
OPTIMALISASI SIMPANG EMPAT BERSINYAL PEGADAIAN DI KABUPATEN LAMONGAN

Dwi Diky Wahyudi
Taruna Program Studi Diploma III
Manajemen Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat
Indonesia-STTD
Jalan Raya Setu Cibitung, Bekasi
Jawa Barat 17520
dkwahyudi10@gmail.com

Anisa Mahadita C, M.MTr
Dosen Program Studi
Sarjana Terapan
Transportasi Darat
Politeknik Transportasi Darat
Indonesia-STTD
Jalan Raya Setu Cibitung, Bekasi
Jawa Barat 17520

Drs. Wijianto, M.Si
Dosen Program Studi Diploma III
Manajemen Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat
Indonesia-STTD
Jalan Raya Setu Cibitung, Bekasi
Jawa Barat 17520

ABSTRACT

Intersections are branching or road networks that become the meeting point of several road segments. This research focuses on the Pegadaian intersection in Lamongan Regency. This intersection is the fourth arm intersection with the lowest ranking. The intersection is a meeting between Jl. Basuki Rahmat and Jl. Andansari regulated by APILL (Traffic Signaling Tool). The purpose of this study is to perform a performance analysis to improve the performance of the intersection. The analysis of the four-arm intersection with the signal of the pawnshop was carried out using MKJI 1997. The method used was descriptive quantitative method. The data collection method used is to make direct observations of the geometric conditions of intersections, traffic volume, and vehicle movement patterns during busy periods. The results showed that the performance of the intersection can be improved by resetting the cycle time and changing the APILL phase from three to two phases at the intersection.

Keywords: *Intersection, Degree of Saturation, and Delay*

ABSTRAK

Persimpangan adalah percabangan atau jaringan jalan yang menjadi titik temu beberapa ruas jalan. Penelitian ini berfokus pada Simpang Pegadaian di Kabupaten Lamongan. Simpang ini merupakan simpang lengan empat dengan perankingan terendah. Simpang tersebut merupakan pertemuan antara Jl. Basuki Rahmat dan Jl. Andansari yang diatur oleh APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas). Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis kinerja untuk meningkatkan kinerja simpang tersebut. Analisis simpang lengan empat bersinyal pegadaian tersebut dilakukan dengan menggunakan MKJI 1997. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi geometrik simpang, volume lalu lintas, dan pola pergerakan kendaraan pada periode sibuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja simpang dapat ditingkatkan dengan mengatur ulang waktu siklus dan merubah fase APILL dari tiga fase menjadi dua fase pada simpang tersebut.

Kata Kunci: Persimpangan, Derajat Kejenuhan, dan Tundaan

PENDAHULUAN

Persimpangan didefinisikan sebagai salah satu bagian sistem jaringan jalan yang tidak terpisahkan. Persimpangan jalan juga dijabarkan sebagai area umum yang bergabung atau persilangan dari dua atau lebih jalan raya, termasuk fasilitas jalan raya serta fasilitas tepi jalan bagi lalu lintas yang melewatinya. (Officials, n.d. AASHTO, 2001).

Kabupaten Lamongan memiliki 13 simpang ber-APILL, dari beberapa simpang tersebut yaitu terdapat 6 simpang 4 bersinyal dan 7 simpang 3 bersinyal. Terdapat satu simpang 4 bersinyal dengan tipe 411, dengan perangkian terendah yaitu Simpang Pegadaian Kabupaten Lamongan merupakan simpang dengan kondisi tata guna lahan perkantoran dan pertokoan yang merupakan pusat kegiatan ekonomi dan juga pemerintahan dikarenakan simpang ini masih didalam zona *Central Bisnis Distric (CBD)*.

KAJIAN PUSTAKA

A. Persimpangan

Menurut PP No. 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan, persimpangan merupakan pertemuan atau percabangan jalan baik sebidang maupun tidak sebidang. Menurut Edward K. Morlok (1991), Persimpangan adalah bentuk dari pertemuan jalan dimana terdapat pergerakan lalu lintas di setiap pintu masuk simpang dan disertai dengan sifat geometris jalan serta konflik spesifik yang ada pada persimpangan tersebut. Selain itu persimpangan juga berperan sebagai area yang berpotensi akan terjadinya kecelakaan, diakibatkan oleh konflik antara kendaraan dengan pejalan kaki atau konflik antar beberapa kendaraan karena pergerakan yang ada dalam suatu simpang

B. Jenis Persimpangan

Menurut Risdiyanto (2014) adapun jenis simpang dapat dibedakan menjadi:

1) Simpang Tidak Bersinyal (*unsignalized intersection*)

Jenis persimpangan ini sering digunakan pada lalu lintas dengan volume rendah. Hak utama dalam simpang tidak bersinyal didapat berdasarkan peraturan dari *General Priority Rule*. Aturan ini menyatakan bahwa kendaraan yang lebih dahulu mencapai persimpangan memiliki hak untuk jalan lebih dulu dibandingkan kendaraan yang baru memasuki persimpangan.

2) Simpang Bersinyal (*signalized intersection*)

Pada simpang ini, kendaraan secara bergantian memasuki persimpangan sesuai sinyal dari lampu lalu lintas. Metode simpang bersinyal tepat diterapkan pada area dengan arus lalu lintas dengan volume cukup

tinggi karena pada kondisi tersebut simpang tak bersinyal tidak memadai. Selain mengatur arus kendaraan, lampu lalu lintas juga berguna untuk mengatur hak bagi pejalan kaki untuk melalui jalan tersebut.

3) Bundaran Lalu Lintas (*roundbout*)

Bundaran merupakan alternatif lain pengganti lampu lalu lintas. Metode persimpangan dengan bundaran yakni mengatur persimpangan dengan cara membatasi perpindahan gerakan kendaraan sehingga dapat memperlambat laju kendaraan.

4) Simpang Susun (*interchange*)

Persimpangan susun sering disebut dengan *bottle neck* (leher botol) dimana kapasitas jaringan jalan tergantung dari kapasitas simpang. Sehingga, pada arus lalu lintas dengan kepadatan tinggi, persimpangan dibuat secara simpang susun atau tidak sebidang dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas dari pada simpangnya.

C. Perhitungan Kinerja Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal merupakan suatu persimpangan yang dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas. Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu.

Beberapa kinerja persimpangan bersinyal antara lain kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan. Berikut beberapa teori perhitungan terkait kinerja simpang bersinyal:

1. Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh merupakan besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam). $S_o = 600 \times W_e$

2. Arus Jenuh

Arus jenuh dasar merupakan besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau). $S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$

3. Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan waktu yang diperlukan untuk suatu rangkaian nyala lampu secara lengkap dari indikasi suatu sinyal. Panjang siklus pada rampu lalu lintas yang beroperasi tergantung pada kondisi lalu lintas.

a. Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

$$c_{ua} = \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{(1 - IFR)}$$

b. Waktu Hijau

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i$$

c. Waktu Siklus yang Disesuaikan

$$c = \sum g + LTI$$

4. Kapasitas

Kapasitas merupakan arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (smp/jam)

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

5. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan merupakan indikator atau ukuran kualitas kondisi lalu lintas yang dapat diterima oleh pengemudi kendaraan.

a. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio atau perbandingan dari volume (nilai arus) lalu lintas terhadap kapasitasnya. Derajat kejenuhan juga merupakan salah satu indikator ada tidaknya masalah, dimana dengan menggunakan asumsi bahwa jika besar atau nilai arus lalu lintas kendaraan semakin dekat dengan kapasitasnya maka kemudahan pergerakan lalu lintas akan semakin terbatas.

$$DS = Q / C$$

b. Panjang Antrian

Panjang antrian (queue length) merupakan jumlah kendaraan yang antri pada suatu pendekat.

1) Jumlah yang Tersisa dari Fase Hijau Sebelumnya (NQ_1)

Untuk $DS \leq 0,5$ maka nilai NQ_1 adalah 0 dan jika nilai $DS > 0,5$ maka nilai NQ_1 dapat diperoleh dengan menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right]$$

2) Jumlah yang Datang Selama Fase Merah (NQ_2)

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Jumlah antrian kendaraan secara keseluruhan adalah:

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

Untuk menentukan NQMAX dapat menggunakan grafik di atas ini, dengan menghubungkan nilai NQ dan probabilitas overloading (POL). Untuk perencanaan dan desain disarankan nilai POL < 5%, sedangkan untuk operasional disarankan POL 5-10%. Sehingga panjang antrian diperoleh dengan rumus:

$$QL = \frac{NQMAX + 20}{W \text{ Masuk}}$$

c. Tundaan

Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui sebuah persimpangan apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui simpangan. Tundaan terbagi menjadi dua yakni:

1) Tundaan Lalu Lintas (DT)

Tundaan lalu lintas merupakan waktu menunggu yang disebabkan interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan.

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{c}$$

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

2) Tundaan Geometri (DG)

Tundaan geometri disebabkan karena adanya perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang atau terhenti karena lampu merah.

$$DG = (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4)$$

Tundaan rata-rata merupakan jumlah dari tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometri (DG)

$$D = DT + DG$$

Tundaan rata-rata simpang (D_{TOT})

$$D_{TOT} = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}}$$

METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data meliputi pengumpulan berbagai informasi berkaitan dengan data yang diperlukan secara lengkap mengenai kondisi wilayah studi yang akan dilakukan penelitian dan analisisnya didapatkan untuk perencanaan pengaturan dan pengendaliannya. Data-data yang dibutuhkan adalah data inventarisasi simpang, data lalu lintas, dan data jaringan jalan di Kabupaten Banjarnegara.

Pengumpulan data dilakukan dengan cara berikut ini :

1. Pengumpulan Data Sekunder
Dalam pengumpulan data sekunder ini, data yang didapatkan dari instansi-instansi terkait seperti Dinas Perhubungan Kabupaten Banjarnegara untuk memperoleh data tentang persimpangan, Dinas Pekerja Umum untuk mendapatkan peta jaringan jalan dan data jaringan jalan untuk mendapatkan peta jaringan jalan dan data jaringan jalan.
2. Pengumpulan Data Primer
Data primer didapatkan dari survei lapangan yang dilakukan secara langsung untuk mendapatkan data persimpangan Survei inventarisasi dan geometrik simpang, Survei gerakan membelok terklasifikasi, dan survey waktu siklus

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Optimalisasi Kinerja Persimpangan

Setelah kondisi eksisting diketahui, maka dengan melihat faktor – faktor penyesuaian yang ada dan melihat grafik penentuan pengaturan persimpangan, untuk persimpangan

dapat dilakukan optimalisasi kinerja persimpangan sesuai dengan kondisi volume arus lalu lintas saat ini. Pada Proses perhitungan usulan I ini, dikarenakan hanya mengubah waktu siklusnya saja, maka hanya dilakukan analisis perubahan pada waktu siklusnya yang disesuaikan dengan volume pada saat ini dan untuk selanjutnya dapat dicari juga waktu hijau pada masing-masing fase, sedangkan untuk factor-faktor koreksinya masih menggunakan pada kondisi eksisting.

A. Analisis Kinerja Simpang Pegadaian di Kabupaten Lamongan pada Kondisi Eksisting

Untuk mengetahui kinerja Simpang Pegadaian pada kondisi eksisting maka perlu dilakukan kajian ulang terhadap persimpangan dengan dilakukan perhitungan waktu siklus, derajat kejenuhan, antrian, tundaan, dan memperhatikan kondisi geometri simpang. Berikut analisis kinerja simpang pada kondisi eksisting sebagai berikut:

1. Arus Jenuh Dasar

Berikut merupakan nilai arus jenuh dasar yang diperoleh berdasarkan analisis perhitungan terhadap lebar efektif pendekat simpang dan arus lalu lintas pada suatu pendekat pada kondisi yang ditentukan setelah disesuaikan dengan kondisi eksisting pada suatu simpang sebagai berikut:

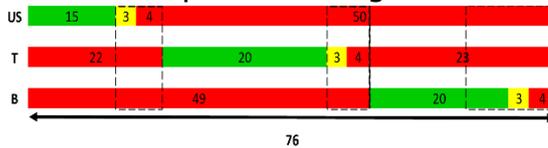
Table 1
Arus Jenuh Dasar pada Kondisi Eksisting Simpang

Kode Pendekat	Lebar Efektif (m)	Nilai Kapasitas Dasar (smp/jam)
	We	
(1)	(9)	(10)
U	3,5	1.615
S	3,5	1.780
T	3,5	2.100
B	3,5	2.100

Sumber: Hasil Analisis

2. Waktu Siklus

Berikut merupakan waktu siklus eksisting diperoleh dengan melakukan survei secara langsung pada masing-masing pendekat simpang pada kondisi eksisting pada Simpang Pegadaian Kabupaten Lamongan:



Gambar 1 Waktu Siklus Simpang pada Kondisi Eksisting

3. Kapasitas

Kapasitas sesungguhnya C (smp/jam) di hitung dengan menggunakan rumus IV. 1 bab IV.

Table 2 Perhitungan Nilai Kapasitas Simpang pada Kondisi Eksisting

No	Kode Pendekat	S (smp/jam)	Hijau (g) (detik)	Waktu Siklus (C) (detik)	Kapasitas (C) (smp/jam)
1	U	1.437	15	76	284
2	S	1.584	15	76	313
3	T	1.986	20	76	523
4	B	2.065	20	76	543

Sumber: Hasil Analisis

Dapat diketahui berdasarkan hasil analisis bahwa nilai

kapasitas simpang terbesar yakni pada pendekat mayor barat dengan kapasitas simpang sebesar 543 smp/jam.

4. Tingkat Kinerja

a. Derajat kejenuhan

Berikut nilai derajat kejenuhan simpang pada kondisi eksisting:

Table 3 Derajat Kejenuhan Simpang pada Kondisi Eksisting

No	Kode Pendekat	Q (smp/jam)	Kapasitas (C) (smp/jam)	DS
1	U	276	284	0,97
2	S	303	313	0,97
3	T	264	523	0,51
4	B	369	543	0,68

Sumber: Hasil Analisis

Dilihat dari hasil analisis diatas bahwa simpang pegadaian berada dalam kondisi jenuh, dimana masing-masing pendekat menghasilkan nilai derajat kejenuhan $>0,5$ dan pendekat utara dan selatan dengan nilai derajat kejenuhan tertinggi sebesar 0,97.

b. Panjang Antrian

Berikut nilai panjang antrian simpang pada kondisi eksisting:

Table 4 Panjang Antrian Simpang pada Kondisi Eksisting

No	Kode Pendekat	Kapasitas (C) (smp/jam)	DS	NQ1
1	U	284	0,97	6,40
2	S	313	0,97	6,40
3	T	523	0,51	0,01
4	B	543	0,68	0,55

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan data perhitungan kondisi eksisting yang diperoleh, panjang antrian tertinggi terdapat pada pendekat utara dan selatan (Jl. Andansari) sepanjang 6,4m

c. Tundaan

Hasil perhitungan tundaan dapat dilihat dibawah ini:

Table 5 Tundaan Simpang pada Kondisi Eksisting

Kode Pendekat	Q (smp/jam)	Tundaan (det/smp)			
		DT	DG	D	D x Q
U	276	117,18	2,87	120,05	44.118,36
T	303	109,77	3,20	112,97	34.186,18
S	264	35,92	2,24	38,18	10.095,87
B	369	39,80	3,83	43,64	16.098,32
total	1222				93.446,94
Tundaan Rata – Rata Simpang det/smp					77,1524

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis di atas dapat diketahui bahwa tundaan rata – rata pada Simpang pegadaian kondisi eksisting adalah sebesar 77,15 det/smp.

B. Usulan Peningkatan

Usulan yang diberikan guna meningkatkan kinerja Simpang Pegadaian antara lain dengan beberapa usulan diantaranya sebagai berikut:

1. Kondisi Usulan I dengan melakukan pengaturan ulang waktu siklus
2. Kondisi Usulan II dengan melakukan perubahan fase dari tiga fase menjadi dua fase

Berdasarkan hasil analisis kondisi usulan diatas maka kondisi usulan yang paling efektif untuk diterapkan yakni kondisi usulan II dengan melakukan penyesuaian ulang waktu siklus dan melakukan perubahan fase pada Simpang Pegadaian. Rekapitulasi analisis kinerja pada kondisi eksisting dan usulan Simpang Pegadaian adalah sebagai berikut:

Table 6 Perbandingan Kinerja Kondisi Eksisting dan Usulan Simpang berdasarkan tundaan

Eksisting		Usulan I		Usulan II	
Tundaan (det/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)	Tingkat Pelayanan
77,15	F	44,24	E	27,41	D

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan perbandingan kinerja eksisting dan usulan berdasarkan tundaan terjadi peningkatan kinerja yang drastis, hal ini diketahui dari tundaan rata-rata pada usulan terjadi penurunan sehingga berdasarkan indeks tingkat pelayanan simpang maka Simpang Pegadaian yang pada kondisi eksisting dengan tingkat pelayanan F (buruk sekali) mengalami peningkatan kinerja menjadi tingkat pelayanan D (sedang).

Table 7 Perbandingan Kinerja Kondisi Eksisting dan Usulan Simpang berdasarkan derajat kejenuhan.

Indikator	Kaki Simpang	Eksisting	Usulan I	Usulan II
Derajat Kejenuhan	U	0,97	0,70	0,62
	S	0,97	0,70	0,62
	T	0,51	0,70	0,62
	B	0,68	0,70	0,62

Sumber : Hasil Analisis dapat dilihat bahwa kinerja Simpang Pegadaian pada kondisi usulan II terjadi peningkatan kinerja yang merata dan mengalami penurunan dari kondisi eksisting sampai kondisi usulan II.

Table 8 Perbandingan Kinerja Kondisi Eksisting dan Usulan Simpang berdasarkan panjang antrian.

Indikator	Kaki Simpang	Eksisting	Usulan I	Usulan II
Panjang Antrian (QL) (m)	U	80,00	45,71	34,29
	S	80,00	45,71	34,29
	T	45,71	45,71	34,29
	B	57,14	57,14	40,00

Sumber:Hasil Analisis Hasil analisis tersebut menyatakan bahwa kinerja Simpang Pegadaian pada kondisi usulan II mengalami peningkatan kinerja, dapat dilihat dari panjang antrian dari kondisi eksisting dengan kondisi usulan mengalami penurunan rata-rata.

KESIMPULAN

Analisis kinerja pada daerah Simpang Pegadaian Kabupaten Lamongan dilanjutkan dengan optimalisasi dengan dua skenario yang pertama yaitu merubah waktu siklus,

dan skenario yang kedua yaitu dengan merubah waktu siklus dan fase, maka dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan hasil analisis kinerja eksisting, Simpang Pegadaian Kabupaten Lamongan memiliki tingkat pelayanan berdasar derajat kejenuhan (DS) rata-rata dengan nilai 0,78 antrian rata-rata pada simpang adalah 65,71 meter, serta tundaan simpang rata-rata sebesar 77,15 det/smp.
2. Untuk meningkatkan kualitas kinerja Simpang Pegadaian maka direkomendasikan alternatif yang terbaik, dalam hal ini adalah menghitung ulang waktu siklus dan perubahan fase. Pada Simpang Pegadaian dilakukan perhitungan ulang waktu siklus sesuai dengan kepadatan lalu-lintas pada kondisi saat ini serta perubahan fase dari tiga fase menjadi dua fase dengan durasi siklus selama 46 detik. Rekomendasi ini dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja Simpang Pegadaian, dapat diketahui dari penurunan nilai tundaan rata-rata dari 77,15 det/smp (F) turun menjadi 27,41 det/smp (D). Sedangkan untuk panjang antrian rata-rata dari 65,71 meter turun menjadi 35,71 meter.

3. Terjadi peningkatan kinerja dari kondisi eksisting dengan kondisi usulan dapat dilihat dari analisis perbandingan kinerja Simpang Pegadaian. Dengan menggunakan tiga unsur yang dominan yang dapat mempengaruhi kinerja dari Simpang Pegadaian di Kabupaten Lamongan yaitu; tingkat pelayanan berdasarkan tundaan rata-rata pada simpang, derajat kejenuhan pada masing-masing kaki simpang, dan panjang antrian pada masing-masing kaki simpang.

SARAN

Dari hasil analisis kinerja Simpang Pegadaian Kabupaten Lamongan, terdapat beberapa saran guna meningkatkan kinerja simpang yaitu:

1. Direkomendasikan peningkatan kinerja simpang bersinyal dari kinerja simpang yang buruk menjadi kinerja simpang yang optimal dengan merubah waktu siklus dan fase.
2. Perlunya pengawasan dari petugas berwenang dalam menjamin kedisiplinan pengguna jalan khususnya di area Simpang Pegadaian Kabupaten Lamongan.

3. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai perubahan geometrik simpang dan pendekatan dari pemerintah daerah untuk melakukan pembebasan lahan di sekitar Simpang Pegadaian untuk meningkatkan kinerja Simpang Pegadaian.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ibu Anisa Mahadita C, M.MTr dan bapak Drs. Wijianto, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi bagi penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 1993. Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan. Jakarta
- _____, 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Direktorat Jenderal Bina Marga dan Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta
- _____, 2009. Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Jakarta

-
- _____, 2014. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas. Jakarta
- _____, 2014. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 34 Tahun 2014 tentang Marka Jalan. Jakarta
- _____, 2014. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 49 Tahun 2014 tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu lintas. Jakarta
- _____, 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Jakarta
- _____, 2022. Pedoman Kertas Kerja Wajib dan Artikel Ilmiah Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Jalan. Bekasi
- _____, 2022. Laporan Umum Praktek Kerja Lapangan Kabupaten Lamongan, Pola Umum Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Kabupaten Lamongan dan Identifikasi Permasalahannya. Politeknik Transportasi Darat Indonesia –STTD. Bekasi
- Morlok, E. K. (1991). *Pengantar Teknik Perencanaan dan Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- Hoobs, F. D. (1995). Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas Edisi Kedua. *Universitas Gadjah Mada*.
- AASHTO (2001) Kebijakan Desain Geometris Jalan Raya dan Jalan. *American Association of State Highways and Transportation Officials, Washington DC*
- Wikrama, A. J. (2011). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat-Jalan Gunung Salak). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vol. 15, No. 1, Januari 2011, 58-71.
- L.I.R. Lefrandt, J. T. (2013). Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Empat Bersignal

-
- (Studi Kasus: persimpangan JL. Jend. Sudirman-KIS
Persimpangan Jalan Mangun Sarkoro. Padang
Walanda Maramis
Manado). Jurnal Sipil Statik
Vol.1 No.3, Februari 2013,
202-208
- Risdiyanto. (2014). Rekayasa dan
Manajemen Lalu Lintas:
Teori dan Aplikasi.
Yogyakarta: Leutika
Nouvalitera.
- Arief Budiman, D. E, (2016). Analisis
Kapasitas Dan Tingkat
Kinerja Simpang Bersinyal
Pada Simpang. Jurnal
Fondasi, Volume 5 No 1, 5,
69-78.
- Arief Budiman, D. E. (2016). Analisis
Kinerja Simpang Bersinyal
Pada Simpang Boru Kota
Serang. Jurnal Fondasi,
Volume 5 No 2 2016, 1-11
- Kurniati, N. L. (2016). Optimalisasi
Kinerja Simpang Pasar Pagi
Arenka Di Kota Pekanbaru.
Jurnal Penelitian
Transportasi Darat, Volume
18, Nomor 2, juni 2016,
133-146.
- Nasmirayanti, Rita. (2019).
Perencanaan ulang pengaturan fase
alat pengatur lalu lintas pada
persimpangan bersinyal di