

OPTIMALISASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL (STUDI KASUS SIMPANG EMPAT POLISI MILITER DI KABUPATEN BANTAENG)

Rhezky Dwi Karmila

Taruna Program Studi Diploma III
Manajemen Transportasi Jalan
Politeknik Transportasi Darat
Indonesia-STTD
Jalan Raya Setu Km.3,5, Cibitung,
Bekasi Jawa Barat 17520
rhezkydwikarmilaa@gmail.com

**Azhar Hermawan Riyanto, S.ST.,
MT.**

Dosen Program Studi Diploma III
Manajemen Transportasi Perkeretaapian
Politeknik Transportasi Darat
Indonesia-STTD
Jalan Raya Setu Km.3,5, Cibitung,
Bekasi Jawa Barat 17520

**Selenia Ediyani
Palupiningtyas, S.T., MT.**

Dosen Program Studi Diploma IV
Transportasi Darat Sarjana Terapan
Politeknik Transportasi Darat
Indonesia-STTD
Jalan Raya Setu Km.3,5, Cibitung,
Bekasi Jawa Barat 17520

Abstract

The Simpang Empat Military Police is an intersection located in a strategic location, namely the economic center as the Central Business District (CBD) of Bantaeng Regency. At busy times at this intersection there are delays and queues that are quite long and even conflicts often occur at the mouth of the intersection due to improper intersection control and the condition of road equipment that is still not optimal such as signs and markings that have faded so that the level of service at this intersection will increase . low. To measure and determine the performance of the appropriate type of intersection control at the intersection in this study, the 1997 Indonesian Road Capacity Manual (MKJI) method was used. The analysis carried out is an analysis of the intersection capacity, degree of saturation, queue length and delay and type of intersection control in the existing conditions. From the results of the analysis of the existing conditions, an increase in the performance of the intersection will be carried out by providing several suggestions such as changing the cycle time, phase and geometric at the intersection and comparing the existing conditions with the proposed conditions. Improve intersection performance by choosing the best proposal and planning intersection cycle times at on peak and off peak times to get maximum intersection performance.

Keywords: *Junction Optimization, degree of saturation, , queue length, delay and junction control.*

Abstrak

Simpang Empat Polisi Militer merupakan persimpangan yang terletak pada lokasi strategis yaitu pusat perekonomian sebagai *Central Business District* (CBD) Kabupaten Bantaeng. Pada waktu sibuk di Simpang ini mengalami tundaan dan antrian yang cukup panjang bahkan kerap terjadi konflik pada mulut simpang akibat pengendalian simpang yang kurang tepat serta kondisi perlengkapan jalan yang masih belum optimal seperti rambu dan marka yang sudah pudar sehingga diperkirakan tingkat pelayanan pada Simpang ini akan semakin rendah. Untuk mengukur kinerja dan penentuan tipe kendali simpang yang sesuai pada persimpangan dalam penelitian ini menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI). Analisis yang dilakukan adalah analisis terhadap kapasitas persimpangan, derajat kejenuhan, panjang antrian serta tundaan dan tipe pengendalian simpang pada kondisi eksisting. Dari hasil analisis kondisi eksisting akan dilakukan peningkatan kinerja simpang dengan memberikan beberapa usulan seperti perubahan waktu siklus, fase, dan geometrik pada persimpangan dan melakukan perbandingan kondisi eksisting dengan kondisi usulan. Dilakukan peningkatan kinerja persimpangan dengan memilih usulan yang terbaik dan merencanakan waktu siklus persimpangan di waktu *on peak* dan *off peak* untuk mendapatkan kinerja simpang yang maksimal.

Kata kunci: *Optimalisasi Simpang, Derajat Kejenuhan, Panjang Antrian, Tundaan dan Pengendalian Simpang*

PENDAHULUAN

Permasalahan lalu lintas yang kerap dirasakan oleh pengguna jalan yaitu kemacetan lalu lintas baik itu di ruas jalan maupun di persimpangan. Persimpangan merupakan suatu tempat bertemunya arus lalu lintas dari beberapa arah.

Simpang Empat Polisi Militer merupakan persimpangan yang terletak pada lokasi strategis yaitu pusat perekonomian yang berada di Desa Pallantikang sebagai *Central Business District* (CBD) Kabupaten Bantaeng. Besarnya arus lalu lintas yang melintas menunjukkan bahwa Simpang Empat Polisi Militer merupakan akses utama bagi masyarakat Kabupaten Bantaeng untuk menuju Terminal Kabupaten Bantaeng dan juga Pasar Sentral Kabupaten Bantaeng.

Pada waktu sibuk di Simpang Empat Polisi Militer mengalami tundaan dan antrian yang cukup panjang bahkan kerap terjadi konflik pada mulut simpang akibat pengendalian simpang yang kurang tepat serta kondisi perlengkapan jalan yang masih belum optimal seperti rambu dan marka yang sudah pudar sehingga diperkirakan tingkat pelayanan pada Simpang Empat Polisi Militer akan semakin rendah. Simpang Empat Polisi Militer ini memiliki Panjang antrian sebesar 40.00 m serta tundaan rata-rata selama 26.29 det/smp sehingga tingkat pelayanan pada simpang ini adalah D.

KAJIAN PUSTAKA

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) menjelaskan bahwa persimpangan dimaknai sebagai semua area dimana setidaknya dua jalan bertemu atau berpotongan, termasuk jalan dan fasilitas lalu lintas (Indonesia 1997).

Teori Perhitungan Persimpangan Bersinyal

A. Kapasitas

$$C = S \times (g/c)$$

Keterangan:

- C : Kapasitas (smp/jam)
 S : Arus jenuh (smp/jam hijau)
 g : Waktu hijau pendekat (det)
 c : Waktu siklus (det)

B. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$DS = \frac{Q_{total}}{C}$$

Keterangan:

- DS : Derajat kejenuhan
 Qtotal : Arus lalu lintas total (smp/jam)
 C : Kapasitas (smp/jam)

C. Antrian

Rumus yang digunakan untuk menghitung panjang antrian adalah sebagai berikut:

$$QL = \frac{(NQ_{max} \times 20)}{W_{masuk}}$$

Keterangan:

- QL : Panjang antrian (m)
 NQmax : Jumlah kendaraan yang antri pada pendekat (kend/smp)
 Wmasuk : Lebar pendekat (m)

D. Tundaan

Untuk menghitung tundaan dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR) \times DS} + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

Keterangan:

- DT : Tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)

c	: Waktu siklus (det)
GR	: Rasio hijau (g/c)
DS	: Derajat kejenuhan
NQ1	: Jumlah kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (kend/smp)

METODE

Metode Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi data sekunder dan primer antara lain, yaitu:

1. Data Sekunder

Dinas Perhubungan dan Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) untuk memperoleh peta jaringan jalan dan data jaringan jalan Kabupaten Bantaeng, serta Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda). untuk mendapatkan peta tata guna lahan.
2. Data Primer
 - 1) Survei Inventarisasi Jalan

Survei ini dilakukan untuk memperoleh data tentang Panjang jalan, lebar dimensi jalan, serta kelengkapan prasarana fasilitas jalan seperti rambu, marka jalan, trotoar, fasilitas penyeberangan, median serta penerangan jalan dan kelengkapan lainnya pada Simpang Empat Polisi Militer. Selain itu, juga untuk mengetahui tata guna lahan disekitar SIMpang Empat Polisi Militer yang berguna dalam analisis permasalahannya. Dengan data ini maka dapat diketahui Panjang dan lebar jalan, jumlah dan jenis rambu, kondisi tata guna lahan, serta prasarana jalan lainnya.
 - 2) Survei *Classified Turning Movement Counting* (CTMC)

Tujuan pelaksanaan survei gerakan membelok terklasifikasi ini adalah untuk mendesain geometrik persimpangan, menganalisa sistem pengendalian persimpangan dan kapasitas dengan referensi khusus terhadap lalu lintas yang belok kanan dan studi-studi hambatan.

Teknik Analisis Data

Analisis Kinerja Simpang Bersinyal

Analisis kinerja simpang bersinyal ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari persimpangan tersebut yang analisis perhitungannya menggunakan pendekatan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

Analisis Kondisi Usulan

Analisis kondisi usulan ini dilakukan dengan cara mencari kinerja persimpangan dari kondisi eksisting yang kemudian dilakukan pengoptimalan yaitu meningkatkan kinerja persimpangan yang dirasa sudah tidak optimal untuk dioptimalkan lagi dengan cara memberikan usulan-usulan yang tepat, efisien, dan efektif. Usulan-usulan yang diberikan antara lain:

- 1) Menghitung waktu siklus sesuai dengan volume lalu lintas pada saat ini
- 2) Menyesuaikan waktu siklus sesuai dengan volume lalu lintas pada saat ini
- 3) Melakukan perubahan fase dan geometrik lebar pendekat namun perubahan geometrik ini hanya dilakukan terhadap simpang yang memiliki lahan yang memungkinkan untuk dilakukan perubahan geometrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

2. Kondisi eksisting

A. Kapasitas

Simpang Empat Polisi Militer adalah simpang dengan pengendalian APILL dengan 4

kaki simpang. Dihitung kondisi eksisting pada simpang tersebut.

Tabel 1. Tundaan Eksisting Simpang Empat Polisi Militer

No	Tundaan Lalu Lintas (det/smp)	Tundaan Geometrik (det/smp)	Tundaan Jalan Mayor(det/smp)	Tundaan Jalan Minor(det/smp)	Tundaan Simpang (det/smp)
1	22.68	0.99	27.15	24.11	26.29

B. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$DS = \frac{Q_{total}}{C}$$

C. Antrian

Rumus yang digunakan untuk menghitung panjang antrian adalah sebagai berikut:

$$QL = \frac{(NQ_{max} \times 20)}{W_{masuk}}$$

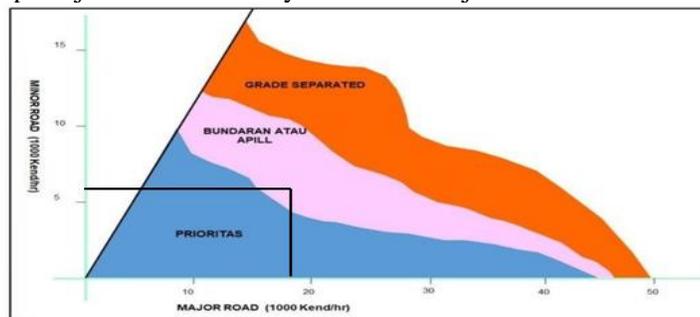
D. Tundaan

Untuk menghitung tundaan dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR) \times DS} + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

E. Penentuan Tipe Kendali Simpang

Menentukan tipe pengendalian simpang dapat digunakan grafik tipe pengendalian simpang dengan menggunakan jumlah kendaraan yang melintas selama 24 jam atau dengan faktor k dimana faktor k digunakan 8% karena merupakan daerah komersial dan jalan arteri. Didapatkan kendaraan yang melintas di jalan mayor sebanyak 18925 kend/jam dan pada jalan minor sebanyak 6212 kend/jam.



3. Kondisi Usulan

Dalam peningkatan kinerja dilakukan beberapa usulan

- i. Mengubah geometrik dan mengubah waktu siklus sesuai dengan kondisi lalu lintas saat ini
- ii. Mengubah fase dari 2 fase menjadi 3 fase
- iii. Menggabungkan usulan I dan II dengan mengubah geometrik dan mengubah waktu siklus serta mengubah fase menjadi 3 fase
- iv. Mengubah fase dari 2 fase menjadi 4 fase

Perhitungan Kondisi Usulan

A. Waktu Siklus

Untuk menghitung waktu siklus dapat digunakan rumus

$$LTI = 2 \times WHA$$

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

$$gi = (Cua - LTI) \times Pri$$

Tabel 2. Waktu Siklus Kondisi Usulan Simpang Empat Polisi Militer

	Usulan	Jl. Kartini (U)	Jl. Dahlia (S)	Jl. Raya Lanto (T)	Jl. Raya Lanto (B)
I	Waktu Hijau (g)	17	17	20	20
	Waktu Siklus (c)	45	45	45	45
II	Waktu Hijau (g)	16	16	21	21
	Waktu Siklus (c)	52	52	52	52
III	Waktu Hijau (g)	16	16	21	21
	Waktu Siklus (c)	70	70	70	70
IV	Waktu Hijau (g)	11	8	12	13
	Waktu Siklus (c)	60	60	60	60

B. Kapasitas

Untuk mendapat nilai kapasitas digunakan rumus

$$C = S \times (g/c)$$

Tabel 3. Kapasitas Kondisi Usulan Simpang Empat Polisi Militer

	Usulan	Jl. Kartini (U)	Jl. Dahlia (S)	Jl. Raya Lanto (T)	Jl. Raya Lanto (B)
I	Arus Jenuh (s)	1190	2104	2968	2909
	Waktu Hijau (g)	17	17	20	20
	Waktu Siklus (c)	45	45	45	45
	Kapasitas(C)	649	534	1143	1138
II	Arus Jenuh (s)	1924	2098	3300	3300
	Waktu Hijau (g)	16	16	21	21
	Waktu Siklus (c)	52	52	52	52
	Kapasitas(C)	338	378	818	817
III	Arus Jenuh (s)	2182	2098	3600	3600
	Waktu Hijau (g)	16	16	21	21
	Waktu Siklus (c)	70	70	70	70
	Kapasitas(C)	383	378	892	891
IV	Arus Jenuh (s)	2100	2400	3300	3300
	Waktu Hijau (g)	11	8	12	13
	Waktu Siklus (c)	60	60	60	60

Kapasitas(C)	394	289	654	703
--------------	-----	-----	-----	-----

C. Derajat Kejenuhan

Untuk menghitung derajat kejenuhan digunakan rumus

$$DS = \frac{Q_{total}}{C}$$

Tabel 4. Derajat Kejenuhan Kondisi Usulan Simpang Empat Polisi Militer

	Usulan	Jl. Kartini (U)	Jl. Dahlia (S)	Jl. Raya Lanto (T)	Jl. Raya Lanto (B)
I	Arus (Q)	152	142	574	505
	Kapasitas(C)	649	534	1143	1138
	Derajat Kejenuhan	0.23	0.27	0.50	0.44
II	Arus (Q)	152	142	574	505
	Kapasitas(C)	338	378	818	817
	Derajat Kejenuhan	0.22	0.22	0.30	0.30
III	Arus (Q)	153	142	501	433
	Kapasitas(C)	383	378	892	891
	Derajat Kejenuhan	0.39	0.37	0.56	0.48
IV	Arus (Q)	121	50	524	436
	Kapasitas(C)	394	289	654	703
	Derajat Kejenuhan	0.30	0.17	0.80	0.62

D. Antrian

Panjang Antrian dibagi menjadi 2 yaitu:

jumlah antrian smp yang tersisa dari waktu hijau sebelumnya (NQ1)

$$NQ1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0.5)}{C}} \right]$$

jumlah antrian yang datang selama fase merah (NQ2)

$$NQ2 = c \times \frac{1 - GR}{(1 - GR) \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

Panjang antrian total dapat diketahui dengan rumus

$$QL = \frac{(NQ_{max} \times 20)}{W_{masuk}}$$

Tabel 5. Panjang Antrian Kondisi Usulan Simpang Empat Polisi Militer

	Usulan	Jl. Kartini (U)	Jl. Dahlia (S)	Jl. Raya Lanto (T)	Jl. Raya Lanto (B)
I	Arus (Q)	152	142	574	505
	Derajat Kejenuhan	0.23	0.27	0.50	0.44
	Panjang Antrian	17.14	10.00	40.00	32.73

II	Arus (Q)	152	142	574	505
	Derajat Kejenuhan	0.22	0.22	0.30	0.30
	Panjang Antrian	23	15	44	36
III	Arus (Q)	153	142	501	433
	Derajat Kejenuhan	0.39	0.37	0.56	0.48
	Panjang Antrian	20	15	40	33
IV	Arus (Q)	121	50	524	436
	Derajat Kejenuhan	0.30	0.17	0.80	0.62
	Panjnag Antrian	11	5	51	36

E. Tundaan

Tundaan di bagi menjadi 2, yaitu:

Tundaan Lalu Lintas

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR) \times DS} + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

Tundaan geometrik

$$DG = (1 - Psv) \times Pt \times 6 + (Psv \times 4)$$

Untuk menghitung tundaan rata-rata dapat menggunakan rumus

$$Di = \frac{\sum(Q \times D)}{Qtot}$$

Tabel 6. Tundaan Kondisi Usulan Simpang Empat Polisi Militer

	Usulan	Jl. Kartini (U)	Jl. Dahlia (S)	Jl. Raya Lanto (T)	Jl. Raya Lanto (B)
I	DT	21.47	21.27	21.92	21.89
	DG	0.99	1.51	3.28	3.40
	D	22.46	22.78	25.21	25.29
II	DT	23.23	22.79	22.29	20.67
	DG	4.01	3.85	3.50	3.37
	D	27.25	26.64	25.79	24.04
III	DT	22.92	22.79	21.19	20.08
	DG	4.02	3.85	3.43	3.32
	D	26.94	26.64	24.63	23.39
IV	DT	21.20	23.07	31.02	22.88
	DG	4.01	4.19	4.00	3.62
	D	25.22	27.25	35.02	26.50

4. Perbandingan kondisi eksisting dengan kondisi usulan

A. Derajat Kejenuhan

Tabel 7. Perbandingan Kinerja Berdasarkan Derajat Kejenuhan

No	Kode Pendekat	Eksisting	Usulan I	Usulan II	Usulan III	Usulan IV
1	U	0.26	0.23	0.45	0.39	0.30
2	S	0.25	0.27	0.37	0.37	0.17
3	T	0.57	0.50	0.61	0.56	0.80
4	B	0.51	0.44	0.53	0.48	0.62

Derajat Kejenuhan rata-rata pada usulan I mengalami penurunan, pada usulan II mengalami peningkatan, pada usulan III mengalami peningkatan dan pada usulan IV mengalami peningkatan.

B. Panjang Antrian

Tabel 8. Perbandingan Kinerja Berdasarkan Panjang Antrian

No	Kode Pendekat	Eksisting	Usulan I	Usulan II	Usulan III	Usulan IV
1	U	17.14	17.14	23	20	11
2	S	10.00	10.00	15	15	5
3	T	40.00	40.00	44	40	51
4	B	32.73	32.73	36	33	36

Panjang antrian rata-rata tidak mengalami peningkatan maupun penurunan pada usulan I, mengalami peningkatan pada usulan II dan juga usulan III. Sementara usulan IV terjadi penurunan pada lengan minor dan peningkatan pada lengan mayor.

C. Tundaan

Tabel 9. Perbandingan Kinerja Berdasarkan Tundaan Simpang

No	Kondisi	Tundaan (det/smp)	Tingkat Pelayanan
1	Eksisting	26.29	D
2	Usulan I	24.68	C
3	Usulan II	25.45	D
4	Usulan III	24.71	C
5	Usulan IV	35.02	D

KESIMPULAN

Berdasarkan survei di lapangan serta dari hasil perhitungan kinerja Simpang Empat Polisi Militer yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa poin yang dapat dijadikan kesimpulan.

1. Simpang Empat Polisi Militer memiliki kondisi perlengkapan jalan yang belum optimal karena belum adanya rambu peringatan dan rambu petunjuk untuk diletakkan di sekitar simpang agar dapat meningkatkan perilaku berkendara yang baik.
2. Berdasarkan survei yang telah dilakukan dan pengolahan data sehingga memperoleh:
 - a. Derajat kejenuhan kondisi eksisting sebesar 0.57
 - b. Panjang antrian kondisi eksisting adalah 40 meter

c. Waktu tundaan selama 26.29 det/smp.

Dari ketiga indikator tersebut menunjukkan bahwa Simpang Empat Polisi Militer memiliki tingkat pelayanan D.

SARAN

Saran yang dapat diambil dari usulan, hasil analisis dan pembahasan data adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengkajian secara berkala minimal 3 bulan sekali untuk pemeliharaan alat pengendali lalu lintas dan peremajaan marka serta melakukan pengaturan dan pembaruan waktu siklus dan fase simpang bersinyal.
2. Memberikan beberapa usulan demi meningkatkan kinerja simpang kajian dengan melakukan cara sebagai berikut:
 - a. Usulan I dengan melakukan perubahan geometrik dan perubahan waktu siklus sesuai dengan kondisi lalu lintas saat ini dan tidak melakukan perubahan fase.
 - 1) Derajat kejenuhan sebesar 0.50
 - 2) Panjang antrian sebesar 40 meter
 - 3) Waktu tundaan selama 24.68 det/smp
 - b. Usulan II dengan melakukan perubahan fase dari 2 fase menjadi 3 fase.
 - 1) Derajat kejenuhan sebesar 0.61
 - 2) Panjang antrian sebesar 44 meter
 - 3) Waktu tundaan selama 25.45 det/smp
 - c. Usulan III dengan melakukan penggabungan usulan I perubahan geometrik dan perubahan waktu siklus dengan usulan II perubahan fase dari 2 fase menjadi 3 fase sesuai dengan kondisi lalu lintas saat ini.
 - 1) Derajat kejenuhan sebesar 0.56
 - 2) Panjang antrian sebesar 40 meter
 - 3) Waktu tundaan selama 24.71 det/smp
 - d. Usulan IV dengan melakukan perubahan fase dari 2 fase menjadi 4 fase.
 - 1) Derajat kejenuhan sebesar 0.80
 - 2) Panjang antrian sebesar 51 meter
 - 3) Waktu tundaan selama 30.34 det/smp
3. Dari beberapa usulan yang telah dilakukan, didapatkan rekomendasi usulan yang paling baik untuk diterapkan dalam mengoptimalkan kinerja Simpang Empat Polisi Militer yaitu dengan menerapkan usulan I perubahan geometrik dan perubahan waktu siklus sehingga dapat menangani permasalahan kinerja simpang dengan lebih cepat.
4. Mengadakan koordinasi dari instansi terkait untuk melakukan perubahan geometrik simpang dan fase apabila usulan III bisa diterima. Sehingga harus melakukan pendekatan khusus dari pemerintah untuk melakukan pembebasan lahan di sekitar persimpangan. Mengingat bahwa kondisi persimpangan yang terlalu dekat dengan bangunan sehingga akan terkendala dalam pelebarannya.
5. Perlu melakukan pengawasan dari petugas yang berwenang untuk mengatur ketertiban dan kedisiplinan berlalu lintas. Agar para pengguna kendaraan patuh terhadap peraturan lalu lintas yang ada. Bahwa seringkali terdapat pengguna jalan yang masih menerobos lampu merah sehingga mengakibatkan kemacetan terjadi di persimpangan tersebut.

REFERENSI

A.A. Gede Sumanjaya, I Gusti Agung Putu Eryani, I Made Arya Dwijayantara S. 2015. "Perencanaan Simpang Bersinyal Pada Simpang Ciung Wanara Di Kabupaten Gianyar." *Jurnal. Teknik Sipil*

- Anonim. 2009. “UU No.22 Tahun 2009.Pdf.”
- Aryandi, Rama Dwi, Ari Sandhyavitri, and Reni Suryanita. 2017. “Peningkatan Kinerja Simpang Melalui Manajemen Hambatan Samping Dan Pengaturan Arus Lalu Lintas.” *Jurnal Sains Dan Teknologi* 16 (2): 38. <https://doi.org/10.31258/jst.v16.n2.p38-47>.
- Dishub. 2012. “Pedoman Teknis Penyelenggaraan Fasilitas Parkir.” *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil* 1 (1): 41.
- Hariyanto, Joni. 2004. “Sistem Pengendalian Lalu Lintas Pada Pertemuan Jalan Sebidang,” 1–14.
- Highway, State, and Transportation Officials. n.d. *American Association of State Highway and Transporting Officials*.
- Indonesia, manual kapasitas jalan. 1997. “Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).” *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)* 7802112 (264).
- Julianto, Eko Nugroho. 2012. “Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Bangkong Kota Semarang.” *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan* 14 (2): 179–90.
- Junction, Signalized, and U G M Bridge. 2016. “Analisis Kinerja Simpang Empat Bersinyal Pada Persimpangan Jembatan Baru Ugm, Sleman Yogyakarta 1,” 1–12.
- Jurusan, Dosen, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, and Universitas Udayana. 2011. “ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak) A.A.N.A. Jaya Wikrama” 15 (1).
- Kasus, Studi, Jalan Wolter, Monginsidi Jalan, Kota Bitung, Aditya Tarigan, Lucia I R Lefrandt, and Samuel Y R Rompis. 2023. “T E K N 0 Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal” 21 (85).
- Kementerian Perhubungan. 2015. “Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas.” *Jakarta*.
- Khisty, C Jotin, and B. Kent Lall. 2005. *Transportation Engineering an Introduction 3rd Edition Terj. Fidel Miro*.
- Kustanrika, Irma Wirantina. 2015. “Perhitungan Metode Webster Pada Persimpangan Bersinyal.” *Jurnal Kilat* 4 (1). <http://id.wikipedia.org/wiki/persimpangan>.
- Rahayu, Gati, Sri Atmajaya P. Rosyidi, and Ahmad Munawar. 2009. “Analisis Arus Jenuh Dan Panjang Antrian Pada Simpang Bersinyal: Studi Kasus Di Jalan Dr. Sutomo - Suryopranoto, Yogyakarta.” *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika* 12 (1): 100. <http://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/viewFile/759/901>.
- Suryaningsih, Oyi Febri, Hermansyah Hermansyah, and Eti Kurniati. 2020. “Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar).” *INERSIA: LNformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur* 16 (1): 74–84. <https://doi.org/10.21831/inersia.v16i1.31317>.
- Tim PKL Kabupaten Bantaeng. 2023. Laporan Umum Manajemen Transportasi Jalan di Kabupaten Bantaeng dan Identifikasi Permasalahannya. Bekasi : Politeknik Transportasi Darat Indonesia STTD.