

Prediksi dan rekomendasi penanganan kinerja lalu lintas kawasan Exit Tol Ngawen pada tahun 2025 dan 2028

Traffic performance prediction and management recommendations for the Ngawen Toll Exit Area in 2025 and 2028

Rizal Aprianto^{1*}, Octa Adithya Ilyas Yunanta¹, Suprpto Hadi¹, dan Frans Tohom¹

¹Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi, Tegal, Indonesia

*Email korespondensi: rizal.apr@pktj.ac.id

Abstrak. Pembangunan Exit Tol Yogyakarta-Solo di Ngawen yang beroperasi pada tahun 2025 akan berdampak terhadap volume lalu lintas dan mengubah kinerja lalu lintas jalan di sekitarnya. Analisis dampak lalu lintas dilakukan untuk memprediksi besaran volume lalu lintas yang terjadi, membandingkan kinerja ruas jalan dan simpang terdampak, serta memberikan rekomendasi peningkatan prasarana lalu lintas. Penelitian ini menggunakan PKJI 2023 untuk menganalisis kinerja ruas jalan dan simpang, yang dipadankan dengan metode *trend linier* dengan penyeimbangan matriks metode detroit. Analisis dilakukan dengan membandingkan kinerja jalan pada tahun 2024, pada tahun 2025 (saat pintu tol mulai beroperasi), dan 2028 (3 tahun beroperasi). Kinerja lalu lintas pada saat exit tol ini beroperasi diprediksi kinerja lalu lintas untuk Jalan Jatinom v/c rasio 0,68 nilai LOS E, Jalan Ki Ageng Gribig v/c rasio 0,73 nilai LOS E, kinerja simpang tak bersinyal dengan tundaan rata-rata 10,12 det/smp dengan nilai LOS B. Pada prediksi tahun 2028, Jalan Jatinom memiliki nilai v/c rasio 0,74 nilai LOS E, Jalan Ki Ageng Gribig memiliki nilai v/c rasio 0,86 dengan nilai LOS E, kinerja simpang tak bersinyal dengan tundaan rata-rata 10,75 det/smp dengan nilai LOS C. Berdasarkan prediksi tersebut, rekomendasi terbaik adalah perubahan tipe dan pelebaran ruas jalan, nilai derajat kejenuhan yang lebih baik 225% dari eksisting. Skenario terbaik pada simpang dengan pelebaran pendekat simpang dengan nilai tundaan berkurang 102% persen dengan tingkat pelayanan simpang B.

Kata Kunci: Dampak Exit Tol; Metode Detroit; Prediksi

Abstract. The construction of the Yogyakarta–Solo Toll Exit in Ngawen, which will operate in 2025, is expected to affect traffic volumes and alter the performance of surrounding road networks. A traffic impact analysis was conducted to predict future traffic volumes, compare the performance of affected road segments and intersections, and provide recommendations for traffic infrastructure improvements. This study used PKJI 2023 to analyze the performance of road segments and intersections, combined with a linear trend method and Detroit matrix balancing method. The analysis compared road performance in 2024, in 2025 (when the toll gate begins operating), and in 2028 (three years after operation). The results showed that when the toll exit began operating, Jatinom Road had a v/c ratio of 0.68 with LOS E, Ki Ageng Gribig Road had a v/c ratio of 0.73 with LOS E, and the performance of the unsignalized intersection showed an average delay of 10.12 sec/pcu with LOS B. By 2028, Jatinom Road was predicted to have a v/c ratio of 0.74 with LOS E, Ki Ageng Gribig Road was predicted to have a v/c ratio of 0.86 with LOS E, and the unsignalized intersection performance was predicted to show an average delay of 10.75 sec/pcu with LOS C. Based on these predictions, the best recommendation was to change the road type and widen the road segments, improving the degree of saturation by 225% compared to the existing condition. The best scenario for the intersection was widening the approaches, which reduced delays by 102% and achieved intersection service level B.

Keywords: Detroit Method; Impact of Toll Exit; Prediction

1. Pendahuluan

Transportasi adalah suatu kegiatan pemindahan manusia dan barang dari suatu tempat ke tempat lainnya. Transportasi memiliki ada dua unsur yang terpenting yaitu berpindah atau pergerakan tempat dari orang atau barang ke tempat lain [1]. Dengan tingginya tingkat mobilitas dalam transportasi akan meningkatkan perekonomian negara berkembang seperti Indonesia. Tingginya tingkat perekonomian negara tentunya tidak terlepas akan kebutuhan infrastruktur. Infrastruktur adalah kebutuhan pokok penduduk suatu negara akan ekonomi dan sosial. Salah satu infrastruktur yang menunjang kegiatan ekonomi negara Indonesia adalah prasarana lalu lintas [2]. Salah satu prasarana yang dimaksud adalah dengan adanya pembangunan jalan tol. Proyek pembangunan jalan tol semakin ditingkatkan agar mengimbangi pergerakan yang dilakukan masyarakat yang mengalami perpindahan dari suatu tempat ke tempat lainnya.

Proyek pembangunan jalan tol adalah salah satu upaya untuk memperlancar arus kendaraan sehingga dapat terhindar dari tingginya volume kendaraan yang dapat menyebabkan kemacetan [3]. Pembangunan jalan tol ikut berperan penting untuk perkembangan dan kemajuan dalam suatu wilayah atau daerah, dengan dibangunnya jalan tol maka akan mendorong percepatan pertumbuhan ekonomi dan berbagai sektor lain bagi suatu wilayah atau daerah. Penelitian [4] menegaskan, dengan adanya pengoperasian jalan tol memberikan perubahan tata guna lahan di daerah sekitar lokasi exit tol.

Satu wilayah yang dilalui oleh adanya proyek pembangunan jalan tol Yogyakarta - Solo adalah Kabupaten Klaten yang sudah berlangsung sejak tahun 2020 dan diprediksi akan selesai di tahun 2025 [5]. Kecamatan Ngawen yang terletak di utara Kabupaten Klaten nantinya akan dibangun exit tol yang menghubungkan jalan tol dengan pusat kota Kabupaten Klaten. Dari pengamatan langsung di lapangan, kondisi lalu lintas di sekitar Exit Tol Ngawen masih cukup lancar karena bangkitan, tarikan serta penumpukan kendaraan dari jalur utama menuju jalur minor belum terjadi karena Exit Tol Ngawen ini belum beroperasi. Akibat adanya pembangunan exit tol, suatu kawasan akan berubah menjadi tempat pusat kegiatan masyarakat dalam bertransportasi, jika adanya suatu pusat kegiatan maka diperlukan adanya suatu analisis dampak terhadap kinerja lalu lintas di sekitarnya untuk memperkirakan dampak yang di akibatkan oleh pembangunan tersebut [6].

Dalam suatu tahap pembangunan exit tol akan menyebabkan adanya bangkitan dan tarikan kendaraan yang akan mempengaruhi kinerja lalu lintas di sekitarnya [7]. Pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan kendaraan bermotor akan mempengaruhi terhadap nilai kapasitas jalan dan volume lalu lintas nantinya akan berpengaruh terhadap kinerja lalu lintas dan dapat menimbulkan kemacetan [8]. Kemacetan lalu lintas dapat diperparah dengan meningkatnya pertumbuhan kepemilikan kendaraan yang tidak disertai dengan peningkatan prasarana lalu lintas, sehingga kapasitas ruas jalan menjadi lebih kecil dibandingkan volume lalu lintas [9]. Berdasarkan hal tersebut, untuk mengatasi dampak yang ditimbulkan dari pembangunan gerbang tol terhadap kinerja lalu lintas perlu dilakukan analisis dampak pembangunan Exit Tol Ngawen terhadap kinerja lalu lintas serta saran peningkatan prasarana lalu lintas guna menunjang kinerja lalu lintas jalan di sekitarnya.

2. Metode

2.1. Lokasi penelitian

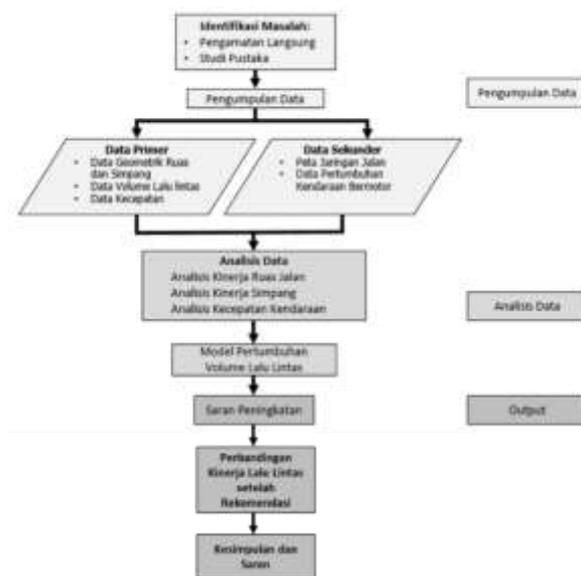
Lokasi studi meliputi ruas jalan dan simpang yang diperkirakan akan terdampak secara langsung akibat beroperasinya Exit Tol Ngawen. Pada ruas Jalan Jatnom dan Jalan Ki Ageng Gribig yang merupakan jalan kolektor primer berstatus jalan provinsi serta simpang Sangkal Putung antara jalan Ki Ageng Gribig dengan Jalan Pemuda yang menjadi penghubung langsung antara Jalan Tol Yogyakarta-Solo dengan jalan arteri primer jalan Yogyakarta-Solo (Jalan. Pemuda dan Jalan. Veteran) sebagaimana tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi kajian Exit Tol Ngawen, Kabupaten Klaten.

2.2. Tahapan penelitian

Dalam pelaksanaan kajian analisis dampak lalu lintas yang di timbulkan oleh adanya pembangunan Exit Tol Ngawen, dapat di jelaskan berdasarkan diagram alir berikut. Pada Gambar 2. disajikan gambar mengenai alur tahapan penelitian. Dalam penelitian ini memiliki tiga tahapan. Tahap pertama pengumpulan data meliputi data inventarisasi jalan dan simpang, LHR, kecepatan kendaraan, peta jaringan jalan, dan data pertumbuhan kepemilikan kendaraan. Tahap selanjutnya analisis data, meliputi analisis kinerja lalu lintas pada ruas dan simpang pada kondisi eksisting menggunakan PKJI 2023, penilaian kinerja lalu lintas pada masa yang akan datang (tahun 2025 dan 2028) digunakan metode pendekatan data volume lalu lintas exit tol yang sejenis. Dilakukan *forecasting* MAT dengan metode pertumbuhan *trend linier* dengan bantuan software excel (Solver) yang diseimbangkan dengan metode detroit. Volume lalu lintas Exit Tol Boyolali digunakan untuk pendekatan volume Exit Tol Ngawen pada tahun 2025 sedangkan pada tahun 2028 menggunakan pendekatan volume Exit Tol Ungaran. Setelah didapatkan MAT pada masa yang akan datang, dibandingkan dengan kapasitas ruas dan simpang pada kondisi jalan eksisting, apakah mempengaruhi kinerja lalu lintas dan apakah terjadi penurunan tingkat pelayanan jalan. Tahap ketiga berupa skenario kinerja lalu lintas untuk mengakomodasi perubahan kinerja lalu lintas di sekitar Exit Tol Ngawen.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

2.3. Tahapan analisis

Tahapan analisis dilakukan dengan mengukur kinerja lalu lintas eksisting, melakukan pembagian zona lalu lintas, melakukan distribusi perjalanan, mengukur kinerja lalu lintas di masa yang akan datang, melakukan analisis perbandingan kinerja lalu lintas, serta perumusan alternatif dalam menangani dampak lalu lintas. Kinerja lalu lintas dapat dinilai berdasarkan derajat kejenuhan dan kecepatan kendaraan untuk kinerja ruas jalan serta derajat kejenuhan dan tundaan lalu lintas untuk penilaian kinerja lalu lintas pada simpang. Dilakukan survei inventarisasi ruas jalan, survei kecepatan kendaraan dan survei volume lalu lintas (TC) pada ruas jalan dan simpang yang menjadi studi kasus.

Untuk menilai kinerja lalu lintas pada ruas jalan sebelumnya digunakan analisis kapasitas ruas jalan yang didefinisikan sebagai arus maksimum kendaraan yang melalui suatu titik pada ruas jalan yang per satuan waktu (jam) pada kondisi tertentu. Berikut merupakan kapasitas jalan perkotaan.

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK} \text{ (smp/jam)} \quad (1)$$

Sumber: [10]

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung kapasitas simpang tak bersinyal sebagai berikut:

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BKI} \times F_{BKA} \times F_{RMI} \text{ (smp/jam)} \quad (2)$$

Sumber: [10]

Salah satu indikator yang digunakan untuk menilai kinerja lalu lintas dan ruas jalan adalah nilai derajat kejenuhan (DJ). Jika derajat kejenuhan semakin rendah atau mendekati 0 (nol) menunjukkan arus lalu lintas tidak jenuh atau lenggang yang dimana kendaraan lain tidak saling berpengaruh, cara menghitung derajat kejenuhan pada jalan perkotaan adalah dengan cara berikut:

$$DJ = \frac{q}{C} \quad (3)$$

Sumber: [10]

Tundaan simpang merupakan perbedaan waktu dari suatu perjalanan hasil penjumlahan dari tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG). Dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$T = T_{LL} + T_G \text{ (det/smp)} \quad (4)$$

Sumber: [10]

Untuk menggambarkan sebaran pergerakan dari suatu zona ke zona lainnya digunakan software microsoft excel (solver) [11]. Metode pemecahan masalah ini merupakan suatu prosedur perhitungan algoritma matematika untuk mendapatkan solusi optimum dengan beberapa kemungkinan.

Gambaran pertumbuhan volume lalu lintas pada masa yang akan datang pada tahun 2025 dan tahun 2028 digunakan rumus pertumbuhan kendaraan dengan metode *trend linier*. Penelitian yang dilakukan [12] menjelaskan mengenai pertumbuhan lalu lintas dengan menggunakan metode *trend linier* yang berasal dari pertumbuhan kendaraan bermotor pada setiap tahunnya. Rumus *trend linier* dapat digunakan sebagai berikut.

$$Y = a + bX \quad (5)$$

Sumber: [13]

Setelah diketahui jumlah peningkatan jumlah kendaraan, pada matriks selanjutnya digunakan metode detroit untuk asumsi jumlah pergerakan yang ditimbulkan zona i meningkat sesuai dengan tingkat pertumbuhan (E_i), pergerakan ini nantinya disebar ke zona d sebanding dengan (E_d) dibagi dengan tingkat pertumbuhan kendaraan (E), dinyatakan sebagai:

$$T_{id} = t_{id} \cdot \left[\frac{E_i \cdot E_d}{E} \right] \quad (6)$$

Sumber: [14]

Matriks detroit bertujuan untuk memberikan gambaran untuk bangkitan dan tarikan yang disebabkan antar zona, yang dimana dilakukan iterasi baris dan kolom untuk memperoleh nilai keseimbangan dimana nilai E_i dan E_d sama dengan 1 (satu).

Setelah didapatkan matriks asal dan tujuan yang ditimbulkan pada setiap zona pada masa yang akan datang (tahun 2025 dan 2028), dilakukan penilaian kinerja lalu lintas (tingkat pelayanan) pada studi kasus untuk kondisi eksisting, kondisi tahun 2025 dan kondisi tahun 2028. Dalam melakukan penilaian tingkat pelayanan (LOS) digunakan pedoman yang tertuang pada Permenhub 96 Tahun 2015 [15]. Langkah selanjutnya dilakukan perbandingan kinerja lalu lintas untuk setiap tahunnya, jika mengalami penurunan tingkat pelayanan maka digunakan saran peningkatan prasarana lalu lintas untuk menunjang volume lalu lintas yang terjadi.

3. Hasil penelitian dan pembahasan

3.1. Kinerja lalu lintas eksisting

Berdasarkan hasil survei inventarisasi ruas jalan untuk ruas Jalan Jatinom dan Jalan Ki Ageng Gribig pada kondisi eksisting dengan analisis PKJI 2023 didapatkan hasil sebagaimana tertera dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Penentuan kapasitas ruas jalan.

Nama Ruas Jalan	Kapasitas Dasar (Co) (smp/jam)	Faktor Penyesuaian				Kapasitas (smp/jam)
		FCLJ	FCPA	FCHS	FCUK	
Jatinom	2800	1	1	0,95	1	2660
Ki Ageng Gribig	2800	1	1	0,95	1	2660

Didapatkan volume lalu lintas kendaraan tersibuk di Jalan Jatinom yaitu hari Sabtu pukul 16.45-17.45, pada Jalan Ki Ageng Gribig volume lalu lintas paling sibuk juga terjadi pada hari Sabtu, hanya berselisih 15 menit saja yaitu pukul 16.30-17.30. Jumlah kendaraan tertinggi di dominasi oleh sepeda motor (SM), yang bergerak dari arah barat menuju timur atau banyak kendaraan yang diindikasikan pada jam tersebut merupakan jam pulang kantor atau jam pulang sekolah dan banyak masyarakat setempat yang melakukan kegiatan berkendara di sore hari dengan tujuan tempat mencari makan malam. Volume tersebut dikalikan dengan nilai satuan kendaraan ringan (SKR) berdasarkan PKJI 2023 maka didapatkan hasil pada Tabel 2 berikut.

Tabel 1. Volume lalu lintas ruas jalan.

Nama Ruas Jalan	Volume Lalu Lintas (smp/jam)
Jl. Jatinom	1008,6
Jl. Ki Ageng Gribig	717,6

Nilai kinerja lalu lintas pada kondisi eksisting dinyatakan dengan nilai tingkat pelayanan (LOS) sesuai PM No 96 Tahun 2015. Dari kecepatan kendaraan, kecepatan kendaraan pada kedua ruas jalan sudah sesuai dengan PM 111 Tahun 2015 yaitu kecepatan paling tinggi untuk jalan kolektor yang tidak memiliki lajur khusus sepeda motor memiliki batas kecepatan 50 km/jam. Tingkat pelayanan pada ruas jalan dengan nilai D, karena kepadatan lalu lintas dinilai masih rendah tetapi memiliki kecepatan kendaraan rata-rata di bawah 50 km/jam, hal ini disebabkan

karena kecepatan kendaraan dipengaruhi oleh truk proyek yang banyak beroperasi sehingga mempengaruhi kecepatan kendaraan lainnya. Perhitungan tingkat pelayanan kondisi eksisting tertera dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 2. Tingkat pelayanan kondisi eksisting.

Nama Ruas Jalan	Volume	Kapasitas	V/C Rasio	Kecepatan Rata-Rata	LOS
Jl. Jatinom	1008,6	2660	0,37	38 km/jam	D
Jl. Ki Ageng Gribig	717,6	2660	0,27	41 km/jam	D

Berdasarkan hasil survei inventarisasi simpang dan faktor koreksi masing-masing, tidak adanya median, jumlah penduduk lebih dari 2 juta penduduk, termasuk ke dalam daerah komersial dengan hambatan samping. Di sekitar area simpang merupakan area pertokoan atau kawasan komersial yang sering menimbulkan hambatan samping, hambatan samping dan jalur pesepeda dipisahkan dengan jalur utama lalu lintas dengan median jalan yang ditanami pepohonan. Didapatkan nilai kapasitas simpang sebagaimana Tabel 4 berikut.

Tabel 3. Perhitungan kapasitas Simpang Tiga Sangkal Putung.

Kapasitas Dasar (C_0) smp/jam	Faktor Penyesuaian Kapasitas	Kapasitas (C) smp/jam	
2700	Lebar Pendekat Rata-Rata (F_W)	1,09	
	Median Jalan Utama (F_M)	1,00	
	Ukuran Kota (F_{CS})	1,00	
	Hambatan Samping (F_{RSU})	0,94	1842,94
	Belok kiri (F_{LT})	1,18	
	Belok Kanan (F_{RT})	0,80	
	Rasio Arus Jalan Minor (F_{Mi})	0,70	

Didapatkan volume lalu lintas puncak simpang yang terjadi pada hari Sabtu saat jam sibuk sore hari pukul 16.30-17.30 sebagaimana Tabel 5. Kendaraan yang melewati simpang ini didominasi mengarah ke utara dan selatan (Jalan Utama Yogyakarta-Solo) yaitu menuju arah kota untuk melakukan rekreasi di malam minggu (*weekend*). Hal ini juga terjadi pada pergerakan dari jalan minor terusan dari Jalan Jatinom yang ingin menuju ke arah jalan utama.

Tabel 4. Volume lalu lintas Simpang Tiga Sangkal Putung pada jam sibuk.

Jenis Kendaraan	UTARA		BARAT		SELATAN		Jumlah		
	Kend smp	Kend/jam Smp/jam	Kend/jam Smp/jam	Kend/jam Smp/jam	Kend/jam Smp/jam	Kendaraan SMP	SMP		
KS	1,8	22	39,6	5	9	18	32,4	45	81
MP	1	398	398	249	249	264	264	911	911
SM	0,2	568	113,6	532	106,4	792	158,4	1892	378,4
TOTAL		988	551,2	786	364,4	1074	454,8	2848	1370,4

Berdasarkan grafik dari volume lalu lintas terjadi pada hari Sabtu saat jam sibuk sore hari pukul 16.30-17.30 pada masing-masing kaki simpang. Berdasarkan data tersebut maka diperoleh

nilai tundaan simpang dengan melakukan analisis menggunakan PKJI 2023 dan digunakan penilaian tingkat pelayanan (LOS) dengan Permenhub No 96 tahun 2015 simpang didapatkan hasil pada Tabel 6 berikut.

Tabel 5. Tingkat pelayanan Simpang Tiga Sangkal Putung kondisi eksisting.

Kapasitas	Kaki Simpang	Volume (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Tundaan	LOS
1842,94	Utara	551,2	0,30	8,36	B
	Barat	364,4	0,20	7,44	B
	Selatan	454,8	0,25	7,89	B

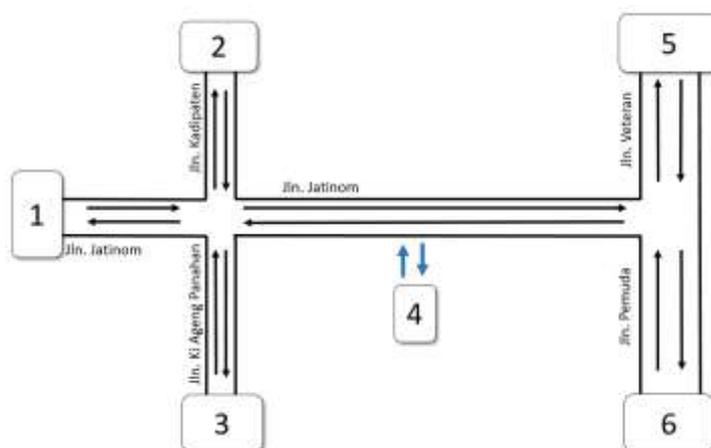
Simpang Sangkal Putung mendapatkan nilai B dengan tundaan rata-rata sebesar 7,90 detik, hal ini mengindikasikan tingkat pelayanan pada simpang masih dikategorikan baik dan tidak mengganggu aktivitas lalu lintas.

3.2. Pergerakan lalu lintas

3.2.1. *Pembagian zona lalu lintas.* Objek kajian dibagi menjadi 6 zona (Gambar 3) yang dipertimbangkan akan terpengaruh oleh adanya pembangunan Exit Tol Ngawen di Kabupaten Klaten. Berikut merupakan pembagian zona wilayah studi pada Tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Pembagian zona wilayah studi.

No	Zona	Ruas Jalan
1	I	Jl. Jatinom
2	II	Jl. Kadipaten
3	III	Jl. Ki Ageng Pemanahan
4	IV	Jl. Ki Ageng Gribig
5	V	Jl. Veteran
6	VI	Jl. Pemuda



Gambar 3. Lokasi zona matriks asal tujuan wilayah studi.

3.2.2. *Distribusi perjalanan.* Kondisi eksisting matriks asal-tujuan yang diperoleh dan telah diseimbangkan dengan bantuan software excel dengan *solver* metode *solving* menggunakan *evolutionary* sebagaimana Tabel 8.

Tabel 6. Matriks perjalanan kondisi eksisting saat ini (kend/jam).

	1	2	3	4	5	6	Tujuan
1	0	133	330	363	341	806	1972
2	128	0	106	87	47	56	425
3	191	90	0	56	216	109	662
4	277	118	96	0	316	470	1277
5	327	300	316	346	0	643	1932
6	32	43	296	337	737	0	1444
Asal	955	684	1144	1189	1653	2083	7712

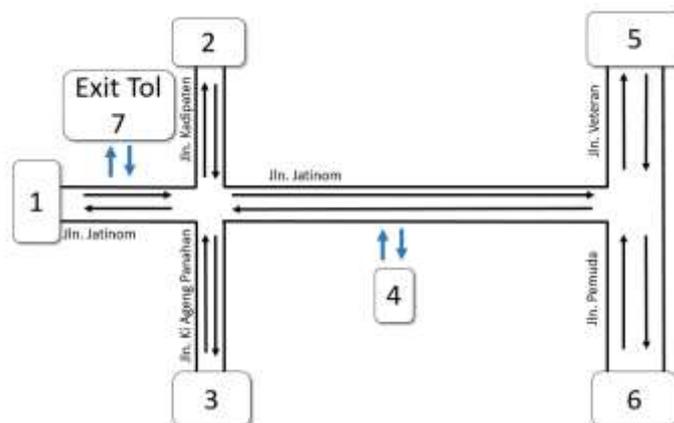
3.3. *Kinerja lalu lintas pada masa yang akan datang.*

3.3.1. *Kinerja lalu lintas dengan adanya Exit Tol Ngawen tahun 2025 tepat saat Exit Tol Ngawen beroperasi.* Nilai pembebanan lalu lintas di tahun rencana 2025 (tahun estimasi pembangunan exit tol Yogyakarta-Solo selesai), asumsi prediksi bangkitan dan tarikan perjalanan yang dibangun berdasarkan data pertumbuhan kendaraan bermotor di Kabupaten Klaten [16] dengan menggunakan metode *trend linier*. Hasil dari prediksi bangkitan tarikan perjalanan dapat dilihat berdasarkan Tabel 9 matriks berikut.

Tabel 7. Persentase peningkatan jumlah kendaraan bermotor dengan metode *trend linier*.

Tahun	Periode (X)	Persentase Kendaraan (Y)	X ²	xy=(x)(y)
2019	1	4,94	1	4,94
2021	2	3,71	4	14,84
2022	3	3,58	9	32,22
Jumlah	6	12,23	14	52

Hasil dari *forecasting* berdasarkan rumus *trend linier* ini, nilai X merupakan periode tahun yang diramalkan. Maka persentase peningkatan pada tahun X-2025 mengalami peningkatan sebesar 4,1039%. Pada tahun 2025 direncanakan Exit Tol Ngawen telah selesai dan mulai beroperasi, untuk menentukan distribusi perjalanan ditambahkan satu zona perjalanan zona tujuh (7) sebagai zona pintu Exit Tol Yogyakarta-Solo seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Perhitungan matriks perjalanan dan kinerja ruas jalan dan simpang tertera dalam Tabel 10 dan 11.



Gambar 4. Pembagian zona matriks asal tujuan dengan penambahan zona Exit Tol Ngawen.

Tabel 10. Matrik perjalanan kondisi eksisting tahun 2025 dengan adanya Exit Tol (Kend/Jam).

	1	2	3	4	5	6	7	Tujuan
1	0	138	344	378	248	287	129	1524
2	133	0	110	90	166	226	132	857
3	199	94	0	58	335	176	81	943
4	288	123	100	0	329	489	111	1440
5	192	215	26	360	0	669	106	1568
6	113	319	426	351	767	0	248	2224
7	70	164	29	40	35	140	0	478

Tabel 8. Kinerja ruas jalan dan simpang pada tahun 2025 dengan adanya Exit Tol Ngawen.

Nama Ruas Jalan	Kapasitas (smp/jam)	Volume (smp/jam)	V/C Rasio	Kecepatan	LOS	
Jalan Jatinom	2660	1799,60	0,68	33,92	E	
Jalan Ki Ageng Gribig	2660	1943,36	0,73	33,24	E	
Nama Simpang	Kapasitas (smp/jam)	Kaki Simpang	Volume (smp/jam)	Derajat Kejeuhan	Tundaan	LOS
Simpang 3 Sangkal Putung	1842,94	Utara	1048,99	0,57	10,71	B
		Barat	592,00	0,32	9,63	B
		Selatan	841,34	0,46	10,62	B

3.3.2. Kinerja lalu lintas dengan adanya Exit Tol Ngawen tahun 2028. Hasil dari forecasting, volume kendaraan di Jalan Jatinom meningkat 2x lipat, sementara di Jalan Ki Ageng Gribig meningkat sampai dengan 3x lipat dari volume kendaraan pada saat ini. Hasil trend linier menunjukkan persentase peningkatan pada tahun X-2028 mengalami peningkatan sebesar 4,1099%. Pada tahun 2028 penentuan matriks di zona 7 (tujuh) digunakan metode pendekatan volume lalu lintas Exit Tol Ungaran Kabupaten Semarang, ini dipilih karena pada Exit Tol Ungaran sudah terlebih dahulu beroperasi dibandingkan Exit Tol Boyolali dan dinilai memberikan gambaran pendekatan yang lebih mendekati keadaan sebenarnya dengan perhitungan tertera dalam Tabel 12.

Tabel 12. Matrik perjalanan kondisi eksisting tahun 2028 dengan adanya Exit Tol (Kend/Jam).

	1	2	3	4	5	6	Tujuan
1	0	138	344	378	248	287	1395
2	133	0	110	90	166	226	725
3	199	94	0	58	335	176	862
4	288	123	100	0	329	489	1329
5	192	215	26	360	0	669	1462
6	113	319	426	351	767	0	1976
Asal	925	889	1006	1237	1845	1847	7749

Pada tahun 2028, Exit Tol Ngawen diperkirakan sudah beroperasi selama 3 (tiga) tahun. Berikut merupakan Tabel 13 terkait matriks asal tujuan yang diakibatkan adanya faktor pendekat dengan volume lalu lintas menggunakan pendekatan volume di Exit Tol Ungaran.

Tabel 9. Kinerja ruas jalan dan simpang pada tahun 2028 dengan adanya Exit Tol Ngawen.

Nama Ruas Jalan	Kapasitas (smp/jam)	Volume (smp/jam)	V/C Rasio	Kecepatan	LOS	
Jalan Jatinom	2660	1799,60	0,68	33,92	E	
Jalan Ki Ageng Gribig	2660	1943,36	0,73	33,24	E	
Nama Simpang	Kapasitas (smp/jam)	Kaki Simpang	Volume (smp/jam)	Derajat Kejeuhan	Tundaan	LOS
Simpang 3 Sangkal Putung	1842,94	Utara	1048,99	0,57	10,71	B
		Barat	592,00	0,32	9,63	B
		Selatan	841,34	0,46	10,62	B

3.4. Skenario kinerja lalu lintas (*do-something*).

Untuk meningkatkan pelayanan lalu lintas diperlukan peningkatan kapasitas ruas jalan dengan melakukan uji kerja terhadap kriteria desain dan memiliki nilai yang ekonomis [10]. Skenario penanganan perlu diterapkan untuk mengantisipasi dampak lalu lintas yang terjadi adanya aktivitas bangkitan dan tarikan yang ditimbulkan oleh Exit Tol Ngawen pada tahun rencana 2025 dan tahun 2028 dengan melakukan sesuatu (*do-something*). Perbaikan geometri jalan sebaiknya dilakukan agar memberikan kenyamanan dan keamanan bagi pengendara saat berkendara, serta juga untuk meningkatkan kinerja lalu lintas. Pemenuhan regulasi marka yang sesuai Permenhub 34/2014 dan perambuan lalu lintas sesuai Permenhub 13/2014 juga direkomendasikan sebagai pengatur lalu lintas dan petunjuk bagi pengguna jalan.

Skenario kinerja ruas jalan yang dipilih antara lain dengan pelebaran ruas jalan dan menggunakan pemisah arah. Sementara skenario kinerja simpang yang dipilih dengan perubahan tipe simpang dan pelebaran pendekat simpang, dan skenario penerapan APILL pada simpang.

3.4.1. Skenario pelebaran ruas jalan. Skenario ini dengan melakukan pelebaran ruas jalan menjadi 9 (sembilan) meter dengan memaksimalkan bahu jalan yang ada dan mengubah hambatan samping menjadi sangat rendah sebagaimana Tabel 14 dan 15.

Tabel 10. Kapasitas ruas jalan setelah mengalami saran peningkatan prasarana.

Nama Ruas Jalan	Kapasitas Dasar (Co) (smp/jam)	Faktor Penyesuaian				Kapasitas (smp/jam)
		FCLJ	FCPA	FCHS	FCUK	
Jatinom	2800	1,25	1	0,94	1	3290,00
Ki Ageng Gribig	2800	1,25	1	0,94	1	3290,00

Tabel 11. Kinerja lalu lintas dengan saran peningkatan prasarana pada tahun 2025 dan 2028.

Nama Ruas Jalan	Kapasitas	Prediksi Tahun 2025				Prediksi Tahun 2028			
		Volume (smp/jam)	V/C Rasio	Kecepatan	LOS	Volume (smp/jam)	V/C Rasio	Kecepatan	LOS
Jalan. Jatinom	3290	1799,60	0,55	33,92	E	1973,22	0,60	33,10	E
Jalan. Ki Ageng Gribig	3290	1943,36	0,59	33,24	E	2275,06	0,69	31,68	E

3.4.2. *Skenario menggunakan pemisah arah.* Skenario kinerja ruas jalan kedua dengan skema pemisah arah menggunakan tipe jalan 4/2 T, dengan lebar perlajunya 3 m, dan menurunkan nilai hambatan samping menjadi sangat rendah untuk bahu jalan kurang dari 0,5 m. Hasil pengukuran kapasitas per jalur tersaji pada Tabel 16.

Tabel 12. Kapasitas ruas jalan setelah melakukan pemisah arah pada ruas Jalan Jatinom dan ruas Jalan Ki Ageng Gribig.

Nama Ruas Jalan	Kapasitas Dasar (Co) (smp/jam)	Faktor Penyesuaian				Kapasitas/lajur (smp/jam)
		FCLJ	FCPA	FCHS	FCUK	
Jatinom	1700	0,92	1	0,96	1	1501,44
Ki Ageng Gribig	1700	0,92	1	0,96	1	1501,44

Setelah didapatkan nilai kapasitas per lajur, selanjutnya kapasitas dikalikan dengan jumlah lajur pada satu arah untuk menentukan kapasitas jalur. Perhitungan skenario yang tertuang pada Tabel 17 di bawah ini mengindikasikan terjadi peningkatan kinerja lalu lintas dimana nilai V/C rasio menjadi lebih kecil 264% dari kinerja lalu lintas pada kondisi eksisting di tahun 2028.

Tabel 13. Kinerja lalu lintas setelah melakukan pemisah arah pada ruas jalan pada tahun 2025 dan tahun 2028.

Nama Ruas Jalan	Kapasitas	Prediksi Tahun 2025				Prediksi Tahun 2028				
		Volume (smp/jam)	V/C Rasio	Kecepatan	LOS	Volume (smp/jam)	V/C Rasio	Kecepatan	LOS	
Jalan Jatinom	3002,88	Timur-Barat	1106,16	0,37	56,5	D	1210,21	0,40	56,4	D
		Barat-Timur	693,44	0,23	56,7	D	763,01	0,25	56,6	D
Jalan Ki Ageng Gribig	3002,88	Timur-Barat	1035,09	0,34	56,5	D	1045,13	0,35	56,5	D
		Barat-Timur	908,27	0,30	56,6	D	1229,93	0,41	56,4	D

Penilaian kinerja lalu lintas Simpang 3 Sangkal Putung pada tahun 2028 mendapatkan nilai D_j sebesar lebih dari 0,85. Berdasarkan PKJI 2023 suatu simpang masih dianggap layak jika nilai D_j masih lebih kecil dari 0,85 dan masih bisa dioperasikan untuk beberapa tahun mendatang [10]. Dua skenario dipilih untuk meningkatkan kinerja lalu lintas simpang di masa yang akan datang.

3.4.3. *Skenario perubahan tipe simpang dan pelebaran.* Pelebaran pada pendekat simpang atau dengan melakukan manajemen lalu lintas yang memungkinkan arus kendaraan yang masuk ke simpang menjadi berkurang atau kombinasinya (Tabel 18-20).

Tabel 14. Kapasitas simpang setelah mengalami saran peningkatan prasarana.

Kapasitas Dasar (C_0) 324	Faktor Penyesuaian Kapasitas	Kapasitas (C) smp/jam	
3200	Lebar Pendekat Rata-Rata (F_W)	0,98	
	Median Jalan Utama (F_M)	1,05	
	Ukuran Kota (F_{CS})	1,00	
	Hambatan Samping (F_{RSU})	0,95	2067,29
	Belok kiri (F_{LT})	1,18	
	Belok Kanan (F_{RT})	0,80	
	Rasio Arus Jalan Minor (F_{MI})	0,70	

Tabel 15. Kinerja simpang dengan adanya saran peningkatan prasarana pada tahun 2025.

Nama Simpang	Kapasitas	Kaki Simpang	Volume (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Tundaan	LOS
Simpang 3 Sangkal Putung	2067,29	Utara	1048,84	0,51	8,65	B
		Barat	592,03	0,29	7,13	B
		Selatan	841,42	0,41	8,40	B

Tabel 16. Kinerja simpang dengan adanya saran peningkatan prasarana pada tahun 2028.

Nama Simpang	Kapasitas	Kaki Simpang	Volume (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Tundaan	LOS
Simpang 3 Sangkal Putung	2067,29	Utara	1303,24	0,63	10,13	B
		Barat	802,59	0,39	8,20	B
		Selatan	953,64	0,46	9,01	B

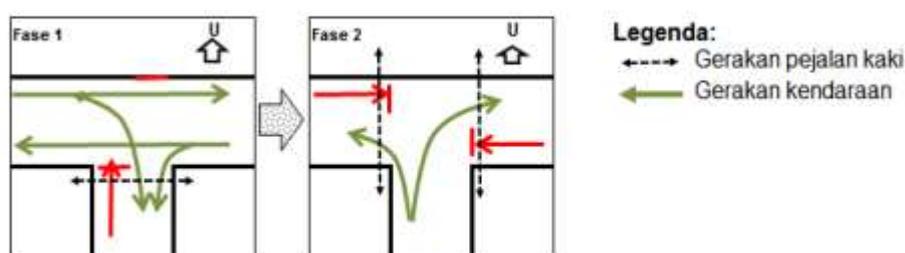
3.4.4. *Skenario penerapan APILL*. Dalam penerapan pengendalian simpang menggunakan APILL perlu diketahui waktu siklus, waktu hijau simpang, dan jumlah fase yang di terapkan [17]. Pada saran peningkatan kinerja simpang di lakukan pengendalian simpang APILL dengan 2 fase [10]. Fase ke-1 pada jalan mayor (arah utara dan selatan) dan fase ke-2 pada jalan minor (arah barat) dimana nantinya untuk jalan mayor akan dilakukan pelebaran dengan lebar efektif 8 meter dan pada jalan minor akan dilakukan pelebaran dengan lebar efektif 4 meter (Gambar 6). Hasil perhitungan fase APILL tertera dalam Tabel 21.

Tabel 17. Perhitungan fase APILL dengan 2 fase.

2 Fase	Utara		Selatan		Barat	
	Kanan	Lurus	Kiri	Lurus	Kiri	Kanan
Q	446,78	856,22	297,13	655,87	320,45	481,55
S	3169,72		2842,25		2774,93	
FR (QS)	0,14	0,27	0,10	0,23	0,12	0,17
FR	0,41		0,34		0,29	
Frcrit			0,41		0,29	
IFR(Σ =Frcrit)			0,70			
Co	72				Detik	
Lost Time	11				Detik	
WHI Barat	25				Detik	
WHI Utara-Selatan	36				Detik	

Waktu Siklus	36	2	4	25	2	4
Utara-Selatan						
Barat						

Gambar 1. Diagram waktu hijau penerapan 2 fase APILL.



Gambar 2. Diagram arah pergerakan kendaraan penerapan 2 fase APILL.

Tabel 18. Kinerja lalu lintas simpang APILL 2 fase.

Pendekat	Arus Jenuh (smp/jam)	Arus (smp/jam)	Waktu Hijau	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (Meter)	Tundaan (det/smp)	LOS
Utara	3169,72	1303,00	36 detik	2683,36	0,49	75	41,11	E
Barat	2774,93	802,00	25 detik	2349,15	0,34	121	71,90	F
Selatan	2842,25	953,00	36 detik	2406,13	0,40	67	49,41	E

4. Kesimpulan

Kondisi eksisting sebelum Exit Tol Ngawen belum beroperasi, kinerja ruas Jalan Jatinom memiliki nilai visi rasio 0,37 dengan kecepatan rata-rata kendaraan 38 km/jam dengan nilai LOS B, pada ruas Jalan Ki Ageng Gribig memiliki nilai visi rasio 0,26 dengan kecepatan rata-rata 41 km/jam dengan nilai LOS B. Kinerja simpang tak bersinyal untuk tundaan rata-rata yang terjadi 8,20 det/smp dengan nilai LOS B.

Prediksi saat Exit Tol Ngawen sudah beroperasi tanpa melakukan sesuatu (*do-nothing*) didapatkan hasil kinerja lalu lintas pada tahun 2025. Jalan Jatinom memiliki nilai visi rasio 0,68 dengan kecepatan rata-rata 33,9 km/jam dan nilai LOS E sementara Jalan Ki Ageng Gribig memiliki nilai visi rasio 0,73 dengan kecepatan rata-rata 33,24 km/jam dengan nilai LOS E. Kinerja simpang tak bersinyal untuk tundaan rata-rata 10,23 det/smp dengan nilai LOS B. Hasil kinerja lalu lintas pada tahun 2028 atau tiga tahun setelah exit tol beroperasi, Jalan Jatinom memiliki nilai visi rasio 0,74 dengan kecepatan rata-rata 33,1 km/jam dengan nilai LOS E, Jalan Ki Ageng Gribig memiliki nilai visi rasio 0,86 dengan kecepatan rata-rata 31,7 km/jam dengan nilai LOS E dan kinerja simpang tak bersinyal untuk tundaan rata-rata 10,74 det/smp dengan nilai LOS B.

Saran peningkatan kinerja lalu lintas perlu dilakukan untuk mengakomodasi adanya penambahan jumlah volume lalu lintas ruas jalan. Hasil perhitungan dengan melakukan sesuatu (*do-something*) pada tahun 2025 dan 2028 saran perbaikan pada ruas jalan sebaiknya dilakukan skenario ke-2 dengan pengubahan tipe simpang dan pelebaran ruas jalan. Dari hasil skenario tersebut kinerja lalu lintas pada tahun 2028 visi rasio Jalan Jatinom 0,33 dengan nilai LOS D dan Jalan Ki Ageng Gribig dengan nilai visi rasio 0,38 dengan nilai LOS D. Hasil skenario ini terbukti menurunkan rata-rata derajat kejenuhan 225% untuk rata-rata derajat kejenuhan dari kondisi eksisting.

Saran peningkatan kinerja lalu lintas Simpang Sangkal Putung dilakukan juga untuk mengakomodasi adanya peningkatan volume lalu lintas pada tahun 2028. Skenario terbaik dilakukan dengan perubahan tipe simpang dan pelebaran pendekat simpang. Hasil dari skenario tersebut menghasilkan penurunan nilai derajat kejenuhan dengan nilai tundaan rata-rata simpang yang lebih dari sebelumnya yaitu sebesar 9,11 smp/detik atau berkurang 102% persen dengan tingkat pelayanan B. Selain itu pada Simpang Sangkal Putung kurang cocok di pasang APILL karena berdekatan dengan simpang lainnya dan tidak sesuai dengan persyaratan penerapan APILL.

Referensi

- [1] Desga W, Putri FM, Yulanda N. Pemodelan Bangkitan Perjalanan Di Nagari Siguntur, Nagari Barung-Barung Belantai Dan Nagari Nanggalo Kecamatan Koto Xi Tarusan Kabupaten Pesisir Selatan. *Jurnal Transportasi Multimoda* 2016;14:77–82.
- [2] Warsilan W, Noor A. Peranan Infrastruktur terhadap Pertumbuhan Ekonomi dan Implikasi pada Kebijakan Pembangunan di Kota Samarinda. *MIMBAR: Jurnal Sosial Dan Pembangunan* 2015;31:359–66.
- [3] Fakhurozi A, Ningrum AD, Amanda R. Kajian Studi Dampak Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera (JTTS) terhadap Infrastuktur dan Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Penalaran Dan Penelitian Mahasiswa* 2020;4:14–29.
- [4] Susanto A, Marsoyo A. Pengaruh Lokasi Exit Toll Jalan Tol Lingkar Luar Bogor Terhadap Perubahan Guna Lahan Di Sekitar Jalan Soleh Iskandar Kota Bogor. *JURNAL GEOGRAFI Geografi Dan Pengajarannya* 2019;17:1. <https://doi.org/10.26740/jggp.v17n2.p1-14>.
- [5] Priatmojo G. Pengerjaan Proyek Tol Jogja-Solo Sudah Dimulai, Akan Beroperasi Penuh Pada Akhir 2025. *Suarajogjald* 2022.
- [6] Munawar A. Analisis Dampak Lalulintas Pembangunan Pusat Perbelanjaan: Studi Kasus Plaza Ambarukmo. *Jurnal Sains &Teknologi Lingkungan* 2009;1:27–37. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol1.iss1.art2>.
- [7] Yusuf M, Budiharjo A, Maulyda MA. Dampak Pembangunan Minapolitan Terhadap Kinerja Lalu Lintas. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik* 2021;20:73–82. <https://doi.org/10.26874/jt.vol20no1.373>.
- [8] Kurniawan DA, Najid N. Penentuan Kapasitas Jalan Enam Lajur Dua Arah Terbagi dan Tak Terbagi dengan Metode MKJI, Konsep PKJI, dan Survei. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil* 2019;2:1. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6170>.
- [9] Mubarak H, Ningrum P, Toyeb M, Tuti RGW. Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kinerja Lalu Lintas Di Kabupaten Kampar. *Musamus Journal of Civil Engineering* 2021;4:16–21.
- [10] Direktorat Jenderal Bina Marga. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat 2023.
- [11] Setiawan R. Kalibrasi Model Sebaran Pergerakan (Gravity Model) Menggunakan Add-In Microsoft Excel (Solver). *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS)* 2007;1.
- [12] Pratama AS, Hermawanto T, Astuti RI. Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Pada Persimpangan Jalan Tanjung - Jalan Aryo Blitar - Jalan Bengawan Solo. *Journal of Science Nusantara* 2022;2:156–67. <https://doi.org/10.28926/jsnu.v2i4.609>.
- [13] Hamidah NN, Panday R. Jumlah Pengendara Sepeda Motor Dengan Menggunakan Metode Forecasting Regresi Linear Sederhana 2021.
- [14] Tamin OZ. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Penerbit Itb; 2000.
- [15] Pemerintah Republik Indonesia. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas 2015.

- [16] BPS Provinsi Jawa Tengah. Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kendaraan di Provinsi Jawa Tengah (Unit), 2017-2021 2022.
- [17] Kurniati T, Latif A, Putri EE. Evaluasi dan Perencanaan Lampu Lalu Lintas Pada Simpang Jalan Syekh Umar Khalil-Bypass Kota Padang. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)* 2020;16:49. <https://doi.org/10.25077/jrs.16.1.49-64.2020>.