



Kinerja Lalu Lintas dan Geometri Jalan Terhadap Keselamatan pada Simpang Bersinyal

Eka Mariati^{1*}, Wisnu Hariadi², Wildi Kusumasari³

¹Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No.2, Senolowo, Kec. Mlati, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281, Indonesia

²Komite Nasional Keselamatan Transportasi

Jl. Medan Merdeka Timur, Gambir, Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10110, Indonesia

³Puslitbang Transportasi Jalan dan Perkeretaapian

Jl. Medan Merdeka Timur, Gambir, Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10110, Indonesia

* Corresponding author

*ekamariati.dizar@gmail.com¹, hariadiwisnu@gmail.com², wildi.kusumasari@gmail.com³

Tanggal Diterima: , Tanggal Direvisi: , Tanggal Disetujui:

ABSTRACT

Traffic Performance and Road Geometry on Safety at Signalized Intersections : The problem of transportation that concerns the safety of road users is traffic accidents. Traffic accident in January 2022 at Rapak Intersection was one of the accidents that caused a lot of material and life losses. The geometric condition of the road on one approach-arm of the Rapak Intersection is a confluence of declined or inclined road and a signalized intersection equipped with a roundabout, which cause visibility issues and operational problems of vehicle. The aim of this research is to evaluate geometric condition and intersection performance of Rapak Intersection. The research methods are geometric analysis, braking distance analysis, and signalized intersection analysis. The indicators measured include the length of the road, queue length, braking distance, and stopping sight distance. The analysis results showed that generally, the combined value of queue length and braking distance of heavy vehicles (564 meters), when compared to the length of the researched road segment (511 meters) does not meet the safety requirements.

Keywords: Road Geometry, Traffic Accidents, Signalized Intersections.

ABSTRAK

Permasalahan transportasi yang menyangkut keselamatan pengguna jalan adalah permasalahan kecelakaan lalu lintas. Kejadian kecelakaan lalu lintas pada bulan Januari 2022 di Simpang Rapak merupakan salah satu kejadian kecelakaan yang menimbulkan banyak kerugian materi maupun nyawa. Kondisi geometri jalan pada salah satu lengan Simpang Rapak merupakan pertemuan antaran turunan atau tanjakan dengan simpang bersinyal yang dilengkapi bundaran sehingga menyebabkan isu jarak pandang dan masalah operasional kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi geometri dan kinerja Simpang Rapak. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis geometri, analisis jarak pengereman, dan analisis simpang bersinyal. Indikator yang diukur meliputi panjang ruas jalan, panjang antrian, jarak pengereman, dan jarak pandang henti. Hasil analisis menunjukkan bahwa secara umum nilai kombinasi antara panjang antrian dan jarak pengereman kendaraan berat (564 meter) apabila dibandingkan dengan panjang ruas jalan yang diteliti (511 meter) tidaklah memenuhi syarat aman.

Kata Kunci: Geometri Jalan, Kecelakaan Lalu Lintas, Simpang Bersinyal

I. Pendahuluan

Salah satu permasalahan transportasi yang harus ditangani dengan cepat karena menyangkut keselamatan pengguna jalan adalah permasalahan kecelakaan lalu lintas. Menurut Haryo Satmiko (2017), penyebab suatu kecelakaan atau kejadian serius bersumber dari prasarana dan fasilitasnya, sarana, manusia,

lingkungan, dan manajemen atau bahkan bisa terjadi dari kombinasi beberapa sumber kecelakaan tersebut. Berdasarkan data yang dijelaskan pada Highway Safety Manual yang diterbitkan oleh American Association of State Highway and Transportation (AASHTO) (2010), faktor kondisi jalan berkontribusi atas 3% dari total kecelakaan lalu lintas dan dapat meningkat

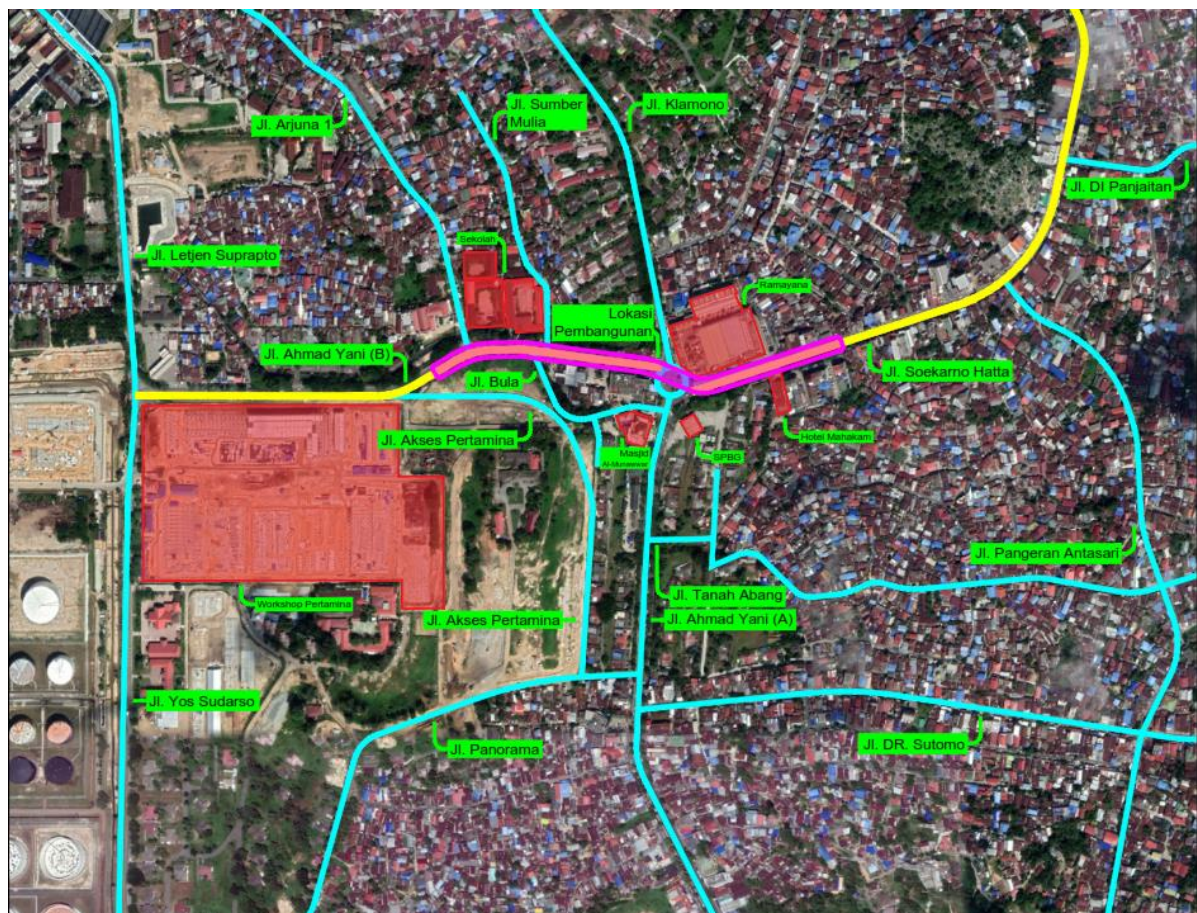
menjadi 34% apabila dikombinasikan dengan faktor yang lainnya.

Berkaitan dengan argumentasi di atas, kejadian kecelakaan lalu lintas pada Januari 2022 di Simpang Rapak merupakan salah satu studi kasus yang menarik untuk didiskusikan. Kecelakaan seringkali terjadi di simpang tersebut. Menurut data yang dihimpun oleh unit Lakalantas Polres Balikpapan, sejak tahun 2009 hingga Januari 2022 telah terjadi 13 kali kecelakaan pada Simpang Rapak. Hal tersebut menyebabkan lokasi ini sering dijuluki sebagai simpang tengkorak. Simpang Rapak mempertemukan lima arus lalu lintas di Pusat Kota Balikpapan yaitu Jalan Soekarno Hatta KM. 0 sebagai jalan arteri primer, Jalan Jendral Ahmad Yani sebagai jalan arteri sekunder, Jalan Ahmad Yani sebagai jalan kolektor primer, Jalan Klamono sebagai jalan lokal primer, dan Jalan Warukin 2 sebagai jalan lokal primer. Pergerakan kendaraan dari Jalan Soekarno Hatta merupakan perjalanan antar Pusat Kegiatan Nasional (PKN) ataupun antara Pusat Kegiatan Nasional (PKN) dengan Pusat Kegiatan Wilayah (PKW). Oleh karena itu, Simpang Rapak sering dilalui oleh bermacam-macam jenis kendaraan, baik kendaraan pribadi,

angkutan umum, maupun kendaraan berat. Lokasi Simpang Rapak juga merupakan salah satu persimpangan yang dilalui oleh kendaraan berat bermuatan karena Jalan Soekarno Hatta KM. 0 ini merupakan rute bongkar muat kendaraan yang menuju Pelabuhan Semayang.

Kondisi geometri jalan pada salah satu lengan Simpang Rapak yaitu pada lengan timur, merupakan pertemuan antara turunan/tanjakan tajam dengan simpang bersinyal yang dilengkapi bundaran. Kecelakaan yang kerap terjadi adalah akibat pergerakan kendaraan berat dari arah timur (Jalan Soekarno Hatta) yang menuju persimpangan dan melewati turunan tajam. Menurut The Department of Transport and Main Roads Queensland Government, Australia (2006), pertemuan antara jalan dengan turunan tajam dengan persimpangan akan menyebabkan isu jarak pandang dan masalah operasional kendaraan.

Mitra et al (2002) mengatakan bahwa kecelakaan lalu lintas *head to side* dan *head to rear* yang terjadi pada simpang bersinyal dipengaruhi oleh kondisi geometri jalan dan lampu lalu lintas. Chen et al (2009) melakukan penelitian terhadap



Gambar 1. Foto udara simpang rapak
(sumber: Kementerian PUPR)

karakteristik kecelakaan yang terjadi pada jalanan menurun yang panjang. Dengan menggunakan metode analisis regresi pada data kecelakaan, maka ditemukan hasil penelitiannya adalah semakin besar kemiringan jalan pada jalanan menurun yang menerus, maka semakin tinggi angka kecelakaan lalu lintas. Risiko kecelakaan kendaraan berat pada jalan menurun yang curam secara umum akan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan risiko kecelakaan kendaraan berat di lokasi lain (Ahmed et al., 2011). Kecepatan kendaraan berat yang melaju pada jalan yang menurun akan bertambah sampai dengan 5% (Pedoman Desain Geometri Jalan, 2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Moomen et al (2019), kecelakaan yang disebabkan oleh kendaraan berat menyebabkan kerusakan yang sangat signifikan pada jumlah korban dan kerugian material. Penelitian tersebut menyelidiki faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan pada kendaraan berat yang terjadi pada jalan yang menurun. Metode yang digunakan adalah regresi logistik biner kemudian model yang terbentuk dikalibrasi. Hasil penelitian ini adalah kecelakaan lalu lintas yang terjadi akibat kendaraan berat dipengaruhi oleh jenis kelamin dan usia pengemudi, cuaca, penerangan, kondisi jalan, alinyemen jalan, jumlah lajur, kecepatan, dan hari kerja/hari libur.

Delaigue & Eskandarian (2004) melakukan penelitian mengenai jarak pengereman dan memprediksi jarak henti kendaraan dalam beberapa kondisi. Kondisi yang mempengaruhi jarak henti kendaraan tersebut yaitu kondisi kendaraan, kondisi pengemudi dan kondisi lingkungan. Persimpangan bersinyal merupakan elemen yang penting pada jaringan jalan sebagai alat pengatur dan kontrol terhadap arus lalu lintas. Shesterov & Mikhailov (2017) melakukan penelitian mengenai angka kecelakaan yang terjadi pada simpang bersinyal. Hasil secara statistik menunjukkan bahwa pada waktu tersebut terjadi peningkatan angka kecelakaan yang sangat signifikan apabila dibandingkan dengan angka kecelakaan pada simpang bersinyal tahun 1980an.

Kinerja simpang bersinyal ditentukan oleh beberapa parameter seperti derajat kejenuhan, antrian dan tundaan. Derajat kejenuhan merupakan rasio yang menjelaskan perbandingan antara volume lalu lintas dengan kapasitas (MKJI, 1997). Preethi et al (2016) mengatakan bahwa tundaan merupakan parameter penting yang digunakan dalam evaluasi kinerja simpang bersinyal. Dalam penelitian mengenai tundaan tersebut, digunakan variabel untuk pemodelan

seperti lebar pendekat, waktu hijau efektif, derajat kejenuhan, tingkat kedatangan kendaraan, proporsi kendaraan berat dan proporsi kendaraan belok kanan. Lingkungan di sekitar lokasi Simpang Rapak merupakan daerah perdagangan, dan badan jalan digunakan untuk parkir on-street serta tempat pemberhentian angkutan kota untuk mengangkut/menurunkan penumpang. Sehingga lebar efektif badan jalan menjadi berkurang (sempit).

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Data dan informasi diperoleh dari Kepolisian, investigasi KNKT dan survey lalu lintas BPTD Wilayah XVII. Beberapa indikator utama yang dikaji meliputi panjang ruas jalan, panjang antrian, jarak pengereman, dan jarak pandang henti. Artikel ini terdiri dari 3 (tiga) bab, di mana setelah ini akan dibahas mengenai metodologi dan hasil analisis dan pembahasan yang ditutup dengan kesimpulan.

II. Metodologi Penelitian

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Fokus penelitian ini akan terpusat pada Simpang Rapak dan ruas Jalan Soekarno Hatta sepanjang ± 511 meter dari Simpang Rapak. Pada ruas Jalan Soekarno Hatta akan dilakukan analisis geometri jalan terutama alinyemen vertikal dan jarak pengereman untuk kendaraan berat. Sedangkan pada Simpang Rapak akan dilakukan perhitungan kapasitas simpang bersinyal dan kinerja simpang bersinyal.

B. Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan melalui data sekunder. Data yang berhubungan dengan geometri ruas jalan, khususnya alinyemen vertikal, diperoleh dari data profil elevasi jalan melalui perangkat lunak Google Earth dan hasil temuan laporan investigasi KNKT (2022) mengenai kecelakaan kendaraan berat pada Simpang Rapak Balikpapan. Data yang terkait dengan simpang bersinyal diperoleh dari Laporan Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Simpang Rapak, BPTD Wilayah XVII Provinsi Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara (2022) dan pantauan CCTV Traffic Management Center (TMC) Dinas Perhubungan Kota Balikpapan.

C. Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif akan digunakan pada analisis geometri jalan dan analisis simpang bersinyal. Analisis geometri jalan terdiri atas alinyemen vertikal dan jarak pengereman sedangkan analisis

simpang bersinyal terdiri atas kapasitas simpang bersinyal, kinerja simpang bersinyal, dan panjang antrian kendaraan pada simpang bersinyal.

D. Analisis Data

1. Analisis Geometri

Perhitungan diawali dengan penentuan kemiringan jalan baik secara parsial maupun keseluruhan. Kemiringan jalan secara parsial perlu diketahui untuk memastikan kemiringan yang terjadi pada ruas jalan tersebut agar tidak melewati batas maksimum. **Gambar 2** merupakan profil elevasi jalan yang diperoleh dari Google Earth. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa ruas jalan yang diteliti memiliki kemiringan jalan yang berbeda-beda pada setiap jarak tertentu. Terdapat titik yang lebih curam dibanding titik-titik lainnya. Berdasarkan hal tersebut akan dilakukan pembagian elevasi jalan sesuai dengan kemiringan jalan yang berbeda-beda tersebut agar diketahui titik yang berpotensi melebihi standar maksimum kemiringan jalan berdasarkan Pedoman Desain Geometri Jalan (2021). Sedangkan kemiringan jalan secara keseluruhan digunakan untuk desain perencanaan geometri jalan pada ruas jalan tersebut.

Formula untuk menentukan kemiringan jalan berdasarkan Pedoman Desain Geometri Jalan (2021) adalah sebagai berikut:

$$\text{Kemiringan Jalan} = (\text{selisih elevasi})/(\text{panjang jalan}) \times 100\% \quad (1)$$

Setelah memperoleh kemiringan jalan dalam bentuk persentase, maka dapat diketahui klasifikasi jalan menurut medan jalan, kelayakan maksimum yang diizinkan, dan rentang kecepatan rencana berdasarkan Pedoman Desain Geometri Jalan (2021). Kemudian nilai Jarak Pandang Henti (JPH) dengan jalanan menurun sesuai nilai kemiringan jalan yang diperoleh dapat ditentukan melalui tabel pada Pedoman Desain Geometri Jalan (2021).

2. Analisis Jarak Pengereman

Penentuan perlambatan kendaraan dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$a = \frac{V^2 - V_o^2}{2d} \quad (2)$$

dimana a merupakan perlambatan/percepatan (meter/detik²), V adalah kecepatan akhir (meter/detik), V_o = kecepatan awal (meter/detik) dan d adalah jarak (meter)

Analisis jarak pengereman menggunakan formula dari AASHTO (2001) yaitu sebagai berikut:

$$a = \frac{V^2 - V_o^2}{2d} \quad (3)$$

dimana s_f merupakan jarak pengereman (ft), V adalah kecepatan akhir (ft/detik), V_o adalah kecepatan awal (ft/detik), a adalah perlambatan/percepatan (ft/detik²), dan G adalah kemiringan jalan (%), + untuk menanjak, - untuk menurun.

3. Analisis Simpang Bersinyal

Penentuan derajat kejenuhan (degree of saturation) simpang dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$DS = Q/C \quad (4)$$

$$C = S/(g/c) \quad (5)$$

Dimana DS adalah derajat kejenuhan, Q adalah arus lalu lintas (smp/jam), C adalah kapasitas (smp/jam), S adalah arus jenuh (smp/jam), g adalah waktu hijau (detik) dan c merupakan waktu siklus (detik). Penentuan Panjang Antrian pada simpang dilakukan dengan menggunakan beberapa formula, dengan urutan sebagai berikut:

$$NQ_1 = 0.25xCx(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 - \left(\frac{8(DS - 0.5)}{C}\right)} \quad (6)$$

Dimana NQ_1 merupakan jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, C adalah kapasitas (smp/jam) dan DS merupakan derajat kejenuhan.



Gambar 2. Profil Elevasi Ruas Jalan Soekarono Hatta
(sumber: Hasil Analisis Google Earth)

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - \left(\frac{g}{c}\right)}{\left(1 - \left(\frac{g}{c}\right) \times DS\right)} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana NQ_2 merupakan jumlah smp yang datang selama fase merah, c adalah waktu siklus (detik), g adalah waktu hijau (detik), DS merupakan derajat kejenuhan serta Q merupakan arus lalu lintas (smp/jam).

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots(8)$$

Dimana NQ merupakan jumlah panjang antrian total, NQ_1 adalah jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya serta NQ_2 adalah jumlah smp yang datang selama fase merah.

$$QL = NQ_{max} \times \frac{20}{(W_{masuk})} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana QL adalah panjang antrian (meter), NQ_{max} adalah jumlah panjang antrian total dengan peluang pembebanan lebih dan W_{masuk} adalah lebar jalan (meter).

4. Hipotesis Perhitungan

Dari perhitungan-perhitungan pada tahap 1, 2, dan 3 maka diperoleh hubungan matematis yang dijelaskan pada gambar di bawah ini

Melalui **Gambar 3** dapat ditentukan hipotesis tentang 2 (dua) kriteria yang harus dipenuhi pada Simpang Rapak, yaitu:

- a. $L > QL + sf$
- b. $L > QL + JPH$

Uraian ringkas tahap analisis dijelaskan pada **Gambar 4**.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Analisis Geometri

Berdasarkan gambar profil elevasi jalan, kemiringan jalan dibagi ke dalam 5 (lima) bagian sesuai dengan persentase kemiringan jalan yang berbeda-beda. **Tabel 1** menjelaskan pembagian kemiringan jalan berdasarkan profil elevasi jalan. Stationing 0+511 dimulai dari km 0 Jalan Soekarno Hatta yaitu titik persimpangan. Sedangkan Stationing 0+000 adalah titik sejauh 511 meter dari Simpang Rapak menuju arah timur sepanjang ruas Jalan Soekarno Hatta.

Kemiringan jalan secara menyeluruh diperoleh pada angka 6.26%. Berdasarkan Pedoman Desain Geometri Jalan (2021), klasifikasi medan ruas jalan tersebut termasuk ke dalam jenis medan datar, sedangkan kelandaian maksimum yang diizinkan pada medan datar untuk jalan raya yaitu 5%. Dari nilai rerata kemiringan jalan ditemukan bahwa kemiringan jalan telah melewati batas maksimum yang diizinkan. Berdasarkan profil jalan tersebut, maka diperoleh rentang kecepatan rencana yaitu 60-100 km/jam. Dengan asumsi bahwa kecepatan kendaraan berat bertambah sebesar 5% ketika melewati jalan menurun tajam



Gambar 3. Sketsa Hubungan Antara Panjang Ruas Jalan dengan Panjang Antrian, Jarak Pengereman, dan Jarak Pandang Henti
(sumber: Hasil Analisis)



Gambar 4 Alur Tahap Analisis pada Simpang Rapak Balikpapan

(sumber: Hasil Analisis)

Tabel 1 Pembagian Kemiringan Jalan pada Ruas Jalan Soekarno Hatta, Simpang Rapak Balikpapan

No.	Stationing	Kemiringan Jalan (%)
1.	STA 0+000 s/d 0+120	9.30%
2.	STA 0+120 s/d 0+220	5.82%
3.	STA 0+220 s/d 0+350	3.70%
4.	STA 0+350 s/d 0+385	11.84%
5.	STA 0+385 s/d 0+511	7.27%

(sumber: Hasil Analisis dari Google Earth)

Tabel 2 Hasil Perhitungan Analisis Simpang Rapak Balikpapan

No	Komponen	Notasi	Nilai
1.	JPH pada kemiringan 6.26%	$JPH_{6.26\%}$	147 meter
2.	JPH pada kemiringan 11.84%	$JPH_{11.84\%}$	278 meter
3.	Perlambatan	a	0.413 meter/detik ²
4.	Jarak pengereman	sf	441 meter
5.	Degree of saturation	DS	0.82
6.	Panjang antrian diperoleh	QL	123 meter

(sumber: Hasil Analisis)

tanpa hambatan samping, maka digunakan kecepatan rencana sebesar 74 km/jam. Penentuan jarak pandang henti umumnya berdasarkan pada jenis kendaraan. Untuk kendaraan yang lebih tinggi seperti halnya kendaraan berat, akan memerlukan beberapa ketentuan yang berbeda dengan mobil penumpang biasa. Kendaraan berat memiliki ukuran lebih besar, lebih tinggi, berkecepatan lebih rendah, dan memiliki kemampuan pengereman yang berbeda dengan mobil penumpang biasa (memerlukan jarak pengereman yang lebih panjang). Oleh karena itu, kendaraan berat membutuhkan jarak pandang henti yang lebih besar. Nilai jarak pandang henti pada jalan menurun dengan kemiringan jalan 6.26% diperoleh sebesar 147 meter. Nilai jarak pandang henti pada jalan menurun dengan kemiringan jalan maksimum 11.84% diperoleh sebesar 278 meter

B. Hasil Analisis Jarak Pengereman

Nilai perlambatan kendaraan yang diperoleh adalah 0.413 meter/detik². Nilai jarak pengereman pada kemiringan jalan 6.26% adalah 441 meter.

C. Hasil Analisis Simpang Bersinyal

Nilai derajat kejenuhan (degree of saturation) diperoleh sebesar 0.82. Sedangkan nilai panjang antrian diperoleh sebesar 123 meter. Berikut adalah hasil keseluruhan dari perhitungan

analisis geometri, analisis jarak pengereman dan analisis simpang bersinyal.

D. Hasil Hipotesis Perhitungan

1. $L > QL + sf$

Diketahui L adalah 511 meter sedangkan $QL + sf$ adalah 564 meter, maka hipotesis 1 tidak terpenuhi.

2. $L > QL + JPH$

Diketahui L adalah 511 meter sedangkan $QL + JPH_{6.26\%}$ adalah 270 meter dan $QL + JPH_{11.84\%}$ adalah 401 meter maka hipotesis 2 masih terpenuhi.

IV. Kesimpulan

Dalam penelitian mengenai analisis geometri dan lalu lintas pada Simpang Rapak Balikpapan ini dapat disimpulkan bahwa nilai kombinasi antara panjang antrian dan jarak pengereman kendaraan berat apabila dibandingkan dengan panjang ruas jalan yang diteliti tidaklah memenuhi syarat aman. Sedangkan nilai kombinasi antara panjang antrian dan jarak pandang henti menggunakan 2 (dua) kemiringan jalan apabila dibandingkan dengan panjang ruas jalan yang diteliti masih memenuhi syarat aman. Atas dasar kesimpulan tersebut, dapat disarankan dilakukan upaya manajemen rekayasa lalu lintas dengan tujuan untuk mengurangi panjang antrian.

Daftar Pustaka

- AASHTO, 2001. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. In American Association of State Highway and Transportation Officials. www.transportation.org
- AASHTO, 2010. The Highway Safety Manual, American Association of State Highway Transportation Professionals, Washington, D.C.
- Chen, B., Yuan, W., Fu, R., & Guo, Y. S. (2009). *Analysis of Traffic Accident Characteristic on Continuous Long Downgrade Section*. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 9(4)
- Delaigue P, Eskandarian A. *A comprehensive vehicle braking model for predictions of stopping distances*. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2004;218(12):1409-1417. doi:10.1243/0954407042707641
- Departemen Pekerjaan Umum (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). Pedoman Desain Geometrik Jalan. Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Kementerian Perhubungan (2022). Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Simpang Rapak. Balai Pengelola Transportasi Darat Wilayah XVII Provinsi Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara, Balikpapan.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi (2022). Laporan Investigasi Kecelakaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan “Kecelakaan Tabrakan Beruntun Truk Tronton KT 8534 AJ di Simpang Rapak, Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur 21 Januari 2022”. Jakarta
- M.Ahmed, H. Huang, M. Abdel-Aty, 2011. *Exploring a bayesian hierarchical approach for developing safety performance functions for a mountainous freeway*. *Accident Analysis & Prevention*, 43 (4) (2011), pp. 1581-1589
- Mitra, S., Chin, H. C., & Quddus, M. A. (2002). *Study of Intersection Accidents by Maneuver Type*. *Transportation Research Record*, 1784(01), 43–50.
- Moomen, M., Rezapour, M., & Ksaibati, K. (2019). *An investigation of influential factors of downgrade truck crashes: A logistic regression approach*. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 6(2), 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.03.005>.
- Preethi, P., Varghese, A., & Ashalatha, R. (2016). *Modelling Delay at Signalized Intersections under Heterogeneous Traffic Conditions*. *Transportation Research Procedia*, 17(December 2014),529–538. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.107>
- Satmiko, Haryo (2017). *Investigasi Kecelakaan Transportasi*. PT. Rajagrafindo Persada : Depok.
- Shesterov, E., & Mikhailov, A. (2017). *Accident Rates at Signalized Intersections*. *Transportation Research Procedia*, 20(September 2016), 613–617. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.099>
- The Department of Transport and Main Roads Queensland Government. (2006). *Intersections at Grade Chapter 13*. In *Road Planning and Design Manual (Issue 13)*