

Analisis Emisi CO dan CO₂ pada Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar

RA Dinasty Purnomoasri^{1*}, Teguh Yuono², Sumina³, Febryan Dwi Listyo Utama⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta, Indonesia 57135

Received: February 6, 2023 **Published:** March 27, 2023

Abstract

Presently, COVID has subsided gradually, as seen by the reinstatement of regular traffic flow. Being in a commercial sector, the Bejen Signalized Intersection in the Karanganyar Regency naturally sees an increase in traffic. Performance issues at the intersection are compounded by environmental issues, specifically air pollution from increasing exhaust emissions following COVID. As a result, research was done to determine the Bejen intersection's CO and CO₂ exhaust gas emissions. The method used is intersection performance analysis using MKJI and analysis of CO and CO₂ exhaust emissions based on Indonesian PERMENLH. The performance analysis results of the Bejen signalized intersection obtained DS 1.171, which is > 0.85 and the queue length is 458 m. CO emissions were generated at 21,34085774 tons/year and CO₂ at 3,165,728587 tons/year. Emission reduction needs to be done by experimenting with alternative analyses of road widening of 1 and 2 meters. The results of the analysis showed that the widening was able to reduce CO and CO₂ emissions by 55.07% and 56.85%.

Keywords: Emission, Signalized Intersection, CO, CO₂, Intersection Performance

Abstrak

Saat ini COVID sudah berangsur menurun ditandai dengan kembali meningkatnya pergerakan arus lalu lintas kembali normal. Simpang Bersinyal Bejen di Kabupaten Karanganyar terletak di kawasan komersial yang tentunya peningkatan pergerakan transportasi daerah tersebut cukup besar. Permasalahan yang muncul di simpang tidak hanya kinerja tetapi juga lingkungan yaitu polusi udara akibat emisi gas buang yang kembali meningkat paska COVID. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengetahui berapa emisi gas buang CO dan CO₂ yang dihasilkan oleh simpang Bejen. Metode yang digunakan adalah analisis kinerja simpang menggunakan MKJI dan analisis emisi gas buang CO dan CO₂ berdasarkan PERMENLH Indonesia. Hasil analisis kinerja simpang bersinyal Bejen didapatkan DS 1,171 dimana > 0,85 dan panjang antrian sebesar 458 m. Emisi CO dihasilkan sebesar 21,34085774 ton/tahun dan CO₂ sebesar 3.165,728587 ton/tahun. Reduksi emisi perlu dilakukan dengan melakukan percobaan analisis alternatif pelebaran jalan 1 m dan 2 m. Hasil analisis menunjukkan dengan adanya pelebaran tersebut mampu menurunkan emisi CO dan CO₂ sebesar 55,07% dan 56,85%.

Kata kunci: Emisi Gas Buang, Simpang Bersinyal, CO, CO₂, Kinerja Simpang

* **Corresponding author:** dinasty@lecture.utp.ac.id

Cite this as: Purnomoasri, R. D., Yuono, T., Sumina, & Utama, F. D. (2023). Analisis Emisi CO dan CO₂ pada Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar. *Enviro: Journal of Tropical Environmental Research*, 25(1), 24-33. doi: <https://doi.org/10.20961/enviro.v25i1.78524>

PENDAHULUAN

Kabupaten Karanganyar dikenal juga sebagai kota wisata yang terletak di provinsi Jawa Tengah memiliki luas wilayah sebesar 76.778,64 km² yang dihuni oleh 938.808 jiwa penduduk dengan kepadatan penduduk 1.223 jiwa/km. Mengingat julukannya sebagai kota wisata pada tahun 2021 diketahui jumlah wisatawan domestik yang berkunjung di tempat wisata Kabupaten Karanganyar seperti Grojogan Sewu, Candi Cetho, Grojogan Jumog, Parang Ijo, Candi Sukuh, Taman Balekambang, Sapta Tirta Pablengan, dan lainnya mencapai 379.411 orang atau bisa dikatakan setara dengan 1/3 penduduk Kabupaten Karanganyar dan tempat wisata yang paling banyak dikunjungi adalah Grojogan Sewu yaitu sebanyak 154.317 orang (Cahyani, 2022). Wisatawan yang memasuki Kabupaten Karanganyar dipastikan lebih sering melewati jalan Lawu Karangnyar - Tawangmangu yang merupakan jalan utama dan jalan nasional di Kabupaten Karanganyar, hal ini tentunya akan memunculkan dampak lalu lintas karena selain tingginya aktivitas masyarakat Kabupaten Karanganyar sendiri tetapi juga wisatawan yang datang ke lokasi – lokasi wisata di Kabupaten Karanganyar. Permasalahan lalu lintas tidak hanya tentang kemacetan saja tetapi juga termasuk didalamnya masalah lingkungan yaitu polusi udara akibat emisi gas buang. Polusi udara selama pandemi COVID sempat menurun tetapi kembali meningkat ketika pemerintah menerapkan PPKM kembali mengizinkan aktivitas berwisata yang tentunya disertai dengan peningkatan emisi gas buang apa lagi pada jam – jam sibuk. Penelitian di Kota Kupang menjelaskan pada hasil survei bahwa pada jam sibuk pencemaran udara akibat transportasi melebihi baku mutu dan ini bisa menjadi dasar bahwa pentingnya pengendalian terhadap jumlah kendaraan (Seran, Henong, Semiun, & Pattiraja, 2022).

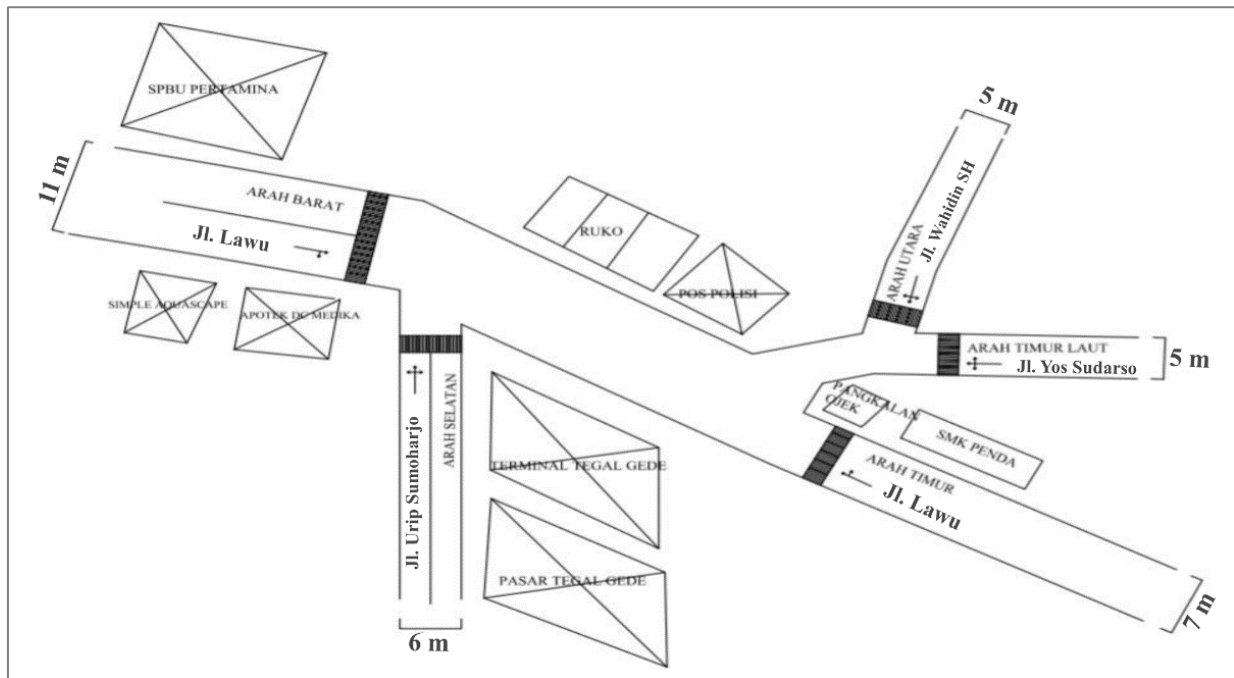
Simpang bersinyal Bejen di Kabupaten Karanganyar merupakan salah satu titik yang dianggap sebagai simpang terpadat karena banyaknya kegiatan disekitar simpang tersebut seperti keberadaan pasar, terminal, ruko – ruko, sekolah dan SPBU. Akibatnya dari banyaknya kendaraan yang melintasi simpang bersinyal Bejen tentunya akan memunculkan tundaan dan panjang antrian dimana kedua hal tersebut mempengaruhi konsumsi bahan bakar kendaraan (Khafidz, Sumarsono, & MHM, 2016). Selain itu penelitian oleh Yudha Dwi Y di kota Surakarta menyebutkan besaran konsumsi bahan bakar minyak Ketika kendaraan tidak bergerak dan berada di simpang adalah sebesar 0,091 liter/smp dengan panjang antrian 43,17 m dan lama tertunda 19,50 detik/smp (Yogama, Sumarsono, & Handayani, 2016). Kondisi pengaturan simpang Bejen Kabupaten Karanganyar saat ini menggunakan sistem ATCS (*Area Traffic Control System*), Smart CD dan CCTV akan tetapi karena area tersebut merupakan area komersial dan juga banyaknya gangguan samping seperti kendaraan parkir dipinggir jalan serta orang berjualan maka kinerja simpang menjadi kurang optimal dikarenakan lebar jalan yang digunakan untuk berlalu lintas menjadi berkurang akibat parkir dan menimbulkan antran. Oleh karena itu panjang antrian dianggap berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar yang tentunya berpengaruh juga terhadap emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan selama melintasi simpang tersebut.

Pada saat COVID penelitian di simpang Paal 10 di kota Jambi memberikan hasil penelitian besaran CO₂ mencapai 325.950 gr/km dengan panjang antrian 74,29 m (Sari, Yamali, & Raudhati, 2021). Pandemi COVID cukup memberikan dampak terhadap tingkat emisi gas buang di semua daerah di Indonesia, di kota Kayuagung mendapatkan dampak positif dengan berkurangnya emisi gas buang di beberapa simpang dimana emisi CO₂ berkisar 170 g/km (Yuniati & Buchari, 2021). Di kota Langsa, Aceh pada 2022 diketahui nilai CO pada persimpangan di atas ambang mutu udara ambien nasional yang mana batasnya adalah 30 mg/m³ (Iqbal & Muammar, 2022). Emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan berupa CO, CO₂, NO₂, HC, PM₁₀, dan SO₂ (Indonesia, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah, 2010). Sebelum pandemi COVID di jalan Slamet Riyadi kota Surakarta diketahui emisi buang sebesar 813,598 ton/tahun CO dan 140.934,571 ton/tahun CO₂ dari hasil penelitian keduanya menempati hasil tertinggi dibandingkan emisi yang lainnya (Yogama, Sumarsono, & Handayani, 2016). Melihat besarnya CO₂ dan CO pada penelitian sebelumnya maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar emisi CO dan CO₂ yang dihasilkan oleh Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar paska COVID dimana lalu lintas sudah mulai kembali

berjalan normal dan mencoba solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi yang terjadi. Penelitian oleh Kresna Raditya menyimpulkan bahwa CO yang berhasil diturunkan dengan melakukan pelebaran jalan 3,7 m atau satu line mampu menurunkan CO sebanyak 33,10% dibandingkan penggunaan BRT yang berhasil menurunkan CO sebesar 27,57% dan skenario *cycle time* 150 detik yang berhasil menurunkan 1,13% (Raditya, Rudissalam, Ismiyati, & Basuki, 2014). Analisis pada simpang di kota Vadodara sebelah barat Gujarat, India menggunakan VISSIM dengan dilakukan perubahan komposisi kendaraan dan waktu hijau mampu mengurangi emisi CO₂ sebesar 25,54%, Nox 6,69% dan PM10 25,59% (P, J, & Purnima, 2019). Penelitian analisis CO di jaringan ruas jalan menuju kampus ITERA menggunakan VISSIM menunjukkan dampak kerugian dengan Rp 13.464,84/jam untuk per 0,05 ton emisi CO dan direkomendasikan skenario pengurangan dengan melakukan penghapusan *u-turn*, melakukan pelebaran lajur, membangun *underpass* atau membangun area pedestrian serta pemisahan lajur bagi kendaraan ringan dan sepeda motor (Meliza, Novalina, & Sulistyorini, 2018). Evaluasi Kinerja Simpang bersinyal untuk menunjang *Eco - Driving* di simpang Pos Pengumben dan Simpang RS Medika Permata Hijau Jakarta menunjukkan rata – rata Tundaan 189,18 detik/kendaraan dan 60,27 detik/kendaraan kemudian dilakukan alternatif yaitu dengan konsumsi bahan bakar 260,59 litter dan 90,87 litter dilakukan analisis untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dengan 3 alternatif yaitu pelebaran jalan, pembangunan *flyover* dan gabungan keduanya. Hasil menunjukkan bahwa alternatif pelebaran mampu menurunkan menjadi 156,35 detik/jam pada simpang Pos Pengumben dan 59,81 detik/kendaraan pada simpang RS Medika Permata Hijau yang artinya konsumsi bahan bakar menurun dan tentunya manfaat dari *eco – driving* bisa dirasakan oleh pengguna kendaraan (Surahman & Susilo, 2021). Pada penelitian di Jalan Imam Bonjol Denpasar melakukan penelitian uji coba pelebaran jalan dan simpang sebesar 1 m dan PPKM dengan menggunakan analisis dengan VISSIM uji coba pada saat covid-19 hasil uji coba pada tiga simpang yaitu pada Simpang Soputan, Simpang Pulau Galang dan Simpang Nakula menunjukkan penurunan yang cukup signifikan. Sebagai contoh pada Simpang Soputan kadar CO sebelum dilakukan pelebaran dan 22.840,9 gram/jam dan setelah dilakukan pelebaran kadar CO berkurang menjadi 5.514,0 gram/jam (Suartawan, Sukmayasa, & Mardikawati, 2022). Pengurangan emisi gas rumah kaca adalah salah satu tantangan global sampai tahun 2050. Transportasi merupakan salah satu sumber utama sehingga perlu untuk mengurangi efek emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan berat dan ringan (Breuer, Samsun, Stolten, & Peters, 2021). Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui seberapa besar emisi gas buang yang dihasilkan pada simpang bersinyal ketika kendaraan berhenti hingga menyebabkan panjang antrian serta bagaimana jika dilakukan pelebaran sebagai solusi pengurangan panjang antrian apakah akan berpengaruh pada pengurangan emisi gas buang CO dan CO₂.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian yaitu simpang bersinyal Bejen di Kabupaten Karanganyar seperti terlihat pada Gambar 1. Metode penelitian yang digunakan untuk analisis simpang adalah metode kuantitatif dan analisis data menggunakan MKJI (Manual Kapasitas Simpang Jalan Indonesia) tahun 1997. Data yang digunakan berupa data primer dan sekunder. Data primer berupa data survei lalu lintas, geometrik simpang dan volume lalu lintas pada jam sibuk pagi, siang dan sore. Data sekunder yaitu gambar eksisting. Selanjutnya dilakukan analisis kinerja simpang dengan menggunakan MKJI (Manual Kapasitas Simpang Jalan Indonesia) tahun 1997 untuk mendapatkan nilai DS, panjang antrian, dan besar tundaan yang terjadi sebagai dasar penghitungan emisi gas buang akan didasarkan pada panjang antrian terpanjang yang terjadi pada lengan simpang yang kemudian nanti akan dicoba alternatif pelebaran jalan untuk melihat pengurangan panjang antrian yang terjadi. Alternatif pelebaran dilakukan pada lengan simpang dengan panjang antrian terpanjang.



Gambar 1. Simpang Bersinyal Bejen di Kabupaten Karanganyar

Emisi gas buang dihitung menggunakan rumus dari PERMEN LH No 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah yang dinyatakan dengan (1) dimana E_a = beban pencemaran udara polutan a (ton.tahun), $VKT_{b,c}$ = total jarak yang ditempuh kendaraan bermotor kategori b menggunakan bahan bakar jenis c (km/th), $FE_{a,b,c}$ = besar emisi polutan a untuk tiap km sesuai jenis kendaraan b menggunakan bahan bakar c , a = jenis pencemaran (CO dan CO₂), b = kategori kendaraan bermotor, dan c = jenis bahan bakar (bensin dan solar).

$$E_a = \sum_{b=1, c=1}^{n,m} (VKT_{b,c} * FE_{a,b,c} * 10^{-6}) \dots\dots\dots (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lalu Lintas Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar

Simpang bersinyal Bejen merupakan pertemuan antara Jl. Lawu pada pendekatan barat dan timur, Jl. Urip Sumoharjo pada pendekatan utara, Jl. Wahidin SH pada pendekatan selatan, dan Jl. Yos Sudarso pada pendekatan timur laut. Data geometrik dan kondisi lingkungan simpang Bejen Karanganyar dapat dilihat pada Tabel 1 dan volume lalu lintas simpang tertinggi terjadi pada jam puncak siang 12.00 – 13.00 WIB data pada jam puncak tertinggi dapat dilihat pada Tabel 2. Prosentase kendaraan yang melintasi simpang bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar dapat dilihat pada gambar 2.

Tabel 1. Data Geometrik dan Kondisi Lingkungan Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar

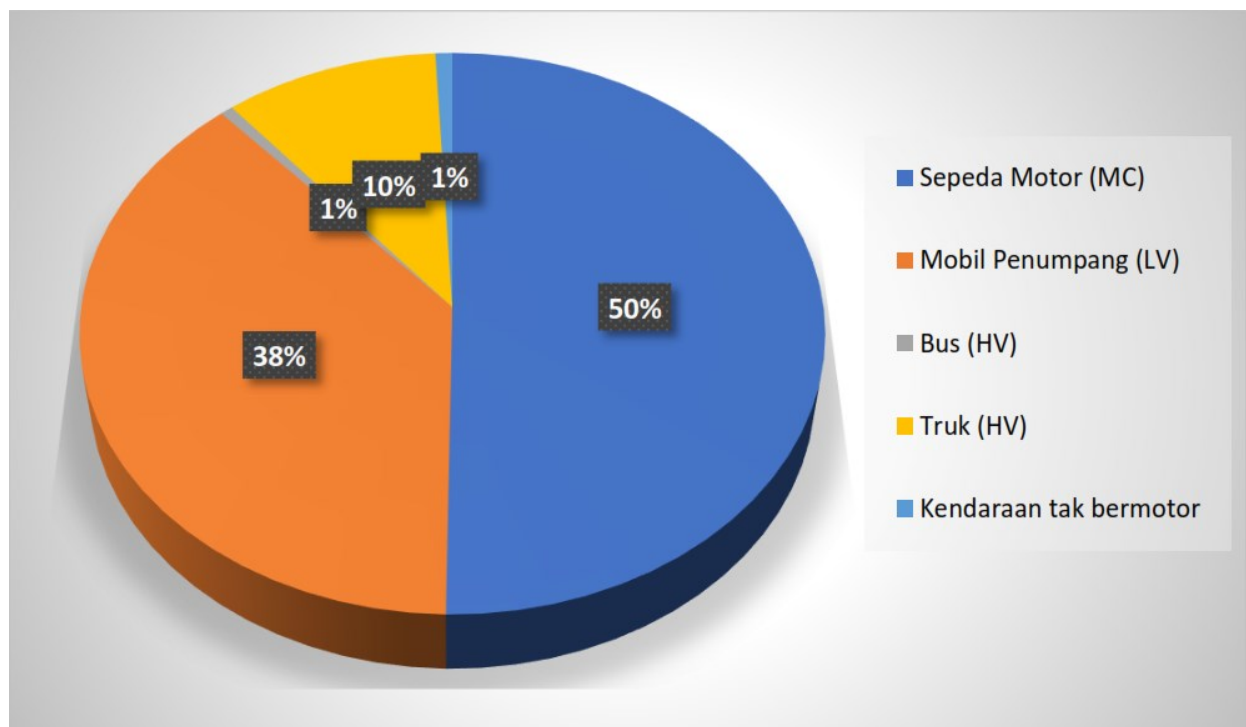
Pendekat Simpang	Utara	Selatan	Timur Laut	Timur	Barat
Lingkungan Jalan	Com	Com	Com	Com	Com
Hambatan Samping	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi	Tinggi
Median (ya/tidak)	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Belok kiri jalan terus (LTOR)	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Lebar Pendekat (m)					
- Masuk	5,00	6,00	5,00	7,00	11,00
- LTOR	-	-	-	-	-
- Keluar	5,00	6,00	5,00	7,00	11,00

Sumber: Data Analisis, 2022

Tabel 2. Volume Kendaraan Pada Jam Puncak dalam Kend/Jam

Jenis VLHR	Pendekat Simpang Bejen Karanganyar				
	Utara	Selatan	Timur Laut	Timur	Barat
Sepeda Motor (MC)	350	477	361	609	568
Mobil Penumpang (LV)	479	710	452	942	991
Bus (HV)	2	1	9	11	13
Truk (HV)	43	66	30	95	82
Kendaraan Tidak Bermotor	11	14	5	9	9

Sumber: Data Analisis, 2022



Gambar 2. Persentase volume kendaraan berdasarkan jenis kendaraan

Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar dengan MKJI

Data hasil analisis kinerja simpang dapat dilihat pada Tabel 3 didasarkan pada volume lalu lintas pada jam puncak dimana volume terjadi sebesar 4977,6 smp/jam. Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa nilai DS sebesar 1,17 dengan besar tundaan simpang rata-rata yang terjadi sebesar 411,03 det/smp dan nilai panjang antrian (Qt) terbesar sebesar 458,5 m yang terjadi pada pendekat Timur, 409,5 m pada pendekat Selatan, 358,7 m pada pendekat Utara, 357,5 m pada pendekat Timur Laut, dan 276,1 m pada pendekat Barat. Prosentase lalu lintas yang melintasi simpang bersinyal Bejen diketahui sepeda motor sebesar 50%, mobil 38%, bis 1% dan truk 10%. Kinerja simpang menunjukkan hasil yang kurang optimal dimana $DS > 0,85$ dimana tentunya emisi yang dihasilkan menjadi cukup besar. Seperti pada penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pelebaran lebih mampu menurunkan emisi gas buang dibanding solusi lalu lintas yang lain maka pada simpang coba dilakukan perbaikan dengan melakukan pelebaran. Diketahui antrian terpanjang terjadi pada pendekat Timur dan Selatan yaitu pada Jl. Lawu dan Jl. Urip Sumoharjo maka dicoba dilakukan pelebaran yang memungkinkan pada kedua ruas jalan tersebut sebesar 1 m pada kanan dan kiri jalan untuk mengurangi panjang antrian yang tentunya berpengaruh pada pengurangan emisi CO dan CO₂ dan analisis dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar

Data Kinerja Simpang	Pendekat Simpang				
	Utara	Selatan	Timur Laut	Timur	Barat
DS	1,171	1,171	1,171	1,171	1,171
Panjang Antrian (QL) (m)	358,7	409,5	357,5	458,5	276,1
Tundaan Rata - rata (D) (det/smp)	416,94	405,76	420,16	407,43	410,47

Sumber: Data Analisis, 2022

Tabel 4. Hasil Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar Setelah dilakukan Pelebaran

Data Kinerja Simpang	Pendekat Eksisting		Pelebaran 1 m (0,5 m pada kiri dan kanan jalan)		Pelebaran 2 m (1 m pada kiri dan kanan jalan)	
	Selatan (Jl. Urip Sumoharjo)	Timur (Jl. Lawu)	Selatan (Jl. Urip Sumoharjo)	Timur (Jl. Lawu)	Selatan (Jl. Urip Sumoharjo)	Timur (Jl. Lawu)
	DS	1,171	1,171	0,953	0,953	0,932
Panjang Antrian (QL) (m)	409,5	458,5	189	206	181	198
Tundaan Rata - rata (D) (det/smp)	405,76	407,43	102,44	108,51	93,47	100,69
Lebar Jalan (m)	6	7	7	8	8	9

Sumber: Data Analisis, 2022

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa meskipun DS tidak turun secara signifikan dengan adanya pelebaran akan tetapi terjadi penurunan panjang antrian (QL) dan juga tundaan rata – rata (D) apabila dilakukan pelebaran. Analisis digunakan pelebaran 2 m sebagai dasar penghitungan pengurangan emisi CO dan CO2 pada Simpang Bejen Kabupaten Karanganyar. Data dilakukan pelebaran yaitu pada dua ruas Jl. Urip Sumoharjo (pendekat Selatan) dan Jl. Lawu (pendekat Timur) dan untuk analisis emisi diambil nilai panjang antrian terbesar yaitu pada ruas Jl. Lawu pendekat Timur karena memiliki panjang antrian terpanjang sebagai dasar perhitungan emisi yaitu panjang antrian (QL) 458,5 m.

Analisis Emisi Gas Buang CO dan CO2 Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar

Didasarkan pada data analisis kinerja simpang maka dilakukan penghitungan Emisi yang dihasilkan oleh simpang bersinyal Bejen. Tabel 5 menunjukkan besaran faktor emisi (FE) yang merepresentasikan kualitas pencemaran yang diemisikan untuk CO dan CO2 yang dikeluarkan oleh PERMENLH no 12 tahun 2010 (Indonesia, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah, 2010). Menggunakan (1) dilakukan penghitungan besar emisi gas buang per jenis kendaraan untuk simpang bersinyal Bejen seperti pada Tabel 6. Berdasarkan nilai emisi gas buang per jenis kendaraan ton/tahun pada Tabel 5 maka untuk selanjutnya tiap nilai dikalikan dengan volume kendaraan atau LHRT pada jam puncak di simpang bersinyal Bejen dan panjang antrian pada Tabel 4 yaitu 458,5 m, didapatkan hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Faktor Emisi Gas Buang untuk Kota Besar di Indonesia Berdasarkan Kategori Kendaraan

No	Kategori untuk perhitungan beban pencemaran udara	CO (g/km)	CO ₂ (g/km)
1	Sepeda Motor	14	3180
2	Mobil (Bensin)	40	3180
3	Mobil (solar)	2,8	3172
4	Mobil	32,4	3178
4	Bis	11	3172
5	Truk	8,4	3172

Sumber: PERMENLH No 12 tahun 2010

Tabel 6. Emisi Gas Buang per Jenis Kendaraan untuk Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar

Jenis Kendaraan	Jenis Emisi yang dihasilkan (Ton/Tahun)	
	CO	CO ₂
Sepeda Motor	0,002342935	0,53218095
Mobil	0,005422221	0,531846245
Bis	0,001840878	0,53084213
Truk	0,001405761	0,53084213

Sumber: Analisis, 2022

Hasil analisis pada Tabel 7 menunjukkan terlihat pada tahun 2022 simpang Bejen menghasilkan CO sebesar 21,34085774 ton/tahun dan CO₂ sebesar 3165,728587 ton/tahun atau setara dengan 58.468,10349 gr/hari CO dan 8.673.229,00548 gr/hari CO₂. Angka ini cukup besar dan akan mempengaruhi nantinya pada pembayaran pajak karbon seperti yang telah ditetapkan pada UU nomor 17 tahun 2021 tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan, adapun besaran pasar karbon CO₂ ekuivalen paling rendah Rp 30,00 (tiga puluh rupiah) per kilogram (Undang - Undang Republik Indonesia Tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan 2021). Dari perhitungan kasar diperkirakan pajak karbon CO₂ simpang bersinyal Bejen yaitu sebesar 3.165.728,59 kg/tahun x Rp 30,00 = Rp 94.971.857,7 /tahun. Tentunya penting untuk melakukan pengurangan besaran emisi agar tidak ada kerugian ekonomi. Salah satu alternatif yang dianggap mampu mengurangi emisi cukup besar yaitu dengan dilakukan pelebaran jalan. Kondisi atau besaran emisi gas buang saat pelebaran besar penurunannya didasarkan pada perhitungan CO dan CO₂ pada Tabel 6 dan juga data kinerja simpang pada Tabel 3 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Emisi Gas Buang Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar Kondisi Eksisting

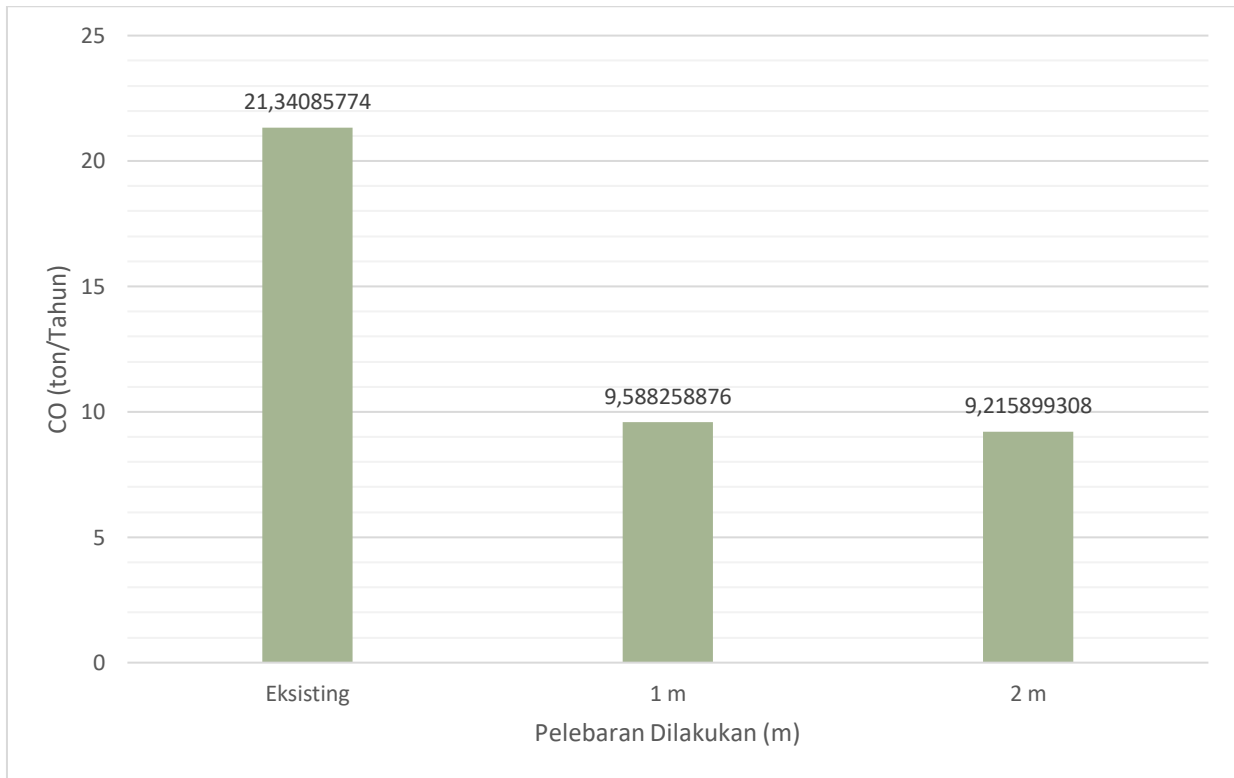
Jenis Kendaraan	Jenis Emisi yang dihasilkan Eksisting (Ton/Tahun)	
	CO	CO ₂
Sepeda Motor	7,307614265	1659,872383
Mobil	13,56097472	1330,147459
Bis	0,02945404	8,49347408
Truk	0,442814715	167,215271
Total	21,34085774	3165,728587

Sumber: Analisis, 2022

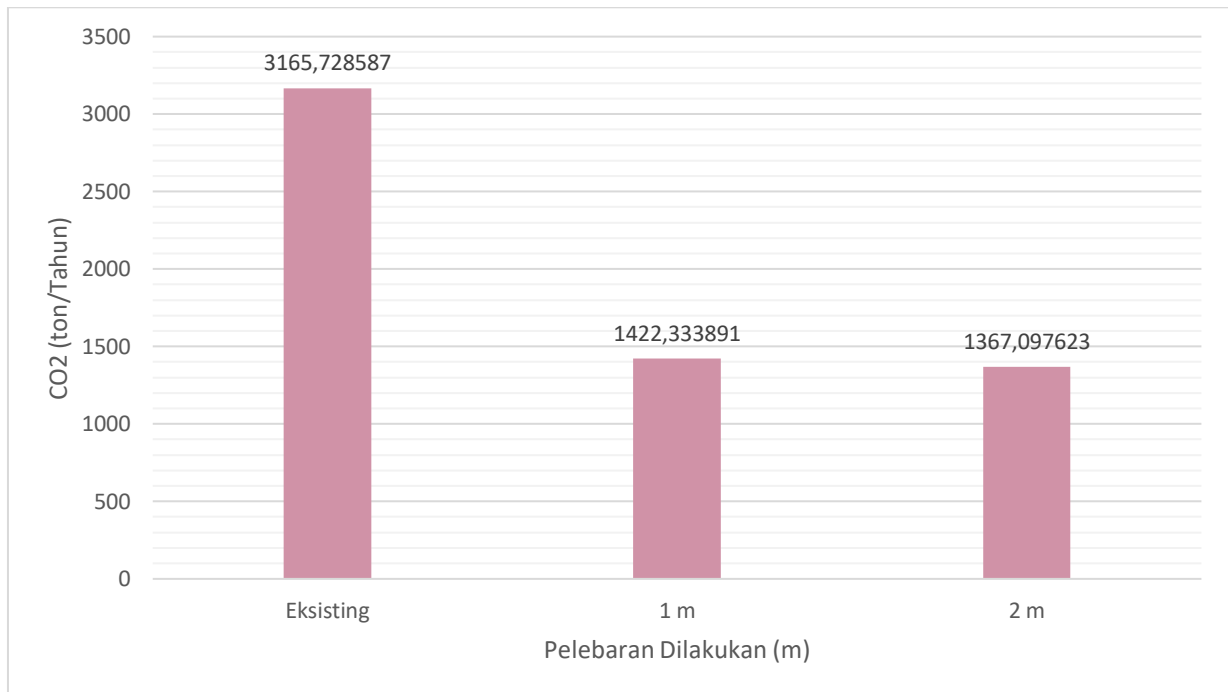
Tabel 8. Emisi Gas Buang Simpang Bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar Akibat Pelebaran

Jenis Kendaraan	Jenis Emisi yang dihasilkan Akibat Pelebaran (Ton/Tahun)			
	Pelebaran 1 m		Pelebaran 2 m	
	CO	CO ₂	CO	CO ₂
Sepeda Motor	3,28324654	745,7659998	3,15574182	716,8042134
Mobil	6,092826156	597,6235038	5,856211548	574,4148241
Bis	0,01323344	3,81604288	0,01271952	3,66784704
Truk	0,19895274	75,1283442	0,19122642	72,2107386
Total	9,588258876	1422,333891	9,215899308	1367,097623

Sumber: Analisis, 2022



Gambar 2. Grafik Penurunan Emisi CO kondisi eksisting – pelebaran hingga 2 m dalam ton/tahun



Gambar 3. Grafik Penurunan Emisi CO2 kondisi eksisting – pelebaran 2 m dalam ton/tahun

Dari gambar 2 dan 3 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan yang cukup signifikan ketika diterapkan pelebaran jalan pada ruas jalan pendekat Timur yaitu Jl. Lawu dan juga pada pendekat Selatan yaitu Jl. Urip Sumoharjo. Beberapa penelitian menggunakan VISSIM untuk masalah emisi cukup sering direkomendasikan untuk melakukan pelebaran tetapi tidak menyebutkan besaran pelebarannya tidak seperti penelitian yang dilakukan oleh Raditya yang menyebutkan bahwa pelebaran efisien adalah 3,7 m yang mampu menurunkan emisi sebesar 33,10% (Raditya, Rudissalam, Ismiyati, & Basuki, 2014). Hasil analisis yang dilakukan pada simpang bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar yang dianalisis dengan melakukan pelebaran yang efisien yaitu yang pertama sebesar 1 m pada jalan pendekat Selatan dan Timur sudah

mampu menurunkan emisi mencapai 55,07 % dan kedua pelebaran sebesar 2 m mampu menurunkan emisi mencapai 56,82 % yang artinya tidak sampai pelebaran sebesar 3,7 m emisi gas buang sudah mampu diturunkan lebih dari 50 %. Dibuktikan seperti pada Tabel 7 data eksisting perhitungan emisi CO sebesar 21,34085774 ton/tahun dan CO₂ sebesar 3165,728587 ton/tahun mengalami penurunan seperti pada Tabel 8 yang menunjukkan dengan adanya pelebaran 1 m, CO berhasil turun menjadi 9,588258876 ton/tahun dan CO₂ turun menjadi 1422,333891 ton/tahun. Besar penurunan ini tentunya juga akan berpengaruh pada penurunan kerugian ekonomi yang ditimbulkan oleh CO₂ dimana apabila pakal karbon CO₂ sebesar Rp 30,00 per kg diterapkan maka hal ini tentukan akan berperan tidak hanya di lingkungan tapi juga pada sektor ekonomi.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis kinerja simpang bersinyal Bejen Kabupaten Karanganyar pada kondisi eksisting diketahui hasil DS sebesar 1,171 dimana $> 0,85$ dengan persentase kendaraan bermotor yaitu mobil 38%, sepeda motor 50%, bis 1 % dan truk 10%. Panjang antrian didapatkan dari hasil analisis kinerja simpang terpanjang pada pendekat simpang arah Timur yaitu 458 m dengan rata – rata tundaan sebesar 407,43 det/smp. Dari hasil analisis kinerja kondisis eksisting diambil panjang antrian 458 m didapatkan besar emisi CO dan CO₂ yang dihasilkan yaitu 21,34085774 ton/tahun dan 3.165,728587 ton/tahun atau setara dengan 58.468,10349 gr/hari CO dan 8.673.229,00548 gr/hari CO₂. Hal ini tentu memerlukan penanganan yaitu dengan dilakukan pelebaran berdasarkan penelitian sebelumnya dengan menggunakan VISSIM untuk penurunan emisi biasa direkomendasikan adanya pelebaran sehingga dilakukan analisis pelebaran sebesar 1 m dan 2 m pada pendekat arah Selatan dan Timur. Didapatkan pada pelebaran 1 m, DS turun menjadi 0,953 dan panjang antrian menjadi 206 m dan tundaan rata – rata simpang 108,51 det/smp dengan analisis CO dan CO₂ pada kondisi pelebaran 1 m yaitu 9,588258876 ton/tahun dan 1.422,333891 ton/tahun dimana dari kondisi eksisting emisi CO dan CO₂ menurun hingga 55,07%. Pada pelebaran 2 m, DS menjadi 0,932 dengan panjang antrian 198 m dan tundaan rata – rata 100,69 det/smp dengan analisis emisi CO dan CO₂ sebesar 9,215899308 ton/tahun dan 1.367,097623 ton/tahun atau menurun sebesar 56,85% dari kondisi eksisting. Maka dari analisis disimpulkan bahwa penurunan emisi pada simpang bersinyal Bejen dalam dilakukan cukup dengan pelebaran sebesar 1 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Breuer, J. L., Samsun, R. C., Stolten, D., & Peters, R. (2021, March). How to reduce the greenhouse gas emissions and air pollution caused by light and heavy duty vehicles with battery-electric, fuel cell-electric and catenary trucks. *Environment International*, 152. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106474>
- Cahyani, C. T. (2022). *Kabupaten Karanganyar dalam Angka 2022*. (B. K. Karanganyar, Penyunt.) Karanganyar, Karanganyar: BPS Kabupaten Karanganyar.
- Indonesia, R. (2010). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Indonesia, R. (2021). *Undang - Undang Republik Indonesia Tentang Harmonisasi Peraturan Perpajakan 2021*. Jakarta, Indonesia: Negara Republik Indonesia.
- Iqbal, & Muammar, R. (2022, November). Kajian Polusi Udara Dari Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Pada Simpang Mesjid di Kota Langsa. *JUSTEK: Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(2), 125-132. doi:<https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ>
- Khafidz, L., Sumarsono, A., & MHM, A. (2016, September). Hubungan Tundaan dan Panjang Antrian Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak pada Lajur Pendekat Simpang (Studi Kasus pada Jalan

- Arteri Kota Surakarta). *Matriks Teknik Sipil*, 4(3), 774. doi:<https://doi.org/10.20961/mateksi.v4i3.37083>
- Meliza, P., Novalina, W., & Sulistyorini, R. (2018, Oktober 19 - 20). Analisis Jaringan Ruas Jalan Menuju Pintu Masuk Utama Kampus ITERA Sebagai Upaya Mengantisipasi Peningkatan Lalu Lintas Kendaraan Akibat Dibukanya Jalan Tol Trans Sumatera Studi Kasus: Jalan Terusan Ryacudu. *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi ke-21*, 1587 - 1600. Diambil kembali dari <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/27988>
- Novitriana, L., Handayani, D., & Hasbi, M. (2017, Juni). Enalisis Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Akibat Volume Lalu Lintas di Ruas Jalan (Studi Kasus Jalan Slamet Riyadi Surakarta). *Matriks Teknik Sipil*, 5(2), 753. doi:<https://doi.org/10.20961/mateksi.v5i2.36894>
- P, C. B., J, J. G., & Purnima, P. (2019, May 13). Car following model for urban signalised intersection to estimate speed based vehicle exhaust emissions. *Urban Climate*, 29, 2212-0955. doi:<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100480>
- Raditya, K., Rudissalam, M., Ismiyati, & Basuki, K. H. (2014). Analisis Dampak Optimasi Simpang Bersinyal Terhadap Emisi Gas Buang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3(1), 66-78.
- Sari, S. I., Yamali, F. R., & Raudhati, E. (2021). Evaluasi Kinerja Simpang Kaitannya dengan Emisi CO2 Simpang Paal 10 Jambi. *Jurnal Talenta149-*, 4(2), 149-154. doi: DOI 10.33087/talentasipil.v4i2.65
- Seran, S. S., Henong, S. B., Semiun, O. E., & Pattiraja, A. H. (2022). *Analisis Pencemaran Udara di Simpang Bersinyal Menggunakan Boc Model (Studi Kasus Simpang Bersinyal Jl. Frans Seda)* (Vol. 6). Kupang: Jurnal Pendidikan Tambusai. doi:<https://doi.org/10.31004/jptam.v6i2.3881>
- Suartawan, P. E., Sukmayasa, I. M., & Mardikawati, B. (2022, Desember 05). Pengaruh Kebijakan Pembatasan Kegiatan Wilayah Bali Terhadap Keluaran Emisi Gas Buang Kendaraan (Co dan NOx) Di Jalan Imam Bonjol Denpasar Pada Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat*, 13(2), 20-29. doi:<https://doi.org/10.55511/jpsttd.v13i2.639>
- Surahman, G., & Susilo, B. H. (2021, November). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal untuk Menunjang Penerapan Eco - Driving. *Jurnal Forum Mekanika*, 10(2), 70-81. doi:<https://doi.org/10.33322/forummekanika/v10i2.1475>
- Yogama, Y. D., Sumarsono, A., & Handayani, D. (2016, Maret). Hubungan antara Tundaan dan Panjang Antrian dengan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Pada Pendekat Simpang Di Surakarta. *e-journal Matriks Teknik Sipil*, 4(1), 230. doi:<https://doi.org/10.20961/mateksi.v4i1.37133>
- Yuniati, W., & Buchari, E. (2021). Analisis Dampak Pandemi Covid-19 Terhadap Lalu Lintas dan Tingkat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor di Kota Kayuagung. *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi*, 24. Kayuagung. Diambil kembali dari <https://ojs.fstpt.info/index.php/ProsFSTPT/article/view/774>