

PENINGKATAN KINERJA SIMPANG DI KOTA BANJARBARU (STUDI KASUS: SIMPANG TRIKORA BARAT DAN SIMPANG APILL 33)

Abeliana Wulandari¹⁾, Sudirman Anggada, S.SiT, MT²⁾, Drs. Wijianto, M.Sc³⁾

Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD, Jl. Raya Setu No.89, Kab.Bekasi,

Provinsi Jawa Barat, 17520

abelianawd@gmail.com

ABSTRACT

Banjarbaru City is the capital of South Kalimantan Province which is the center of government in South Kalimantan Province. This is what makes Banjarbaru City a city with high mobility and transportation activity affecting traffic density which results in exhaust emissions and congestion costs for each road user, especially at the Trikor Barat Intersection and APILL 33 Intersection which connects the CBD area of Banjarbaru City and the district. surrounding. This causes the intersection performance at the West Trikor Intersection to have a degree of saturation (DS) of 0.86, a delay of 15.34s/smp, and a queue probability of 30-59%, with the largest CO concentration of 102.75gr/Nm⁶ and the largest Nox of 19,86gr/Nm⁵, with a congestion charge of IDR 483,568,213/hour. The APILL 33 Intersection has a degree of saturation (DS) of 0.82, a delay of 37.14s/pcu, and a queue length of 35.70 meters, with the largest CO concentration of 83.12gr/Nm⁶ and the largest Nox of 16.17gr/Nm⁵, with congestion charge Rp.2,159,620,280/hour. The method used in this study is to analyze the increase in intersection performance with the guideline for calculating the Indonesian Highway Capacity Manual (MKJI, 1997) and modeling using PTV Vissim. Based on the results of the analysis, the proposed treatment in the form of signalized intersection planning and cycle timing can improve intersection performance by reducing the degree of saturation (DS), delays, queue lengths, CO and NOx concentrations, and congestion costs. For the West Trikor Intersection, the degree of saturation (DS) is 0.53, the delay is 14.63 sec/pcu, and the queue length is 13.48 meters, with the largest CO concentration of 36.13 3gr/Nm⁶ and the largest NOx level of 5.44gr/Nm⁵, with a congestion charge of IDR 349,736,717/hour. The APILL 33 Intersection has a degree of saturation (DS) of 0.59, an intersection delay of 19.08 seconds, and a queue length of 23.80 meters. With the largest CO concentration of 55.38 gr/Nm⁶ and the largest NOx content of 10.78 gr/Nm⁵, the congestion charge is IDR 900,644,370/hour.

Keywords: Crossroads, Unsignalized Intersections, Signalized Intersections, Exhaust Emissions, Congestion Costs.

ABSTRAK

Kota Banjarbaru merupakan Ibukota Provinsi Kalimantan Selatan yang menjadi pusat pemerintahan di Provinsi Kalimantan Selatan. Hal tersebutlah yang menjadikan Kota Banjarbaru sebagai Kota dengan mobilitas dan aktivitas transportasi yang tinggi mempengaruhi kepadatan lalu lintas yang mengakibatkan timbulnya emisi gas buang dan biaya kemacetan kepada setiap pengguna jalan khususnya di persimpangan Simpang Trikor Barat dan Simpang APILL 33 yang menghubungkan area CBD Kota Banjarbaru dan kabupaten di sekitarnya. Hal ini menyebabkan kinerja persimpangan pada Simpang Trikor Barat memiliki derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,86, tundaan sebesar 15,34det/smp, dan peluang antrean 30-59%, dengan konsentrasi CO terbesar 102,75gr/Nm⁶ dan Nox terbesar 19,86gr/Nm⁵, dengan biaya kemacetan sebesar Rp.483.568.213/jam. Pada Simpang APILL 33 memiliki derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,82, tundaan sebesar 37,14det/smp, dan panjang antrean 35,70 meter, dengan konsentrasi CO terbesar 83,12gr/Nm⁶ dan Nox terbesar 16,17gr/Nm⁵, dengan biaya kemacetan sebesar Rp.2.159.620.280/jam. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu melakukan analisis peningkatan kinerja simpang dengan pedoman perhitungan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) dan permodelan menggunakan PTV Vissim. Berdasarkan hasil analisa dengan usulan penanganan berupa perencanaan simpang bersinyal dan pengaturan waktu siklus dapat meningkatkan kinerja kinerja persimpangan dengan adanya penurunan nilai derajat kejenuhan (DS), tundaan, panjang antrean, konsentrasi CO dan Nox, dan biaya kemacetan. Untuk Simpang Trikor Barat nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,53, tundaan sebesar 14,63 det/smp, dan panjang antrean 13,48 meter, dengan konsentrasi CO terbesar 36,13 3gr/Nm⁶ dan kadar Nox terbesar 5,44gr/Nm⁵, dengan biaya kemacetan sebesar Rp.349.736.717/jam. Untuk Simpang APILL 33 memiliki derajat kejenuhan (DS) 0,59, tundaan simpang 19,08 detik, dan panjang antrean 23,80 meter. Dengan konsentrasi CO terbesar 55,38 gr/Nm⁶ dan kadar Nox terbesar 10,78 gr/Nm⁵, dengan biaya kemacetan sebesar Rp.900.644.370/jam.

Kata Kunci: Persimpangan, Simpang Tidak Bersinyal, Simpang Bersinyal, Emisi Gas Buang, Biaya Kemacetan.

PENDAHULUAN

Kota Banjarbaru merupakan Ibu Kota dari Provinsi Kalimantan Selatan yang mempunyai luas 371.38 km² serta jumlah penduduk berjumlah 258.753 jiwa. Kota Banjarbaru ini berbatasan langsung dengan 5 Kabupaten, yaitu dibagian utara dengan Kecamatan Martapura Kabupaten Banjar, bagian timur dengan Kecamatan Karang Intan Kabupaten Banjar, bagian selatan dengan Kabupaten Tanah Laut, serta bagian barat dengan Kecamatan Gambut Kabupaten Banjar. Kota Banjarbaru resmi menggantikan Kota Banjarmasin sebagai Ibu Kota Kalimantan Selatan sejak disahkannya Undang-Undang Nomor 8 Tahun 2022 Tentang Provinsi Kalimantan Selatan. Sebagai Ibukota Provinsi menjadikan Kota Banjarbaru sebagai pusat pemerintahan di Provinsi Kalimantan Selatan. Hal tersebutlah yang menjadikan Kota Banjarbaru sebagai Kota dengan mobilitas dan aktivitas transportasi yang cukup tinggi.

Kemacetan adalah situasi atau keadaan tersendatnya atau bahkan terhentinya lalu lintas yang disebabkan oleh banyaknya jumlah kendaraan melebihi kapasitas jalan, salah satu tempat dimana kemacetan sering terjadi adalah persimpangan. Persimpangan merupakan tempat dimana terjadinya perpotongan ruas jalan yang mengakibatkan terjadinya konflik arus lalu lintas yang akhirnya menyebabkan kemacetan (Greace Hutahaean and Hartanto Susilo, 2021). Ada beberapa faktor penyebab utama terjadinya kemacetan yakni meningkatnya jumlah kendaraan yang tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas simpang sehingga mengakibatkan volume kendaraan melebihi kapasitas yang sudah ada menyebabkan peningkatan tundaan (Maryam and Basri Said, 2021). Kemacetan lalu lintas mengakibatkan timbulnya biaya kemacetan atau Congestion Cost kepada setiap pengguna jalan. Selain itu, emisi gas buang yang timbul akibat kemacetan lalu lintas akan menjadi polusi udara di sekitar titik kemacetan yang dapat mengganggu kesehatan pengguna jalan. Salah satu penanganan untuk mengurangi kemacetan di persimpangan yakni melakukan optimalisasi terhadap simpang tersebut (Lubis and Kushari, 2020).

Berdasarkan Laporan Umum Kinerja Transportasi Darat Kota Banjarbaru (2022) pada Simpang Empat Trikora Barat dan Simpang Tiga APILL 33 memiliki kinerja yang buruk. Dilihat dari Level of Service pada Simpang Trikora Barat yaitu C dan Simpang APILL 33 dengan LOS D. Terjadi tundaan Simpang Trikora Barat sebesar 15,34 det/smp, dan Simpang APILL 33 sebesar 37,14 det/smp. Berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan kegiatan Manajemen dan rekayasa Lalu Lintas tundaan simpang >15 det/smp artinya suatu simpang tersebut sudah mendekati kondisi jenuh dan perlu adanya penanganan. Kemacetan, emisi gas buang, dan biaya akibat kemacetan pada Simpang Trikora Barat dan Simpang APILL 33 dapat diminimalkan dengan melakukan upaya peningkatan kinerja pada simpang.

METODE

Terdapat 2 (dua) jenis data yang digunakan dalam melakukan analisis peningkatan kinerja pada Simpang Trikora Barat dan Simpang APILL 33 di Kota Banjarbaru, yaitu:

- a. Data Sekunder
 1. Biro Pusat Statistik (BPS) Kota Banjarbaru, data yang didapat adalah Dokumen Kota Banjarbaru Dalam Angka dan Data PDRB Kota Banjarbaru
 2. Dinas Perhubungan Kota Banjarbaru, data yang didapat yaitu:
 - a) Data Geometrik Simpang
 - b) Data Waktu Siklus
 - c) Data Tundaan, Antrean, dan Peluang Antrean Simpang
 - d) Data Okupansi Kendaraan
- b. Data Primer

Data primer didapatkan dengan teknik pengumpulan observasi, wawancara, dan dokumentasi. Data Volume Lalu Lintas Simpang dan Peta Lokasi Simpang. Data ini didapat dari observasi langsung oleh peneliti pada kondisi eksisting tahun 2022.

ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan parameter kinerja simpang yaitu Derajat Kejenuhan (*Degree of Saturation*), tundaan dan antrean. Untuk menentukan nilai parameter tersebut sebelumnya harus ditentukan jenis pengendalian simpangnya. Untuk menentukan nilai Derajat Kejenuhan lebih dulu tentukan kapasitas simpangnya. Untuk simpang tidak bersinyal, data yang dibutuhkan untuk perhitungan kapasitas adalah pendekatan masuk, lebar median, ukuran kota, tata guna lahan sekitar, presentase belok kiri dan kanan untuk dihitung kapasitas simpangnya. Setelah diperoleh dari survei *Classified Turning Movement Counting*. Kemudian dengan membagi nilai volume dengan kapasitas maka dapat diperoleh nilai derajat kejenuhannya. Parameter selanjutnya yaitu tundaan simpang yang terdiri atas tundaan lalu lintas dan tundaan geometri. Jumlah kedua nilai tundaan tersebut akan menghasilkan tundaan rata-rata pendekatan simpang. Pada simpang tidak bersinyal dapat ditentukan peluang antreannya. Untuk

parameter tundaan diperoleh dari jumlah tundaan geometrik dan tundaan lalu lintas pada simpang.

Tabel 1. Kapasitas Simpang Eksisting

Parameter	Simpang Trikora Barat	Parameter	Simpang APILL 33
Kapasitas Dasar (smp/jam)	3400	Arus Jenuh Dasar (smp/jam)	4800
Faktor lebar pendekat rata-rata	1,03	Faktor penyesuaian ukuran kota	0,88
Faktor Median	1,00	Faktor penyesuaian hambatan samping	0,93
Faktor penyesuaian ukuran kota	0,88	Faktor penyesuaian kelandaian	1,00
Faktor penyesuaian hambatan samping	0,93	Faktor penyesuaian parkir	1,00
Faktor penyesuaian belok kiri	1,34	Faktor penyesuaian belok kanan	1,11
Faktor penyesuaian belok kanan	1,00	Faktor penyesuaian belok kiri	1,00
Faktor arus minor	0,85	Arus Jenuh Simpang (smp/jam)	4359
Kapasitas (smp/jam)	3.266	Kapasitas (smp/jam)	1.142

1. Permodelan Vissim

Permodelan dilakukan menggunakan *software* PTV Vissim, model yang dibuat sebisa mungkin mewakili keadaan sebenarnya sehingga dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut. Dalam proses kalibrasi parameter yang harus diubah untuk menyesuaikan kondisi sebenarnya yakni *Driving Behavior* untuk menyesuaikan kondisi berkendara di Indonesia. Hasil kalibrasi akan di validasi menggunakan Metode Geoffrey E. Havers (GEH) dengan nilai 3,62 yang berarti bahwa permodelan diterima dan dapat dilakukan analisa lebih lanjut.

Tabel 2. Validasi Metode GEH

Simpang	Lengan	Volume		Selisih	GEH	Keterangan
		Eksisting	Model			
APILL 33	A. Yani Barat	933	947	14	0,46	Diterima
	A. Yani Timur	757	794	37	1,33	Diterima
	RO Ulin	508	468	-40	1,81	Diterima
GEH					1,20	Diterima
Trikora Barat	A. Yani Utara	1297	1170	-127	3,62	Diterima
	Trikora	953	902	-51	1,67	Diterima
	A. Yani Selatan	1102	1034	-68	2,08	Diterima
	Padat Karya	927	896	-31	1,03	Diterima
GEH					2,10	Diterima

2. Analisis Biaya Kemacetan (Congestion Cost)

Analisis biaya kemacetan dihitung menggunakan pendekatan PDRB (produk Domestik Regional Bruto) dengan metode *Value Of Time*. Perhitungan Value Of Time pada Kota Banjarbaru sebagai berikut :

Jumlah PDRB = Rp. 11.788.180.000.000

Jumlah Penduduk = 258.753 jiwa

Jam Kerja/Tahun = 2.112 jam, berdasar pada 1 minggu=40 jam; 1 tahun= 52 minggu kerja efektif.

$$\frac{\text{PDRB}}{\text{Jumlah Penduduk}} = \frac{11.788.180.000.000}{258.753} = \text{Rp. } 45.557.655/\text{orang}$$

$$\text{Value Of Time } (\lambda) = \frac{45.557.655}{2112} = \text{Rp. 21.571/jam}$$

Tabel 3. Biaya Kemacetan Eksisting

Nama Simpang	Lengan	Biaya Waktu (Rp./Jam)
Trikora Barat	A. Yani Utara	Rp. 127.843.222
	A. Yani Selatan	Rp. 130.988.973
	Trikora	Rp. 126.303.878
	Padat Karya	Rp. 98.432.140
	Total Biaya	Rp. 483.568.213
APILL 33	A. Yani Barat	Rp. 1.120.700.820
	A. Yani Timur	Rp. 734.067.424
	RO Ulin	Rp. 304.852.036
	Total Biaya	Rp. 2.159.620.280

3. Analisis Emisi Gas Buang

Analisis emisi gas buang di dapatkan melalui hasil simulasi pada permodelan *software* PTV Vissim setelah dilakukan kalibrasi dan validasi sehingga permodelan dapat mewakili kondisi sebenarnya.

Tabel 4. Emisi Gas Buang Eksisting

Nama Simpang	Baku Mutu	Lengan	Konsentrasi Gas (gr/Nm)
Trikora Barat	CO 150gr/Nm ⁶	A. Yani (Utara)	57,36
		Trikora	70,26
		A. Yani (Selatan)	55,26
		Padat Karya	102,75
	Nox 10gr/Nm ⁵	A. Yani (Utara)	11,16
		Trikora	13,66
		A. Yani (Selatan)	10,75
		Padat Karya	19,86
APILL 33	CO 150gr/Nm ⁶	A. Yani Barat	83,12
		A. Yani Timur	53,38
		RO Ulin	77,12
	Nox 10gr/Nm ⁵	A. Yani Barat	16,17
		A. Yani Timur	10,39
		RO Ulin	15,01

4. Usulan Penanganan dengan Simpang Bersinyal

Tabel 5. Penanganan Simpang Trikora Barat

Indikator Kinerja Simpang	3 Fase	2 Fase
Derajat Kejenuhan (DS)	0,71	0,53
Tundaan Simpang (det/smp)	31,82	14,63
Panjang Antrean (meter)	19,44	13,48

Tabel 6. Emisi Gas Buang Simpang Trikora Barat

Baku Mutu	Lengan	Konsentrasi Gas (gr/Nm)
CO 150 gr/Nm ⁶	A. Yani (Utara)	36,13
	Trikora	22,53
	A. Yani (Selatan)	25,67
	Padat Karya	27,96
Nox 10 gr/Nm ⁵	A. Yani (Utara)	7,03
	Trikora	4,38
	A. Yani (Selatan)	4,99
	Padat Karya	5,44

Tabel 7. Biaya Kemacetan Simpang Trikora Barat

Lengan	Biaya Waktu/Jam (Rp.)
A. Yani Barat	Rp. 448.734.684
A. Yani Timur	Rp. 297.861.357
RO Ulin	Rp. 154.048.329
Total Biaya	Rp. 900.644.370

Tabel 8. Penanganan Simpang APILL 33

Indikator Kinerja Simpang	3 Fase	2 Fase
Derajat Kejenuhan (DS)	0,76	0,59
Tundaan Simpang (det/smp)	37,06	19,08
Panjang Antrean (meter)	28,40	23,80

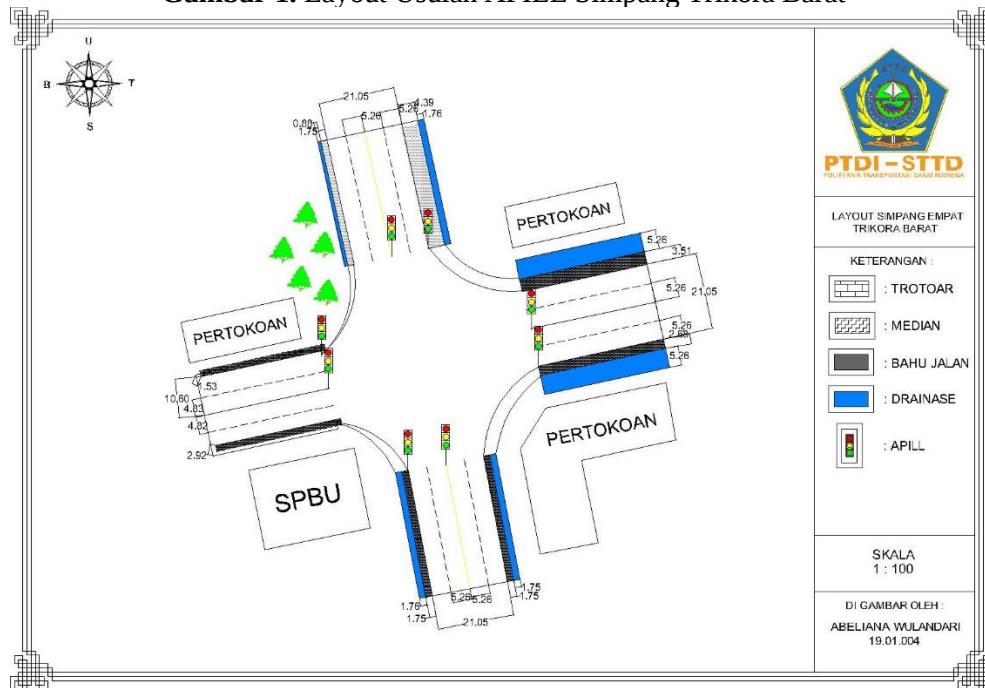
Tabel 9. Penanganan Simpang APILL 33

Baku Mutu	Lengan	Konsentrasi Gas (gr/Nm)
CO 150 gr/Nm ⁶	A. Yani Barat	52,90
	A. Yani Timur	55,38
	RO Ulin	28,23
Nox 10 gr/Nm ⁵	A. Yani Barat	10,29
	A. Yani Timur	10,78
	RO Ulin	5,49

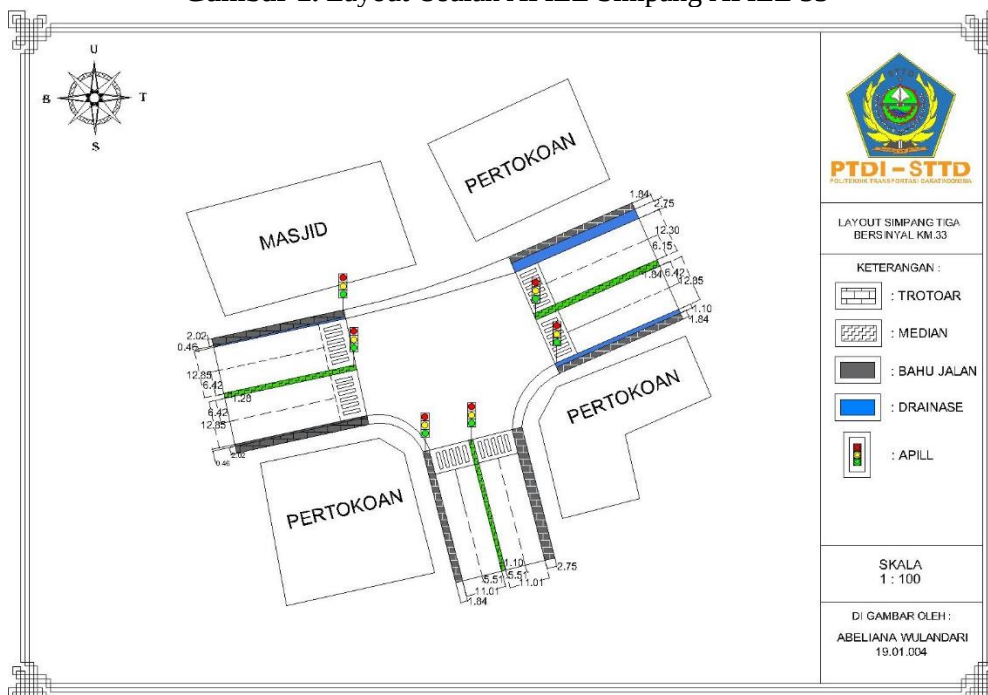
Tabel 10. Biaya Kemacetan Simpang APILL 33

Lengan	Biaya Waktu/Jam (Rp.)
A. Yani Barat	Rp. 448.734.684
A. Yani Timur	Rp. 297.861.357
RO Ulin	Rp. 154.048.329
Total Biaya	Rp. 900.644.370

Gambar 1. Layout Usulan APILL Simpang Trikora Barat



Gambar 2. Layout Usulan APILL Simpang APILL 33



KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis dari penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Adapun penanganan masalah pada kedua simpang yaitu :
 - a. Penanganan pada Simpang Trikora Barat, dari simpang tidak bersinyal menjadi simpang bersinyal dengan APILL dengan pengaturan 2 fase dengan waktu siklus 32 detik.
 - b. Penanganan pada Simpang APILL 33, dilakukan optimasi fase dan waktu siklus menjadi 2 fase dengan waktu siklus 32 detik.
2. Perbandingan kinerja pada kondisi eksisting dan setelah dilakukan penanganan pada kedua simpang sebagai berikut :
 - a. Simpang Trikora Barat memiliki DS 0,86, tundaan simpang 15,34 det/smp, dan peluang antrean 30-59% dan setelah dilakukan penanganan Simpang Trikora Barat memiliki DS 0,53, tundaan simpang 14,63 det/smp, dan panjang antrean 13,48 meter.
 - b. Simpang APILL 33 memiliki DS 0,82, tundaan simpang 37,14 det/smp, dan panjang antrean 35,70 meter dan setelah dilakukan penanganan Simpang APILL 33 memiliki DS 0,59, tundaan simpang 19,08 detik, dan panjang antrean 23,80 meter.
3. Biaya kemacetan yang ditimbulkan pada kedua simpang sebagai berikut :
 - a. Pada kondisi eksisting Simpang Trikora Barat sebesar Rp.483.568.213/jam dan setelah dilakukan penanganan biaya kemacetan sebesar Rp.349.736.717/jam.
 - b. Pada kondisi eksisting Simpang APILL 33 sebesar Rp.2.159.620.280/jam dan setelah dilakukan penanganan biaya kemacetan sebesar Rp.900.644.370/jam.
4. Emisi gas buang pada kedua simpang sebagai berikut :
 - a. Emisi gas buang pada kondisi eksisting Simpang Trikora Barat berupa konsentrasi CO terbesar 102,75gr/Nm⁶ dan kadar Nox terbesar 19,86gr/Nm⁵.
 - b. Emisi gas buang pada kondisi eksisting Simpang APILL 33 berupa konsentrasi CO terbesar 36,13gr/Nm⁶ dan kadar Nox terbesar 5,44gr/Nm⁵ dan setelah dilakukan penanganan konsentrasi CO terbesar 83,12gr/Nm⁶ dan kadar Nox terbesar 16,17gr/Nm⁵.

SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

1. Penerapan penanganan usulan sebagai metode peningkatan kinerja simpang dikarenakan memiliki kinerja terbaik dengan penanganan simpang ber APILL 2 fase pada Simpang Trikora Barat, dan pengaturan 2 fase pada Simpang APILL 33
2. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai peningkatan kinerja Simpang Trikora Barat dan Simpang APILL 33.
3. Diharapkan dengan adanya penelitian ini, dapat menjadi referensi dalam mengambil kebijakan terkait penanganan masalah lalu lintas khususnya simpang bagi Dinas Perhubungan Kota Banjarbaru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dinas Perhubungan Kota Banjarbaru yang telah membantu dalam penyediaan data sekunder dan Bapak Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan arahan serta masukan dalam proses penulisan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 2009. Undang - Undang Nomor. 22 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
- _____, 2022. Undang - Undang Nomor. 2 Tentang Jalan.
- _____, 2022. Undang – Undang Nomor. 8 Tentang Provinsi Kalimantan Selatan.
- _____, 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas.
- _____, 2021. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- _____, 2011. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 19 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Jalan.
- Abdurrahim, A., & Sukarno, S, 2018. Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Gomong Mataram dengan MKJI Dan Kaji 1997. Jurnal Teknik Sipil, 14(4), 219-225.
- Anthony, W., Ginting, J. M., & Wibowo, P. H, 2022. Penilaian Simpang Tak Bersinyal Bundaran Jalan Duyung dan Jalan Raja Ali Haji Kota Batam Menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil (JURMATEKS), 5(1), 119-133.

- Andriani, E., & Mahmudah, N. Analisis Biaya Akibat Kemacetan pada Simpang APILL SGM Yogyakarta Menggunakan *Software Vissim 10*.
- Badan Pusat Statistik, 2022. Kota Banjarbaru Dalam Angka Banjarbaru *Municipality in figures*.
- Banjarbaru, Tim PKL Kota, 2022. Laporan Umum Praktik Kerja Lapangan Kota Banjarbaru.
- Haryadi, M, 2018. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan Selokan Mataram Yogyakarta Menggunakan Metode MKJI 1997.
- Hardiansari, S. R, 2022. Evaluasi Kinerja Dan Analisis Biaya Akibat Kemacetan Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus Simpang Tiga Kota Malang (*Doctoral dissertation*, Universitas Muhammadiyah Malang).
- Hutahaean, Y. G., & Susilo, B. H, 2021. Evaluasi Simpang Bersinyal Taman Sari–Cikapayang Kota Bandung Dengan Analisis *Vissim*. *Jurnal Teknik Sipil*, 17 (1), 70-87.
- Iqbal, I., & Muammar, R, 2022. Kajian Polusi Udara Dari Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Pada Simpang Mesjid Raya Kota Langsa. *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(2), 125-132.
- Kusnandar, E, 2009. Pengkinian Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. *Jurnal Jalan dan Jembatan*, 26(2), 1-11.
- Mahmudah, N., & Andriani, E, 2019. Penentuan Biaya Kemacetan Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal SGM Yogyakarta. *Jurnal Transportasi*, 19(2), 77-86.
- Morlok, Edward K, 1991. Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi. Erlangga : Jakarta
- Ranto, W., Rumayar, A. L., & Timboeleng, J. A, 2020. Analisa Kinerja Ruas Jalan Menggunakan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1).
- St Maryam, H., & Said, L. B, 2021. Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kemacetan Persimpangan Jalan di Kota Makassar. *Jurnal Flyover*, 1(1), 41-49.
- Suryaningsih, O. F., Hermansyah, H., & Kurniati, E, 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar). *Inersia: Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 16(1), 74-84.
- Saputra, A. R. D., & Lakawa, I, 2020. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang PLN Di Wua-Wua Kota Kendari. *Sultra Civil Engineering Journal*, 1(2), 72-88.
- Susanti, S., & Magdalena, M, 2017. Estimasi biaya kemacetan di Kota Medan. *Jurnal Transportasi Multimoda*, 13(1), 21-30.
- Wahab, A. W., La Nafie, N., Ramang, M., Raya, I., & Hala, Y, 2019. Pelatihan pengukuran emisi gas karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NOx) pada kendaraan bermotor di SMA Negeri 2 Bone. *Panrita Abdi-Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 3(2), 125-132.
- Yusuf, M, 2022. Analisis Kinerja Dan Mikrosimulasi Simpang Bersinyal Pasar Kuto Terhadap Konsumsi Bbm Dan Emisi Gas Buang Kendaraan (*Doctoral dissertation*, 021008 Universitas Tridianti Palembang).