railw. Transp. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 38-46., 2022.
- [14] F. I. D. Cahyanti, A. Rokhmawati, and A. Rahmawati, "Analisa Tundaan Akibat Penutup Palang Pintu Kereta Api (Ruas Jalan Sultan Agung Desa Kepanjen Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang)," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 12, no. 3, pp. 12-22., 2022.
- [15] N. Winarsih and N. Nahdalina, "Analisis Antrean dan Tundaan Akibat Lampu Lalu Lintas dan Penutupan Pintu Perlindungan Kereta Api Menggunakan Metode Antrean Deterministik (Studi Kasus: Perlindungan Kereta Api Tanjung Barat Jakarta Selatan).," *J. Ilm. Desain Konstr.*, vol. 16, no. 1, pp. 32-45, 2017.
- [16] D. A. Dinata, M. Windha, and S. T. Nurul Hidayati, "Pengaruh Penutupan Perlindungan Kereta Api Terhadap Kinerja Ruas Jalan (Studi Kasus Perlindungan Pasar Nongko, Kota Surakarta)," (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta), 2019.
- [17] I. S. Lubis, S. E. Priana, and A. S. Yusman, "Pengaruh Perlindungan Kereta Api Terhadap Arus Lalu Lintas di Simpang Tunggul Hitam Kota Padang," *Ensiklopedia Res. Community Serv. Rev.*, vol. 1, no. 1, pp. 38-48., 2021.
- [18] D. O. Kawulur, A. T. Naukoko, and M. T. B. Maramis, "Analisis Dampak Kemacetan Terhadap Ekonomi Pengguna Jalan, Depan Tugu Taman Kota Manado," *J. Berk. Ilm. Efisiensi*, vol. 20, no. 1, pp. 83-93, 2020.
- [19] A. C. Maptuhi, I. Farida, and A. Susetyaningsih, "Kerugian Finansial Akibat Kemacetan Ditinjau Dari Bahan Bakar Minyak di Kabupaten Garut," *J. Konstr.*, vol. 16, no. 2, pp. 9-22., 2019.
- [20] S. Nuryati, "Penggunaan bahan bakar minyak terhadap kecepatan kendaraan dan nilai waktu perjalanan di wilayah kota Bekasi.," *Bentang J. Teor. dan Terap. Bid. Rekayasa Sipil*, vol. 5, no. 1, pp. 45-61., 2017.
- [21] R. Yudisti and S. Priambodo, "Studi Kemacetan Persimpangan Sebidang Rel Kereta Api di Jalan Raya Saradan," *Media Komun. Dunia Ilmu Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 42-50., 2023, doi: <https://doi.org/10.32585/modulus.v5i2.4962>.
- [22] F. K. Ananda and W. A. Yaqin, "Analisa Lalu Lintas Persimpangan Jalan Raya Dengan Rel Kereta Api (Studi Kasus Jalan Hasanudin Semarang)," (Doctoral dissertation, Universitas PGRI Semarang), 2023.
- [23] A. Arsyad, "Studi Analisis Tundaan, Antrean Dan Biaya Operasional Kendaraan Akibat Perlindungan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Pada Ruas Jalan Malang-Surabaya KM," (Doctoral dissertation, ITN Malang), 2017.
- [24] T. Indrawati, "Analisis Karakteristik Lalu Lintas dan Biaya Perjalanan Akibat Tundaan Pada Perlindungan Sebidang di Kota Bandar Lampung," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 23, no. 1, pp. 39-48., 2025.
- [25] F. I. Kamila, D. Christianto, and H. R. Angkat, "Analisis Keselamatan Pada Perlindungan Sebidang No. 46 Jl. Kh. Ahmad Dahlan Jakarta Timur," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 6, no. 3, pp. 731-744, 2023.
- [26] A. P. Iswanto, M. D. Puspitasari, N. A. Imron, and A. V. D. Mayangsari, "Analisis Peningkatan Keselamatan Pada Perlindungan Sebidang Kereta Api Tanggulangin-Porong (Studi Kasus: JPL 75 KM 31+ 368)," *J. Keselam. Transp. Jalan (Indonesian J. Road Safety)*, vol. 9, no. 2, pp. 92-102., 2022.
- [27] Pertamina, "67 Tahun Energi untuk Indonesia Menggerakkan Kehidupan, Membangun Negeri.," *PT Pertamina(Persero) 2025*, 2024. <https://www.pertamina.com/>
- [28] LAPI-ITB, "Metode LAPI-ITB," 1996. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=metode+LAPI-ITB+%281996%29+>
- [29] PKJ RI, "Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia," Jakarta : Kementerian PUPR Republik Indonesia, 2014.
- [30] PM RI, "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 94 Tahun 2018 Tentang Peningkatan Keselamatan Perlindungan Sebidang Antara Jalur Kereta Api Dengan Jalan," Jakarta: Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2018.
- [31] A. Sanjaya, S. Nuryati, E. Yulius, E. Darma, A. S. S. Gunarti, and F. Prihesnanto, "Analisis Tundaan Dan Panjang Antrean Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak Pada Perlindungan Rel Kereta Api," *J. Rekayasa Infrastruktur Hexag.*, vol. 7, no. 1, pp. 33-41., 2022.
- [32] G. Pringgondani, N. D. Bagaskara, D. Setijowarno, and R. Ruktiningsih, "Evaluasi Perlindungan Sebidang Jalan Rel dengan Jalan Raya di Kota Semarang.," *G-SMART*, vol. 4, no. 1, pp. 13-26., 2020.
- [33] A. Jatmika, "Pengaruh Tundaan Dan Panjang Antrean Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak Akibat Penutupan Pintu Perlindungan Kereta Api (Studi Kasus Perlindungan Jl. Dewi Sartika-Depok)," (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Jakarta), 2020.
- [34] G. T. Arifianto, "Dampak Durasi Waktu Penutupan Palang Pintu Perlindungan Kereta Api Terhadap Panjang Antrean, Tundaan dan Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Pada Jalan Raya Dupak Surabaya," (Doctoral dissertation, Universitas Bhayangkara Surabaya), 2020.
- [35] R. G. R. Halek, Y. Yurnalisdell, and M. Sadillah, "Pengaruh Perlindungan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Terhadap Kinerja Lalu Lintas Jl. Raya.," (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi), 2022.
- [36] A. Ahmad and R. Mahmudati, "Pengaruh Penutupan Pintu Perlindungan Kereta Api Terhadap Tundaan dan Panjang Antrean Kendaraan," *Teras*, vol. 9, no. 1, pp. 51-62., 2019.
- [37] M. F. Lukita, S. Handayani, and Z. Abidin, "Analisis Antrean dan Tundaan Akibat Penutupan Pintu Perlindungan Kereta Api Terhadap Kinerja Lalu Lintas di Simpang Stasiun Bekasi," *Citiz. J. Ilm. Multidisiplin Indones.*, vol. 2, no. 4, pp. 582-591., 2022.
- [38] E. Widjajanti and M. Iqbal, "Konsumsi Bahan Bakar Akibat Buka Tutup Arus Lalu Lintas pada Jalan," *Borneo Eng. J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 145-158., 2022.
- [39] G. M. D. Kelo, G. F. N. Jehudu, and R. Ruktiningsih, "Evaluasi Perlindungan Sebidang Jalan Rel Dengan Jalan Raya di Kota Semarang," *G-SMART*, vol. 4, no. 2, pp. 69-81., 2020.
- [40] D. A. Wicaksono, H. Lastito, I. P. Riyadi, and D. P. Rachmi, "Quo Vadis Pengaturan dan Implementasi Penyelenggaraan Perlindungan Sebidang Kereta Api di Indonesia," *War. Penelit. Perhub.*, vol. 34, no. 1, pp. 79-92., 2022.
- [41] PP RI, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. Nomor 56 Tahun 2009 Tentang. Penyelenggaraan Perkeretaapian," 2009.