

ANALISA HUBUNGAN ANTARA KEMACETAN DAN PENCEMARAN UDARA KOTA MALANG

Muhammad Khafid Fauzan¹,Nusa Sebayang², dan Sriliani Surbakti³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil, Insititut Teknologi Nasional Malang

Email: khafid.fauzan19@gmail.com

ABSTRACT

Malang is the second largest city in East Java. Improved intersection performance and air pollution at the intersection Jl. Gatot Subroto - Jl. Panglima Sudirman. Analysis and evaluation conducted based on PKJI 2014 and ISPU 2020. The data processed was obtained from the survey results on July 18, 2023 – July 22, 2023, the performance of the existing intersection based on analysis using the PKJI 2014 method obtained the degree of saturation of the intersection 1.12, the chance of queuing reached 102.43 m and a delay of 56.05 sec / skr, with the level of service E. obtained the NO₂ relationship model $0.586 + 1.1337 (69.98)$ with a regression value ($r 0.9798$) then entered a very strong correlation. The results of the CO relationship model $0.4976 + 7.1087 (69.98)$ with a regression value ($r 0.9999$) then entered a very strong correlation. The result of the SO₂ relationship model is $0.5049 + 0.3153 (69.98)$ with a value of ($r 0.9951$) then enters a very strong correlation. By using traffic signal lights with 3 phases and a right turn prohibition without widening the geomet. . This alternative gets a saturation degree value of 0.69, a maximum queue length of 80.65 m. The delay is 22.51 with service level C. NO₂ relationship model $0.586 + 1.1337 (22.51)$ with NO₂ concentration value of 26.1056 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The result of the CO relationship model is $0.4976 + 7.1087 (22.51)$ with a CO concentration value of 160.514 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The result of the SO₂ relationship model is $0.5049 + 0.3153 (22.51)$ with an SO₂ concentration value of 7.6023 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Therefore, this relationship does not affect the ISPU 2020 quality standards.

Keywords : Air Pollution, intersection performance.

ABSTRAK

Kota malang termasuk kota terbesar kedua di Jawa Timur. Peningkatan kinerja simpang dan pencemaran udara pada simpang Jl. Gatot Subroto – Jl. Panglima Sudirman. Analisis dan evaluasi yang dilakukan berdasarkan PKJI 2014 dan ISPU 2020. Data yang diolah didapat dari hasil survey pada tanggal 18 Juli 2023 – 22 Juli 2023 kinerja simpang eksisting berdasarkan analisa menggunakan metode PKJI 2014 didapat derajat kejenuhan simpang 1,12, peluang antrian mencapai 102.43 m dan tundaan sebesar 56.05 det/skr, dengan tingkat pelayanan E. didapat model hubungan NO₂ $0.586 + 1.1337 (69,98)$ dengan nilai regresi ($r 0,9798$) maka masuk korelasi sangat kuat. Hasil model hubungan CO $0.4976 + 7.1087 (69,98)$ dengan nilai regresi ($r 0,9999$) maka masuk korelasi sangat kuat. Hasil model hubungan SO₂ $0.5049 + 0.3153 (69,98)$ dengan nilai sebesar ($r 0,9951$) maka masuk korelasi sangat kuat. dengan menggunakan lampu isyarat lalu lintas dengan 3 fase dan larangan belok kanan tanpa melakukan pelebaran geometrik. Alternatif ini mendapatkan nilai derajat kejenuhan sebesar 0,69 , panjang antrian maksimum 80.65 m. Tundaan sebesar 22.51 dengan tingkat pelayanan C. model hubungan NO₂ $0.586 + 1.1337(22,51)$ dengan nilai konsentrasi NO₂ sebesar 26,1056 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil model hubungan CO $0.4976 + 7.1087 (22,51)$ dengan nilai konsentrasi CO sebesar 160,514 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil model hubungan SO₂ $0.5049 + 0.3153 (22,51)$ dengan nilai konsentrasi SO₂ sebesar 7,6023 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Maka hubungan tersebut tidak mempengaruhi standar baku mutu ISPU 2020.

Kata Kunci : Kinerja Simpang, pencemaran udara.

1. PENDAHULUAN

Pada Kota Malang tepatnya di jalan simpang Jalan Gatot Subroto – Jalan Panglima Sudirman – Jalan Trunojoyo – Jalan Untung Suropati. Kemacetan lalu lintas yang terjadi di kota Malang sangat mengganggu aktivitas penduduk. Kemacetan lalu lintas juga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan yaitu terjadi peningkatan

pencemaran udara serta meningkatkan kebisingan. Oleh sebab itu dengan adanya peningkatan kemacetan lalu lintas tersebut maka tentunya akan mempengaruhi penurunan kualitas udara dan tingkat kebisingan. Adapun parameter yang dihasilkan oleh asap kendaraan bermotor, mobil, mobil ringan, serta mobilisasi angkutan umum diantaranya: debu (partikulat), Sulfur Dioksida (SO₂), Oksida nitrogen (NO₂), Carbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon

(HC). Pencemar lainnya adalah timbal (Pb) yang dikandung dalam bensin (Premium). Hal inilah yang mempengaruhi penurunan kualitas udara. Berdasarkan kondisi eksisting dan pengamatan pada lokasi penelitian, yang dilakukan yaitu terjadinya kemacetan arus lalu lintas pada jam pagi dimulai jam 06.00 – 10.00, siang jam 11.00 – 16.00, dan sore jam 16.00 – 19.00 di ruas jalan simpang jalan jalan Gatot Subroto – Jalan Panglima Sudirman – Jalan Trunojoyo – Jalan Untung Suropati, Kota Malang. Untuk meringankan angka kemacetan yang terjadi dengan memperkirakan volume kendaraan, hambatan samping, kecepatan arus bebas, kapasitas, derajat kejenuhan hingga pencemaran udara berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Tahun 2014.

2. DASAR TEORI

Simpang

Simpang merupakan daerah pertemuan dua atau lebih ruas jalan, bergabung, berpotongan atau bersilang. Persimpangan juga dapat disebut sebagai pertemuan antara dua jalan atau lebih, baik sebidang maupun tidak sebidang atau titik jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan jalan saling berpotongan (Edward. K Morlok, 1991, p.736).

Persimpangan harus dapat dimanfaatkan oleh semua orang yang ingin menggunakannya, maka dari itu persimpangan tersebut harus dirancang dengan hati – hati dan semaksimal mungkin, dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi, dan kapasitas. Pergerakan lalu lintas yang terjadi dengan urutan – urutan dapat ditangani dengan berbagai cara, tergantung pada jenis persimpangan yang dibutuhkan. (AASHTO, 2001, p.559).

Peraturan Persimpangan

Menurut Morlok (1984, p.736), jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

1. Simpang jalan tanpa sinyal, yaitu simpang yang tidak memakai sinyal lalu lintas. Pada simpang ini pemakai jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut.
2. Simpang jalan dengan sinyal, yaitu pemakai jalan dapat melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalu lintas. Jadi pemakai jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya.

Pada persimpangan umumnya terdapat empat macam pola pergerakan lalu lintas kendaraan yang berpotensi dapat menimbulkan konflik, seperti :

1. Berpisah (diverging)
Berpisah atau disebut juga sebagai diverging, terjadi ketika kondisi dua arus berpisah arah dari jalan utama.
2. Bergabung (merging)
Bergabung atau disebut juga merging, terjadi ketika kondisi dua arus bergabung menuju jalan utama.
3. Bersilang (weaving)
Bersilang atau disebut juga weaving, terjadi ketika kondisi dua arus Saling bersilangan atau berpindahan jalur.
4. Berpotongan (crossing)
Berpotongan atau disebut juga crossing, terjadi ketika kondisi dua arus berpotongan secara langsung.

Pengendalian Simpang

Sesuai dengan kondisi lalu lintasnya, dimana terdapat pertemuan jalan dengan arah pergerakan yang berbeda, simpang sebidang merupakan lokasi yang potensial untuk menjadi titik pusat konflik lalu lintas yang bertemu, penyebab kemacetan, akibat perubahan kapasitas, tempat terjadinya kecelakaan, konsentrasi para penyeberang jalan atau pedestrian. Masalah utama yang saling mengkait di persimpangan adalah :

1. Volume dan kapasitas, yang secara langsung mempengaruhi hambatan.
2. Desain geometric kebebasan pandangan dan jarak antar persimpangan
3. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, lampu jalan
4. Pejalan kaki, parkir, akses dan pembangunan

Untuk meminimalisir potensi konflik lalu lintas yang terjadi pada simpang, maka dapat dilakukan pengendalian simpang menggunakan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) yaitu alat pengatur pergerakan arus lalu lintas dengan lampu (hijau, kuning, merah) yang diatur secara bergantian untuk tiap pergerakan dalam periode tertentu yang ditetapkan berdasarkan proporsi arus lalu lintas. Adapun prinsip yang digunakan dalam pengendalian simpang dengan sistem prioritas adalah:

1. Arus kendaraan dari jalan dengan kelas fungsi yang lebih tinggi (jalan Major) akan mendapat prioritas untuk melintas lebih dahulu.
2. Prioritas harus terbagi dengan baik sehingga setiap kendaraan mempunyai kesempatan yang sama untuk melintas.

3. Aturan-aturan yang berkaitan dengan prioritas harus dapat dipahami dengan jelas oleh semua pengemudi.
4. Pemberian prioritas harus terorganisir dengan baik sehingga jumlah titik –titik konflik dapat diusahakan seminimal mungkin.
5. Keputusan-keputusan yang harus diambil oleh pengemudi harus sesederhana mungkin.
6. Jumlah hambatan total terhadap lalu lintas harus diupayakan sekecil mungkin.

Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal adalah perpotongan atau pertemuan pada suatu bidang antara dua atau lebih jalur jalan raya dengan simpang masing – masing, dan pada titik – titik simpang tidak dilengkapi dengan lampu sebagai rambu – rambu simpang. Simpang tak bersinyal secara formil dikendalikan oleh aturan dasar lalulintas Indonesia yaitu memberikan jalan kepada kendaraan dari kiri. Secara umum terdapat tiga jenis persimpangan, yaitu : simpang sebidang, pemisah jalur tanpa ramp, dan interchange (simpang susun). Simpang sebidang (intersection at grade) adalah simpang dimana dua jalan atau lebih bergabung, dengan tiap jalan mengarah keluar dari sebuah simpang dan membentuk bagian darinya. Jalan – jalan ini disebut kaki simpang atau lengan simpang atau pendekat.

Data Masukan

Menurut PKJI 2014, data masukan lalu lintas diperlukan untuk dua hal, yaitu pertama data arus lalu lintas eksisting dan kedua data arus lalu lintas rencana. Data masukan terdiri dari data geometrik simpang, data lalu lintas, dan data kondisi lingkungan simpang.

1. Data Geometrik Simpang
Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam geometrik simpang adalah sebagai berikut:
 - a. Jalan utama (jalan mayor), adalah jalan yang paling penting pada persimpangan jalan, misalnya dalam hal klasifikasi jalan. Pada suatu Simpang-3 jalan yang menerus selalu ditentukan sebagai jalan mayor dan diberi notasi B atau D. Pendekat jalan minor diberi notasi A atau C, urutan pemberian notasi dimulai dari utara dengan notasi A dan seterusnya searah jarum jam.
 - b. Untuk desain simpang baru, data geometrik adalah data simpang awal sebagai bentuk yang ingin dicapai, untuk peningkatan simpang yang lama atau evaluasi kinerja lalulintas simpang yang telah operasional, data geometrik simpang adalah data eksisting.
2. Data Arus Lalu Lintas
Arus lalu lintas (flow) adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pada penggal jalan tertentu, pada periode waktu tertentu, diukur

dalam satuan kendaraan per satuan waktu tertentu. Menurut PKJI (2014), jika komposisi lalu lintas untuk seluruh pendekat sama, maka tuliskan masing–masing untuk komposisi KR, KS, dan SM. Hitung faktor skr (FSKR) dari data komposisi arus lalu lintas kendaraan bermotor tersebut menggunakan nilai ekr yang sesuai. Nilai FSKR dihitung menggunakan persamaan.

3. Data Kondisi Lingkungan
Kondisi lingkungan simpang dinyatakan dan terdiri dari dua parameter yaitu ukuran kota, dan gabungan dari tipe lingkungan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor. Pengkategorian ukuran kota ditetapkan menjadi lima berdasarkan kriteria populasi penduduk. Pengkategorian lingkungan dan hambatan samping digabungkan menjadi satu nilai termasuk kendaraan tak bermotor (KTB), disebut faktor koreksi hambatan samping (FHS).
4. Pengkategorian tipe lingkungan jalan ditetapkan menjadi tiga, yaitu komersil, permukiman, dan akses terbatas. Pengkategorian tersebut berdasarkan fungsi tata guna lahan dan aksesibilitas jalan dari aktivitas yang ada disekitar simpang. Kategori tersebut ditetapkan berdasarkan penilaian teknis dengan kriteria sebagaimana diuraikan dalam table dibawah ini.

Klasifikasi Jalan

1. Status Jalan
Sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan dan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, maka sesuai dengan kewenangan/status, maka jalan umum dikelompokkan sebagai berikut :
2. Jalan Nasional
Jalan Nasional merupakan Jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibu kota provinsi, dan jalan strategis nasional.
3. Jalan Provinsi
Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi. Penyelenggaraan Jalan Provinsi merupakan kewenangan Pemerintah Provinsi
4. Jalan Kabupaten
Penyelenggaraan Jalan Kabupaten merupakan kewenangan Pemerintah Kabupaten.
5. Jalan Kota
Jalan Kota adalah jalan umum pada jaringan jalan gatot subroto dalam kota, merupakan kewenangan Pemerintah Kota. Ruas- ruas jalan kota ditetapkan oleh Walikota dengan Surat Keputusan (SK) Walikota.

6. Jalan Desa

Jalan Desa adalah jalan lingkungan primer dan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten di dalam kawasan perdesaan, dan merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa.

Pencemaran Udara

Polusi atau pencemaran udara merupakan masalah yang memerlukan perhatian khusus, Pencemaran udara yang ada dapat berasal dari asap kendaraan bermotor, asap pabrik ataupun partikel-partikel yang lain. Menurut Mrida (buku Romansyah, 2019), polusi udara adalah partikel tidak terlihat yang terdapat di udara dimana tidak termasuk dalam bagian dari komposisi udara yang normal. Pada Saat ini mulai dilakukan upaya pemantauan pencemaran udara. Dari hasil pemantauan tersebut diketahui ada beberapa parameter kualitas udara mengatasi peningkatan pencemaran udara. Adapun parameter kualitas udara diantaranya: debu (partikulat), Sulfur Dioksida (So₂), Oksida nitrogen (Nox), Carbon monoksida (Co) dan hidrokarbon (HC). Pencemar lainnya adalah timbal (Pb) yang dikandung dalam bensin (Premium). Keberadaan timbal (Pb) di udara dapat membahayakan bagi kesehatan manusia.

Dampak Pencemaran Udara

Pada umumnya pencemaran udara akan memberikan dampak buruk tidak hanya terhadap organisme (manusia, tumbuhan, dan binatang), namun juga terhadap benda-benda mati. Pengaruh pencemar udara terhadap kesehatan secara garis besar dibedakan sesuai dengan akibat yang ditimbulkannya (Putra, 2016: 2).

Pencemaran udara akibat kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat kendaraan bermotor di darat yang menghasilkan gas CO, NO_x, hidrokarbon, SO_x dan Tetraethyl lead, yang merupakan bahan logam timah yang ditambahkan kedalam bensin berkualitas rendah untuk meningkatkan nilai oktan guna mencegah terjadinya letupan pada mesin. Parameter penting akibat aktivitas ini adalah CO, Partikulat, NO_x, HC, Pb, dan Sox (Ratnani, 2008: 27).

Pencemaran udara pada dasarnya berbentuk partikel (debu, aerosol, timah hitam) dan gas (CO, NO_x, SO_x, H₂S, hidrokarbon). Udara yang tercemar dengan partikel dan gas ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang berbeda tingkatan dan jenisnya, tergantung dari macam, ukuran dan komposisi kimiawinya. Gangguan tersebut terutama terjadi pada fungsi faal dari organ tubuh seperti paru – paru dan pembuluh darah atau menyebabkan iritasi pada mata dan kulit ((Ratnani, 2008: 27).

Analisa Regresi

Analisis regresi adalah cara sederhana dalam melakukan investigasi terkait relasi fungsional antara variabel-variabel berbeda. Relasi antara variabel tersebut dituliskan dalam sebuah model matematika, Sumarlin, T (2023).

$$Y = a + bx$$
$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$
$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

Keterangan:

Y = variabel dependen (variabel emisi)

X = variabel indenpenden (variabel Tundaan)

a = konstanta

b = koefisien regresi

Analisis Korelasi

Besar kecilnya hubungan antara dua variabel dinyatakan dalam bilangan yang disebut Koefisien Korelasi:

Korelasi dinyatakan dengan koefisien (r) dan merentang dari -1 sampai +1. Koefisien 1, dengan tanda + atau -, menunjukkan korelasi sempurna antara dua perubahan. Sebaliknya, koefisien nol berarti tidak ada korelasi sama sekali. Keragaman dalam derajat korelasi dinyatakan oleh koefisien yang merentang dari 0 sampai 1 dari -1 sampai 0. Koefisien penentu (r²) dapat dipakai sebagai taksiran untuk kekuatan kaitan antara dua perubahan yang berkorelasi, Tundaan (X) terhadap konsentrasi CO/Pb (Y), Sumarlin, T (2023).

Kuat Hubungan Variabel

- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- >0 – 0,25 : Korelasi sangat lemah
- >0,25 – 0,5 : Korelasi cukup
- >0,5 – 0,75 : Korelasi kuat
- >0,75 – 0,99 : Korelasi sangat kuat

Model korelasi

Digunakan untuk data interval & rasio distribusi data normal terdiri dari dua variable:

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n\sum x^2 - (\sum x)^2\}\{n\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Keterangan:

1 Variabel X (nilai tundaan)

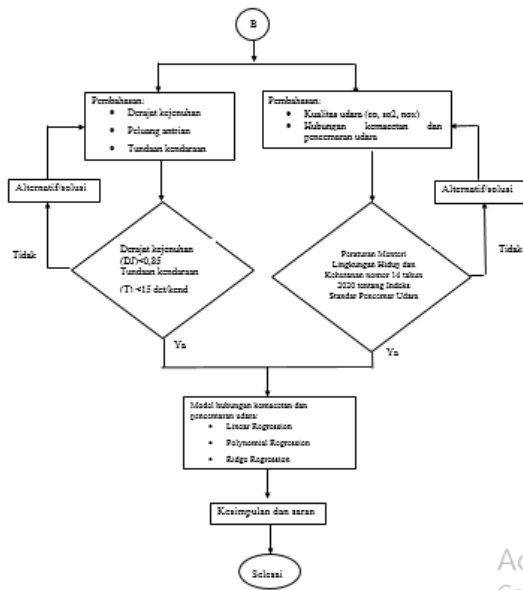
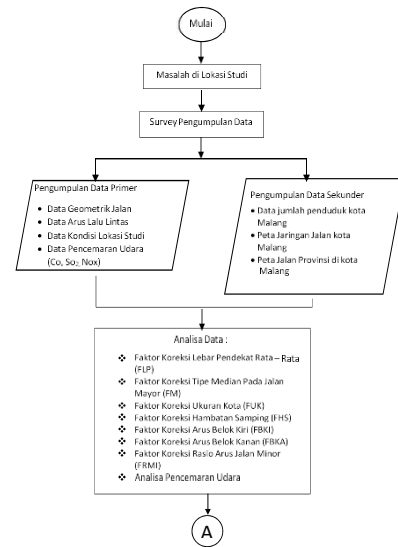
1 Variabel Y (nilai emisi)

3. METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Studi ini membutuhkan dua macam data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan cara dilakukannya survey langsung dilapangan, sedangkan data sekunder didapatkan dengan cara medapatkan keterangan

atau data dari instansi pemerintah yang terkait. Data hasil survey yang telah didapatkan oleh penulis menggunakan kemudian diolah menggunakan metode perhitungan dan penyelesaian. Untuk keperluan alternatif rencana lainnya menggunakan sumber dari buku Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 dan Indek Standar pencemaran udara (ISPU) 2020.



Act
Go t

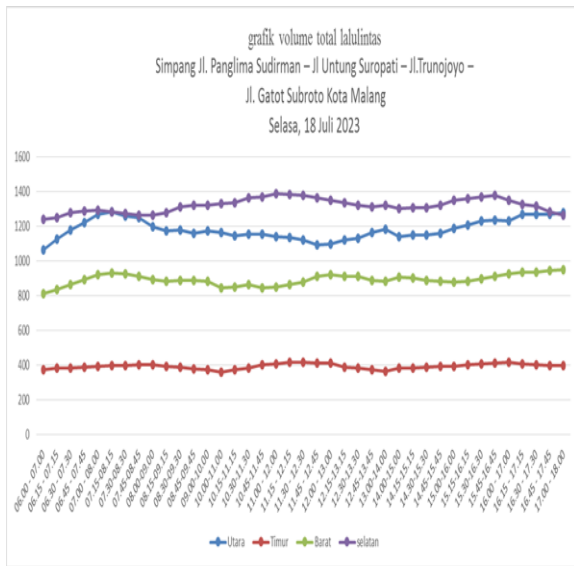
4. PEMBAHASAN

Data Volume Lalu Lintas

Data ini diperoleh dari hasil survey yang dilakukan pada hari weekday dan weekend yaitu hari Selasa, kamis dan Minggu, 18 Juli 2023, 20 Juli 2023 dan 23 Juli 2023. Sesi waktu (periode) survey dalam satu hari yaitu terbagi menjadi tiga sesi, sesi I pukul 06.00 – 10.00 WIB, sesi II pukul 10.00 – 14.00 WIB, sesi III pukul 14.00 – 18.00 WIB. Berdasarkan hasil olah data hasil pengamatan di lapangan, diketahui volume kendaraan pada setiap lengan simpang.

Berikut ini tabel perhitungan pengolahan data dan grafik volume lalu lintas pada hari Selasa, 18 Juli 2023 pada setiap lengan simpang.

Waktu	Jumlah Kendaraan				Total Arus (skr/jam)
	Jl Panglima Sudirman Utara (skr/jam)	Jl Untung Surapati Timur (skr/jam)	Jl Trunojoyo Barat (skr/jam)	Jl Gatot Subroto Selatan (skr/jam)	
06.00 - 07.00	1054	374	811	1240	3499
06.15 - 07.15	1125	385	835	1252	3597
06.30 - 07.30	1179	386	867	1279	3711
06.45 - 07.45	1220	391	895	1288	3795
07.00 - 08.00	1271	393	920	1291	3876
07.15-08.15	1283	397	930	1282	3891
07.30-08.30	1260	397	928	1274	3859
07.45-08.45	1253	405	912	1265	3835
08.00-09.00	1197	403	892	1264	3756
08.15-09.15	1176	394	883	1279	3732
08.30-09.30	1180	388	890	1311	3769
08.45-09.45	1161	380	888	1321	3750
09.00-10.00	1174	374	882	1320	3751
10.00-11.00	1163	361	845	1330	3698
10.15-11.15	1147	378	852	1337	3714
10.30-11.30	1155	386	865	1364	3770
10.45-11.45	1158	402	845	1371	3775
11.00 - 12.00	1139	409	853	1368	3789
11.15 - 12.15	1136	417	864	1386	3802
11.30 - 12.30	1120	418	878	1377	3793
11.45 - 12.45	1094	413	915	1365	3788
12.00 - 13.00	1100	412	922	1352	3786
12.15-13.15	1121	391	914	1336	3762
12.30-13.30	1131	383	912	1321	3747
12.45-13.45	1163	373	890	1313	3739
13.00-14.00	1185	367	883	1321	3756
14.00-15.00	1141	383	910	1302	3736
14.15-15.15	1148	385	902	1307	3743
14.30-15.30	1150	388	887	1305	3730
14.45-15.45	1162	396	885	1321	3764
15.00-16.00	1190	394	878	1348	3810
15.15-16.15	1207	404	882	1359	3852
15.30-16.30	1231	407	900	1371	3909
15.45-16.45	1235	415	914	1378	3941
16.00 - 17.00	1234	418	927	1351	3930
16.15 - 17.15	1269	410	939	1329	3946
16.30 - 17.30	1269	405	937	1319	3929
16.45 - 17.45	1271	400	945	1282	3897
17.00 - 18.00	1279	397	950	1263	3890

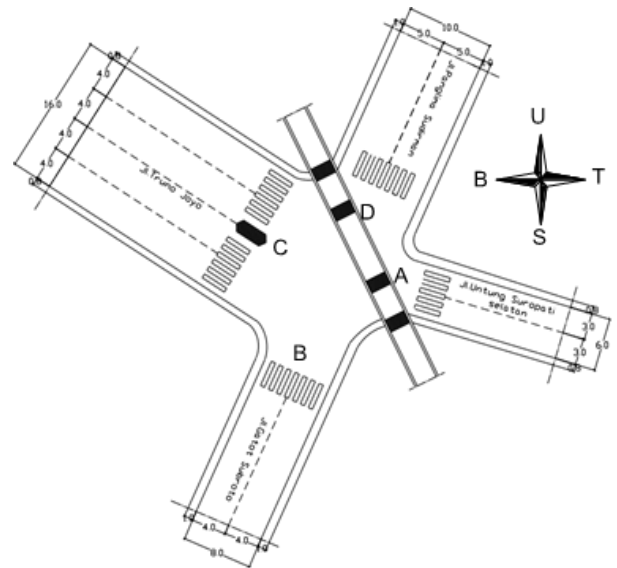


Grafik Arus Total Kendaraan Hari Selasa, 18 Juli 2023

Evaluasi Simpang Tak Bersinyal Menurut Pkji 2014

Evaluasi kinerja simpang dilakukan pada jam – jam puncak pagi,siang dan sore. Pada jam puncak pagi kendaraan yang melintasi simpang dikarenakan pada pagi hari adalah waktu untuk memulai aktifitas seperti bekerja, sekolah, dan aktifitas lainnya. Untuk jam puncak siang biasanya pada waktu normal yaitu aktifitas disimpang tersebut tidak terlalu padat dan tidak terlalu sepi. Yang terakhir yaitu pada sore hari aktifitas kembali padat dikarenakan pada sore hari adalah waktu untuk pulang dari kegiatan bekerja, sekolah, kantor, dagang dan aktifitas lainnya.

Pada analisis ini menggunakan rumus PKJI 2014 dan terdapat dua formulir yang harus diisi, yaitu Formulir SIM-I dan Formulir SIM-II. Pada Formulir SIM-I merupakan isian data volume yang diambil dari jam puncak pada masing – masing periode pengamatan, yaitu pagi, siang dan sore. Sedangkan untuk Formulir SIM-II terdapat tiga tabel perhitungan. Untuk tabel yang pertama merupakan tabel lebar pendekat tipe simpang. Pada tabel ini akan diketahui lebar pendekat rata – rata.



Pendekat utara, pendekat Timur, pendekat Selatan, pendekat Barat.

Kemudian untuk tabel kedua dari Formulir SIM-II adalah kapasitas. Dengan mendapatkan data faktor penyesuaian kapasitas (C), maka kapasitas dapat dihitung. Sedangkan untuk tabel ketiga adalah kinerja lalu lintas. Pada tabel ini akan diperoleh nilai derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian.

SIMPANG - 4		Tanggal	18 Juli 2023	Ditangani Oleh	Muhammad Khafid Fauzan
LANGKAH A : MENETAPKAN DATA MASUKAN		Kota	Malang	Provinsi	Jawa Timur
A.1 DATA GEOMETRIK		Jalan Mayor	BD		
A.2 DATA ARUS LALU LINTAS		Jalan Minor	AC		
		Periode	Pagi		

Anus Lalu Lintas	KR,ekr = 1		KB,ekr = 1.3		SM,ekr = 0.4		qKB TOTAL		qRTB
	kend/jam	skr/jam	kend/jam	skr/jam	kend/jam	skr/jam	kend/jam	skr/jam	
Jalan Minor Dari	qLrs	65	0	0	408	43	178	108	0
	qBka	83	80	0	145	58	228	141	0.35
	qBki	80	80	0	189	76	269	156	0.38
	qTOT	228	228	0	442	177	670	405	0
Jalan Minor Dari	qLrs	14	14	0	0	107	43	121	57
	qBka	266	266	1	541	216	808	484	0.52
	qBki	238	238	2	367	147	927	387	0.42
	qTOT	518	518	3	1015	406	1536	928	0
Total J. Minor, qma	qLrs	78	78	3	147	39	225	133	0
Jalan Mayor Dari	qLrs	214	214	80	104	86	354	1179	672
	qBka	114	114	0	0	32	184	145	0.11
	qBki	261	261	1	1	527	211	788	473
	qTOT	589	589	81	105	1402	597	2162	1291
Jalan Mayor Dari	qLrs	515	515	114	148	557	223	1186	886
	qBka	200	200	1	1	326	130	527	332
	qBki	27	27	0	0	28	11	55	38
	qTOT	742	742	115	150	911	364	1768	1256
Total J. Mayor, qma	qLrs	808	808	194	252	1557	663	3523	1723
	qBka	663	663	2	3	1092	437	1757	1102
	qBki	606	606	3	4	1111	444	1720	1054
	qTOT + qmi + qma	2077	2077	199	259	3860	1544	6136	3880

Formulir sim 1 Pagi

a. Formulir SIM-II
Menentukan lebar pendekat dan tipe simpang

SIMPAING-4		Tanggal	18 Juli 2023		Ditangani Oleh	Muhammad Khalid Fauzan						
LANGKAH 4. MENENTUKAN DATA MASUKAN		Kota	Malang		Provinsi	Jawa Timur						
4.1. DATA GEOMETRIK		Jalan Mayor	RD									
4.2. DATA ALAS LALU LINTAS		Jalan Minor	AC									
		Periode	Pagi									
1. Lebar Pendekat dan Tipe Simpang												
Pilihan	Jumlah Simpang	Lebar Pendekat (m)						Jumlah Lajur		Tipe Simpang		
		LA	LC	LAC	LB	LD	LBD	LRP	Jalan Minor		Jalan Mayor	
1	4	3	8	5,5	4	5	4,5	5	2	2	422	
2												
3												
2. Menghitung Kapasitas: $C = C_0 \times \text{Faktor rata-rata} \times \text{Fm} \times \text{Fsk} \times \text{Fpb} \times \text{Fpk} \times \text{Fpk} \times \text{Fm} \times \text{Fm}$												
Pilihan	Kapasitas Dasar (Co)	Faktor Koreksi Kapasitas								Kapasitas (C)	Catatan	
		Lebar Pendekat (m)	Median Jalan Mayor (m)	Ukuran Kota (Fak)	Ukuran Sampang (Fps)	Bekas Kiri (Fbk)	Bekas Kanan (Fkn)	Rasio Minor (Fm)	Rasio Total (Ftm)			
1	2900	1,133	1	0,94	0,94			1,28	1,00	0,92	3465	Kondisi eksisting
2												
3												
3. Penetapan Kinerja Lalu Lintas: D_j, T, PA												
Pilihan	Asus Lalu Lintas total (skt/jam)	Kinerja Lalu Lintas								Catatan		
		Derajat Kejernihan Simpang (D)	Tundaan Lalu Lintas Simpang (TLL)	Tundaan Lalu Lintas Jalan Mayor (TLMa)	Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (TLMi)	Tundaan Geometrik Simpang (TG)	Tundaan Simpang (T)	Peluang Antrian (PA)	Sasaran ($D_j > 0,85$)			
1	3880	1,12	23,39	2,99	65,10		4	27,39	102,43	$D_j > 0,85$		
2												
3												

Gambar 4. 8 Formulir sim 2 pagi

b. Tundaan (T)

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa simpang. Tundaan (T) terdiri dari Tundaan Lalu Lintas (TLL) dan Tundaan Geometrik (TG).

TLL adalah waktu menunggu yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang berlawanan. TG adalah waktu tambahan perjalanan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok di simpang. Berikut hasil pengolahan data tundaan :

c. Tundaan (T) Pada Kondisi Eksisting per jam Selasa 18 juli 2023.

periode	T	LOS	periode	T	LOS	periode	T	LOS
06.00-07.00	19,58	C	10.00-11.00	51,59	E	14.00-15.00	52,32	E
06.15-07.15	20,83	C	10.15-11.15	52,97	E	14.15-15.15	52,38	E
06.30-07.30	22,87	C	10.30-11.30	55,24	E	14.30-15.30	52,32	E
06.45-07.45	24,52	C	10.45-11.45	57,30	E	14.45-15.45	53,65	E
07.00-08.00	26,21	D	11.00-12.00	57,52	E	15.00-16.00	56,88	E
07.15-08.15	27,39	D	11.15-12.15	62,51	F	15.15-16.15	61,44	F
07.30-08.30	25,93	D	11.30-12.30	56,83	E	15.30-16.30	66,49	F
07.45-08.45	25,67	D	11.45-12.45	53,37	E	15.45-16.45	69,86	F
08.00-09.00	23,72	C	12.00-13.00	51,24	E	16.00-17.00	69,98	F
08.15-09.15	23,01	C	12.15-13.15	50,14	E	16.15-17.15	78,26	F
08.30-09.30	23,44	C	12.30-13.30	48,75	E	16.30-17.30	70,68	F
08.45-09.45	22,75	C	12.45-13.45	50,03	E	16.45-17.45	66,51	F
09.00-10.00	22,42	C	13.00-14.00	52,58	E	17.00-18.00	57,61	E

Dari hasil analisa tundaan diatas maka didapat tundaan pada jam puncak pagi dengan kapasitas 3455 skr/jam dan tundaan sebesar 27,39 det/skr, pada jam puncak siang dengan kapasitas 3478 skr/jam dan tundaan sebesar 62,51 det/skr, dan pada jam puncak sore dengan kapasitas 3483 skr/jam dan tundaan sebesar 78,26 det/skr, maka didapat tundaan terbesar

yaitu pada jam puncak sore sebesar 78,26 det/skr dengan kapasitas sebesar 3483 skr/jam dan tingkat

Tabel 2.2 Hubungan Tundaan dengan Tingkat Pelayanan pada Persimpangan Bersinyal

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/kend)
A	< 5
B	5 – 15
C	15 – 25
D	25 – 40
E	40 – 60
F	> 60

(Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan RI No. 96 Tahun 2015)

pelayanan F.

Data Pencemaran Udara

Berdasarkan hasil pengamatan parameter kualitas udara yaitu NO₂, CO, dan SO₂ di jalan simpang Jl. Gatot Subroto – Jl. Panglima Sudirman, selama kurun waktu 12 jam. Berikut ini tabel hasil pengamatan dilapangan pada hari Selasa, 18 Juli 2023.

hasil survey pencemaran udara di jalan simpang Jl. Gatot Subroto – Jl. Panglima Sudirman pada Selasa tanggal 18 juli 2023.

Waktu	EMISI		
	NO ₂ (PPM)	CO (PPM)	SO ₂ (PPM)
06.00 - 07.00	7	121	4
07.00 - 08.00	9	162	5
08.00 - 09.00	8	147	4
09.00 - 10.00	7	139	4
10.00 - 11.00	17	320	10
11.00 - 12.00	19	357	11
12.00 - 13.00	17	318	10
13.00 - 14.00	18	326	10
14.00 - 15.00	17	324	10
15.00 - 16.00	19	353	11
16.00 - 17.00	23	434	13
17.00 - 18.00	19	357	11

Analisa Perhitungan Pencemaran Udara

Berdasarkan hasil perhitungan pencemaran udara pada kualitas udara NO₂, CO, dan SO₂ yang di lakukan di jalan simpang Jl. Gatot Subroto – Jl. Panglima Sudirman, selama kurun waktu 12 jam. Berikut dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan di bawah. Kategori Angka Rentang ISPU

Tabel 4. 22 Kategori Angka Rentang ISPU

Kategori	Status Warna	Angka Rentang
Baik	Hijau	1 – 50
Sedang	Biru	51 – 100
Tidak Sehat	Kuning	101 – 200
Sangat Tidak Sehat	Merah	201 – 300
Berbahaya	Hitam	≥ 300

(Sumber : MENLHK RI Nomor P. 14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020)

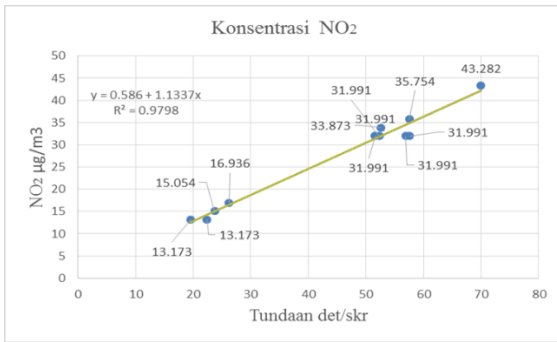
hasil analisa pencemaran udara di jalan simpang Jl. Gatot Subroto – Jl. Panglima Sudirman pada Selasa tanggal 18 juli 2023.

Waktu	Tundaan det/skr	EMISI			Nilai ISPU			Standar ISPU 2020	ket
		NO ₂ µg/m ³	CO µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	NO ₂	CO	SO ₂		
06.00 - 07.00	19.580	13.173	138.619	10.480					
07.00 - 08.00	26.210	16.936	185.589	13.100					
08.00 - 09.00	23.720	15.054	168.405	10.480					
09.00 - 10.00	22.420	13.173	159.240	10.480					
10.00 - 11.00	51.590	31.991	366.595	26.201					
11.00 - 12.00	57.520	35.754	408.982	28.821	17.25	4	21.62	1-50	Bak
12.00 - 13.00	51.240	31.991	364.304	26.201					
13.00 - 14.00	52.580	33.873	373.469	26.201					
14.00 - 15.00	52.320	31.991	371.177	26.201					
15.00 - 16.00	56.880	31.991	404.400	28.821					
16.00 - 17.00	69.980	43.282	497.194	34.061					
17.00 - 18.00	57.610	31.991	408.982	28.821					

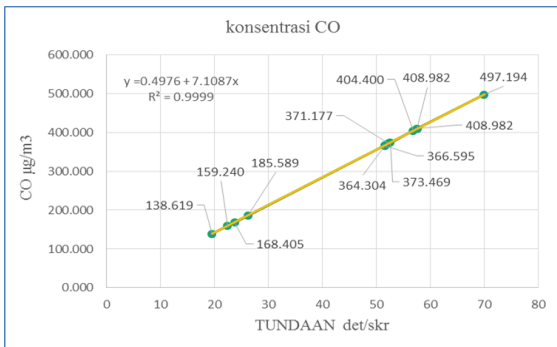
Dan di dapat hasil dari analisa di atas bahwa hasil tundaan tersebut tidak mempengaruhi kenaikan kualitas pencemaran udara terhadap tundaan tersebut. Berikut dapat dilihat pada tabel dibawah.

Model Hubungan Kemacetan Lalulintas Dan Pencemaran Udara

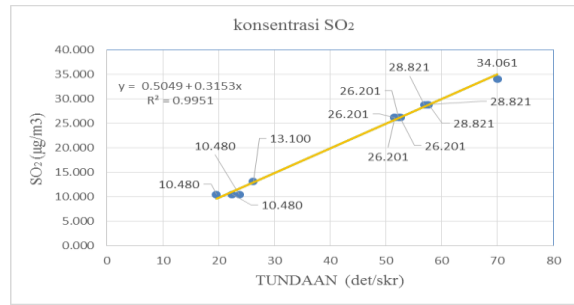
Grafik model hubungan konsentrasi NO₂ terhadap tundaan



Grafik model hubungan konsentrasi CO terhadap tundaan



Grafik model hubungan konsentrasi SO₂ terhadap tundaan



Analisa Untuk Alternatif Yang Direkomendasikan

Setelah mengetahui kinerja simpang tersebut, langkah selanjutnya adalah merencanakan alternatif perbaikan seperti yang telah dilakukan pada pembahasan sebelumnya.

Rekapitulasi hasil analisa pada simpang jl. Panglima Sudirman - jl. Gatot Subroto

No	Analisa	Kode Pendekat	PKJI 2014			Tundaan Simpang (det/skr)	Tingkat Pelayanan
			Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan		
1	Kondisi Eksisting	Pagi	1.12	102.43	27.39	56.05	E
		Siang	1.11	100.05	62.51		
		Sore	1.15	107.64	78.26		
2	Alternatif 1 (Fase sinyal 4 fase tanpa perencanaan geometrik)	U	5.26	2800.91	5512.84	4109.49	F
		S	4.32	3168.05	5889.62		
		T	0.78	841.00	926.02		
		B	0.91	767.76	1273.00		
3	Alternatif 2 (Fase sinyal 4 fase ke 3 fase tanpa perencanaan geometrik)	U	1.09	366.21	208.58	169.75	F
		S	1.08	362.19	273.31		
		T	0.37	31.55	27.37		
		B	0.49	51.62	29.85		
4	Alternatif 3 (Fase sinyal 3 fase dan larangan belok kanan tanpa perencanaan geometrik)	U	0.69	80.65	18.69	22.51	C
		S	0.63	66.40	17.73		
		T	0.39	16.05	31.10		
		B	0.62	36.54	37.47		

Rekomendasi Yang Dipilih

Setelah direncanakan alternatif perbaikan untuk meningkatkan kinerja simpang Empat Jl. Panglima Sudirman – Jl. Untung Suropati – Jl. Trunojoyo – Jl. Gatot Subroto Kota Malang menggunakan PKJI 2014, selanjutnya adalah merekomendasikan alternatif yang terbaik dari ketiga alternatif tersebut. Alternatif yang direkomendasikan adalah alternatif III dengan fase sinyal 3 fase dengan larangan belok kanan tiap pendekat tanpa perencanaan geometrik.

Prediksi Model Hubungan Setelah Di Optimalisasi

Model hubungan setelah di lakukan optimalisasi di dapat nilai tundaan (X) sebesar 22.51 det/skr, maka model hubungan NO₂ = 0,586 + 1,1337 (22.51) di dapat nilai konsentrasi (NO₂) sebesar 26,1056 µg/m³, dengan hasil ISPU 16.32, konsentrasi ini masih berada dibawah angka rentang ISPU sebesar 1 – 50 dengan kategori baik. CO = 0,4979 + 7,1087 (22.51) di dapat nilai konsentrasi (CO) sebesar

160,514 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dengan hasil ISPU 2.01, konsentrasi ini masih berada dibawah baku mutu dengan angka rentang ISPU sebesar 1 – 50 dengan kategori baik. $\text{SO}_2 = 0,5049 + 0,3153 (22.51)$ di dapat nilai konsentrasi (SO_2) sebesar 7,6023 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dengan hasil ISPU 7.31, konsentrasi ini masih berada dibawah baku mutu dengan angka rentang ISPU sebesar 1 – 50 dengan kategori baik. Maka model hubungan tersebut tidak mempengaruhi standar baku mutu ISPU 2020.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan analisa diatas lalu lintas kondisi eksisting dan hasil perhitungan alternatif perbaikan, berdasarkan dari hasil pengamatan parameter dapat diperoleh kesimpulan :

1. Pada analisis kinerja eksisting simpang tak bersinyal didapat hasil sebagai berikut :
 - a. Derajat Kejenuhan pada jam puncak pagi DJ = 1,12, jam puncak siang DJ = 1,11, dan jam puncak sore DJ = 1,15.
 - b. Peluang Antrian pada jam puncak pagi yaitu PA = 102,43 m, jam puncak siang PA = 100,05 m, dan jam puncak sore PA = 107,64 m.
 - c. Tundaan jam puncak pagi T = 27,39 det/skr, jam puncak siang T = 62,51 det/skr, dan jam puncak sore T = 78,26 det/skr, Tundaan simpang T = 56,05 det/skr. Dengan tingkat pelayanan E.
2. Berdasarkan hasil analisa dan kondisi eksisting model hubungan kinerja simpang dan pencemaran udara diketahui pada jam 16.00 – 17.00 di simpang Jl. Panglima Sudirman – Jl. Gatot Subroto selama kurun waktu 12 jam, nilai Tundaan dan nilai polusi udara dimana hasil model hubungan korelasi dengan regresi linear di dapat hasil sebagai berikut:
 - a. Model hubungan regresi $\text{NO}_2 = 0.586 + 1.1337(69,98)$, diketahui Tundaan (X) bernilai 69,98 det/skr dan NO_2 (Y) bernilai 43,282 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi NO_2 terhadap tundaan memiliki (r) bernilai 0.9798, di dapat model hubungan kontanta (a) bernilai 0.586 dan koefisien regresi (b) bernilai 1,1337. Maka hubungan korelasi tersebut masuk ke dalam arah hubungan korelasi sangat kuat.
 - b. Model hubungan regresi $\text{CO} = 0.4976 + 7.1087(69,98)$, diketahui Tundaan (X) bernilai 69,98 det/skr dan CO (Y) bernilai 497,194 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi CO terhadap tundaan memiliki (r) bernilai 0.9999, di dapat model hubungan kontanta (a) bernilai 0,4976 dan koefisien regresi (b) bernilai 7,1087. Maka hubungan korelasi tersebut masuk ke dalam arah hubungan korelasi sangat kuat.

- c. Model hubungan regresi $\text{SO}_2 = 0.5049 + 0.3153(69.98)$, diketahui Tundaan (X) bernilai 69.98 det/skr dan SO_2 (Y) bernilai 43.061 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi SO_2 terhadap tundaan memiliki (r) bernilai 0.9951, di dapat model hubungan kontanta (a) bernilai 0,5049 dan koefisien regresi (b) bernilai 0,3153. Maka hubungan korelasi tersebut masuk ke dalam arah hubungan korelasi sangat kuat.
3. Solusi ke III dengan pemasangan lampu sinyal 3 fase dengan larangan belok kanan tanpa pelebaran geometrik simpang maka didapat kan hasil analisa:
 - a. Derajat Kejenuhan pada jam puncak pagi DJ = 0,64, jam puncak siang DJ = 0,60, dan jam puncak sore DJ = 0,66, kurang dari 0,85.
 - b. Panjang antrian pada pendekat utara yaitu PA = 77,55 m, pendekat timur PA = 16,06 m, pendekat selatan PA = 67,43 m, dan pendekat barat PA = 37,12 m.
 - c. Tundaan pada pendekat utara yaitu T = 21,90 det/skr, pendekat timur T = 33,31 det/skr, pendekat selatan T = 21,30 det/skr, dan pendekat barat T = 40,68 det/skr, Tundaan simpang T = 22,51 det/skr, dengan tingkat pelayanan C.
 - d. Model hubungan setelah di lakukan optimalisasi di dapat nilai tundaan sebesar 22.51 det/skr, maka hubungan tersebut tidak mempengaruhi standar baku mutu ISPU 2020.

Saran

Dari Kesimpulan yang dipaparkan sebelumnya, terdapat beberapa saran yang penulis usulkan, diantaranya:

1. Dari Analisa kasus simpang Jl. Gatot Subroto – Jl. Panglima Sudirman besarnya jumlah kendaraan tidak mampu ditampung oleh kapasitas jalan yang ada. Seiring berjalanya Waktu, jumlah kendaraan akan terus bertambah. Untuk itu perlu dilakukan kebijakan yang serius untuk menekan penambahan jumlah kendaraan. Mungkin perlu dilakukan penyediaan angkutan umum yang memadai agar pengguna kendaraan dapat beralih.
2. Pada kondisi tingkat pelayanan simpang pada kurun waktu 5 tahun atau 10 tahun yang akan datang kemungkinan terjadi peningkatan volume lalu lintas yang akan mempengaruhi kinerja simpang tersebut. Sehingga disarankan dilakukan penelitian lanjutan dengan prediksi pertumbuhan kendaraan pada 5 atau 10 tahun yang akan datang.
3. Kepada instansi pemerintah daerah atau Dinas Perhubungan perlu adanya koordinasi pengaturan atau manajemen lalu lintas pada simpang tersebut.

4. Pada analisa kemacetan dan pencemaran udara setelah di optimisasikan, Mungkin perlu dilakukan tambahan untuk penelitian selanjutnya.
5. Diperlukan rekayasa lalu lintas untuk mengurangi tundaan dan pencemaran udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2014). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)* Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. In Jakarta (pp. 1–45).
- Anonim. (2022). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*. Jakarta, 134229, 77.
- Anonim. (2020). *MENLHK RI Nomor P. 14/MENLHK/SETJEN/KUM* (<https://ditppu.menlhk.go.id/>).
- Alhani, et.al., (2017). *Analisa Lalu Lintas Terhadap Kapasitas Jalan Di Pinggiran Kota Pontianak (Kasus Jalan Sungai Raya Dalam)*. JeLAST Vol.4, No.4. Pontianak. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/22799/18084>
- Bara, C. P. (2023). *Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Pada Persimpangan Bni Gatot Subroto, Kecamatan Ende Timur, Kabupaten Ende*. (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang). <http://eprints.itn.ac.id/10756/>
- Dedi P. P., et.al., (2016). *Analisis Hubungan Antara Kemacetan Dan Polusi Udara Di Jalan Sultan Abdurahman Pontianak*. JeLAST Vol.2, No.2. Pontianak. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/16138>
- Fauzi, Fahmi. (2023). *Hubungan Tingkat Kemacetan Lalu Lintas Terhadap Sebaran Spasial dan Temporal Nilai Konsentrasi Polutan Nitrogen Dioksida (NO2) di Jalan Raya Muchtar, Kota Depok*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/66595>
- Hemida Wahyu Isramadhanti, Hemida. (2021). *Gambaran Kualitas Udara Di Kota Yogyakarta Berdasarkan Pemantauan Air Quality Monitoring System Tahun 2019-2020*. Skripsi, Poltekkes Kemenkes Yogyakarta. <http://eprints.poltekkesjogja.ac.id/6929/>
- Khisty. C.J dan Kent L.B, 1. (2003). *Dasar- Dasar Rekayasa Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- Mailani, M. (2023). *Evaluasi Kinerja Simpang Pada Persimpangan Jalan Raya Tlogomas-Jembatan Tunggulmas Kota Malang*. (Doctoral dissertation, ITN Malang). <http://eprints.itn.ac.id/11037/>
- Pangestika. Fitria. (2019). *Analisa Kinerja Jalan Lingkar Kota Salatiga*. Skripsi, Universitas Semarang.
- <https://eskripsi.usm.ac.id/detail-C11A-900.html>
- Salatin, Astri. et.al., (2019). *Analisis Tingkat Risiko Paparan Nox Terhadap Pekerja Di Gardu Tol Akibat Volume Kendaraan Di Pintu Tol Jagorawi, Bogor*. Jurnal Teknik Sipil dan lingkungan Vol. 04 No.01. Bogor. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jsil/article/view/23624>
- Setiani, V., Rohmadhani, M., Setiawan, A., & Maulidya, R. D. (2019). *Potensi Emisi dari Pembakaran Biobriket Ampas Tebu dan Tempurung Kelapa*. Seminar MASTER PPNS Vol. 4, No. 1, pp. 115-118 <https://journal.ppns.ac.id/index.php/SeminarMASTE R/article/view/133>
- Sumarlin, T. (2023). *STATISTIK PROBABILITAS*. Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik, 1-110.
- Widiatmono, B. R., Kurniati, E., & Imaya, A. T. (2020). *Analisis Sebaran Polutan So2, Nox Dan Pm10 Dari Sumber Bergerak Pada Jalan Arteri Kota Malang*. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan Vol. 6 No.23. Malang. <https://jsal.ub.ac.id/index.php/jsal/article/view/323>
- Widyawan. Sony., Rukman. (2019). *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Untuk Meningkatkan Keselamatan Pada Simpang Depok Kota Depok*. Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan ISSN 2338-4247. Tegal. <https://ktj.pktj.ac.id/index.php/ktj/article/view/37>
- Wijanarko, Danang. (2021). *Analisis Lalu Lintas Kendaraan Terhadap Kapasitas Jalan Di Kota Malang*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Tulungagung Vol.02, No.01. Tulungagung. <https://journal.unita.ac.id/index.php/daktilitas/article/view/441>