

Analisis Kinerja Ruas Jalan Akibat Peningkatan Jumlah Wisatawan dan Lalu Lintas Menuju Kabupaten Gunung Kidul

*Emil Padila¹, Zia Felina², Umar Abdul Aziz³, Revin Fazar Saputra⁴, Ardystia Maha Sari⁵

¹Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala, Jl. Dinoyo Surabaya, Indonesia

^{1,3,4,5}Sekolah Tinggi Maritim Yogyakarta, Jl. Magelang KM 4.4, Yogyakarta, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Darul Ma'rif, Kabupaten Indramayu, Indonesia

*) Email: emilpadila@gmail.com

Abstrak

Peningkatan jumlah wisatawan menuju Kabupaten Gunungkidul dalam beberapa tahun terakhir berdampak pada lonjakan volume lalu lintas di ruas utama akses Yogyakarta–Wonosari, yang berpotensi menurunkan kinerja jaringan jalan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja ruas jalan akibat peningkatan permintaan perjalanan wisatawan serta mengevaluasi alternatif skenario penanganannya. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak TFTP dengan pendekatan metode pembebanan lalu lintas *All-or-Nothing* dan *equilibrium*. Dua skenario diuji, yaitu pembangunan terowongan yang menghubungkan node 7–3 dan peningkatan kapasitas melalui pelebaran jalan pada ruas 73–15–7–89–3. Hasil analisis menunjukkan bahwa skenario terowongan menghasilkan nilai V/C ratio sebesar 0,98 (AON) dan 0,89 (equilibrium), namun menimbulkan permasalahan pada pintu keluar/masuk terowongan dengan nilai VCR tinggi mencapai 2,19. Sebaliknya, skenario pelebaran jalan menunjukkan kinerja lebih baik dengan nilai VCR pada ruas utama sebesar 1,04; 1,04; 0,92; dan 0,46 (AON) serta 0,93; 0,97; 0,86; dan 0,50 (equilibrium). Rata-rata penurunan VCR terhadap kondisi eksisting mencapai 0,19, yang menandakan perbaikan signifikan dalam kapasitas layanan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pelebaran jalan lebih efektif dibandingkan pembangunan terowongan dalam mereduksi kemacetan dan meningkatkan kinerja ruas. Implikasi praktis dari temuan ini adalah perlunya prioritas kebijakan peningkatan kapasitas jaringan jalan utama Yogyakarta–Gunungkidul, disertai manajemen lalu lintas yang adaptif untuk mendukung pengembangan pariwisata berkelanjutan.

Kata Kunci: Kinerja ruas jalan, Pemodelan transportasi, wisatawan, TFTP, Pelebaran jalan, Gunung Kidul

Abstract

The rapid growth of tourist arrivals to Gunungkidul Regency in recent years has led to a significant increase in traffic volume along the main Yogyakarta–Wonosari corridor, which potentially degrades road network performance. This study aims to analyze the operational performance of the corridor under increasing tourist travel demand and to evaluate alternative improvement scenarios. Traffic modeling was conducted using the TFTP software with All-or-Nothing and equilibrium assignment methods. Two scenarios were assessed: (1) the construction of a tunnel connecting node 7–3, and (2) Capacity expansion through road widening along segments 73–15–7–89–3. The results show that the tunnel scenario produced V/C ratios of 0.98 (AON) and 0.89 (equilibrium), but generated critical bottlenecks at tunnel entrances/exits with VCR values reaching 2.19. Conversely, the road widening scenario demonstrated better performance, with VCR values of 1.04; 1.04; 0.92; and 0.46 (AON) and 0.93; 0.97; 0.86; and 0.50 (equilibrium). The average VCR reduction compared to the baseline was 0.19, indicating significant service Capacity improvement. The study concludes that road widening is more effective than tunnel construction in mitigating congestion and improving corridor performance. The practical implication is that transportation policies should prioritize strategic road Capacity expansion on the Yogyakarta–Gunungkidul corridor, complemented by adaptive traffic management, to support sustainable tourism development.

Keyword: Road performance, Transport modeling, Tourism, TFTP, Road widening, Gunung Kidul

PENDAHULUAN

Dalam satu dekade terakhir, destinasi wisata di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) mengalami pertumbuhan kunjungan yang signifikan, termasuk koridor menuju Kabupaten Gunungkidul yang dikenal dengan lanskap karst, pantai selatan, serta wisata minat khusus gua dan desa wisata. Kenaikan kunjungan pada akhir pekan, musim libur, dan event khusus memunculkan pola puncak lalu lintas nonkonvensional yang menekan kinerja ruas akses, tercermin pada meningkatnya derajat kejenuhan, penurunan kecepatan operasional, dan bertambahnya tundaan terutama di segmen mendekati simpang kunci dan akses destinasi. Bukti dari kajian jejaring jalan di DIY menunjukkan perubahan struktur jaringan dapat mengubah rasio V/C pada ruas utama, sehingga perencanaan jaringan harus dipadukan dengan rekayasa operasional pada akses menuju destinasi (Romadhona, 2020).

Dari perspektif rekayasa lalu lintas, kinerja ruas jalan di kawasan wisata dipengaruhi oleh friksi samping, campuran arus, dan perubahan pola perjalanan pada puncak kunjungan. Bukti dari kawasan wisata lain di Indonesia memperlihatkan bahwa friksi samping secara signifikan menurunkan kecepatan dan kapasitas efektif, terutama pada arus campuran sepeda motor dan kendaraan ringan. (Priyantha Wedagama et al., 2022) Parkir di tepi jalan dan aktivitas naik-turun penumpang memperburuk *Level of Service*, yang pada beberapa kasus memerlukan intervensi pemodelan mikrosimulasi untuk merancang fasilitas integrasi dan skenario penataan ulang layanan angkutan lanjutan (Wahyunanda et al., 2021).

Konteks regional DIY-Jateng juga berubah dengan berkembangnya koridor akses wisata lintas-kabupaten yang terhubung bandara dan ikon destinasi. Perancangan jaringan angkutan wisata yang efisien dari simpul-simpul transportasi besar menuju kawasan heritage menyoroti pentingnya perencanaan spasial titik POI dan strategi manajemen perjalanan untuk meredam lonjakan beban pada ruas-ruas kunci. Di sisi lain, pengembangan atraksi baru dan event berskala besar terbukti memicu lonjakan lalu lintas temporal yang menuntut kebijakan manajemen permintaan, pengaturan lalu lintas khusus event, dan koordinasi multi-pemangku kepentingan (Suyoto et al., 2022).

Penelitian sebelumnya telah membahas hubungan antara pertumbuhan wisatawan dan kinerja jalan, namun sebagian besar studi tersebut lebih fokus pada aspek ekonomi atau sosial, dengan keterbatasan pada pendekatan kuantitatif berbasis pemodelan lalu lintas makroskopik. Arkan (2025), misalnya, meneliti dampak pertumbuhan pariwisata terhadap perkerasan jalan di Kabupaten Gunungkidul namun belum mengkaji keterkaitan antara bangkitan perjalanan wisatawan dan performa jaringan jalan secara spasial. Selain itu, pendekatan seperti equilibrium assignment dalam pemodelan transportasi belum banyak digunakan secara empiris untuk destinasi pariwisata regional.

Berbagai pedoman teknis dan pendekatan analitis, seperti manual kapasitas jalan serta metodologi pemodelan lalu lintas, menyediakan kerangka untuk mengevaluasi kinerja ruas jalan melalui indikator utama seperti volume-kapasitas, kecepatan rata-rata, tundaan, dan tingkat pelayanan. Pada konteks destinasi wisata,

evaluasi perlu memasukkan karakteristik perjalanan yang khas, antara lain variasi musiman dan harian, konsentrasi perjalanan pada jam puncak non-konvensional, komposisi jenis kendaraan yang beragam, serta keterbatasan ruang parkir yang dapat menimbulkan perlambatan tambahan. Selain itu, integrasi data pariwisata seperti jumlah kunjungan, kalender acara, dan pola permintaan akomodasi dapat meningkatkan akurasi proyeksi lalu lintas dan skenario intervensi (Kariyana et al., 2024)

Dengan latar tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja ruas jalan yang terdampak peningkatan perjalanan wisata serta lalu lintas pendukungnya, mengidentifikasi faktor-faktor kunci penyebab penurunan kinerja, dan mengevaluasi alternatif penanganan mulai dari peningkatan kapasitas fisik hingga manajemen permintaan. Hasil kajian diharapkan memberikan rekomendasi kebijakan yang aplikatif bagi pemangku kepentingan untuk meningkatkan kelancaran, keselamatan, dan kualitas layanan pada koridor menuju destinasi wisata, sekaligus menjaga keberlanjutan sosial-ekologis kawasan.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Ruas Jalan Utama menuju Gunung Kidul)

Penelitian ini dirancang dengan pendekatan kuantitatif dan bersifat deskriptif-analitis yang bertujuan untuk memahami dampak peningkatan jumlah wisatawan terhadap kinerja ruas jalan utama menuju Kabupaten Gunung Kidul. Dalam hal ini, pemodelan transportasi menjadi alat utama analisis, di mana pendekatan empat tahap (*Four-Step Transportation Model*) digunakan untuk menggambarkan dinamika pergerakan lalu lintas secara makroskopik. Empat tahap tersebut mencakup bangkitan perjalanan, distribusi perjalanan, pemilihan moda, dan pembebanan jaringan jalan. Pendekatan ini telah terbukti efektif untuk meramalkan volume lalu lintas berdasarkan pertumbuhan aktivitas manusia, termasuk sektor pariwisata, sebagaimana didukung dalam studi oleh Wasanta et al. (2025) mengenai pengembangan jaringan jalan berbasis pemodelan makro. (Wasanta et al., 2025)

Wilayah studi difokuskan pada koridor penghubung antara Kota Yogyakarta dan Kabupaten Gunung Kidul, yang menjadi akses utama menuju berbagai destinasi wisata unggulan seperti Pantai Indrayanti, Pantai Baron, Goa

Pindul, dan kawasan Gunung Api Purba. Dalam studi ini, enam ruas utama dipetakan dan dianalisis berdasarkan volume lalu lintas yang ditimbulkan oleh peningkatan jumlah wisatawan. Analisis dilakukan baik untuk kondisi eksisting tahun 2023 maupun untuk proyeksi kondisi pada tahun 2030. Proyeksi tahun rencana digunakan untuk menggambarkan skenario beban jaringan yang lebih kompleks di masa depan jika tidak ada intervensi peningkatan infrastruktur.

Data yang digunakan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui survei asal-tujuan (*origin-destination survey*) dan survei volume lalu lintas. Survei OD dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada pengguna jalan pada titik-titik keluar-masuk kawasan wisata, sedangkan survei volume dilakukan melalui metode manual counting. Sementara itu, data sekunder mencakup matriks asal-tujuan (MAT) DIY tahun dasar, data jumlah wisatawan domestik periode 2016–2019, data kapasitas jalan dan peta jaringan jalan arteri, yang diperoleh dari Dinas Perhubungan dan Dinas Pariwisata DIY. Data ini dipakai sebagai input untuk membangun model lalu lintas berbasis jaringan jalan.

Selanjutnya, seluruh data dianalisis menggunakan perangkat lunak Transport Planning Forecasting Tool (TFTP). Software ini dipilih karena kompatibel untuk analisis makroskopik berbasis matriks OD dan simulasi beban lalu lintas pada jaringan jalan arteri. TFTP mendukung dua metode pembebanan lalu lintas, yaitu metode *All-or-Nothing Assignment* dan *User Equilibrium Assignment*. Metode *All-or-Nothing* digunakan untuk simulasi awal dengan asumsi semua pengguna memilih jalur tercepat, sedangkan *User Equilibrium* digunakan untuk simulasi realistis di mana pengguna jalan menyebar secara optimal untuk meminimalkan waktu tempuh secara kolektif. Pendekatan ini juga digunakan dalam penelitian Widyasari (2020) tentang estimasi kinerja jaringan jalan perkotaan di Surakarta (Nim, 2020)

Pemodelan dilakukan dalam dua tahap besar, yaitu kondisi eksisting tahun 2023 dan kondisi forecast tahun 2030. Data jumlah wisatawan tahun 2030 diproyeksikan menggunakan metode pertumbuhan eksponensial berdasarkan tren historis. Proyeksi ini kemudian digunakan untuk memperkirakan jumlah kendaraan wisatawan yang akan melintasi ruas jalan utama. Hasil simulasi tahun 2030 menjadi dasar untuk mengevaluasi apakah kapasitas jaringan eksisting cukup menampung lonjakan volume lalu lintas. Apabila terjadi kepadatan ekstrem, skenario intervensi infrastruktur akan disimulasikan dalam model.

Skenario intervensi yang diuji meliputi dua alternatif utama, yaitu pertama, pelebaran jalan Piyungan–Patuk menjadi empat lajur; kedua, pembangunan terowongan dari Patuk ke Gading sebagai jalur alternatif pengurai kepadatan.

Kedua skenario ini dimodelkan ulang menggunakan TFTP, dan output-nya dibandingkan terhadap hasil simulasi baseline 2030. Evaluasi dilakukan dengan melihat perubahan nilai rasio volume terhadap kapasitas (V/C ratio) pada ruas-ruas kunci dan persebaran beban lalu lintas dalam peta jaringan.

Evaluasi kinerja ruas jalan dalam model dilakukan berdasarkan indikator V/C dan *Level of Service* (LOS), sebagaimana diatur dalam pedoman Direktorat Bina Marga.

Model yang dihasilkan dikalibrasi dengan mencocokkan hasil simulasi dengan data survei eksisting menggunakan pendekatan perbandingan visual dan analisis simpangan. Bila terjadi deviasi signifikan, dilakukan penyesuaian matriks OD atau fungsi impedance dalam jaringan. Pendekatan ini memungkinkan pengujian sensitivitas intervensi terhadap berbagai skenario pertumbuhan dan perencanaan jangka panjang.

Untuk mendukung replikasi penelitian, seluruh tahapan analisis, asumsi, parameter jaringan, dan data input dicatat secara sistematis. Diagram alur metodologi penelitian juga disusun untuk memperjelas langkah kerja dari awal hingga akhir, mencakup input data, proses simulasi, evaluasi kemacetan, dan pengujian skenario solusi. Model ini dapat dengan mudah diadopsi oleh peneliti atau perencana transportasi di daerah lain yang menghadapi permasalahan serupa, seperti peningkatan beban jaringan jalan akibat pariwisata.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini bukan hanya memberikan analisis teknis kinerja jalan, tetapi juga berkontribusi dalam menyusun rekomendasi kebijakan berbasis data dan model. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan dalam merumuskan strategi pembangunan infrastruktur transportasi yang responsif terhadap dinamika pariwisata, sekaligus memperkuat kapasitas jaringan jalan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan di daerah destinasi wisata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksisting

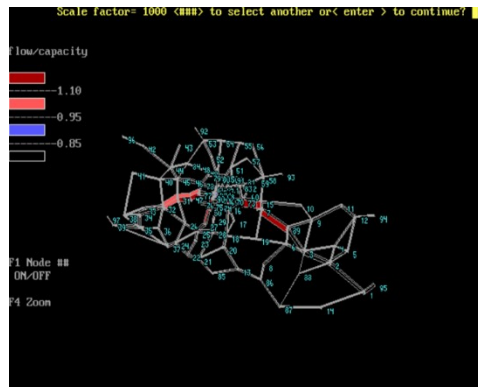
Kondisi Pembebanan Jalan Eksisting 2023 *All-or-Nothing*

Dalam hal ini, penelitian harus dilakukan tentang analisis pilihan rute transportasi untuk mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi pilihan perjalanan orang. Ini dilakukan dengan menggunakan metode All Or Nothing, yang menganggap bahwa seluruh pengendara akan memilih rute tercepat dan meminimalkan biaya perjalanan, sehingga seluruh pengendara melalui rute yang sama (Manalu et al., 2023).

Model batasan kapasitas menggunakan metode pembebanan bertahap. Metode ini memilih rute terbaik dengan mempertimbangkan waktu tempuh, kemacetan, dan biaya perjalanan (Kresnanto, Janabadra, and Ofyar, 2017). Dengan menggunakan faktor proporsional, total Matriks – Asal – Tujuan (MAT) dibagi menjadi beberapa bagian. Setiap bagian dari Matriks – Asal – Tujuan (MAT) dibebankan secara bertahap ke jaringan jalan. Artinya, biaya yang dihasilkan oleh arus yang dihasilkan sebelumnya digunakan untuk menghitung semua jaringan yang dibebani. Metode ini bergantung pada hubungan matematis antara arus dan biaya perjalanan untuk setiap pembebanan. Sampai semua Matriks—Asal—Tujuan dimasukkan, prosedur diulang. (Pratama et al., 2024).

Metode *All-or-Nothing* berasumsi bahwa proporsi pengendara yang memilih rute terbaik hanya tergantung pada pendapat pribadi, karakteristik fisik setiap ruas jalan yang akan dilaluinya, dan tidak tergantung pada tingkat kemacetan. Dalam model yang paling sederhana untuk pemilihan rute, dianggap bahwa setiap pengendara berusaha meminimalkan biaya perjalanannya, tergantung pada karakteristik jaringan jalan dan asumsi pengendara. Metode ini menganggap bahwa semua perjalanan dari zona asal i ke zona asal tujuan d akan mengikuti rute tercepat. (Suhendro & Sulistyorini, 2011)

Hasil visualisasi analisis metode pembebanan jaringan jalan metode *all or nothing* dengan pada program TFTP dapat dilihat pada Gambar 2. sebagai berikut.



Gambar 2. Pembebanan Ruas Jalan DIY Metode *All-or-Nothing* Tahun 2023

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa rute keluar kota (*node* 73-15-7-89) merupakan ruas jalan favorit dari Kota Jogja menuju Kabupaten Gunungkidul. Ruas tersebut secara berurutan adalah Yogyakarta-Piyungan, Piyungan-Batas Kabupaten Gunungkidul, Batas Kab. Gunungkidul-Gading, dan Gading-Gledak. Hasil analisis mendetail dapat dilihat pada Tabel 3. sebagai berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi

From	To	Nama Ruas Jalan Arteri	Fungsi	AON 2023		
				Flow	Capacity	VCR
73	15	Yogyakarta-	KP2	2776	3000	0,93
15	73	Piyungan	KP2	1129	3000	0,38
15	7	Piyungan- Batas Kab.	KP1	2843	3000	0,95
7	15	Gunungkidul	KP1	684	3000	0,23
7	89	Batas Kab. Gunungkidul-	KP1	2358	3000	0,79
89	7	Gading	KP1	408	3000	0,14
89	3	Gading-	KP1	1196	3000	0,40
3	89	Gledak	KP1	213	3000	0,07
3	2	Lingkar Selatan	KP1	1250	3000	0,42
2	3	Wonosari	KP1	524	3000	0,17
3	4		KP1	398	1600	0,25
4	3	Gledak-	KP1	139	1600	0,09
4	2	Wonosari	KP1	184	1600	0,12
2	4		KP1	297	1600	0,19
2	1	Wonosari-	KP1	750	3000	0,25
1	2	Duwet	KP1	608	3000	0,20
83	73		AP	1069	3000	0,36
73	83	Jalan Arteri Selatan	AP	558	3000	0,19
73	16	(Yogyakarta)	AP	1004	3000	0,33
16	73		AP	1609	3000	0,54
16	18	Yogyakarta-	KP2	542	1600	0,34
18	16	Barongan	KP2	420	1600	0,26
18	19	Imogiri-	KP2	418	1600	0,26
19	18	Dodogan	KP2	191	1600	0,12
19	7		KP2	157	1600	0,10
7	19	Terong-Dlingo	KP2	207	1600	0,13
19	7		KP2	157	1600	0,10
7	19	Patuk-Terong	KP2	207	1600	0,13
19	6	Dodogan-	KP2	513	1600	0,32
6	19	Playen	KP2	115	1600	0,07
6	89		KP2	267	1600	0,17
89	6	Gading-Playen	KP2	605	1600	0,38

Dari tabel rekapitulasi hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa empat ruas yang sudah disebutkan di atas memiliki VCR yang tinggi dengan nilai 0,93; 0,95; 0,79; dan 0,4. Sehingga, ruas jalan tersebut menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Ruas menunjukkan potongan jalan raya dalam struktur model transportasi. Ruas ditunjukkan dengan buah nomor simpul yang terletak di ujungnya. Ruas memiliki banyak karakteristik. Panjang, biaya, dan kapasitas ruas adalah atribut ruas yang penting dalam analisis jaringan transportasi (Kotamadya et al) .

Kondisi Pembebanan Jalan Eksisting 2023 *Equilibrium*

Wardrop (1952) menciptakan konsep dasar analisis keseimbangan untuk jaringan jalan, prinsip Keseimbangan Wardrop, yang menyatakan bahwa: Dalam kondisi keseimbangan, arus lalu lintas akan merelaya dirinya sendiri dalam jaringan yang macet sedemikian rupa hingga tidak ada pengendara baru yang dapat mengurangi biaya perjalanannya dengan mengganti rute lainnya. Dengan kata lain, semua rute yang dipilih. (Naufal & Triana, 2016). Hasil visualisasi analisis metode pembebanan jaringan jalan metode *equilibrium* pada program TFTP dapat dilihat pada Gambar 3 berikut



Gambar 3. Kondisi lalu lintas ke luar kota

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa keadaan lalu lintas jalan ke luar kota, terutama menuju Kabupaten Gunungkidul, membaik dengan pembebanan jalan metode *equilibrium*. Namun demikian, *node 73-15* ruas Yogyakarta-Piyungan masih menjadi sorotan dikarenakan masih memiliki diagram batang berwarna merah. Hasil analisis mendetail dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil analisis

From	To	Nama Ruas Jalan Arteri	Fungsi	Equilibrium 2023		
				Flow	Capacity	VCR
73	15	Yogyakarta-	KP2	2714	3000	0,90
15	73	Piyungan	KP2	1125	3000	0,38
15	7	Piyungan-Batas Kab.	KP1	2780	3000	0,93
7	15	Gunungkidul	KP1	681	3000	0,23
7	89	Batas Kab. Gunungkidul-	KP1	2336	3000	0,78
89	7	Gading	KP1	407	3000	0,14
89	3	Gading-Gledak	KP1	1196	3000	0,40
3	89		KP1	213	3000	0,07
3	2	Lingkar Selatan	KP1	1250	3000	0,42
2	3	Wonosari	KP1	524	3000	0,17
3	4		KP1	402	1600	0,25
4	3	Gledak-	KP1	139	1600	0,09
4	2	Wonosari	KP1	184	1600	0,12
2	4		KP1	297	1600	0,19
2	1	Wonosari-	KP1	750	3000	0,25
1	2	Duwet	KP1	608	3000	0,20

83	73	Jalan Arteri	AP	1069	3000	0,36
73	83	Selatan	AP	554	3000	0,18
73	16	(Yogyakarta)	AP	1003	3000	0,33
16	73		AP	1547	3000	0,52
16	18	Yogyakarta-	KP2	581	1600	0,36
18	16	Barongan	KP2	420	1600	0,26
18	19	Imogiri-	KP2	480	1600	0,30
19	18	Dodogan	KP2	193	1600	0,12
19	7	Terong-Dlingo	KP2	155	1600	0,10
7	19	Patuk-Terong	KP2	166	1600	0,10
19	6	Dodogan-	KP2	533	1600	0,33
6	19	Playen	KP2	115	1600	0,07
6	89	Gading-Playen	KP2	270	1600	0,17
89	6		KP2	592	1600	0,37

Dari tabel rekapitulasi hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa empat ruas yang sudah menjadi fokus utama di atas memiliki VCR yang lebih rendah dibandingkan dengan pembebanan metode *all or nothing*, tetapi masih dapat dikatakan tinggi dengan nilai, secara berurutan, adalah 0,90; 0,93; 0,78; dan 0,40. Ruas jalan Gading-Gledak, secara tidak terduga, memiliki VCR yang sama dengan metode pembebanan *all or nothing*.

3.1.1. Kondisi Pembebanan Jalan Eksisting 2030 *All-or-Nothing*

Penelitian ini menggunakan peramalan arus lalu lintas berdasarkan kenaikan angka wisatawan domestik DIY yang didapat dari Dinas Pariwisata DIY Tahun 2020. Peramalan dilakukan hingga tahun 2030 dengan persamaan sebagai berikut.

$$PT = Po (1 + e)^n \quad (1)$$

Keterangan:

PT = arus lalu lintas hasil peramalan

Po = arus lalu lintas eksisting

e = persentase angka kenaikan wisatawan

n = selisih tahun dari eksisting menuju target tahun peramalan

Dengan persamaan tersebut didapatkan hasil arus lalu lintas yang meningkat cukup tinggi pada tahun 2030. Hasil visualisasi pembebanan ruas jalan metode *all or nothing* pada program TFTP dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 4. Pembebanan Ruas Jalan DIY Metode *All-or-Nothing* (AON) Tahun 2030

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa rute keluar kota (*node* 73-15-7-89-6-3) semakin dipadati oleh wisatawan domestik yang ingin menuju Kabupaten Gunungkidul. Ruas tersebut secara berurutan adalah Yogyakarta-Piyungan, Piyungan-Batas Kabupaten Gunungkidul, Batas Kab. Gunungkidul-Gading, dan Gading-Gledak, dan Lingkar Selatan Wonosari. Hasil analisis mendetail metode AON dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

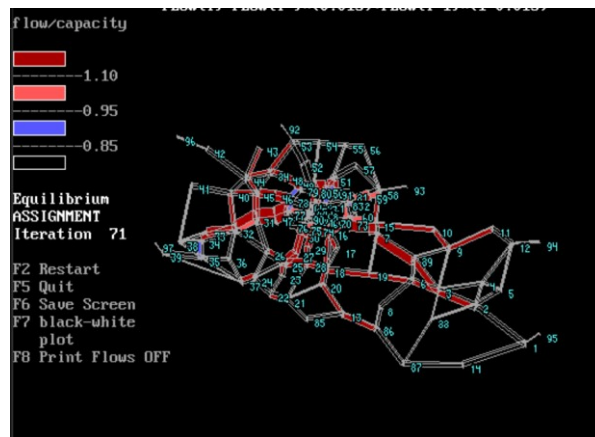
Tabel 5. Analisis Metode AON

From	To	Nama Ruas Jalan Arteri	Fungsi	AON 2023		
				Flow	Capacity	VCR
73	15	Yogyakarta-	KP2	10104	3000	3,37
15	73	Piyungan	KP2	3448	3000	1,15
15	7	Piyungan-Batas Kab.	KP1	10493	3000	3,50
7	15	Gunungkidul	KP1	1996	3000	0,67
7	89	Batas Kab. Gunungkidul-	KP1	8850	3000	2,95
89	7	Gading	KP1	1122	3000	0,37
89	3	Gading-Gledak	KP1	4539	3000	1,51
3	89		KP1	575	3000	0,19
3	2	Lingkar Selatan	KP1	4476	3000	1,49
2	3	Wonosari	KP1	1509	3000	0,50
3	4		KP1	1416	1600	0,89
4	3	Gledak-	KP1	392	1600	0,25
4	2	Wonosari	KP1	555	1600	0,35
2	4		KP1	937	1600	0,59
2	1	Wonosari-	KP1	2575	3000	0,86
1	2	Duwet	KP1	1860	3000	0,62
83	73	Jalan Arteri Selatan (Yogyakarta)	AP	3931	3000	1,31
73	83		AP	1750	3000	0,58
73	16		AP	3294	3000	1,10
16	73		AP	5574	3000	1,86
16	18	Yogyakarta-	KP2	1945	1600	1,22
18	16	Barongan	KP2	1324	1600	0,83
18	19	Imogiri-	KP2	1392	1600	0,87
19	18	Dodogan	KP2	599	1600	0,37
19	7	Terong-Dlingo	KP2	481	1600	0,30
7	19		KP2	727	1600	0,45
19	7	Patuk-Terong	KP2	481	1600	0,30
7	19		KP2	727	1600	0,45
19	6	Dodogan-Playen	KP2	1745	1600	1,09
6	19		KP2	341	1600	0,21
6	89	Gading-Playen	KP2	825	1600	0,52
89	6		KP2	2164	1600	1,35

Dari tabel rekapitulasi hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa empat ruas yang sudah menjadi fokus utama di atas memiliki VCR yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi eksisting 2023. Nilai VCR pada ruas yang sudah ditinjau dengan sub bab sebelumnya, secara berurutan, adalah 3,37; 3,50; 2,95; dan 1,51.

3.1.2. Kondisi Pembebanan Jalan Eksisting 2030 *Equilibrium*

Dengan kata lain, dalam kondisi equilibrium lalu-lintas, seluruh rute yang digunakan antara zona asal dan zona tujuan akan membayar biaya yang sama sedangkan rute yang tidak digunakan akan membayar biaya yang lebih tinggi. Model keseimbangan ini dianggap sebagai salah satu model terbaik untuk pemilihan rute dalam kondisi macet. Ini adalah model terbaik saat ini dan sangat cocok untuk daerah perkotaan di mana efek kemacetan diperkirakan cukup besar. Salah satu kekurangan model ini adalah waktu proses komputer yang cukup lama jika dibandingkan dengan model all or nothing. (Tamin, 2008). Hasil visualisasi pembebanan ruas jalan metode *equilibrium* pada program TFTP dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pembebanan Ruas Jalan DIY Metode Equilibrium Tahun 2030

Konsep Ruang Kumpul Anak Muda Multifungsi dan Inklusif. Berdasarkan temuan penelitian, dikembangkan konsep ruang kumpul anak muda yang multifungsi dan inklusif, dengan beberapa elemen utama. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa rute keluar kota (*node 73-15-7-89-6-3*) masih dipadati oleh wisatawan domestik yang ingin menuju Kabupaten Gunungkidul. Ruas tersebut secara berurutan adalah Yogyakarta-Piyungan, Piyungan-Batas Kabupaten Gunungkidul, Batas Kab. Gunungkidul-Gading, dan Gading-Gledak, dan Lingkar Selatan Wonosari. Hasil analisis mendetail metode *equilibrium* dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Analisis Metode *Equilibrium*

From	To	Nama Ruas Jalan Arteri	Fungsi	Equilibrium 2023		
				Flow	Capacity	VCR
73	15	Yogyakarta-	KP2	6735	3000	2,25
15	73	Piyungan	KP2	3150	3000	1,05
15	7	Piyungan-	KP1	6857	3000	2,29
		Batas Kab.		1868	3000	0,62
7	15	Gunungkidul	KP1			
7	89	Batas Kab.	KP1	5616	3000	1,87
		Gunungkidul-		1001	3000	0,33
89	7	Gading	KP1			
89	3	Gading-	KP1	3887	3000	1,30
3	89	Gledak	KP1	522	3000	0,17

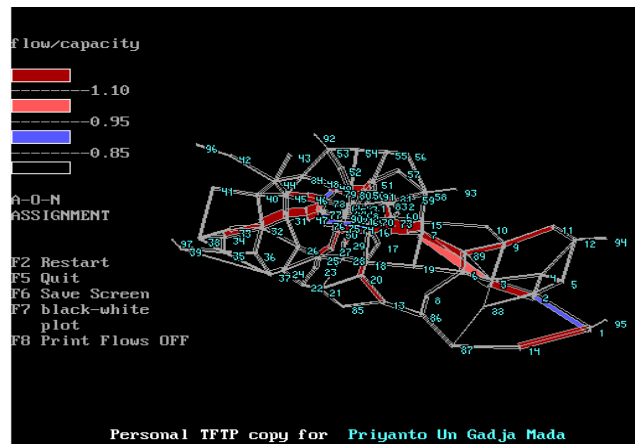
3	2	Lingkar Selatan	KP1	3724	3000	1,24
				1128	3000	0,38
2	3	Wonosari	KP1			
3	4		KP1	1680	1600	1,05
4	3	Gledak-	KP1	396	1600	0,25
4	2	Wonosari	KP1	555	1600	0,35
2	4		KP1	952	1600	0,60
2	1	Wonosari-	KP1	1964	3000	0,65
1	2	Duwet	KP1	1479	3000	0,49
83	73	Jalan Arteri	AP	3172	3000	1,06
73	83	Selatan	AP	1591	3000	0,53
73	16	(Yogyakarta)	AP	2898	3000	0,97
16	73		AP	3208	3000	1,07
16	18	Yogyakarta-	KP2	2198	1600	1,37
18	16	Barongan	KP2	1266	1600	0,79
18	19	Imogiri-	KP2	2683	1600	1,68
19	18	Dodogan	KP2	757	1600	0,47
		Terong-		587	1600	0,37
19	7	Dlingo	KP2			
7	19	Patuk-Terong	KP2	439	1600	0,27
19	6	Dodogan-	KP2	587	1600	0,37
6	19	Playen	KP2	439	1600	0,27
6	89	Gading-	KP2	2537	1600	1,59
89	6	Playen	KP2	395	1600	0,25

Dari hasil analisis yang sudah disebutkan pada sub bab eksisting, dapat ditarik kesimpulan bahwa ruas jalan yang dari Kota Yogyakarta menuju Kabupaten Gunung kidul masih minim, ditandai dengan hasil yang masih buruk dengan ruas jalan yang tetap sama. Dengan demikian, dibutuhkan skenario untuk menunjang *demand* wisatawan dari dan ke Kota Yogyakarta-Gunung Kidul. Pada penelitian ini digunakan dua skenario: 1) pembangunan ruas baru berupa terowongan yang menghubungkan node 7 ke node 3, ruas jalan yang dilalui adalah Batas Kabupaten Gunung Kidul – Gading – Wonosari) dan 2 peningkatan kapasitas jalan berupa pelebaran jalan. Hasil analisis skenario dapat dilihat pada sub bab selanjutnya.

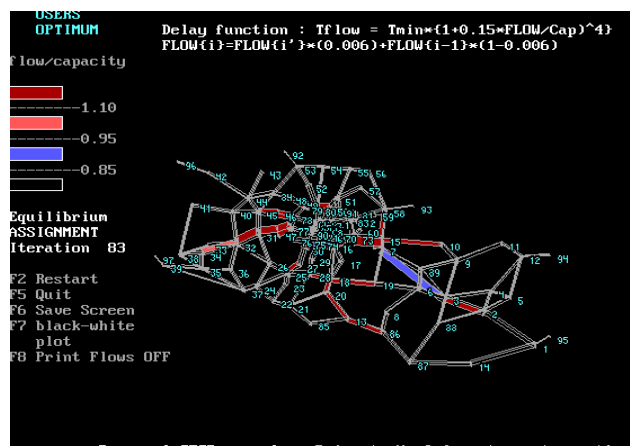
3.1. Skenario

3.2.1. Skenario Pembangunan Terowongan

Pembangunan terowongan dilakukan dengan meningkatkan kapasitas sebesar dua kali pada program TFTP. Ruas yang dijadikan terowongan adalah ruas pada *node* 7 ke 3 dengan kapasitas jalan 6.000 smp/jam dan kecepatan 100 km/jam. Hasil visualisasi analisis dan tabel perhitungan analisis pembebanan ruas jalan metode *all or nothing* dan metode *equilibrium* pembangunan terowongan ditampilkan pada Gambar 6 dan Gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 6. Metode *all or nothing*



Gambar 7. Metode *equilibrium*

Berdasarkan gambar di atas, hasil analisis menunjukkan bahwa pada metode *All-or-Nothing* (AON) arus lalu lintas masih didominasi oleh wisatawan domestik yang menuju Kabupaten Gunungkidul melalui ruas terowongan. Sementara itu, pada metode User Equilibrium, ruas node 7–3 ditunjukkan dengan batang berwarna biru yang mengindikasikan bahwa terowongan mampu memberikan rute perjalanan yang lebih efektif dengan distribusi arus lalu lintas yang lebih optimal. Untuk memberikan gambaran kuantitatif terhadap kinerja jaringan jalan tersebut, nilai Volume to Capacity Ratio (VCR) pada masing-masing metode disajikan pada Tabel 7 di bawah. Berdasarkan tabel tersebut, skenario pembangunan terowongan pada ruas node 7–3 menghasilkan nilai VCR sebesar 0,98 pada metode AON dan 0,89 pada metode User Equilibrium. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kinerja ruas terowongan masih tergolong baik dalam melayani arus lalu lintas. Namun demikian, pada pintu masuk dan keluar terowongan diperoleh nilai VCR yang cukup tinggi, yaitu sebesar 2,19, yang mengindikasikan terjadinya tingkat kejenuhan akibat terkonsentrasinya arus kendaraan yang memasuki dan meninggalkan terowongan. Oleh karena itu, meskipun pembangunan terowongan mampu meningkatkan efektivitas perjalanan menuju Kabupaten Gunungkidul, diperlukan penanganan pada akses masuk dan keluar terowongan untuk

mengurangi potensi kemacetan dan meningkatkan kinerja jaringan jalan secara keseluruhan.

Tabel 7. Nilai VCR Untuk Skenario Jembatan Metode AON

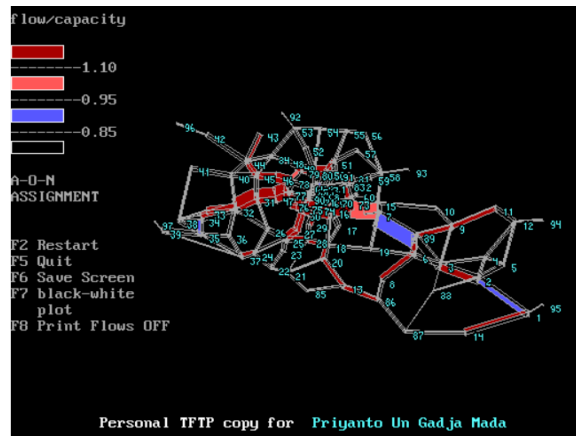
From	To	Nama Ruas Jalan Arteri	Fungsi	AON 2030			Equilibrium 2030		
				Flow	Capacity	VCR	Flow	Capacity	VCR
73	15	Yogyakarta-	KP2	10462	3000	3,49	6572	3000	2,19
15	73	Piyungan	KP2	1753	3000	0,58	1698	3000	0,57
15	7	Piyungan-Batas Kab.	KP1	11755	3000	3,92	7621	3000	2,54
7	15	Gunungkidul	KP1	921	3000	0,307	824	3000	0,27
7	89	Batas Kab. Gunungkidul-	KP1	4627	3000	1,54	2185	3000	0,73
89	7	Gading	KP1	132	3000	0,04	132	3000	0,04
89	3	Gading-Gledak	KP1	0	0	0	0	0	0
3	89		KP1	0	0	0	0	0	0
3	2	Lingkar Selatan	KP1	4738	3000	1,58	3893	3000	1,3
2	3	Wonosari	KP1	1088	3000	0,36	799	3000	0,27
3	4		KP1	1082	1600	0,68	1602	1600	1
4	3	Gledak-	KP1	152	1600	0,1	152	1600	0,1
4	2	Wonosari	KP1	295	1600	0,18	295	1600	0,18
2	4		KP1	861	1600	0,54	861	1600	0,54
2	1	Wonosari-	KP1	2748	3000	0,92	1925	3000	0,64
1	2	Duwet	KP1	1612	3000	0,54	1323	3000	0,44
83	73		AP	3554	3000	1,18	2391	3000	0,8
73	83	Jalan Arteri	AP	897	3000	0,3	883	3000	0,29
73	16	Selatan	AP	1887	3000	0,63	1885	3000	0,63
16	73	(Yogyakarta)	AP	5024	3000	1,67	2873	3000	0,96
16	18	Yogyakarta-	KP2	1258	1600	0,79	1774	1600	1,11
18	16	Barongan	KP2	695	1600	0,43	641	1600	0,4
18	19	Imogiri-	KP2	957	1600	0,6	2658	1600	1,66
19	18	Dodogan	KP2	314	1600	0,2	348	1600	0,22
19	7	Terong-Dlingo	KP2	275	1600	0,17	987	1600	0,62
7	19	Patuk-Terong	KP2	549	1600	0,34	178	1600	0,11
19	6	Dodogan-	KP2	275	1600	0,17	987	1600	0,62
6	19	Playen	KP2	549	1600	0,34	178	1600	0,11
6	89	Gading-Playen	KP2	1389	1600	0,87	1997	1600	1,25
89	6		KP2	118	1600	0,07	143	1600	0,09
7	3			5896	6000	0,98	5354	6000	0,89
3	7	Terowongan		343	6000	0,06	313	6000	0,05

Dari hasil tabel rekapitulasi hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa pembangunan skenario terowongan (*node 7-3*) mendapatkan hasil VCR AON sebesar 0,98 dan VCR *equilibrium* sebesar 0,89. VCR skenario terowongan masih cukup baik namun VCR pintu masuk/ keluar mengalami VCR yang tinggi sebesar 2,19 yang disebabkan imbas terowongan.

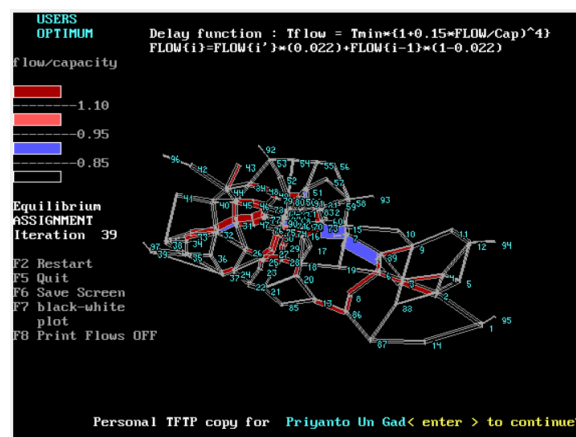
Skenario Penambahan Kapasitas Dengan pelebaran Jalan

Peningkatan kapasitas dengan perubahan geometri jalan dilakukan pada node 73-15-7-89-3 yaitu ruas Yogyakarta-Piyungan, Piyungan-Batas Kab. Gunung Kidul, Batas Kab. Gunung Kidul- Gading, dan Gading-Gledak dengan kapasitas 12.000 smp/jam dan kecepatan menjadi 100 km/jam. Ruas yang dijadikan target

penambahan kapasitas berupa perubahan geometri jalan. Hasil visualisasi analisis dan tabel perhitungan analisis pembebanan ruas jalan metode *all or nothing* dan metode *equilibrium* penambahan kapasitas pelebaran jalan ditampilkan sebagai berikut.



Gambar 8. Pembebanan Skenario Penambahan Kapasitas Metode AON Tahun 2030



Gambar 9. Pembebanan Skenario Penambahan Kapasitas Equilibrium Tahun 2030

Berdasarkan gambar di atas, hasil pemodelan menggunakan Transport Forecasting and Planning (TFTP) menunjukkan bahwa pada metode User Equilibrium nilai *improvement* mencapai 0 pada iterasi ke-38. Nilai *improvement* sebesar 0 menunjukkan bahwa proses pembebanan lalu lintas telah mencapai kondisi konvergen, sehingga distribusi arus kendaraan pada setiap ruas jalan telah merata. Hasil visualisasi juga menunjukkan bahwa pada metode *All-or-Nothing* (AON) ruas node 73–15 masih memiliki kinerja yang kurang baik. Sebaliknya, pada metode User Equilibrium, ruas node 73–15–7–89–3 telah didominasi oleh batang berwarna biru yang mengindikasikan bahwa skenario penambahan kapasitas melalui pelebaran jalan mampu meningkatkan efektivitas kinerja jaringan jalan. Untuk memberikan gambaran kuantitatif terhadap hasil tersebut, nilai Volume to Capacity Ratio (VCR) pada metode AON dan User Equilibrium disajikan pada

Tabel 9 di bawah. Berdasarkan tabel tersebut, skenario penambahan kapasitas melalui pelebaran jalan pada ruas node 73–15–7–89–3 menghasilkan nilai VCR metode AON secara berurutan sebesar 1,04; 1,04; 0,92; dan 0,46, sedangkan pada metode User Equilibrium diperoleh nilai VCR sebesar 0,93; 0,97; 0,86; dan 0,50. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode User Equilibrium mampu menghasilkan tingkat kejenuhan yang lebih rendah pada sebagian besar ruas dibandingkan metode AON, sehingga pelebaran jalan memberikan dampak positif terhadap peningkatan kapasitas dan distribusi arus lalu lintas pada jaringan jalan yang dianalisis.

Tabel 9. Nilai V/C Penambahan Kapasitas Ruas Jalan Metode AON

From	To	Nama Ruas Jalan Arteri	Fungsi	AON 2023			Equilibrium 2023		
				Flow	Capacity	VCR	Flow	Capacity	VCR
73	15	Yogyakarta-	KP2	12531	12000	1,04	11136	12000	0,93
15	73	Piyungan	KP2	3645	12000	0,30	3555	12000	0,30
15	7	Piyungan-	KP1	12497	12000	1,04	11673	12000	0,97
		Batas Kab.							
7	15	Gunungkidul	KP1	2125	12000	0,18	2036	12000	0,17
7	89	Batas Kab.	KP1	10997	12000	0,92	10353	12000	0,86
		Gunungkidul-							
89	7	Gading	KP1	1336	12000	0,11	1247	12000	0,10
89	3	Gading-	KP1	5568	12000	0,46	6036	12000	0,50
3	89	Gledak	KP1	731	12000	0,06	662	12000	0,06
3	2	Lingkar	KP1	4684	3000	1,56	3964	3000	1,32
		Selatan							
2	3	Wonosari	KP1	1509	3000	0,50	1201	3000	0,40
3	4		KP1	1411	1600	0,88	2072	1600	1,30
4	3	Gledak-	KP1	404	1600	0,25	401	1600	0,25
4	2	Wonosari	KP1	541	1600	0,34	548	1600	0,34
2	4		KP1	884	1600	0,55	909	1600	0,57
2	1	Wonosari-	KP1	2706	3000	0,90	2020	3000	0,67
1	2	Duwet	KP1	1757	3000	0,59	1459	3000	0,49
83	73	Jalan Arteri	AP	3184	3000	1,06	2413	3000	0,80
73	83	Selatan	AP	6768	3000	2,26	4541	3000	1,51
73	16	(Yogyakarta)	AP	3987	3000	1,33	3932	3000	1,31
16	73		AP	1349	3000	0,45	1256	3000	0,42
16	18	Yogyakarta-	KP2	1405	1600	0,88	1509	1600	0,94
18	16	Barongan	KP2	956	1600	0,60	1067	1600	0,67
18	19	Imogiri-	KP2	891	1600	0,56	1432	1600	0,90
19	18	Dodogan	KP2	473	1600	0,30	532	1600	0,33
		Terong-							
19	7	Dlingo	KP2	546	1600	0,34	746	1600	0,47
7	19	Patuk-Terong	KP2	749	1600	0,47	767	1600	0,48
19	6	Dodogan-	KP2	1251	1600	0,78	1611	1600	1,01
6	19	Playen	KP2	258	1600	0,16	316	1600	0,20
6	89	Gading-	KP2	692	1600	0,43	667	1600	0,42
89	6	Playen	KP2	3043	1600	1,90	2426	1600	1,52

Perbandingan Hasil Analisis

Dari hasil analisis pembebanan jalan dengan metode *All-or-Nothing* dan *equilibrium* dari kondisi eksisting, peramalan, dan skenario didapatkan bahwa pada kondisi eksisting tahun 2023 tidak terdapat kemacetan, namun pada peramalan ekisting tahun 2030 akan terjadi kemacetan yang tinggi. Kemudian dilakukan

rekayasa lalu lintas untuk meningkatkan nilai kinerja ruas jalan akses dari/ke Yogyakarta-Gunungkidul. Diketahui bahwa apabila dibangun terowongan dan dilakukan peningkatan kapasitas jalan menurunkan kemacetan tetapi tidak secara signifikan. Berikut tabel perbandingan hasil VCR ekisting 2030 dengan hasil VCR skenario pembangunan terowongan dan penambahan kapasitas jalan.

Tabel 11. Perbandingan Hasil VCR Ekisting 2030 dengan Hasil VCR

Node		Nama Ruas Jalan Arteri	Selisih VCR	Selisih VCR
From	To		Eksisting dengan Terowongan	Eksisting dengan Peningkatan Kapasitas
73	15	Yogyakarta-	0,06	1,32
15	73	Piyungan	0,48	0,75
15	7	Piyungan-Batas Kab.	-0,25	1,31
7	15	Gunungkidul	0,35	0,45
7	89	Batas Kab.	1,14	1,01
89	7	Gunungkidul-Gading	0,29	0,23
89	3	Gading-Gledak	1,30	0,79
3	89		0,17	0,12
3	2	Lingkar Selatan	-0,06	-0,08
2	3	Wonosari	0,11	-0,02
3	4		0,05	-0,25
4	3	Gledak-Wonosari	0,15	0,00
4	2		0,17	0,00
2	4		0,05	0,03
2	1	Wonosari-Duwet	0,01	-0,02
1	2		0,05	0,01
83	73		0,26	0,25
73	83	Jalan Arteri Selatan	0,24	-0,98
73	16	(Yogyakarta)	0,34	-0,34
16	73		0,11	0,65
16	18	Yogyakarta-	0,26	0,43
18	16	Barongan	0,39	0,12
18	19	Imogiri-Dodogan	0,02	0,78
19	18		0,25	0,14
19	7	Terong-Dlingo	-0,25	-0,10
7	19		0,16	-0,21
19	7	Patuk-Terong	-0,25	-0,10
7	19		0,16	-0,21
19	6	Dodogan-Playen	0,34	0,58
6	19		0,16	0,05
6	89	Gading-Playen	0,48	0,20
89	6		-0,05	-0,61
7	3	Terowongan	-0,89	0,00
3	7		-0,05	0,00
Penurunan Rata-Rata			0,17	0,19

Kajian Etika, Keselamatan, Kesehatan Kerja, Lingkungan (K3L), dan Profesionalisme

Penelitian ini dilaksanakan dengan menjunjung tinggi prinsip etika penelitian melalui penggunaan data lalu lintas secara objektif, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan. Seluruh proses pemodelan jaringan jalan menggunakan perangkat lunak Transport Forecasting and Planning (TFTP) dilakukan berdasarkan data survei dan parameter yang sama pada setiap skenario sehingga hasil analisis tidak dipengaruhi oleh subjektivitas peneliti. Objektivitas dalam analisis transportasi merupakan prinsip penting karena hasil pemodelan akan menjadi dasar dalam pengambilan keputusan pembangunan infrastruktur yang berdampak langsung terhadap masyarakat. Oleh karena itu, setiap rekomendasi yang dihasilkan harus mengutamakan kepentingan publik, keselamatan pengguna jalan, serta efisiensi sistem transportasi secara menyeluruh (NSPE, 2019; TRB, 2010).

Dari aspek Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan (K3L), skenario pembangunan terowongan maupun pelebaran jalan berpotensi meningkatkan kapasitas jaringan dan menurunkan tingkat kemacetan. Namun demikian, implementasinya tetap harus memperhatikan aspek keselamatan pada tahap konstruksi maupun operasional. Selama proses konstruksi diperlukan penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja sesuai ISO 45001:2018, termasuk penggunaan alat pelindung diri (APD), pengendalian area kerja, manajemen lalu lintas sementara, serta prosedur tanggap darurat untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja. Pada tahap operasional, peningkatan kapasitas jalan harus didukung dengan penyediaan rambu, marka, penerangan jalan, dan pengaturan kecepatan sehingga risiko kecelakaan akibat perubahan karakteristik lalu lintas dapat diminimalkan (ISO, 2018; PIARC, 2019).

Selain keselamatan, aspek lingkungan juga perlu menjadi perhatian dalam pengembangan infrastruktur transportasi. Pelebaran jalan maupun pembangunan terowongan berpotensi memberikan dampak terhadap penggunaan lahan, kebisingan, kualitas udara, dan perubahan pola perjalanan. Namun, apabila direncanakan dengan baik, peningkatan kinerja jaringan jalan dapat mengurangi waktu tundaan (*delay*), meningkatkan kecepatan perjalanan yang stabil, serta menurunkan konsumsi bahan bakar dan emisi kendaraan akibat berkurangnya kondisi stop-and-go traffic. Oleh karena itu, setiap implementasi rekomendasi penelitian perlu disertai upaya mitigasi lingkungan agar pembangunan transportasi tetap sejalan dengan prinsip keberlanjutan (*sustainable transportation*) (AASHTO, 2017; Litman, 2023).

Dari perspektif profesionalisme, seorang insinyur transportasi memiliki tanggung jawab untuk menghasilkan rekomendasi yang didasarkan pada analisis ilmiah, standar teknis, serta mempertimbangkan manfaat jangka panjang bagi masyarakat. Dalam penelitian ini, penggunaan indikator Volume Capacity Ratio (VCR) serta pendekatan pembebanan lalu lintas *All-or-Nothing* (AON) dan User Equilibrium menunjukkan bahwa rekomendasi yang dihasilkan telah disusun berdasarkan pendekatan kuantitatif yang dapat dipertanggungjawabkan secara akademik. Pendekatan tersebut mencerminkan praktik profesional dalam bidang

rekayasa transportasi yang menekankan evidence-based decision making, sehingga hasil penelitian dapat dijadikan sebagai masukan dalam perencanaan pengembangan jaringan jalan menuju sistem transportasi yang aman, efisien, dan berkelanjutan (Garber & Hoel, 2015; Ortúzar & Willumsen, 2011).

SIMPULAN

Dari hasil analisis permodelan transportasi pada peningkatan jumlah wisatawan dan lalu lintas menuju Kabupaten Gunung Kidul dengan menggunakan program TFTP didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Direncanakan 2 skenario untuk menganalisis kinerja ruas jalan akibat dari peningkatan jumlah wisatawan menuju Kabupaten Gunung Kidul yaitu, skenario pembangunan terowongan dan peningkatan kapasitas jalan.
2. Dari hasil analisis skenario terowongan pada node 7-3, didapat nilai VCR untuk *All Or Nothing* (AON) 0,98 dan equilibrium 0,89.
3. Dari hasil analisis skenario penambahan kapasitas dengan pelebaran jalan pada node 73-15-7-89-3, didapat nilai VCR untuk *All Or Nothing* (AON) 1,04; 1,04; 0,92; 0,46 dan equilibrium yaitu 0,93; 0,97; 0,86; 0,5.
4. Berdasarkan hasil analisis dengan program TFTP, skenario peningkatan kapasitas jalan mendapatkan nilai VCR yang lebih baik. Rata-rata penurunan VCR antara eksisting dengan skenario peningkatan kapasitas jalan sebesar 0,19.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). *AASHTO transportation asset management guide: A focus on implementation* (2nd ed.). AASHTO. <https://bookstore.transportation.org/>
- Garber, N. J., & Hoel, L. A. (2015). *Traffic and highway engineering* (5th ed.). Cengage Learning. <https://www.cengage.com/>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems—Requirements with guidance for use*. <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- Kariyana, I. M., Yanta, I. N. A. T., & Pamungkas, T. H. (2024). Analisis Kinerja Ruas Jalan Tukad Gangga Dan Jalan Tukad Yeh Aya Menggunakan Pkji 2023. *Jurnal Teknik Gradien*, 16(02), 8–22. https://doi.org/10.47329/teknik_gradien.v16i02.1307
- Kotamadya, D. I., Bandung, K., & Dalimunthe, L. H. (n.d.). *PROSES PEMBEBANAN LALULINTAS DAN KINERJA JARINGAN JALAN*. 7(1), 1–16.
- Litman, T. (2023). *Evaluating transportation equity: Guidance for incorporating distributional impacts in transportation planning*. Victoria Transport Policy Institute. <https://www.vtpi.org/equity.pdf>
- Manalu, P. E., Parasian Silitonga, S., & Desriantomy, D. (2023). Analisis Penggunaan Metode All or Nothing Assignment dalam Mengestimasi Rute Transportasi Menuju

- Universitas Palangka Raya. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(4), 7417–7421. <https://doi.org/10.32672/jse.v8i4.6897>
- Naufal, F., & Triana, S. (2016). Simulasi Pemodelan Transportasi pada Jaringan Jalan Menggunakan Aplikasi Saturn. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 2(1), 72–82.
- National Society of Professional Engineers. (2019). *Code of Ethics for Engineers*. <https://www.nspe.org/resources/ethics/code-ethics>
- Nim, I. (2020). Rr . DIAN INDRIANI WIDYASARI Rr . DIAN INDRIANI WIDYASARI.
- Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport* (4th ed.). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119993308>
- PIARC. (2019). *Road Safety Manual*. World Road Association. <https://roadsafety.piarc.org/>
- Pratama, I. I., Sholichin, I., & Utomo, N. (2024). Model Pemilihan Rute Antara Jalan Nasional dan Jalan Tol Surabaya (Bundaran Waru)-Jombang dengan Metode Pembebanan Bertahap. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(2), 609. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i2.557>
- Priyantha Wedagama, D. M., Wayan Suweda, I., & Astariyani, N. L. G. (2022). The Influence of Side Friction on Speed-Mixed Flow Behavior on Arterial Roads in Tourism Area in Bali. *Civil Engineering and Architecture*, 10(1), 27–44. <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100103>
- Romadhona, P. (2020). The Influence of Jogjakarta Outer Ring Road Development Plan on the National Roads in DIY. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 1000(1000), 13–22. <https://doi.org/10.22146/jcef.57543>
- Suhendro, U., & Sulistyorini, R. (2011). Analisis Penggunaan Metode Pembebanan All Or Nothing dan Equilibrium Assignment dalam Mengestimasi Parameter Matriks Asal Tujuan Berdasarkan Arus Lalu Lintas. In *Teknik Sipil UBL* (Vol. 2, Number 2, pp. 184–192).
- Suyoto, S., Basuki, I., & Handoko, V. S. (2022). DESIGN of Nature tourism transportation in Kulon Progo from Yogyakarta International Airport to Borobudur. *International Journal of Transport Development and Integration*, 6(3), 236–252. <https://doi.org/10.2495/TDI-V6-N3-236-252>
- Tamin, O. Z. (2008). Aplikasi Model Perencanaan Transportasi 4 Tahap Dalam Pemecahan Masalah Transportasi Di Negara Sedang Berkembang. *Jurnal Teknik Sipil*, (008), 1–16.
- Transportation Research Board. (2010). *Highway Capacity Manual* (HCM 2010). National Academies Press. <https://www.trb.org/HCM/HCM.aspx>
- Wahyunanda, I., Muthohar, I., & Irawan, M. Z. (2021). Model Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Untuk Memprediksi *Level Of Service* Terhadap Perubahan Pola Pelayanan Angkutan Lanjutan (Studi Kasus Pada Kawasan Stasiun Palmerah Jakarta). *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 23(1), 18–29. <https://doi.org/10.25104/jptd.v23i1.1558>
- Wasanta, T., Nainggolan, F. F., Hadi, P. L., & Santosa, W. (2025). Pemodelan Transportasi Makro Pada Rencana Pengembangan Jaringan Jalan Di Provinsi Jawa Barat. *Jurnal HPJI*, 11(1), 27–38. <https://doi.org/10.26593/jhpji.v11i1.9064.27-38>
-