

JURNAL BANGUNAN:

Teori, Praktik, Penelitian, dan Pengajaran Teknik Bangunan

ISSN 0852-2480 (cetak), e-ISSN 2621-0959 (online)

VOL. 30, NO. 1, Maret 2025: (41-50)

DOI:

Analisis Kinerja Simpang Apill Menggunakan Metode PKJI 2014 (Studi Kasus : Simpang Apill Jalan MT. Haryono-Jalan Mayjen Panjaitan-Jalan Soekarno Hatta Lowokwaru, Kota Malang)

Dihar Alfian Pramesty^{1*}, Pranoto², Mohammad Musthofa Al Ansyorie³

^{1,2,3}*Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia*

**Email Corresponding: dihar.alfian.1805236@students.um.ac.id*

Abstrak: Simpang Jalan MT. Haryono – Jalan Mayjen Panjaitan – Jalan Soekarno Hatta Lowokwaru, Kota Malang mempunyai tingkat kepadatan yang tinggi terutama pada jam puncak, hal ini terlihat dari panjang antrian. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan kinerja simpang kondisi eksisting dan 5 (lima) tahun mendatang, serta memberikan rekomendasi perbaikan peningkatan kinerja simpang lima tahun yang akan datang. Metode perhitungan analisis yang digunakan adalah metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2014). Data primer pada penelitian ini adalah volume lalu lintas, kondisi geometrik simpang, kondisi lingkungan simpang, dan waktu siklus. Sedangkan data sekunder pada penelitian ini adalah data jumlah penduduk dan data pertumbuhan kendaraan. pengambilan data dilakukan dua hari kerja dan dua hari libur. Hasil analisis kinerja menunjukkan bahwa nilai tundaan (T) tertinggi eksisting (tahun 2023) pada hari kerja adalah 217 det/skr dengan tingkat pelayanan (LOS) F dan pada hari libur 182 det/skr dengan LOS F. untuk kinerja lalu lintas lima tahun mendatang (tahun 2028) nilai T tertinggi pada hari kerja adalah 241 det/skr dengan LOS F dan hari libur 209 det/skr dengan LOS F. Untuk meningkatkan kinerja lalu lintas pada simpang dilakukan alternatif perbaikan yaitu pelebaran geometrik dan perubahan fase sinyal yang menghasilkan T tertinggi lima tahun mendatang pada hari kerja 23 det/skr dengan LOS C dan hari libur 26 det/skr dengan LOS D.

Kata kunci: kinerja simpang simpang APILL derajat kejenuhan tundaan simpang

PENDAHULUAN

Semua sistem jalan tidak dapat dipisahkan dari persimpangan yang merupakan posisi penting dan kritis dalam mengatur arus lalu lintas. Simpang mempunyai peranan penting untuk memperlancar arus lalu lintas pada suatu proses transportasi. Menurut Kurniawan & Ardian, (2017) Kinerja persimpangan dituntut bekerja secara optimal dan praktis dengan tetap memenuhi prinsip dan tujuan simpang agar tidak terjadi permasalahan kemacetan dan tundaan berlebih pada suatu simpang.

Untuk mengurangi potensi kemacetan dan tertundanya waktu perjalanan pada titik simpang dibutuhkan kondisi ideal pada suatu simpang APILL. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, (2014) kondisi ideal simpang APILL yaitu simpang APILL mampu mempertahankan kapasitas simpang dengan nilai derajat kejenuhan $\leq 0,85$. Dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 menetapkan tingkat pelayanan persimpangan yang ideal untuk ruas jalan primer dengan tundaan ≤ 15 det/skr dan untuk ruas jalan sekunder dengan tundaan ≤ 25 det/skr. Dengan tercapainya kondisi ideal simpang APILL maka suatu simpang dapat berkontribusi positif dalam kelancaran lalu lintas, lingkungan jalan, dan mengurangi resiko kecelakaan lalu lintas Banter, dkk., (2019).

Permasalahan simpang APILL berkaitan dengan tingginya arus lalu lintas kendaraan sehingga lebih sering dijumpai di wilayah perkotaan, seperti halnya Kota Malang. Menurut Badan Pusat Statistik Kota Malang (2022), Kota Malang memiliki luas wilayah sebesar 111,077 km² dengan jumlah penduduk sebanyak 846.126 jiwa. Terdapatnya berbagai pusat kegiatan Pendidikan, ekonomi, dan wisata di Kota Malang mengakibatkan intensitas pergerakan manusia menjadi sangat tinggi. Hal ini juga menjadi salah satu penyebab sering terjadinya tundaan waktu perjalanan dan kemacetan pada ruas-ruas jalan dan simpang di Kota Malang.

Salah satu titik strategis simpang di Kota Malang adalah Simpang Jalan MT. Haryono – Jalan Mayjend Panjaitan – Jalan Soekarno Hatta yang berlokasi di Lowakwaru. Lokasinya berdekatan dengan 2 perguruan tinggi; Universitas Brawijaya dan Politeknik Negeri Malang. Lokasi simpang ini juga tepat setelah Jembatan Soekarno Hatta, yang mana jika APILL menunjukan lampu merah maka kendaraan akan berhenti diatas jembatan. Hal ini dapat membahayakan pengguna jembatan. Selain itu terdapat pula pertokoan dan warung di sekitar simpang yang turut menjadi faktor hambatan samping. Menurut Natsir, (2018), pemanfaatan tata guna lahan yang berada di sekitar simpang sangat mempengaruhi kemacetan pada suatu simpang. Intensitas pergerakan kendaraan di sekitar simpang menjadi sangat tinggi karena adanya pusat kegiatan Pendidikan dan perekonomian, sehingga berpotensi terjadi kemacetan dan tundaan waktu perjalanan terutama di jam puncak pagi, siang, dan sore.

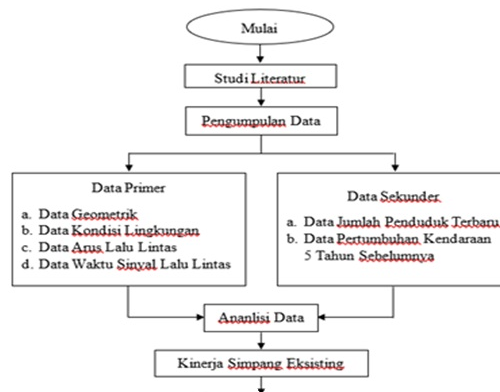
Seringnya terjadi kemacetan yang mengakibatkan tertundanya waktu perjalanan dan keselamatan berkendara menimbulkan dugaan simpang Jalan MT. Haryono – Jalan Mayjen Panjaitan – Jalan Soekarno Hatta tidak memenuhi kondisi ideal simpang. Menurut Zaki, (2020) perlu dilakukan analisis kinerja simpang APILL yang selanjutnya dihasilkan suatu alternatif manajemen lalu lintas guna mengatasi permasalahan simpang, diharapkan simpang APILL mencapai kondisi ideal. Menurut UU No 25 Tahun 2004, setiap 5 tahun terdapat perbaikan atau peningkatan infrastruktur jalan yang digunakan untuk mengurangi kemacetan pada simpang. Sehingga, dalam analisis kinerja simpang dan solusinya setidaknya mempertimbangkan kondisi 5 tahun yang akan datang (Rofinus Nama Pehan, dkk., 2020). Hal ini berarti perlu dilakukan analisis kinerja simpang pada kondisi sekarang dan 5 tahun yang akan datang beserta alternatif solusinya guna meningkatkan kinerja simpang.

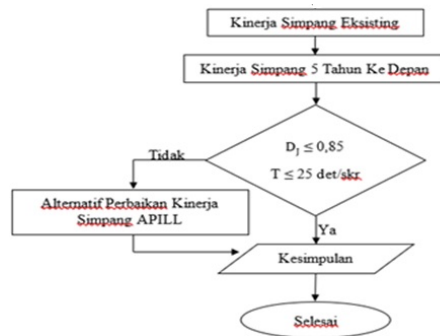
Dari uraian diatas, perlu dilakukan analisis kinerja simpang APILL Jalan MT. Haryono – Jalan Mayjen Panjaitan – Jalan Soekarno Hatta dengan tujuan mendeskripsikan kinerja simpang APILL pada kondisi eksisting (2023), mendeskripsikan kinerja simpang APILL pada 5 tahun ke depan, dan memaparkan solusi guna meningkatkan simpang APILL.

METODE

Rancangan penelitian

Tahapan dalam melaksanakan penelitian ini sesuai dengan diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Variabel Penelitian

Penelitian ini memiliki tiga variable yaitu kinerja simpang APILL kondisi eksisting (2023), kinerja simpang APILL 5 tahun mendatang (2028), dan alternatif peningkatan kinerja simpang APILL 5 tahun mendatang. Pada variable kinerja simpang APILL kondisi eksisting terdapat beberapa sub variabel (Kapasitas, Derajat Kejenuhan, Panjang Antrian, Rasio Kendaraan Terhenti, Tundaan, dan Tingkat Pelayanan) sama halnya dengan variabel untuk 5 tahun mendatang dengan tambahan sub variabel perkiraan pertumbuhan lalu lintas. Sedangkan alternatif peningkatan memiliki sub variabel berupa pelebaran pendekat, perubahan fase isyarat dan pelarangan belok kanan.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dibedakan atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari survei secara langsung di lapangan. Sedangkan, data sekunder penelitian ini berupa data jumlah penduduk dan data pertumbuhan kendaraan. Waktu yang diambil untuk melaksanakan survei adalah Senin, Selasa, Sabtu, dan Minggu (18 Maret 2023 – 21 Maret 2023).

Analisis Data

Berdasarkan data-data yang diperoleh, dapat dilakukan perhitungan arus lalu lintas (Q), kapasitas (Ci), derajat kejenuhan (DJ), panjang antrian (PA), dan tundaan (T). selanjutnya mengevaluasi kinerja simpang dengan melakukan :

1. Rekapitulasi Data.
2. Analisis kinerja simpang eksisting.
3. Analisis kinerja simpang 5 tahun mendatang.
4. Penilaian kinerja simpang.
5. Alternatif peningkatan.
6. Kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Geometrik Simping

Berdasarkan pengamatan dan pengukuran di lokasi simpang, data geometrik simpang dapat dipaparkan pada Tabel 1

Tabel 1 Data Geometrik Simping

Lebar Pendekat

Notasi	Jalan Soekarno Hatta (Utara) (m)	Jalan Mayjend Panjaitan (Timur) (m)	Jalan MT. Haryono (Barat) (m)
L	6,9	5,7	7,7
LM	3,1	2,9	7,7
LBKiJT	3,8	-	7,7
LK	7,5	5,9	7,3

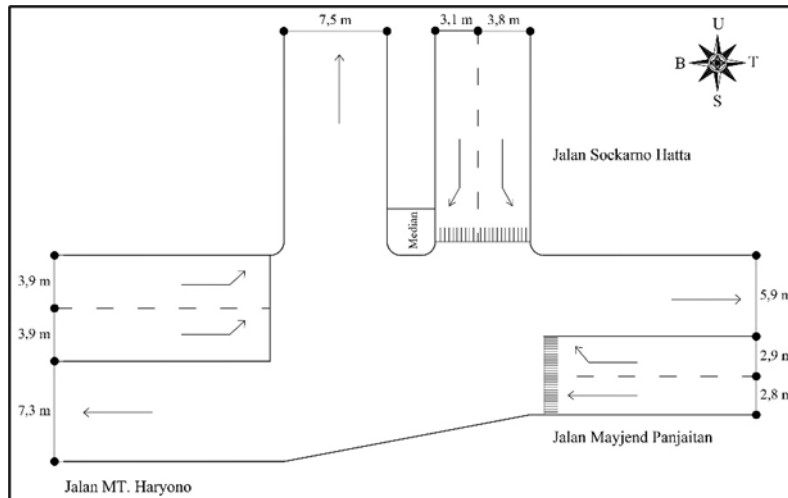
Catatan:

L = Lebar Total Pendekat (m) LM
 = Lebar Masuk (m)

LBKjJT = Lebar Belok Kiri Jalan Terus (m) LK = Lebar Keluar (m)

Sumber: Hasil Pengambilan Data (2023)

Sketsa gambar geometric simpang APILL yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Sketsa Geometrik Simpang

Arus Lalu Lintas

Data kendaraan diperoleh dari hasil survei pada jam puncak, lalu data kendaraan per jam di konversikan dalam satuan kendaraan ringan (skr). Nilai faktor ekivalen kendaraan ringan (ekr) berdasarkan tabel berikut:

Tabel 2 Ekivalen Kendaraan Ringan

Jenis Kendaraan	Ekivalen Kendaraan Ringan (ekr) untuk tipe pendekat	
	Terlindungi	Terlawan
KR	1.00	1.00
KB	1.30	1.30
SM	0.15	0.40

Sumber: PKJI 2014

Analisis Kinerja Simpang Eksisting (2023)

Nilai kinerja simpang eksisting Jalan MT. Haryono – Jalan Mayjen Panjaitan – Jalan Soekarno Hatta pada hari kerja dan hari libur terlampir pada tabel di bawah ini.

Tabel 3 Rekapitulasi Kinerja Simpang Hari Libur Kondisi Eksisting

Kinerja Simpang Hari Libur Kondisi Eksisting						
Jam Puncak	Pendekat	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Tiap Pendekat (det/skr)	Tundaan Simpang (det/skr)	Tingkat Pelayanan
Pagi (Sabtu) 08.45 - 09.45	Utara	0,82	168	32	18,2	C
	Timur	0,62	103	29		
Siang (Minggu) 12.45 - 13.45	Utara	1,00	355	90	81,4	F
	Timur	1,06	455	179		
Sore (Sabtu) 17.00 - 18.00	Utara	1,14	632	289	181,9	F
	Timur	1,15	552	316		
Malam (Sabtu)	Utara	1,11	516	229		

19.00 - 20.00	Timur	1,17	593	341	169,6	F
---------------	-------	------	-----	-----	-------	---

Tabel 4 Rekapitulasi Kinerja Simpang Hari Kerja Kondisi Eksisting

Kinerja Simpang Hari Kerja Kondisi Eksisting						
Jam Puncak	Pendekat	Derajat kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Tiap Pendekat (det/skr)	Tundaan Simpang (det/skr)	Tingkat Pelayanan
Pagi (Selasa) 07.00 - 08.00	Utara	1,13	594	278	108,1	F
	Timur	0,84	166	41		
Siang (Senin) 12.45 - 13.45	Utara	1,08	452	199	138,3	F
	Timur	1,13	497	281		
Sore (Senin) 16.00 - 17.00	Utara	1,00	297	83	217,0	F
	Timur	1,33	993	602		
Malam (Senin) 18.15 - 19.15	Utara	1,12	574	263	114,2	F

Analisis Kinerja Simpang 5 Tahun Mendatang (2028)

Kinerja simpang APILL 5 tahun yang akan datang untuk hari libur dan hari kerja dapat dipaparkan sebagai berikut:

Tabel 5 Rekapitulasi Kinerja Simpang Hari Libur 5 Tahun Mendatang

Kinerja Simpang Hari Libur 2028						
Jam Puncak	Pendekat	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Tiap Pendekat (det/skr)	Tundaan Simpang Rata-Rata (det/skr)	Tingkat Pelayanan Simpang
Pagi (Sabtu) 08.45 - 09.45	Utara	0,84	181	33	18,9	C
	Timur	0,63	110	30		
Siang (Minggu) 12.45 - 13.45	Utara	1,03	419	118	102,0	F
	Timur	1,09	393	219		
Sore (Sabtu) 17.00 - 18.00	Utara	1,17	723	333	208,6	F
	Timur	1,18	628	361		
Malam (Sabtu) 19.00 - 20.00	Utara	1,13	600	272	195,9	F

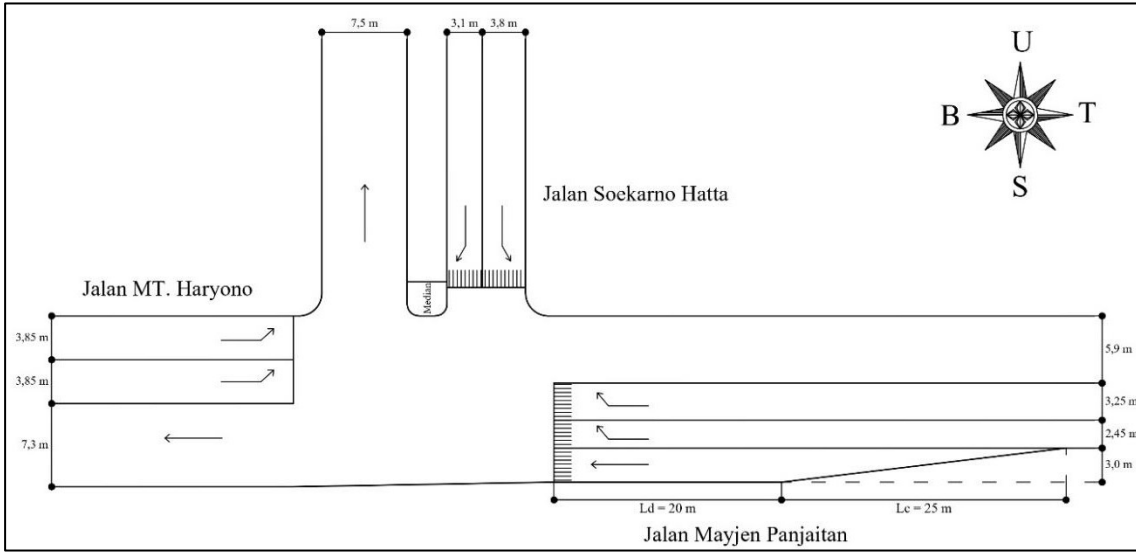
Tabel 6 Rekapitulasi Kinerja Simpang Hari Kerja 5 Tahun Mendatang

Kinerja Simpang Hari Kerja 2028						
Jam Puncak	Pendekat	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan Tiap Pendekat (det/skr)	Tundaan Simpang Rata-Rata (det/skr)	Tingkat Pelayanan Simpang
Pagi (Selasa) 07.00 - 08.00	Utara	1,16	677	323	124,4	F
	Timur	0,86	186	44		
Siang (Senin) 12.45 - 13.45	Utara	1,11	535	241	162,9	F
	Timur	1,16	572	325		
Sore (Senin) 16.00 - 17.00	Utara	1,02	406	107	240,6	F
	Timur	1,36	1076	653		
Malam (Senin) 18.15 - 19.15	Utara	1,15	665	308	133,2	F

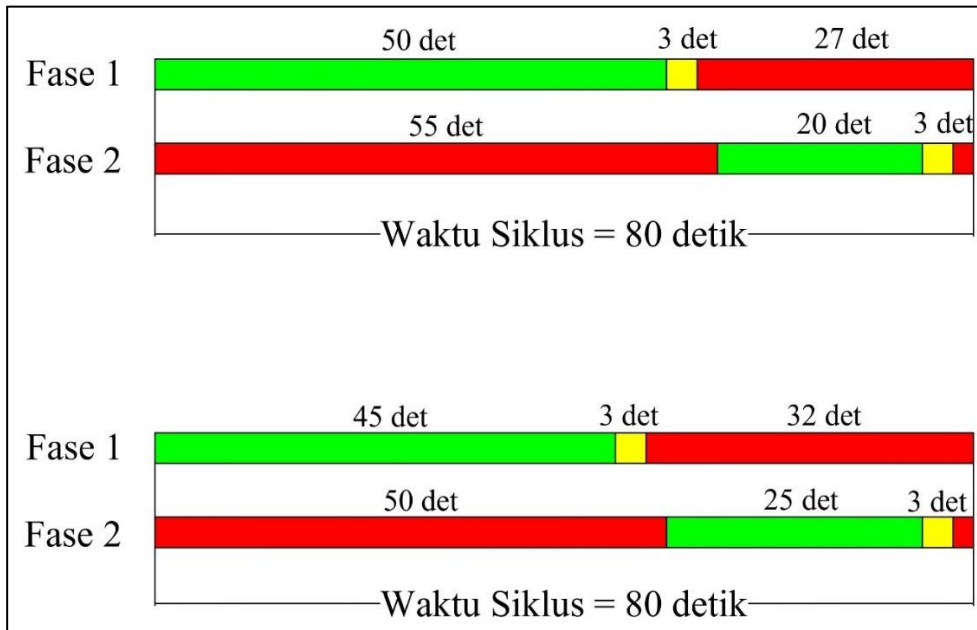
Alternatif Peningkatan Kinerja Simpang

Alternatif solusi 5 tahun yang akan datang menggunakan alternatif solusi kombinasi berdasarkan PKJI 2014 dari penambahan lebar pendekat dan perubahan fase sinyal dikarenakan hasil dari kombinasi tersebut lebih maksimal dibandingkan hanya menggunakan salah satu solusinya, untuk alternatif solusi pelarangan pergerakan belok kanan tidak dapat dilakukan karena dikhawatirkan terjadi antrian kendaraan untuk pergerakan putar balik. Alternatif

kombinasi yang digunakan antara lain penambahan 1 lajur untuk pergerakan lurus jalan terus di pendekat timur dengan lebar 3 m, panjang lajur perlambatan 20 m, dan panjang lajur pergeseran 25 m serta pengurangan durasi waktu siklus dan variasi waktu hijau untuk tiap pendekat seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4



Gambar 3 Sketsa Alternatif Penambahan Lebar Pendekat



Gambar 4 Alternatif Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Sehingga rekapitulasi perbandingan kinerja simpang APILL 5 tahun yang akan datang sebelum dan setelah dilakukan peningkatan kinerja simpang dapat dipaparkan sebagai berikut:

Tabel 7 Rekapitulasi Kinerja Simpang APILL Tahun 2028 Sebelum dan Setelah Peningkatan
Kinerja Simpang Perkiraan Hari Libur 2028

Jam Puncak	Pendekat	Sebelum Peningkatan			Setelah Peningkatan		
		Derajat Kejenuhan	Tundaan Simpang (det/skr)	Tingkat Pelayanan	Derajat Kejenuhan	Tundaan Simpang (det/skr)	Tingkat Pelayanan
Pagi	Utara	0,84	18,9	C	0,65	12,8	B
	Timur	0,63			0,49		
Siang	Utara	1,03	102,0	F	0,80	20,1	C
	Timur	1,09			0,84		
Sore	Utara	1,17	208,6	F	0,91	25,8	D
	Timur	1,18			0,91		
Malam	Utara	1,13	195,9	F	0,88	25,2	D
	Timur	1,20			0,92		

Tabel 8 Rekapitulasi Kinerja Simpang APILL Tahun 2028 Sebelum dan Setelah Peningkatan
Kinerja Simpang Perkiraan Hari Kerja 2028

Jam Puncak	Pendekat	Sebelum Peningkatan			Setelah Peningkatan		
		Derajat Kejenuhan	Tundaan Simpang (det/skr)	Tingkat Pelayanan	Derajat Kejenuhan	Tundaan Simpang (det/skr)	Tingkat Pelayanan
Pagi	Utara	1,16	124,4	F	0,90	19,3	C
	Timur	0,86			0,66		
Siang	Utara	1,11	162,9	F	0,86	22,3	C
	Timur	1,16			0,89		
Sore	Utara	1,02	240,6	F	0,88	22,8	C
	Timur	1,36			0,84		
Malam	Utara	1,15	133,2	F	0,89	21,0	C
	Timur	0,95			0,73		

KESIMPULAN

1. Kinerja simpang kondisi eksisting diperoleh nilai derajat kejenuhan (DJ) tertinggi 1,33 (hari kerja jam puncak sore) dan 1,17 (hari libur jam puncak malam), serta tundaan rata-rata simpang (T) tertinggi 217 det/skr (LOS F, hari kerja jam puncak sore) dan 181 det/skr (LOS F, hari libur jam puncak sore). Dengan ketentuan kondisi ideal simpang, maka simpang APILL yang ditinjau untuk kondisi eksisting tidak memenuhi kondisi ideal simpang.
2. Kinerja simpang 5 tahun yang akan datang diperoleh nilai derajat kejenuhan (DJ) tertinggi 1,36 (hari kerja jam puncak sore) dan 1,20 (hari libur jam puncak malam), serta tundaan rata-rata simpang (T) tertinggi 240 det/skr (LOS F, hari kerja jam puncak sore) dan 208 det/skr (LOS F, hari libur jam puncak sore). Dengan ketentuan kondisi ideal simpang, maka simpang APILL yang ditinjau untuk kondisi 5 tahun yang akan datang tidak memenuhi kondisi ideal simpang.
3. Alternatif solusi 5 tahun yang akan datang menggunakan alternatif solusi kombinasi berdasarkan PKJI 2014 dari penambahan lebar pendekat dan perubahan fase sinyal dikarenakan hasil dari kombinasi tersebut lebih maksimal dibandingkan hanya menggunakan salah satu solusinya, untuk alternatif solusi pelarangan pergerakan belok kanan tidak dapat dilakukan karena dikhawatirkan terjadi antrian kendaraan untuk pergerakan putar balik. Alternatif kombinasi yang digunakan antara lain penambahan 1 lajur untuk pergerakan lurus jalan terus di pendekat timur dengan lebar 3 m, panjang lajur perlambatan 20 m, dan panjang lajur pergeseran 25 m, serta pengurangan durasi waktu siklus dan variasi waktu hijau untuk tiap pendekat. Dengan solusi tersebut, kinerja simpang meningkat dengan nilai derajat kejenuhan tertinggi 0,92 (hari libur jam puncak malam) dan 0,90 (hari kerja jam puncak pagi), serta tundaan rata-rata simpang dengan tingkat pelayanan B - D (LOS B - D) pada hari kerja dan hari libur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anita, D., Paransa, M. J., & Elisabeth, L. (2015). Evaluasi kinerja simpang bersinyal Jalan 17 Agustus – Jalan Babe Palar Kota Manado. *Jurnal sipil statik*, 3(9), 621–630.
- Banter, B., Zaini, A. K., & Boer, A. (2019). Analisis simpang bersinyal pada Bundaran Kantor Gubernur Pekanbaru. *Jurnal saintis*, 19(1), 35–40. [https://doi.org/10.25299/saintis.2019.vol19\(1\).2811](https://doi.org/10.25299/saintis.2019.vol19(1).2811)
- Budi, S., Sihite, G., Indriastuti, A. K., & Priyono, Y. (2017). Perbandingan kinerja simpang bersinyal berdasarkan PKJI 2014 dan pengamatan langsung (Studi kasus: Simpang Jl. Brigjend Sudiarto/ Jl. Gajah Raya/ Jl. Lamper Tengah Kota Semarang). *Jurnal karya teknik sipil*, 6(2), 180–193. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Budiman, A., & Intari, D. E. (2016). Analisis kapasitas dan tingkat kinerja simpang bersinyal pada Simpang Palima. *Fondasi: jurnal teknik sipil*, 5(1), 69–78. <https://doi.org/10.36055/jft.v5i1.1248>
- Constanti, N. (2017). Studi evaluasi kinerja simpang bersinyal Jalan Ranu Grati – Jalan Danau Toba Kota Malang. Retrieved from <http://eprints.itn.ac.id/2018/>
- Dzulhidayat. (2022). Evaluasi kinerja simpang bersinyal menggunakan metode PKJI 2014 dan software VISSIM 11 di Simpang Dieng Kota Malang. *Jurnal teknik sipil*, 8(5), 2003–2005.
- Fedoravie, A. (2017). Studi evaluasi simpang empat Galunggung Kota Malang. Retrieved from <http://eprints.itn.ac.id/2021/>
- Handayasari, I., Rokhman, A., & Halusman, S. (2020). Optimalisasi kinerja simpang APILL Puri Kembangan berdasarkan pedoman kapasitas jalan Indonesia 2014. *Konstruksia*, 11(1), 33–40. <https://doi.org/10.24853/jk.11.1.33-40>
- Hidayat, D. W., Oktopianto, Y., & Budi Sulisty, A. (2020). Peningkatan kinerja simpang tiga bersinyal (Studi kasus simpang tiga Purin Kendal). *Jurnal keselamatan transportasi jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 7(2), 36–45. <https://doi.org/10.46447/ktj.v7i2.289>
- Jaya Wikrama, A. (2011). Analisis kinerja simpang bersinyal (Studi kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak). *Jurnal ilmiah teknik sipil*, 15(1), 1–14.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2014). Kapasitas simpang APILL. *Panduan Kapasitas Jalan Indonesia*, 95.
- Kurniawan, M. R., & Ardian, W. A. (2017). Evaluasi kinerja simpang bersinyal Jl. Raya Jemursari - Jl. Jemur Andayani dengan adanya pembangunan box culvert. Retrieved from <https://repository.its.ac.id/id/eprint/42330>
- Natsir, R. (2018). Evaluasi kinerja simpang bersinyal di Kota Palopo. *Pena teknik: jurnal ilmiah ilmu-ilmu teknik*, 1(1), 95. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v1i1.49
- Prayitno, E. A., Abidin, Z., & Huda, M. (2019). Analisis evaluasi kinerja simpang bersinyal Jl. Raya Nginden - Jl. Raya Panjang Jiwo menggunakan PKJI 2014. *Ge-STRAM: jurnal perencanaan dan rekayasa sipil*, 2(1), 23–28. <https://doi.org/10.25139/jprs.v2i1.1491>
- Puspa, G., & Rizda, A. (2014). Upaya perbaikan kinerja simpang empat bersinyal pada Jalan Duren Tiga Selatan dengan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014. *Jurnal teknik sipil*, 1–13.
- Rhaptalyani, Sitanggang, B. M., & Arliansyah, J. (2014). Arus jenuh dan panjang antrian pada simpang bersinyal Angkatan 66 Kota Palembang. *Transportasi*, 14(3), 165–174.
- Rofinus Nama Pehan, Ircham, V. D. A. A. (2020). Analisis simpang bersinyal menggunakan metode PKJI 2014 (Simpang Jlagran Lor, Yogyakarta). *Jurnal teknik sipil*, 1(2), 89–98.
- Silva, Z. F. Da, Pandulu, G. D., & Sadillah, M. (2021). Evaluasi kinerja simpang dengan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) di Kota Malang (Studi kasus: Jalan Sumber Sari – Jalan Veteran – Jalan Bendungan Sutami - Jalan Sigura-Gura). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan*

- Infrastruktur (SENTIKUIN), 4, 1–10. Retrieved from <https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin>
- Suryaningsih, O. F., Hermansyah, H., & Kurniati, E. (2020). Analisis kinerja simpang bersinyal (Studi kasus Jalan Hasanuddin- Jalan Kamboja, Sumbawa Besar). *INERSIA: Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, 16(1), 74–84. <https://doi.org/10.21831/inersia.v16i1.31317>
- Wahyu Saputro, W. (2019). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi kemacetan lalu lintas di perlintasan sebidang (Studi kasus: perlintasan sebidang Mranggen-Kab. Demak). *Jurnal teknik sipil*, 1–23.
- Wikrama, J. (2011). Analisis kinerja simpang bersinyal. *Jurnal ilmiah teknik sipil*, XVI(1). Retrieved from https://www.academia.edu/download/35104246/7_jaya_wikrama_a.pdf
- Zaki, M. (2020). Evaluasi kinerja simpang bersinyal UPN Yogyakarta. *Jurnal teknik sipil*.

