

Pengaruh Pengembangan Jalan Lingkar Luar Terhadap Kinerja Jaringan Jalan di Kapanjen

Eka Intishar Hidayat¹, Budiharso Hidayat², dan Fauzi³

Mahasiswa Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD, Jalan Raya Setu KM 3,5, Cibitung, Bekasi, Jawa Barat 17520, Indonesia

Dosen Politeknik Transportasi Darat Indonesia -STTD, Jalan Raya Setu Km 3,5, Cibitung, Bekasi, Jawa Barat 17520, Indonesia

Email: hidayat.ekaintishar6@gmail.com

Abstract

Mix traffic condition in Kapanjen caused by street network pattern forming main knot point from different regions that also serves as a transit road for continuing external has impacted on high volume traffic at CBD Kapanjen's street zone. The West Ring Road in Kapanjen, which has been operating for 10 years, still can not solve the mix traffic's problem. Concomitant with increasing population and vehicle ownerships, it would make the street's connection work even worse. To solve this problem, the Outer Ring Road should be built. Thus, it would make the high traffic on various regions around outer Kapanjen's cordon capable in providing a good interconnectivity and easier access to the entire regions, so as not to enter through urban areas.

The research was conducted by using "static equilibrium assignment" method on visum's application. This was intended to see the differences between the road's connections based on Level Of Service (LoS), time efficiency and travel cost in various conditions e.g. (do-nothing) & (do-something), in a base year or plan year (forecasting) using DCGR Gravity Model. Furthermore, the additional scenario should be tested with implementation of restriction operational hours for Heavy Vehicle Goods applied on outer cordon. Due to very high traffic volume, the traffic could not be shifted to outer ring road.

The result of the research applied on "do-something" condition indicates, that the VCR increased by 63%, and the average travel's speed reached an enhancement up to 35%. It also exhibits that the Level Of Service (LoS) D and E increased for a base year 2024 and for the plan year of 2029, respectively. However, the LoS F for the plan year of 2034 became LoS B on that year. The travel time decreases concomitant with a higher efficiency by around 13%-20% and the travel cost increased by around 10-15%. Combined with implementation of restriction operational hours for Heavy Vehicle Goods only showed a VCR's enhancement with an average speed of 3%. The travel time efficiency increased only by 0,13% and the travel cost drop to 1,23%.

Keywords: *Mix Traffic, Interconnectivity, Ring Road, Traffic Assignment, Level of Service (LoS).*

Abstrak

Kondisi lalu lintas mix traffic di Kapanjen akibat pola jaringan jalan yang membentuk simpul utama pertemuan dari seluruh penjurur wilayah yang berbeda dan sebagai jalur transit untuk melanjutkan perjalanan eksternal-eksternal, sehingga berdampak pada tingginya volume lalu lintas di ruas jalan zona CBD Kapanjen. Jalan Lingkar Barat di Kapanjen yang telah beroperasi selama 10 tahun belum dapat mengatasi permasalahan mix traffic. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan kepemilikan kendaraan, hal ini akan membuat kinerja jaringan jalan di Kapanjen semakin memburuk. Untuk mengatasi masalah ini adalah dengan pembangunan Jalan Lingkar Luar untuk memberikan interkoneksi dan kemudahan aksesibilitas ke seluruh penjurur wilayah agar volume lalu lintas yang tinggi tidak masuk melalui wilayah perkotaan.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode "static equilibrium assignment" pada aplikasi Visum. Hal ini bertujuan untuk melihat perbandingan kinerja jaringan jalan berdasarkan Tingkat Pelayanan (LoS), efisiensi waktu dan biaya perjalanan pada kondisi (do-nothing) dan (do-something), baik pada tahun dasar dan tahun rencana (forecasting) menggunakan DCGR Gravity model. Selanjutnya menguji skenario tambahan dengan penerapan pembatasan jam Operasional Angkutan Barang yang diterapkan pada kordon luar akibat volume lalu lintas yang masih tinggi karena perjalanan tidak dapat dialihkan melalui Jalan Lingkar Luar.

Hasil penelitian menunjukkan kondisi (do-something) terjadi peningkatan VCR mencapai 63%, kecepatan rata-rata perjalanan pada jaringan mencapai 35%, dan peningkatan LoS dari D pada tahun dasar 2024, LoS E pada tahun rencana 2029, dan LoS F pada tahun rencana 2034 menjadi LoS B pada seluruh tahun tersebut. Untuk waktu perjalanan terjadi penurunan, dengan peningkatan efisiensi 13%-20% dan untuk biaya perjalanan meningkat 10%-15%. Hasil dengan skenario tambahan penerapan pembatasan jam Operasional Angkutan Barang hanya memberikan peningkatan VCR dan kecepatan rata-rata 3%. Untuk efisiensi waktu perjalanan meningkat sebesar 0,13% dan penurunan biaya perjalanan 1,23%.

Kata Kunci: *Mix Traffic*, Interkonektivitas, Jalan Lingkar, Pembebanan Perjalanan, Tingkat Pelayanan.

PENDAHULUAN

Pembangunan Jalan Lingkar Barat (Jalibar) di Kepanjen beberapa tahun yang lalu bertujuan untuk meminimalisir permasalahan transportasi di Kepanjen karena wilayah ini menjadi jalur transit (kota lintas) sebagai pilihan melanjutkan perjalanan dari berbagai penjuru (*exit point*) kordon luar, namun strategi ini belum efektif dan efisien mengatasi permasalahan yang ada. Permasalahan transportasi di Kepanjen tidak hanya kondisi lalu lintas *mix traffic* namun tingginya volume kendaraan pada kawasan zona (CBD) Kepanjen akibat pemindahan Ibukota Kabupaten Malang ke Kecamatan Kepanjen dalam beberapa tahun terakhir memacu perkembangan yang signifikan pada kawasan zona CBD. Seiring dengan meningkatnya jumlah pertumbuhan penduduk dan peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya, sehingga berpengaruh terhadap distribusi perjalanan dan beban lalu lintas jaringan jalan Kepanjen pada tahun tahun terakhir. Hasil data pengamatan di lapangan membuktikan bahwa kinerja jaringan jalan di Kepanjen memiliki kecepatan perjalanan rata-rata 38,38 km/jam dengan VCR mencapai 0,7 serta *LoS* D pada ruas-ruas jalan kawasan zona CBD dan $VCR > 0,7$ pada ruas jalan kordon luar, sementara itu kinerja ruas jalan pada Jalan Lingkar Barat dengan kecepatan rata-rata 67 km/jam dengan VCR 0,25 dan *LoS* A. Untuk mengatasi permasalahan yang konkrit dan adanya prediksi penambahan volume kendaraan yang signifikan di masa yang akan datang, maka solusi yang tepat adalah pemerataan sistem interkonektivitas di Kepanjen, yaitu pengembangan Jalan Lingkar Barat (Jalibar) menjadi Jalan Lingkar Luar Kepanjen. Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Malang Nomor 5 Tahun 2014 tentang Rencana Detail Tata Ruang Kecamatan Kepanjen Tahun 2014 - 2034 disampaikan rencana pengembangan sistem jaringan Jalan Lingkar Barat (Jalibar) yang akan di kembangkan menjadi Jalan Lingkar Luar Kepanjen (Pemerintah Daerah Kabupaten Malang, 2014). Dengan terlaksananya pengembangan Jalan Lingkar Luar Kepanjen, hal ini dapat meningkatkan kinerja jaringan jalan, menekan tingginya pergerakan eksternal – eksternal dan seterusnya bisa efisiensi biaya perjalanan dan waktu tempuh perjalanan serta jam operasional kendaraan khusus yang di perbolehkan masuk ke Kepanjen dapat di klasifikasikan dan seterusnya bisa melalui jalan lingkar luar ini tanpa harus masuk ke kawasan zona CBD Kepanjen.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam Kamus Tata Ruang (Dirjen Cipta Karya Departemen PU) disebutkan jalan lingkar adalah semua jalan yang melingkari pusat suatu kota yang fungsinya agar kendaraan dapat mencapai bagian kota tertentu tanpa

harus melalui pusat kota atau bagian kota lainnya untuk mempercepat perjalanan dari satu sisi kota ke sisi lainnya (Sumaryoto, 2011). Sedangkan menurut (Tamin, 2000), jalan lingkar luar yaitu jalan yang melingkari wilayah perkotaan yang pada prinsipnya usaha mengalihkan pergerakan lalu lintas menerus agar jangan memasuki wilayah perkotaan sehingga kemacetan yang timbul karena pembebanan yang terlalu banyak pada jalan arteri radial dapat dihindari. Secara umum tujuan utama pembangunan jalan lingkar untuk mengurangi kemacetan lalu lintas dalam wilayah internal, meningkatkan kinerja jaringan jalan wilayah internal dan wilayah penyangga (eksternal), serta memperlancar peredaran barang pada wilayah internal dan wilayah eksternal. Manfaat jalan lingkar bagi pengguna jalan juga dapat menghemat biaya dan waktu perjalanan.

Tingkat Pelayanan Jalan

Dalam perkembangannya metode perhitungan tingkat pelayanan (*LoS*) mengeluarkan ketentuan HCM 2010 Indonesia untuk menilai tingkat pelayanan jalan yang merupakan penyempurnaan dari HCM 1985 seperti pada perhitungan tingkat pelayanan (*LoS*) untuk semua moda transportasi seperti terlihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Tingkat pelayanan jalan

<i>LoS</i>	Karakteristik	(V/C)
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi, pengemudi memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan.	0,0-0,20
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan	0,21-0,44
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan	0,45-0,74
D	Arus mendekati tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan, Q/C masih dapat ditolelir.	0,75-0,84
E	Volume lalu lintas mendekati/berada pada kapasitas arus tidak stabil, terkadang berhenti.	0,85-1,00
F	Arus yang dipaksakan / macet, kecepatan rendah, V diatas Kapasitas, atrian panjang dan terjadi hambatan-hambatan yang besar.	> 1,00

Sumber (HCM, 2000)

Tabel 2. *LoS* jalan perkotaan berdasarkan kelas jalan.

Tipe Jalan Kota	I	II	III	IV
Batas Kecepatan (FFS)	90-70 (km/jam)	70-55 (km/jam)	55-50 (km/jam)	55-40 (km/jam)
Tipikal FFS	80 km/jam	65 km/jam	55 km/jam	45 km/jam
LOS	Rata-Rata Kecepatan (km/jam)			
A	>72	>59	>50	>41
B	>56-72	>46-59	>39-50	>32-41
C	>40-56	>33-46	>28-39	>23-32
D	>32-40	>26-33	>22-28	>18-23
E	>26-32	>21-26	>17-22	>14-18
F	≤ 26	≤21	≤17	≤14

Sumber (HCM, 2000)

Pembebanan Perjalanan

Pembebanan Perjalanan adalah tahap pembebanan perjalanan memerlukan data masukan berupa matrik asal dan tujuan perjalanan, kapasitas jalan, dan karakteristik jaringan seperti jarak dan waktu tempuh antar zona. Matrik

yang dibebankan berbentuk perjalanan perjam atau smp (satuan mobil penumpang) per jam. Bentuk keluaran dari proses pembebanan ini berupa arus kendaraan tiap ruas atau biaya dan waktu tempuh perjalanan. (Sabda & Suraharta, 2016). Ketidاكلancaran arus lalu lintas ini menimbulkan biaya tambahan, tundaan, kemacetan, dan bertambahnya polusi udara dan suara, pemerintah telah banyak melakukan usaha penanggulangan, di antaranya membangun jalan lingkar (Tamin, 2000). Beberapa faktor yang mempengaruhi pembebanan perjalanan diantaranya; (1) Waktu Tempuh; (2) Nilai Waktu; (3) Biaya Perjalanan.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan September – Desember 2023 di Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini bersifat ilmiah dengan membandingkan beban lalu lintas kondisi tanpa dilakukan penanganan (*do-nothing*) dan kondisi pengembangan Jalan Lingkar Luar (*do-something*) serta usulan penanganan lanjutan (skenario pembatasan jam Operasional Angkutan Barang jenis KS dan TB di ruas kordon luar) menggunakan aplikasi Visum. Data beban lalu lintas yang digunakan adalah Matrik Asal Tujuan dengan volume lalu lintas pada tahun dasar dan tahun rencana. Hasil yang diperoleh adalah tingkat pelayanan jalan berdasarkan kinerja jaringan jalan serta nilai waktu dan biaya perjalanan.

Prosedur Penelitian

Pengambilan data primer dan data sekunder dilakukan selama hari kerja. Data primer yang digunakan adalah data geometrik jalan dan volume lalu lintas yang diperoleh dengan survei *Traffic Counting* (TC), *Classified Turning Movement Counting* (CTMC) dan kecepatan kendaraan yang melintas di seluruh ruas jalan Kepanjen. Data sekunder di peroleh dari instansi terkait; (seperti: Dinas Perhubungan, DPKPCK, Dinas PU Bina Marga dan data BPS Kabupaten Malang).

Data lalu lintas yang dikumpulkan untuk menilai analisis kinerja ruas dan jaringan jalan eksisting. Kinerja ruas eksisting di peroleh dari nisbah volume terhadap kapasitas berdasarkan persamaan berikut:

$$C = C_0 \times FCLJ \times FCPA \times FCHS \times FCUK \quad (1)$$

Keterangan:

C = kapasitas segmen jalan yang sedang diamati, dengan satuan SMP/jam.

C₀ = kapasitas dasar kondisi segmen jalan yang ideal, dengan satuan SMP/jam.

FCLJ = faktor koreksi kapasitas akibat perbedaan lebar lajur atau jalur lalu lintas dari kondisi idealnya.

FCPA = faktor koreksi kapasitas akibat Pemisahan Arah lalu lintas dan hanya berlaku untuk tipe jalan (TT).

FCHS = faktor koreksi kapasitas akibat kondisi KHS pada jalan yang dilengkapi bahu atau dilengkapi kereb dan trotoar dengan ukuran yang tidak ideal.

FCUK = faktor koreksi ukuran kota.

$$VCR = \frac{V}{C} \quad (2)$$

Keterangan:

V = volume kendaraan yang melintas, dengan satuan SMP/jam.

C = kapasitas segmen jalan yang sedang diamati, dengan satuan SMP/jam.

Dalam penilaian kinerja jaringan jalan di butuhkan analisis kecepatan perjalanan rata-rata kendaraan, sebagai berikut:

Kecepatan rata – rata = jarak tempuh/waktu tempuh gerak (3)

Setelah kinerja jaringan jalan pada tahun eksisting 2023 di peroleh berdasarkan nisbah volume per kapasitas dan kecepatan rata-rata kendaraan, selanjutnya data volume lalu lintas yang di proyeksikan ke tahun dasar 2024, sebagai berikut:

$$LHR_n = (1 + i)^n * LHR_0 \quad (4)$$

Keterangan:

LHR_n = nilai pada tahun ke – n

LHR_0 = nilai awal

i = tingkat pertumbuhan

n = jarak waktu (tahun)

volume lalu lintas pada tahun dasar digunakan untuk analisis distribusi perjalanan dan modal split menggunakan lalu lintas dengan Matriks Asal Tujuan (Tamin, 2000). Untuk pembuktian hipotesis data hasil survei dengan hasil model menggunakan validasi uji *chi-square* dengan persamaan sebagai berikut:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (5)$$

Dimana:

X^2 : Distribusi Chi-square

O_i : Nilai observasi (pengamatan) ke-i

E_i : Nilai ekspektasi ke-i

Melihat adanya pengaruh kondisi peningkatan beban lalu lintas pada tahun rencana, peramalan Matriks Asal tujuan di (*forecasting*) menggunakan DCGR Gravity Model. Untuk persamaan DCGR:

$$B_d = \frac{1}{\sum_i (A_i * O_i * f_{id})} \text{ dan } A_i = \frac{1}{\sum_d (B_d * D_d * f_{id})} \quad (6)$$

DCGR mempunyai fungsi hambatan hambatan Tanner untuk distribusi perjalanan yang lebih akurat dalam pembacaan sebaran perjalanan lalu lintas dan dapat dinyatakan sebagai persamaan:

$$T_{id} = A_i * B_d * O_i * D_d * C_{id}^{-\beta} * \exp(-\beta * C_{id}) \quad (7)$$

Dengan melakukan transformasi linear, persamaan di atas dapat disederhanakan dan ditulis kembali sebagai persamaan linear $Y = A + BX$ dengan mengasumsikan $\log T_{id} = Y$ dan $\log C_{id} + C_{id} = X$.

Setelah di peroleh distribusi perjalanan dan modal split pada tahun rencana, untuk tahap akhir *four step models* yaitu pembenanan perjalanan dapat disimulasikan menggunakan aplikasi Visum untuk membandingkan pengaruh kinerja jaringan jalan pada beban perjalanan model *do-nothing* dan *do-something* baik pada tahun

dasar 2024 dan tahun rencana 2029 dan tahun rencana 2034. Hasil keluaran analisis Visum yang dapat di lakukan analisis lebih lanjut untuk nilai waktu dan biaya perjalanan menggunakan metode *Income Approach*:

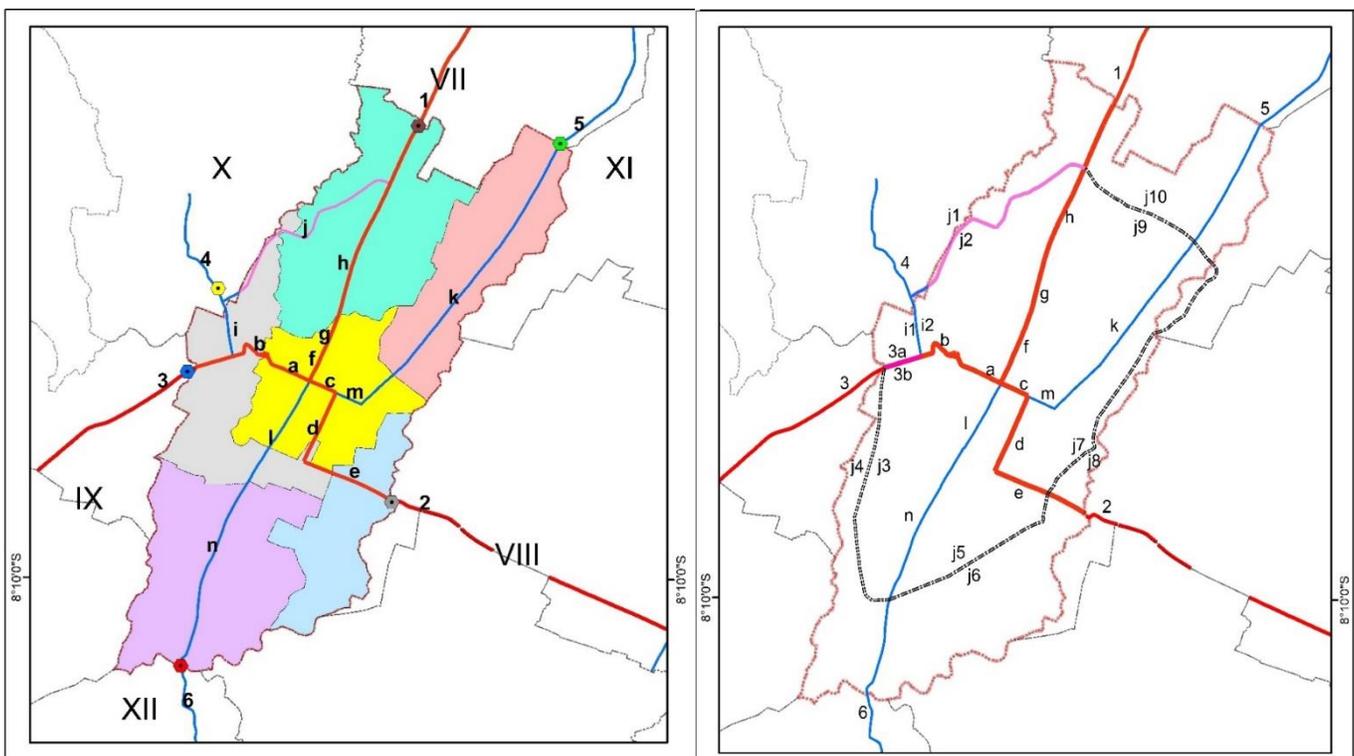
$$\text{Nilai biaya perjalanan} = \frac{\text{Pendapatan/org}}{\text{waktu kerja}} * \text{occupancy} * C_{kend} * \% \text{modal split} * \text{waktu perjalanan} \quad (8)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses perencanaan pengembangan jalan lingkar, di perlukan zonasi untuk merepresentasikan wilayah studi agar memudahkan pembebanan pada jaringan jalan. Zonasi ditentukan berdasarkan wilayah administrasi, ketersediaan jaringan jalan utama (beban jalan yang dilalui kendaraan pada kondisi eksisting) dan homogenitas guna lahan. Dalam penelitian ini di bentuk 12 zona yang terdiri dari 6 zona internal dan 6 zona eksternal.

Lalu Lintas dan Pola Pergerakan

Jaringan jalan Kapanjen yang di klasifikasikan untuk jalan perkotaan, karena segmen jalan yang mempunyai perkembangan permanen dan menerus di sepanjang atau hampir seluruh segmen jalan, berupa pengembangan koridor, berada dalam atau dekat pusat perkotaan yang berpenduduk lebih dari 100.000 jiwa dan mempunyai perkembangan di sisi jalannya yang permanen dan menerus. Jaringan jalan di Kapanjen memiliki tipe jaringan radial dan terdapat Jalan Lingkar Barat eksisting, dimana jaringan jalan yang terpusat pada pusat kota dan dihubungkan dengan jalan jalan radial penghubung menuju zona eksternal. Untuk menuju Kawasan zona CBD Kapanjen terdapat 6 akses jalan utama dari 4 penjurur wilayah.



(a). Peta jaringan jalan dan zonasi kKapanjen

(b). Trase jalan pengembangan

Gambar 1. Jaringan jalan before dan after project.

Terdapat 15 ruas jalan kordon dalam yang akan di uji kinerja jaringan jalan, terdiri dari fungsi Jalan Arteri dan Jalan Kolektor di zona internal Kepanjen. Faktor yang mempengaruhi kinerja ruas jalan yaitu derajat kejenuhan atau VCR dan kecepatan perjalanan rata-rata kendaraan yang di peroleh pada tabel berikut:

Tabel 3. Kinerja jaringan jalan dan tingkat pelayanan jalan di kepanjen.

Ruas Jalan	Volume 2023 (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	Volume 2024 (smp/jam)	VCR 2024 (5)=(4)/(3)	Kecepatan Perjalanan rata-rata (km/jam)	Tingkat Pelayanan Jalan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(4)/(3)	(6)	(7)
1. Jl. Raya Mojosari	2055,67	2744	2137,9	0,779	40,69	D
2. Jl. Trunojoyo II	1189,81	2499	1237,4	0,495	42,10	C
3. Jl. Raya Jatikerto	2075,4	2716	2158,35	0,795	34,23	D
4. Jl. Gn. Kawi II	805,48	2290	799,7	0,349	31,44	B
5. Jl. Curungrejo	1367,16	2221	1421,85	0,640	47,05	C
6. Jl. Jenggolo	1212,79	2460	1208,05	0,491	50,10	C
a. Jl. Kawi I	1749,2	2380	1819,2	0,764	23,07	D
b. Jl. Kawi II	1729,5	2635	1798,7	0,683	29,32	C
c. Jl. Sultan Agung	1713,0	2964	1781,6	0,601	19,52	C
d. Jl. Panji	1500,5	2937	1560,6	0,531	33,58	C
e. Jl. Trunojoyo I	1115,6	2553	1160,25	0,454	54,42	C
f. Jl. A. Yani I	1924,4	2975	2001,4	0,673	19,67	C
g. Jl. A. Yani II	1871,6	2520	1946,5	0,772	29,26	D
h. Jl. Panglima Soedirman	1772,8	2580	1843,8	0,715	41,48	C
i. Jl. Gn. Kawi I	1226,1	2716	1275,1	0,469	28,57	C
j1. Jalibar A-B	815,52	3101	811,75	0,261	67,15	A
j2. Jalibar B-A	641,82	3101	667,5	0,215	67,15	A
k. Jl. Sukoraharjo	1446,01	2221	1503,85	0,677	47,05	C
l. Jl. Sumedang	1354,1	2245	1468,8	0,654	29,41	C
m. Jl. H.M Sun'an	1402,8	2380	1459	0,613	20,88	C
n. Jl. Mangunrejo	1435,05	2244	1492,45	0,665	50,10	C

Dari Tabel 3 diketahui bahwa kinerja ruas jalan pada jam puncak sudah mendekati VCR 0,78 (tingkat pelayanan D) pada ruas jalan kordon luar dan kinerja ruas jalan yang terdampak pada kordon dalam (Kawasan zona CBD) rata-rata > 0,6 dan mencapai 0,78 (tingkat pelayanan D) pada ruas Jl. A Yani II dan Jl. Kawi I. Jalan ini merupakan titik simpul pertemuan seluruh kendaraan yang masuk-keluar Kepanjen. Pergerakan di identifikasi menggunakan data lalu lintas dengan MAT yang telah di analisis dan di peroleh Matriks sebagai berikut:

MAT LALU LINTAS TOTAL (SMP/JAM)													
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	O _i
1	194	483	54	24	18	172	120	33	240	15	70	131	1554
2	228	1	0	2	33	30	20	4	78	27	18	16	457
3	54	0	0	7	0	4	1	23	8	0	90	5	192
4	56	2	7	34	1	51	41	71	23	1	113	14	414
5	18	33	0	1	0	9	61	4	3	1	9	4	143
6	322	86	4	29	9	28	60	50	99	38	54	42	821
7	113	23	1	22	61	126	1	58	308	111	53	181	1058
8	112	2	23	59	4	83	67	1	43	1	231	40	666
9	96	142	8	9	3	77	328	69	11	161	73	78	1055
10	3	32	0	0	1	52	122	3	210	3	0	1	427
11	160	36	90	42	9	52	39	199	37	2	33	34	733
12	96	127	5	26	4	50	196	71	33	1	48	0	657
D _j	1452	967	192	255	143	734	1056	586	1093	361	792	546	8177

Gambar 2. MAT lalu lintas wilayah studi (smp/jam).

Pergerakan paling besar adalah di zona 1 (CBD) Kepanjen. Hal ini di pengaruhi oleh tingginya volume kendaraan keluar masuk dari dan menuju zona 7 dan zona 9 untuk pergerakan eksternal-eksternal (arah masuk dan keluar Kota Malang dan Kabupaten Blitar) dengan pergerakan bangkitan dan tarikan yang besar dan juga adanya pergerakan internal-internal. Pergerakan yang besar dari dan menuju zona 7 dan zona 9 ini menggunakan rute jaringan jalan yang melewati zona 1 (CBD) selanjutnya ada pergerakan yang berasal dari internal-eksternal (atau sebaliknya), sehingga menjadikan volume lalu lintas pada zona 1 (CBD) menjadi lebih besar.

Pengembangan Model tahun Dasar

Dalam studi ini model bangkitan dan tarikan perjalanan di kembangkan dengan menggunakan faktor pertumbuhan kendaraan (wilayah perkotaan) sebesar 4% rata-rata setiap tahunnya dengan memperhatikan fungsi jarak (matriks C_{id}) dengan total bangkitan dan tarikan (O_i dan D_j) seluruh kendaraan dalam smp/jam dari masing-masing zona menggunakan analisis model (DCGR) *gravity* dengan iterasi nilai A_i dan B_d dengan memperhatikan fungsi hambatan Tanner untuk distribusi sebaran perjalanan tahun rencana 2029 dan tahun rencana 2034.

Tabel 4. Hasil iterasi fungsi A_i dan B_d model DCGR proyeksi tahun rencana.

ZONA	ITERASI TAHUN 2029				ITERASI TAHUN 2034			
	ITERASI KE-3		ITERASI KE-4		ITERASI KE-3		ITERASI KE-4	
	B_d	A_i	B_d	A_i	B_d	A_i	B_d	A_i
1	0,9592	0,0001	0,9592	0,0001	0,9592	0,0001	0,9592	0,0001
2	0,9742	0,0001	0,9742	0,0001	0,9742	0,0001	0,9742	0,0001
3	0,9935	0,0001	0,9935	0,0001	0,9935	0,0001	0,9935	0,0001
4	0,98	0,0001	0,98	0,0001	0,98	0,0001	0,98	0,0001
5	0,9908	0,0001	0,9908	0,0001	0,9908	0,0001	0,9908	0,0001

ZONA	ITERASI TAHUN 2029				ITERASI TAHUN 2034			
	ITERASI KE-3		ITERASI KE-4		ITERASI KE-3		ITERASI KE-4	
	B_d	A_i	B_d	A_i	B_d	A_i	B_d	A_i
6	0,9653	0,0001	0,9653	0,0001	0,9653	0,0001	0,9653	0,0001
7	1,0207	0,0001	1,0207	0,0001	1,0207	0,0001	1,0207	0,0001
8	1,047	0,0001	1,047	0,0001	1,047	0,0001	1,047	0,0001
9	1,0103	0,0001	1,0103	0,0001	1,0103	0,0001	1,0103	0,0001
10	1,0078	0,0001	1,0078	0,0001	1,0078	0,0001	1,0078	0,0001
11	1,0502	0,0001	1,0502	0,0001	1,0502	0,0001	1,0502	0,0001
12	1,0419	0,0001	1,0419	0,0001	1,0419	0,0001	1,0419	0,0001

Karena tidak ada perubahan pada iterasi ke-3 dan iterasi ke-4 pada hasil analisis, maka Iterasi ke-3 dapat digunakan untuk mencari Matriks (T_{id}) distribusi perjalanan dimasa yang akan datang.

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	O _i	O _i '	Ratio
1	333	225	45	59	33	171	244	135	253	84	183	126	1891	1891	1,000
2	99	67	13	17	10	49	75	39	73	24	53	36	556	556	1,000
3	42	27	6	7	4	21	30	17	30	10	25	15	234	234	1,000
4	90	59	12	16	9	45	64	38	66	22	49	33	504	504	1,000
5	31	20	4	5	3	16	22	12	23	8	17	13	174	174	1,000
6	179	117	23	31	17	90	127	70	137	46	95	66	999	999	1,000
7	228	159	30	39	22	113	178	89	168	56	121	84	1287	1287	1,000
8	144	94	19	27	14	72	102	66	106	35	78	55	810	810	1,000
9	228	150	29	39	22	119	162	90	181	58	121	84	1284	1284	1,000
10	93	61	12	16	9	48	66	36	71	24	49	34	520	520	1,000
11	158	103	23	28	15	79	112	63	116	38	98	58	892	892	1,000
12	142	93	18	25	15	71	101	58	105	35	76	60	799	799	1,000
D _j	1767	1177	234	310	174	893	1285	713	1330	439	964	664	9949		
D _j '	1767	1177	234	310	174	893	1285	713	1330	439	964	664		9949	
Ratio	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			1

Gambar 3. Hasil distribusi perjalanan tahun rencana 2029 (smp/jam).

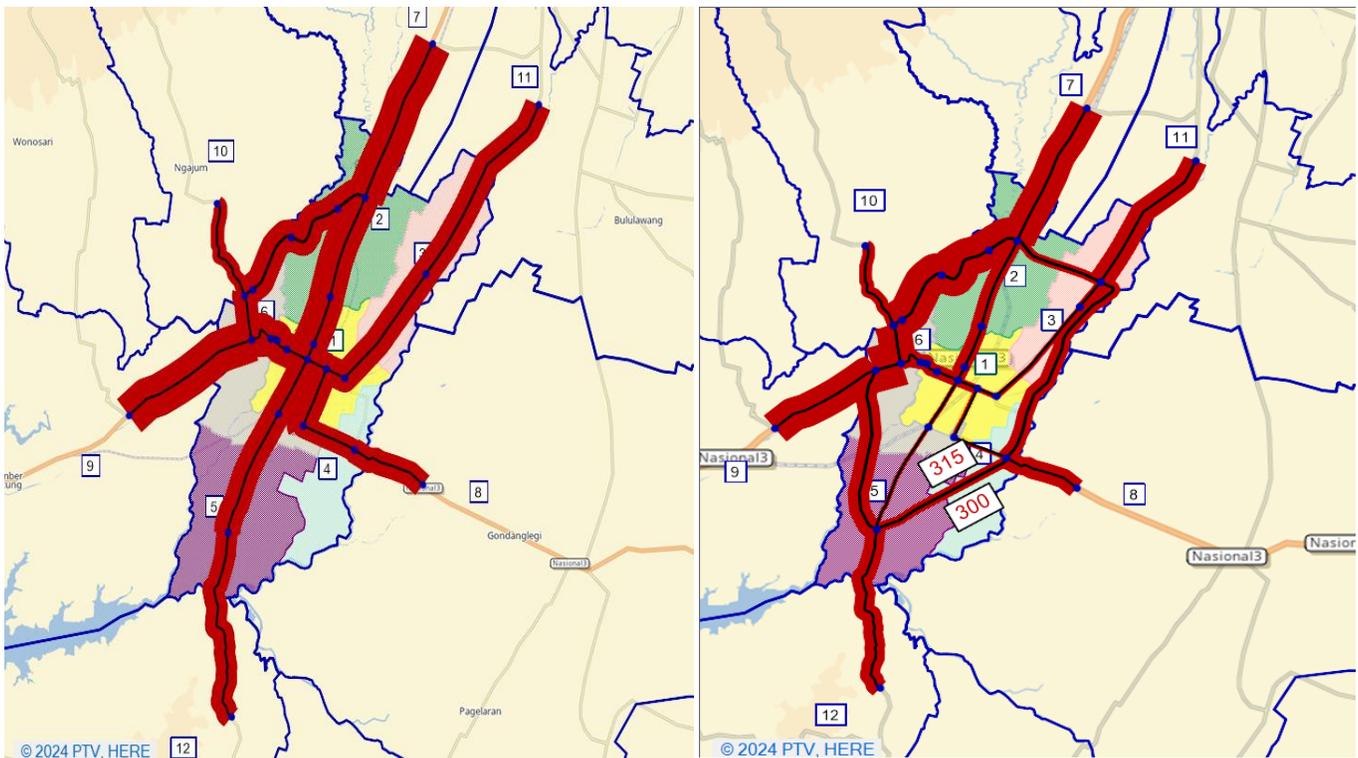
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	O _i	O _i '	Ratio
1	405	274	54	72	41	208	297	164	308	102	222	154	2300	2300	1,000
2	121	82	16	21	12	60	91	47	89	29	64	44	676	676	1,000
3	51	33	7	9	5	25	36	20	37	12	30	19	284	284	1,000
4	110	72	14	20	11	55	78	46	81	27	59	40	613	613	1,000
5	38	25	5	7	4	19	27	15	28	9	20	15	212	212	1,000
6	218	143	28	38	21	110	155	85	167	55	116	80	1215	1215	1,000
7	277	194	36	48	27	138	217	109	204	68	147	102	1566	1566	1,000
8	175	114	23	33	17	87	124	80	129	43	94	67	986	986	1,000
9	278	182	36	48	27	144	198	109	220	71	148	102	1562	1562	1,000
10	113	74	15	19	11	59	80	44	87	29	60	41	632	632	1,000
11	192	126	28	34	19	96	137	77	141	47	120	71	1085	1085	1,000
12	173	113	22	30	18	86	123	71	127	42	92	73	973	973	1,000
D _j	2149	1431	284	377	212	1086	1563	867	1618	534	1172	808	12104		
D _j '	2149	1431	284	377	212	1086	1563	867	1618	534	1172	808		12104	
Ratio	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000			1

Gambar 4. Hasil distribusi perjalanan tahun rencana 2034 (smp/jam).

Setelah diperoleh nilai Ratio = 1 untuk seluruh kolom dan baris (Asal-Tujuan), maka distribusi perjalanan untuk Matriks T_{id} forecasting 2029 dan Matriks T_{id} forecasting 2034 valid dan dapat digunakan untuk analisis pembebanan perjalanan di tahun rencana dengan menggunakan aplikasi Visum.

Pembebanan Perjalanan Hasil Model

Pembebanan jaringan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak PTV Visum dengan metode *static equilibrium assignment*. Beban perjalanan di simulasikan pada kondisi *do-nothing* dan *do-something*, untuk model *do-something* pengembangan jalan yang dilakukan adalah pengembangan jalan eksisting dari Jalan Lingkar Barat (Jalibar) dengan tipe 4/2 Terbagi. Terdapat proporsi pengembangan jalan rencana sepanjang 17,68 km (79,6%) dan terkoneksi dengan jaringan jalan eksisting Jalibar sepanjang 4,53 km (20,4%) serta dilakukan peningkatan jaringan jalan menjadi jalan lingkar yaitu segmen Jl. Raya Jatikerto.



(a). *Pembebanan Perjalanan Do-Nothing*

(b). *Pembebanan Perjalanan Do-Something*

Gambar 5. Visualisasi pembebanan perjalanan hasil model.

Kondisi beban perjalanan hasil model *do-nothing* dan *do-something* terlihat ada pengaruh pengembangan Jalan Lingkar Luar Kapanjen dengan meningkatnya kinerja jaringan jalan pada ruas ruas jalan di Kawasan zona CBD Kapanjen karena nilai VCR menurun dan kecepatan perjalanan semakin meningkat. Selain itu kondisi *do-something* memberikan *tendency* untuk interkoneksi ke seluruh wilayah penjuror kordon luar (*exit point*) Kapanjen. Hal ini akan dapat menjadikan efektivitas dalam mengatasi permasalahan *mix traffic* yang terjadi terutama tingginya volume kendaraan yang bertumpuk di kawasan zona CBD Kapanjen.

Tabel 5. Kinerja ruas jalan hasil model do-nothing.

Nama Jalan	Volume	Volume	Volume	VCR			Kecepatan	Kecepatan	Kecepatan
	Model	Model	Model	VCR	VCR	VCR	Model	Model	Model
	2024	2029	2034	2024	2029	2034	2024	2029	2034
	(smp/jam)	(smp/jam)	(smp/jam)				(km/jam)	(km/jam)	(km/jam)
1. Jl. Ry. Mojosari	2110	2177	2651	0,769	0,793	0,966	29	28	24
2. Jl. Trunojoyo II	1251	1385	1683	0,501	0,554	0,673	41	39	35,5
3. Jl. Ry. Jatikerto	2126	2219	2693	0,783	0,817	0,992	24,5	24	20,5
4. Jl. Gn. Kawi II	778	902	1097	0,340	0,394	0,479	35,5	34,5	32,5
5. Jl. Curungrejo	1458	1647	2018	0,656	0,742	0,909	37	34	29
6. Jl. Jenggolo	1196	1327	1629	0,486	0,539	0,662	44,5	43	39
a. Jl. Kawi I	1720	2708	3317	0,723	1,000	1,000	22,5	14,5	11,5
b. Jl. Kawi II	1720	2708	3317	0,653	1,000	1,000	25	17,5	14
c. Jl. Sultan Agung	1782	3501	4266	0,601	1,000	1,000	21	12	9,5
d. Jl. Panji	1594	2033	2467	0,543	0,692	0,840	32	37,5	24
e. Jl. Trunojoyo I	1122	1319	1604	0,439	0,517	0,628	42,5	40	36,5
f. Jl. A. Yani I	1955	2160	2618	0,657	0,726	0,880	23	22	19
g. Jl. A. Yani II	1955	2160	2618	0,776	0,857	1,000	21	19	16
h. Jl. P. Soedirman	1955	2160	2618	0,758	0,837	1,000	30,5	28,5	24
i. Jl. Gn. Kawi I	1297	1162	1417	0,478	0,428	0,522	30	31,5	29,5
j1. Jalibar A-B	811	692	846	0,262	0,223	0,273	59	60	59
j2. Jalibar B-A	681	492	594	0,220	0,159	0,192	60	60	60
k. Jl. Sukoraharjo	1482	1998	2445	0,667	0,900	1,000	37	29	24
l. Jl. Sumedang	1472	1607	1975	0,656	0,716	0,880	26	24,5	20,5
m. Jl. H.M Sun'an	1482	1998	2445	0,623	0,839	1,000	22,5	18,5	15,5
n. Jl. Mangunrejo	1472	1607	1975	0,656	0,716	0,880	39	37	31,5

Kinerja jaringan jalan di lihat berdasarkan kecepatan rata-rata jaringan jalan untuk tahun dasar 2024 adalah 33,45 km/jam dan untuk nisbah volume per kapasitas pada ruas jalan pada zona 1 (CBD), yaitu: Jl. A. Yani II dan Jl. Kawi I dengan VCR > 0,7 dengan kecepatan perjalanan ± 20 km/jam. Hal ini tentunya membuktikan rendahnya kinerja jaringan jalan yang ada di Kepanjen. Meskipun sudah ada Jalan Lingkar Barat (Jalibar), namun jalan ini tentunya belum efektif untuk menanggulangi masalah buruk nya kinerja jaringan jalan yang ada di Kepanjen. Sementara itu kinerja jaringan Jalan Lingkar Barat (Jalibar) masih sangat baik. Terlihat VCR hasil model < 0,25 dengan kecepatan rata-rata perjalanan mencapai 60 km/jam. Hasil *output* pada tahun rencana kecepatan rata-rata jaringan jalan 31,15 km/jam untuk tahun 2029 dengan nisbah volume per kapasitas pada ruas

yang bermasalah di zona CBD yaitu pada Jl. Kawi I dan A. Yani II masing-masing mencapai VCR 1,00 dan VCR 0,85 serta kecepatan masing-masing diperoleh 14 km/jam dan 19 km/jam dengan masing-masing Tingkat Pelayanan LoS E untuk tahun rencana 2029, sememntara untuk tahun rencana 2034 di peroleh kecepatan rata-rata jaringan jalan 27,38 km/jam nisbah volume per kapasitas masing-masing VCR 1,00 dan VCR 1,00 serta kecepatan rata-rata masing-masing 11 km/jam dan 16 km/jam dengan Tingkat Pelayanan masing-masing LoS E. Hal ini di buktikan dengan validasi pada kondisi *do-nothing* output beban perjalanan hasil model pada tahun dasar 2024, di validasi dengan volume kendaraan hasil survei di tahun yang sama dengan uji *chi-square* dengan jumlah ($n = 21$) dengan nilai *chi-square* tabel diperoleh 31,41. Setelah dilakukan uji validasi, di peroleh nilai *chi-square* hitung (X hitung) adalah 23,037. Karena *chi-square* hitung < *chi-square* tabel ($23,037 < 31,41$) dan signifikansi > 0,05 ($0,95 > 0,05$) maka H_0 diterima. Jadi dapat disimpulkan bahwa ada hubungan antara volume survei dengan volume hasil model.

Tabel 6. Kinerja ruas jalan hasil model *do-something*.

Nama Jalan	Volume	Volume	Volume	VCR	VCR	VCR	Kecepatan	Kecepatan	Kecepatan
	Model 2024 (smp/jam)	Model 2029 (smp/jam)	Model 2034 (smp/jam)	2024	2029	2034	Model 2024 (km/jam)	Model 2029 (km/jam)	Model 2034 (km/jam)
1. Jl. Ry. Mojosari	2110	2177	2651	0,769	0,793	0,966	29	28	24
2. Jl. Trunojoyo II	1251	1385	1683	0,501	0,554	0,673	41	39	35,5
3. Jl. Ry. Jatikerto	2126	2219	2693	0,783	0,817	0,992	24,5	24	20,5
3a. Jl. Ry. Jatikerto A-B	1477	1358	1648	0,476	0,438	0,531	53	55	51
3b. Jl. Ry. Jatikerto B-A	1401	1246	1526	0,452	0,402	0,492	54	56	53
4. Jl. Gn. Kawi II	778	902	1097	0,340	0,394	0,479	35,5	34,5	32,5
5. Jl. Curungrejo	1458	1647	2018	0,656	0,742	0,909	37	34	29
6. Jl. Jenggolo	1196	1327	1629	0,486	0,539	0,662	44,5	43	39
a. Jl. Kawi I	869	1023	1247	0,365	0,430	0,524	30	28,5	26,5
b. Jl. Kawi II	869	1023	1247	0,330	0,388	0,473	32,5	31,5	29,5
c. Jl. Sultan Agung	590	895	1096	0,199	0,302	0,370	27,5	26,5	25,5
d. Jl. Panji	245	470	574	0,083	0,160	0,195	40,5	40	39,5
e. Jl. Trunojoyo I	245	470	574	0,096	0,184	0,225	49,5	48,5	47,5
f. Jl. A. Yani I	965	791	958	0,324	0,266	0,322	29,5	31	30
g. Jl. A. Yani II	965	791	958	0,383	0,314	0,380	29	30	28,5
h. Jl. P. Soedirman	965	791	958	0,374	0,307	0,371	41,5	43,5	42
i1. Jl. Gn. Kawi I (A-B)	1125	937	1131	0,363	0,302	0,365	57	59	57
i2. Jl. Gn. Kawi I (B-A)	935	780	956	0,302	0,252	0,308	59	59	58

Nama Jalan	Volume	Volume	Volume	VCR	VCR	VCR	Kecepatan	Kecepatan	Kecepatan
	Model 2024 (smp/jam)	Model 2029 (smp/jam)	Model 2034 (smp/jam)	2024	2029	2034	Model 2024 (km/jam)	Model 2029 (km/jam)	Model 2034 (km/jam)
j1. Jalan Lingkar 6-2	1300	1251	1520	0,419	0,403	0,490	55	56	53
j2. Jalan Lingkar 2-6	1073	925	1129	0,346	0,298	0,364	58	59	57
J3. Jalan Lingkar 6-5	573	651	803	0,185	0,210	0,259	60	60	59
J4. Jalan Lingkar 5-6	691	808	984	0,223	0,261	0,317	60	59	58
J5. Jalan Lingkar 5-4	315	485	590	0,102	0,156	0,190	61	60	60
J6. Jalan Lingkar 4-5	300	526	637	0,097	0,170	0,205	61	60	60
J7. Jalan Lingkar 4-3	547	584	714	0,176	0,188	0,230	60	60	59
J8. Jalan Lingkar 3-4	403	386	466	0,130	0,124	0,150	60	60	60
J9. Jalan Lingkar 3-2	289	867	1062	0,093	0,280	0,342	61	59	58
J10. Jalan Lingkar 2-3	288	728	881	0,093	0,235	0,284	61	59	59
k. Jl. Sukoraharjo	345	425	522	0,155	0,191	0,235	50,5	50	49
l. Jl. Sumedang	283	331	403	0,126	0,147	0,180	36,5	36	36
m. Jl. H.M Sun'an	345	425	522	0,145	0,179	0,219	30,5	30	29,5
n. Jl. Mangunrejo	283	331	403	0,126	0,148	0,180	53,5	53	53

Untuk kondisi *do-something*, kinerja jaringan jalan di Kepanjen berdasarkan kecepatan rata-rata jaringan jalan 46,3 km/jam untuk tahun dasar 2024. Perubahan yang signifikan terjadi pada ruas Jl. Kawi I dan Jl. A. Yani II dengan nisbah volume perkapasitas masing-masing menjadi $VCR \pm 0,35$ dengan kecepatan ruas meningkat masing-masing 30 km/jam. Tidak hanya pada ruas tersebut bahkan perubahan juga terjadi pada ruas-ruas lainnya di zona CBD Kepanjen. Dengan peningkatan kecepatan perjalanan dan membaiknya VCR maka kinerja jaringan jalan di Kepanjen terbukti mengalami perubahan yang signifikan dalam peningkatan kinerja jaringan jalan.

Sementara pada tahun rencana, diperoleh nisbah per kapasitas untuk ruas-ruas jalan di Kepanjen dengan $VCR < 0,4$ dan kecepatan rata-rata pada jaringan jalan 46 km/jam dengan LoS B untuk tahun rencana 2029, sementara untuk hasil tahun rencana 2034 di peroleh hasil nisbah volume per kapasitas untuk ruas-ruas jalan di Kepanjen dengan $VCR < 0,5$ dan kecepatan rata-rata pada jaringan jalan 44,34 km/jam dengan LoS B. hal ini terbukti menjadikan kondisi kinerja jaringan jalan di Kepanjen secara Keseluruhan menjadi lebih baik dengan kondisi *do-something*.

Strategi pembatasan jam Operasional Angkutan Barang yang diterapkan pada penelitian ini adalah larangan kendaraan besar jenis Truck Sedang (KS) dan Truck Besar (TB) ini di terapkan pada periode jam sibuk pagi dan jam sibuk sore, yaitu larangan melintas pada pukul 06.00 s/d 09.00 WIB dan 15.00 s/d 18.00 WIB. Di luar jam tersebut kendaraan jenis (KS) dan (TB) di perbolehkan melintas.

Tabel 7. Kinerja ruas jalan hasil model do-something + manajemen demand.

Nama Jalan	Volume	Volume	Volume	VCR	VCR	VCR	Kecepatan	Kecepatan	Kecepatan
	Model 2024 (smp/jam)	Model 2029 (smp/jam)	Model 2034 (smp/jam)	2024	2029	2034	Model 2024 (km/jam)	Model 2029 (km/jam)	Model 2034 (km/jam)
1. Jl. Ry. Mojosari	1958	2060	2507	0,713	0,750	0,914	30,5	29,5	25
2. Jl. Trunojoyo II	1197	1329	1617	0,478	0,531	0,647	41,5	39,5	36
3. Jl. Ry. Jatikerto	1970	2087	2532	0,726	0,768	0,932	26	25	21,5
3a. Jl. Ry. Jatikerto A-B	1384	1271	1544	0,470	0,409	0,498	56	57	54
3b. Jl. Ry. Jatikerto B-A	1350	1219	1491	0,410	0,393	0,481	56	58	54
4. Jl. Gn. Kawi II	751	869	1057	0,328	0,379	0,462	36	35	33
5. Jl. Curungrejo	1416	1604	1967	0,638	0,722	0,886	37,5	35	30
6. Jl. Jenggolo	1150	1277	1568	0,467	0,519	0,637	46	44	39,5
a. Jl. Kawi I	852	1000	1220	0,360	0,420	0,513	30	29	27
b. Jl. Kawi II	852	1000	1220	0,325	0,3795	0,463	33	31,5	29,5
c. Jl. Sultan Agung	568	871	1068	0,194	0,293	0,360	28	27	25,5
d. Jl. Panji	232	453	554	0,080	0,154	0,189	40,5	40	39,5
e. Jl. Trunojoyo I	232	453	554	0,092	0,177	0,217	50,5	49,5	48,5
f. Jl. A. Yani I	945	777	942	0,318	0,261	0,317	29,5	31	30
g. Jl. A. Yani II	945	777	942	0,375	0,308	0,374	29	30	29
h. Jl. P. Soedirman	945	777	942	0,366	0,301	0,365	42	44	42
i1. Jl. Gn. Kawi I (A-B)	1048	869	1050	0,361	0,280	0,339	60	61	60
i2. Jl. Gn. Kawi I (B-A)	888	756	925	0,262	0,243	0,298	61	62	61
j1. Jalan Lingkar 6-2	1231	1194	1450	0,420	0,385	0,468	58	58	55
j2. Jalan Lingkar 2-6	1018	894	1092	0,305	0,288	0,352	60	61	60
J3. Jalan Lingkar 6-5	550	625	770	0,151	0,201	0,248	62	62	62
J4. Jalan Lingkar 5-6	680	792	967	0,244	0,255	0,312	62	61	61
J5. Jalan Lingkar 5-4	306	469	570	0,098	0,151	0,184	63	63	62
J6. Jalan Lingkar 4-5	291	518	628	0,092	0,167	0,203	63	63	62
J7. Jalan Lingkar 4-3	531	567	694	0,168	0,182	0,224	63	62	62
J8. Jalan Lingkar 3-4	389	377	456	0,129	0,121	0,147	63	63	63
J9. Jalan Lingkar 3-2	281	847	1039	0,094	0,273	0,335	63	61	60
J10. Jalan Lingkar 2-3	276	708	855	0,086	0,228	0,276	63	62	61
k. Jl. Sukoraharjo	339	418	514	0,153	0,188	0,231	51,5	51	50

Nama Jalan	Volume	Volume	Volume	VCR 2024	VCR 2029	VCR 2034	Kecepatan		
	Model 2024 (smp/jam)	Model 2029 (smp/jam)	Model 2034 (smp/jam)				Model 2024 (km/jam)	Model 2029 (km/jam)	Model 2034 (km/jam)
l. Jl. Sumedang	265	321	391	0,117	0,143	0,174	36,5	36	36
m. Jl. H.M Sun'an	339	418	514	0,142	0,175	0,216	30,5	30	30
n. Jl. Mangunrejo	265	321	391	0,117	0,143	0,174	55	55	54,5

Penerapan pembatasan jam Operasional Angkutan Barang untuk perbandingan peningkatan kinerja lalu lintas di Kapanjen after project atau kondisi (*do-something*), terlihat peningkatan pada ruas jalan kordon luar mencapai lebih dari 7% dari nilai nisbah volume per kapasitas. Jika dilihat kecepatan rata-rata perjalanan setelah model skenario manajemen demand di peroleh kecepatan rata-rata perjalanan untuk keseluruhan jaringan jalan di Kapanjen hanya meningkat 1,4 km/jam pada tahun dasar 2024. Pada tahun rencana 2029 dan 2034 rata-rata kecepatan perjalanan jaringan jalan masing-masing meningkat sebesar 1,37 km/jam dan 1,29 km/jam.

Nilai Waktu dan Biaya Perjalanan

Nilai waktu dan biaya perjalanan di pengaruhi oleh beban perjalanan hasil model yang di amati, dimana perjalanan lalu lintas eksternal-eksternal sebagai pengaruh dari perbandingan kinerja sebelum dan setelah di lakukan pengembangan. Nilai waktu yang di hitung dengan metode *income approach* untuk wilayah kajian di lihat berdasarkan rata-rata pendapatan penduduk pada wilayah studi dan wilayah yang terpengaruh akibat adanya pengembangan Jalan Lingkar Luar di Kapanjen. Biasanya jam bekerja dalam 1 hari selama 8 jam, maka jam kerja dalam 1 bulan adalah 160 jam/bulan. Pendapatan penduduk di peroleh dari hasil survei di lapangan, dilihat dari besaran jumlah penduduk yang di survei dan dilakukan proyeksi pertumbuhan penduduk rata-rata 0,45% setiap tahun dan nilai pendapatan berdasarkan faktor pertumbuhan pendapatan wilayah studi sebesar 4,42% setiap tahunnya (BPS Kabupaten Malang, 2023).

Biaya yang di pengaruhi oleh jarak perjalanan sebelum dilakukan pengembangan Jalan Lingkar Luar Kapanjen untuk kondisi *do-nothing* dengan jarak perjalanan yang di tempuh untuk total keluar-masuk Kapanjen sebelum adanya pengembangan jalan lingkar adalah 46,42km. Terdapat beberapa indikator yang di hitung sebagai biaya perjalanan, beberapa hal yang akan di perhitungkan:

1. Biaya waktu perjalanan (journey time)
2. Biaya konsumsi BBM

Waktu perjalanan pada kendaraan merupakan hasil *output* pembebanan perjalanan pada Visum dalam satuan kendaraan per jam. Biaya pada waktu eksisting diklasifikasikan berdasarkan jenis moda. Biaya perjalanan dikelompokkan menjadi 3 jenis moda, yaitu: Kendaraan Pribadi (Motor dan Mobil), angkutan umum (MPU dan Bus Kecil, Bus Sedang, dan Bus Besar) dan angkutan barang (Pick Up dan Truk Kecil, Truck Sedang, dan Truck Besar).

Tabel 8. Hasil analisis nilai biaya BBM kondisi do-nothing.

RUAS JALAN	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM
	TAHUN 2024		TAHUN 2029		TAHUN 2034	
JL. A YANI	Rp677.000.611	Rp. 8.246.448	Rp987.683.385	Rp. 9.995.832	Rp. 1.442.741.157	Rp. 12.034.932
JL. KAWI	Rp759.888.342	Rp. 4.140.760	Rp1.240.698.631	Rp. 5.584.760	Rp. 1.853.841.492	Rp. 6.873.040
JL. SUMEDANG	Rp630.455.425	Rp. 8.392.132	Rp811.925.521	Rp. 8.934.700	Rp. 1.203.882.727	Rp. 10.887.926
JL. SULTAN AGUNG	Rp611.789.209	Rp. 964.194	Rp1.459.989.237	Rp. 1.891.846	Rp. 2.154.876.035	Rp. 2.301.585
JL. SUKORAHARJO	Rp553.363.318	Rp. 7.513.455	Rp779.437.388	Rp. 8.719.290	Rp. 1.149.489.175	Rp. 10.614.255
JL. PANJI	Rp571.554.750	Rp. 2.476.710	Rp869.219.859	Rp. 3.089.400	Rp. 1.285.184.574	Rp. 3.759.180
JL. TRUNOJOYO I	Rp395.103.067	Rp. 1.701.420	Rp566.184.524	Rp. 2.004.750	Rp. 834.908.907	Rp. 2.435.820
JL. JATIKERTO	Rp763.426.385	Rp. 8.267.515	Rp974.820.871	Rp. 8.683.070	Rp. 1.439.159.361	Rp. 10.572.179
JL. GN KAWI II	Rp290.877.223	Rp. 2.074.621	Rp406.130.437	Rp. 2.386.838	Rp. 600.422.869	Rp. 2.908.198
JL. MOJOSARI	Rp1.001.526.124	Rp. 11.211.303	Rp1.208.021.371	Rp. 11.194.291	Rp. 1.784.674.785	Rp. 13.617.325
JL. CURUNGREJO	Rp495.690.106	Rp. 6.043.959	Rp667.612.344	Rp. 6.724.479	Rp. 984.529.656	Rp. 8.189.181
JL. TRUNOJOYO II	Rp441.415.305	Rp. 2.659.860	Rp593.193.426	Rp. 2.946.804	Rp. 875.267.304	Rp. 3.579.366
JL. JENGGOLO	Rp476.265.329	Rp. 6.414.957	Rp631.238.184	Rp. 7.033.281	Rp. 937.102.440	Rp. 8.573.141
JALIBAR	Rp581.156.883	Rp. 7.035.547	Rp735.689.932	Rp. 7.104.010	Rp. 1.102.896.765	Rp. 8.784.355
JL. GN KAWI I	Rp523.840.800	Rp. 1.566.114	Rp642.028.012	Rp. 1.513.864	Rp. 966.356.831	Rp. 1.879.372
TOTAL	Rp 8.773.352.875	Rp. 78.708.995	Rp. 12.573.873.123	Rp. 87.807.215	Rp. 18.615.334.078	Rp. 107.009.855

Tabel 9. Hasil analisis nilai biaya BBM kondisi do-something.

RUAS JALAN	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM
	TAHUN 2024		TAHUN 2029		TAHUN 2034	
JALIBAR 6-2	Rp. 748.023.352	Rp. 9.465.355	Rp. 957.631.193	Rp. 9.988.182	Rp. 1.372.200.046	Rp. 11.845.859
LINGKAR 2-3	Rp. 399.203.090	Rp. 2.857.483	Rp. 811.618.894	Rp. 4.786.305	Rp. 1.221.836.002	Rp. 5.904.210
LINGKAR 3-4	Rp. 539.423.236	Rp. 9.319.178	Rp. 551.139.005	Rp. 7.813.575	Rp. 848.174.456	Rp. 9.816.609
LINGKAR 4-5	Rp. 366.734.088	Rp. 4.175.964	Rp. 563.970.044	Rp. 5.289.628	Rp. 864.290.488	Rp. 6.632.520
LINGKAR 5-6	Rp. 404.427.299	Rp. 5.329.684	Rp. 606.507.104	Rp. 6.688.094	Rp. 868.641.082	Rp. 7.940.681
LINGKAR (JATIKERTO)	Rp. 982.106.352	Rp. 1.948.296	Rp. 1.123.334.281	Rp. 1.833.286	Rp. 1.626.784.741	Rp. 2.195.368

RUAS JALAN	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM
	TAHUN 2024		TAHUN 2029		TAHUN 2034	
LINGKAR (GN KAWI)	Rp. 645.395.142	Rp. 2.011.944	Rp. 702.624.366	Rp. 1.793.858	Rp. 997.225.003	Rp. 2.108.150
JL. JATIKERTO	Rp. 763.426.385	Rp. 6.756.481	Rp. 974.820.871	Rp. 7.096.086	Rp. 1.439.159.361	Rp. 8.639.927
JL. GN KAWI II	Rp. 290.877.223	Rp. 2.074.621	Rp. 406.130.437	Rp. 2.386.838	Rp. 600.422.869	Rp. 2.908.198
JL. MOJOSARI	Rp. 1.001.526.124	Rp. 11.211.303	Rp. 1.208.021.371	Rp. 11.194.291	Rp. 1.784.674.785	Rp. 13.617.325
JL. CURUNGREJO	Rp. 495.690.106	Rp. 6.043.959	Rp. 667.612.344	Rp. 6.724.479	Rp. 984.529.656	Rp. 8.189.181
JL. TRUNOJOYO II	Rp. 441.415.305	Rp. 2.659.860	Rp. 593.193.426	Rp. 2.946.804	Rp. 875.267.304	Rp. 3.579.366
JL. JENGGOLO	Rp. 476.265.329	Rp. 6.414.957	Rp. 631.238.184	Rp. 7.033.281	Rp. 937.102.440	Rp. 8.573.141
TOTAL	Rp. 7.554.513.032	Rp. 70.269.085	Rp. 9.797.841.520	Rp. 75.574.705	Rp. 14.420.308.233	Rp. 91.950.535

Tabel 10. Hasil analisis nilai biaya BBM kondisi do-something + pembatasan jam operasional angkutan barang.

RUAS JALAN	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM	Nilai Biaya Waktu Perjalanan per Jam (Rp)	TOTAL BIAYA BBM/JAM
	TAHUN 2024		TAHUN 2029		TAHUN 2034	
JALIBAR 6-2	Rp. 746.776.429	Rp. 9.300.190	Rp. 956.329.791	Rp. 9.846.170	Rp. 1.370.259.738	Rp. 11.671.432
LINGKAR 2-3	Rp. 398.981.674	Rp. 2.841.139	Rp. 810.982.339	Rp. 4.747.596	Rp. 1.220.908.775	Rp. 5.857.760
LINGKAR 3-4	Rp. 539.131.899	Rp. 9.267.753	Rp. 550.757.072	Rp. 7.758.036	Rp. 847.624.988	Rp. 9.750.785
LINGKAR 4-5	Rp. 366.570.940	Rp. 4.157.066	Rp. 563.644.694	Rp. 5.258.583	Rp. 863.706.679	Rp. 6.586.627
LINGKAR 5-6	Rp. 404.054.387	Rp. 5.278.875	Rp. 605.927.131	Rp. 6.622.994	Rp. 867.610.830	Rp. 7.845.413
LINGKAR (JATIKERTO)	Rp. 980.696.281	Rp. 1.919.498	Rp. 1.121.834.840	Rp. 1.808.058	Rp. 1.624.638.383	Rp. 2.165.618
LINGKAR (GN KAWI)	Rp. 644.171.526	Rp. 1.972.674	Rp. 701.379.547	Rp. 1.760.946	Rp. 995.301.866	Rp. 2.066.262
JL. JATIKERTO	Rp. 761.946.393	Rp. 6.621.327	Rp. 973.250.702	Rp. 6.977.959	Rp. 1.436.772.611	Rp. 8.492.003
JL. GN KAWI II	Rp. 290.620.846	Rp. 2.055.622	Rp. 405.805.087	Rp. 2.366.975	Rp. 599.890.572	Rp. 2.881.427
JL. MOJOSARI	Rp. 999.871.330	Rp. 11.014.804	Rp. 1.206.437.056	Rp. 11.039.305	Rp. 1.782.356.719	Rp. 13.430.512
JL. CURUNGREJO	Rp. 495.305.541	Rp. 5.995.938	Rp. 667.117.245	Rp. 6.673.547	Rp. 983.756.967	Rp. 8.123.697
JL. TRUNOJOYO II	Rp. 440.937.512	Rp. 2.630.586	Rp. 592.599.308	Rp. 2.916.816	Rp. 874.288.565	Rp. 3.538.668
JL. JENGGOLO	Rp. 475.810.843	Rp. 6.351.839	Rp. 630.658.212	Rp. 6.966.926	Rp. 936.209.555	Rp. 8.488.984
TOTAL	Rp. 7.544.875.602	Rp. 69.407.311	Rp. 9.786.723.025	Rp. 74.743.912	Rp. 14.403.326.246	Rp. 90.899.187

Summary

Dari seluruh analisis yang telah dilakukan, maka dapat di buat rekap hasil perbandingan antara *do-nothing* dan *do-something* serta kondisi *do-something* + pembatasan jam Operasional Angkutan Barang untuk melihat efisiensi dan seberapa efektif dan efisien dari parameter perbandingan peningkatan kinerja jaringan jalan dan perubahan waktu biaya perjalanan yang di hasilkan.

Tabel 11. Perbandingan kinerja jaringan jalan before vs after project.

KINERJA JARINGAN JALAN	TAHUN	KECEPATAN RATA-RATA (KM/JAM)	VCR (RUAS BERMASALAH)	TINGKAT PELAYANAN
KONDISI DO-NOTHING	TAHUN 2024	33,45	0,77	D
	TAHUN 2029	31,15	0,85	E
	TAHUN 2034	27,4	1,00	F
KONDISI DO-SOMETHING	TAHUN 2024	46,3	0,383	B
	TAHUN 2029	46	0,314	B
	TAHUN 2034	44,34	0,380	B
REMARK (AFTER)	TAHUN 2024	27,75%	50,25%	↑
	TAHUN 2029	32,28%	63,05%	↑
	TAHUN 2034	38,20%	62,00%	↑

Tabel 12. Perbandingan biaya perjalanan before vs after project.

BIAYA PERJALANAN	TAHUN	WAKTU PERJALANAN PER JAM	KONSUMSI BBM PER JAM
KONDISI DO-NOTHING	TAHUN 2024	Rp. 8.773.352.875	Rp. 78.708.995
	TAHUN 2029	Rp. 12.573.873.123	Rp. 87.807.215
	TAHUN 2034	Rp. 18.615.334.078	Rp. 107.009.855
KONDISI DO-SOMETHING	TAHUN 2024	Rp. 7.554.513.032	Rp. 70.269.085
	TAHUN 2029	Rp. 9.797.841.520	Rp. 75.574.705
	TAHUN 2034	Rp. 14.420.308.233	Rp. 91.950.535
REMARK (AFTER)	TAHUN 2024	13,89%	10,72%
	TAHUN 2029	22,08%	13,93%
	TAHUN 2034	22,54%	14,07%

Tabel 13. Perbandingan kinerja jaringan jalan after project vs skenario pembatasan jam operasional angkutan barang.

KINERJA JARINGAN JALAN	TAHUN	KECEPATAN RATA-RATA (KM/JAM)	VCR (RUAS BERMASALAH)
KONDISI DO-SOMETHING	TAHUN 2024	46,3	0,383
	TAHUN 2029	46	0,314
	TAHUN 2034	44,34	0,38
KONDISI DO-SOMETHING + PEMBATAAN ANGKUTAN BARANG	TAHUN 2024	47,7	0,375
	TAHUN 2029	47,37	0,308
	TAHUN 2034	45,73	0,374
REMARK (AFTER)	TAHUN 2024	2,94%	2,09%
	TAHUN 2029	2,89%	1,80%

KINERJA JARINGAN JALAN	TAHUN	KECEPATAN RATA-RATA (KM/JAM)	VCR (RUAS BERMASALAH)
	TAHUN 2034	3,04%	1,63%

Tabel 14. Perbandingan biaya perjalanan after project vs skenario pembatasan jam Operasional Angkutan Barang..

BIAYA PERJALANAN	TAHUN	WAKTU PERJALANAN PER JAM	KONSUMSI BBM PER JAM
KONDISI <i>DO-SOMETHING</i>	TAHUN 2024	Rp. 7.554.513.032	Rp. 70.269.085
	TAHUN 2029	Rp. 9.797.841.520	Rp. 75.574.705
	TAHUN 2034	Rp. 14.420.308.233	Rp. 91.950.535
KONDISI <i>DO-SOMETHING</i> + PEMBATASAN ANGKUTAN BARANG	TAHUN 2024	Rp. 7.544.875.602	Rp. 69.407.311
	TAHUN 2029	Rp. 9.786.723.025	Rp. 74.743.912
	TAHUN 2034	Rp. 14.403.326.246	Rp. 90.899.187
<i>REMARK (AFTER)</i>	TAHUN 2024	0,13%	1,23%
	TAHUN 2029	0,11%	1,10%
	TAHUN 2034	0,12%	1,14%

Perbandingan kinerja jaringan jalan sebelum dan setelah di lakukan pengembangan Jalan Lingkar Luar serta perbandingan dengan pemberlakuan skenario pembatasan jam Operasional Angkutan Barang di ruas kordon luar, VCR bermasalah merupakan ruas jalan A. Yani II dimana ruas jalan (zona CBD) ini paling terdampak sebelum dan setelah dilakukan pengembangan Jalan Lingkar Luar. Peningkatan dan perubahan yang signifikan untuk kinerja jaringan jalan secara keseluruhan pada pengembangan Jalan Lingkar Luar (*do-something*) dengan perubahan peningkatan VCR mencapai 63% dengan peningkatan kecepatan rata-rata kendaraan pada jaringan jalan mencapai 35% serta perubahan Tingkat Pelayanan jaringan jalan menjadi *LoS* B baik pada tahun dasar maupun pada tahun rencana. Hal ini sangat memberikan dampak baik karena berhasil mempertahankan Tingkat Pelayanan jaringan jalan hingga 10 tahun kedepan. Pada biaya perjalanan dapat dilihat adanya penurunan biaya perjalanan dengan meningkatnya efisiensi pada waktu perjalanan mencapai 13%-20% dan untuk biaya konsumsi BBM meningkat 10%-15%. Dengan adanya perubahan peningkatan kinerja jaringan jalan dan biaya perjalanan maka efisiensi dan efektifitas *do-something* sangat baik di terapkan di Kepanjen hingga tahun rencana.

Untuk model skenario tambahan dengan strategi penerapan pembatasan jam Operasional Angkutan Barang di ruas kordon luar memberikan yang rendah baik VCR dan kecepatan rata-rata perjalanan kendaraan, mencapai 2%. Sementara efisiensi biaya perjalanan, meningkat sebesar 0,13% dan penurunan biaya konsumsi BBM hanya 1,23%. Perubahan ini tidak sebaik dengan pengembangan Jalan Lingkar Luar, artinya penerapan pembatasan jam Operasional Angkutan Barang belum efektif sebagai strategi optimalisasi kinerja jaringan jalan after project (*do-something*).

KESIMPULAN

1. Kinerja jaringan jalan di Kepanjen berdasarkan kecepatan perjalanan rata-rata kendaraan adalah 38,38 km/jam, diperoleh ruas zona CBD paling bermasalah dengan VCR 0,77 dengan Tingkat Pelayanan (*LoS*) D. Namun masih rendahnya volume kendaraan pada ruas Jalan Lingkar Barat (Jalibar), dimana ruas ini

memiliki VCR 0,25 dengan kecepatan rata-rata perjalanan 67 km/jam pada ruas dan di peroleh Tingkat Pelayanan (*LoS*) A.

2. Hasil MAT lalu lintas pada tahun dasar 2024, diperoleh total pergerakan 8.177 smp/jam, dimana pergerakan paling besar ada pada zona 1 (CBD) Kepanjen dengan total bangkitan 1.554 smp/jam dan total tarikan 1.452 smp/jam. Sementara pergerakan eksternal-eksternal dengan jumlah pergerakan terbesar adalah zona 7 dengan bangkitan 1.058 smp/jam dan tarikan 1.056 smp/jam serta zona 9 dengan bangkitan 1.055 smp/jam dan tarikan 1.093 smp/jam. Pada tahun rencana di peroleh sebaran pergerakan dengan pola yang sama, memiliki persentase MAT sebaran pada zona 1 mencapai 19%, sebaran zona 7 mencapai 13% dan zona 9 mencapai 13% dari total 9.949 smp/jam untuk tahun rencana 2029 dan 12.104 smp/jam untuk tahun 2034.
3. Berdasarkan hasil pembebanan perjalanan, diperoleh peningkatan kondisi tahun dasar 2024 dengan model *do-something* dengan meningkatnya VCR pada ruas bermasalah mencapai 63% serta peningkatan kecepatan perjalanan pada jaringan mencapai 35% baik untuk tahun dasar 2024 dan tahun rencana 2029 dan 2034. Untuk Tingkat Pelayanan hasil pembebanan perjalanan di peroleh peningkatan hamper seluruh ruas jalan di Kepanjen dengan Tingkat Pelayanan (*LoS*) B yang tetap hingga ke tahun rencana di bandingkan kondisi *do-nothing* dengan Tingkat Pelayanan (*LoS*) D pada tahun 2024 *LoS* E untuk tahun 2029 dan *LoS* E untuk tahun 2034.
4. Peningkatan kinerja jaringan jalan dengan penerapan strategi pembatasan jam Operasional Angkutan Barang, diperoleh hasil persentase peningkatan berdasarkan VCR pada ruas yang bermasalah 2,09% pada tahun dasar 2024, 1,80% untuk tahun rencana 2029, dan 1,63% untuk tahun rencana 2034. Sedangkan persentase peningkatan kinerja jaringan jalan berdasarkan kecepatan rata-rata perjalanan (km/jam) kendaraan 2,93% untuk tahun dasar 2024, 2,89% untuk tahun rencana 2029, dan 3,03% untuk tahun rencana 2034.
5. Nilai biaya perjalanan untuk model *do-something* yang diperoleh penurunan biaya perjalanan dengan meningkatnya efisiensi pada waktu perjalanan mencapai 13%-20% dan untuk biaya konsumsi BBM meningkat 10%-15%. Sementara kondisi model *do-something* + pembatasan jam Operasional Angkutan Barang kordon luar hanya meningkatkan efisiensi waktu perjalanan mencapai 0,13% dan untuk biaya konsumsi BBM meningkat 1,23%.

SARAN/REKOMENDASI

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji terkait biaya pembangunan Jalan Lingkar Luar Kepanjen dan penentuan titik trase jaringan jalan yang lebih baik.
2. Skenario Manajemen Rekayasa Lalu Lintas dengan strategi pembatasan jam Operasional Angkutan Barang pada kordon luar Kepanjen tidak perlu di terapkan, karena hanya memberikan hasil 3% - 4% untuk

peningkatan kinerja jaringan jalan di Kepanjen dan penurunan efisiensi waktu perjalanan hanya memberikan dampak dan konsumsi BBM hanya memberikan pengaruh 1,23% setelah dilakukan pengembangan Jalan Lingkar Luar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didukung oleh Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat, Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD, Bekasi, Indonesia, dan Dinas Perhubungan Kabupaten Malang serta Organisasi Perangkat Daerah yang telah membantu dalam proses pengumpulan data penelitian.

REFERENCES

- Adriyani, E., & Sumabrata, J. (2016). Analisis Tingkat Pelayanan (Level of Service) Pada Jalan Lingkar Universitas Indonesia Dengan Metode M_{kj} 1997, H_{cm} 2000 Dan H_{cm} 2010. *Proceedings of The 19th Symposium of FSTPT*, 800(October), 1436–1444.
- Alamsyah, A. A. (2008). Rekayasa Lalu Lintas. In *UPT Penerbitan Universitas Muhammadiyah Malang* (Revisi). UMM Press.
- BPS Kabupaten Malang. (2023). *Kabupaten malang dalam angka*.
- Bs, R. Q., Isya, M., & Saleh, S. M. (2017). Kajian Manfaat Pembangunan Jalan Lingkarkota Lhokseumawe(Studi Kasus Jalan Lingkarkota Lhokseumawe). *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 461–474.
- Bulgis, R., & Buana, C. (2019). Studi Kelayakan Pembangunan Jalan Lingkar Barat-Tanggulangin Ditinjau dari Segi Ekonomi. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 135–140. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.48008>
- Pemerintah Daerah Kabupaten Malang*, 1 (2014) (testimony of Bupati Malang).
- Darmadi, D. P. W., Hermawan, I. M. A., & Cahyono, U. (2021). Pengaruh Pembangunan Jalan Lingkar (Jalan Sudirman – Prof. Hamka) Terhadap Kinerja Jaringan Jalan Di Kabupaten Pasaman Barat. *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat*, 9(1), 93–101. <https://doi.org/10.55511/jpsttd.v9i2.540>
- Dwiyanti Pane, U. (2020). Analisis Dampak Lalu Lintas (Andalalin) di Kawasan Gedung Kampus Universitas Prima Indonesia Traffic Impact Analysis (Andalalin) in the Campus Building Area of Prima Indonesia University. *Jcebt*, 4(2), 42–51. <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>
- Fi, D., Himah, A., Waloejo, B. S., & Firdausiyah, N. (2023). Pengaruh tarikan guna lahan terhadap kinerja jalan di kecamatan kepanjen. *Planning for Urban Region and Environment Volume*, 12(2), 33–44.
- Ghiffary, M. Al, Raharjo, E. P., & Purnama, S. (2020). JALAN LINGKAR LUAR BARAT KOTA SURABAYA. *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi Ke-23 Institut Teknologi Sumatera (ITERA)*, 677–686.
- HCM. (2000). Highway Capacity Manual. In N. R. Council (Ed.), *National Research Council, Washington, DC* (Issue May 2001). Transportation Research Board.
- Junoasmono, T., Umboh, B. S. C., Gultom, H. S. A., & Sutandi, A. C. (2019). Kajian Pengembangan Jaringan

- Jalan Nasional Provinsi Sulawesi Utara dan Gorontalo. *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi Ke-22 Universitas Halu Oleo, November, 255–264.*
- Kementerian PUPR, 1 (2022) (testimony of Kementerian PUPR & Direktorat Jenderal Bina Marga).
- Mastika, C., Bahar, T., & Nirmalawati. (2018). ANALISIS MANFAAT EKONOMI DAN LALU LINTAS TERHADAP PEMBANGUNAN JALAN LINGKAR LUAR KOTA PALU (JLLKP). *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi Ke-21 Universitas Brawijaya, 1625–1639.*
- Negara, I. C., & Prabowo, A. (2018). Penggunaan Uji Chi-Square untuk Mengetahui Pengaruh Tingkat Pendidikan dan Umur terhadap Pengetahuan Penasun Mengenai HIV–AIDS di Provinsi DKI Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Terapannya 2018, 15 September, 1–8.*
- Niken Hendra, Y. R. (2017). Evaluasi Rencana Pembangunan Jalan Lingkar Di Kota Banda Aceh. *Jurnal HPJI Vol., 3(1), 37–46.*
- Pandika, E., Djakfar, L., & Surjono. (2015). Pengaruh perubahan guna lahan terhadap penyediaan jaringan jalan di kota kepanjen. *JURNAL REKAYASA SIPIL, 9(2), 129–140.*
- PKJI. (2023). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. In *Direktorat Jendral Bina Marga.*
- Prasetyanto, D. (2019). *Rekayasa Lalu Lintas dan Keselamatan Jalan* (Pertama, Issue september 2016). Itenas.
- Priyambodo. (2017). Kondisi dan prediksi kepadatan lalu lintas di kabupaten malang. *Jurnal Transportasi Multimoda, 15(2), 123–134.*
- Pusparini, A. S., & Putri, S. N. (2016). PENATAAN LALU LINTAS ANGKUTAN BARANG DI KOTA BANJARBARU. *FSTPT Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi, October, 1305–1313.*
- Sabda, P. A., & Suraharta, I. M. (2016). Peningkatan Aksesibilitas Dengan Transport Planning Method. *FSTPT Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi Proceedings, October, 364–373.*
- Septiana, T., Bahar, T., & Patunrangi, J. (2019). ANALISIS MANFAAT PENGOPERASIAN JALAN LINGKAR TERHADAP KINERJA LALU LINTAS DAN PENGHEMATAN BIAYA PENGGUNA RUAS JALAN NASIONAL DALAM KOTA PARIGI Article. *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi Ke-22 Universitas Halu Oleo, November 2019, 1–10.*
- Sumaryoto. (2011). Dampak Keberadaan Jalan Lingkar (Ring Road) Terhadap Perkembangan Lingkungannya. *Journal of Rural and Development, 11(1), 9–17.*
- Suweda, I. W. (2018). ANALISIS PEMBEBANAN LALU LINTAS PADA PERENCANAAN JALAN-JALAN Studi Kasus : Jalan Lingkar Barat-Selatan Nusa Penida , Bali. *Jurnal Spektran, 6(1), 7–17.*
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi* (KMKO Sipil Unhas (ed.); Kedua). ITB.
- Wahyuni Wahab, Leo Sentosa, M. S. (2015). Volume Lalu Lintas Dimasa Mendatang Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata. *Jom Fteknik, 2(1), 1–12.*
- Warpani, S. (1993). Rekayasa Lalu Lintas. In S. Warpani (Ed.), *BHRATARA* (Ketiga, Vol. 53, Issue 9). PENERBIT BHRATARA.