

ANALISIS ALTERNATIF SOLUSI PENINGKATAN KINERJA SIMPANG TAK BERSINYAL JALAN GATOT SUBROTO - JALAN GUNUNG CATUR - JALAN GUNUNG ANDAKASA DI KOTA DENPASAR

Gregorius Benediktus Kia, I Ketut Sudipta Giri, Cokorda Putra Wirasutama

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar

Email: eddywadan87@gmail.com

ABSTRAK: Meningkatnya jumlah penduduk serta jumlah kepemilikan kendaraan bermotor dapat mengakibatkan munculnya permasalahan lalu lintas seperti tundaan, antrian dan kecelakaan. Salah satu lokasi di Kota Denpasar yang mengalami konflik lalu lintas adalah simpang tak bersinyal 4 lengan Jalan Gatot Subroto - Jalan Gunung Catur - Jalan Gunung Andakasa. Dari hasil penelitian sebelumnya, diketahui jumlah volume lalu lintas jam puncak adalah 6039,8 smp/jam, kapasitas sebesar 3610,16 smp/jam, derajat kejenuhan sebesar 1,67, tundaan > 124,78 detik/smp, peluang antrian sebesar 122,04% - 275,17% dan tingkat pelayanan simpang adalah F. Dari data tersebut, diketahui derajat kejenuhan melebihi ketentuan MKJI 1997 dimana derajat kejenuhan harus < 0,75, sehingga perlu dilakukan analisis terkait dengan peningkatan kinerja simpang agar dapat diketahui alternatif solusi yang tepat dalam mengatasi konflik yang terjadi. Alternatif solusi yang dilakukan adalah pelebaran jalan, pemasangan median jalan utama, pemasangan rambu larangan berhenti di setiap pendekat dan pemasangan rambu larangan belok kanan pada jalan minor, sehingga didapatkan kapasitas sebesar 8110,23 smp/jam, derajat kejenuhan sebesar 0,74, tundaan sebesar 12,09 detik/smp, peluang antrian sebesar 22,51% - 45,17% dan tingkat pelayanan simpang adalah C. Dari hasil analisis alternatif tersebut, nilai derajat kejenuhan sudah memenuhi ketentuan MKJI 1997.

Kata kunci: *Simpang tak bersinyal, MKJI 1997, Alternatif solusi*

ABSTRACT: *The increasing number of residents and the number of motorized vehicle ownership can lead to the emergence of traffic problems such as delays, queues and accidents. One of the locations in Denpasar City that is experiencing traffic conflicts is the 4 arms unsignalized intersection of Gatot Subroto Street - Gunung Catur Street - Gunung Andakasa Street. From the results of previous studies, it is known that the peak hour traffic volume is 6039,8 pcu/hour, the capacity is 3610,16 pcu/hour, the degree of saturation is 1,67, the delay is > 124,78 seconds/pcu, the queue probability is 122,04% - 275,17% and the level of service at the intersection is F. From these data, it is known that the degree of saturation exceeds the provisions of the 1997 MKJI where the degree of saturation must be < 0,75, so it is necessary to do an analysis related to improving the performance of the intersection in order to know the right alternative solution in dealing with conflicts. Alternative solutions that are carried out are road widening, installation of the main road median, installation of stop signs at each approach and installation of right turn prohibition signs on minor roads, so that a capacity of 8110,23 pcu/hour is obtained, the degree of saturation is 0,74, a delay of 12,09 seconds/pcu, the queue probability is 22,51% - 45,17% and the service level of the intersection is C. From the results of the alternative analysis, the value of the degree of saturation has met the provisions of the MKJI 1997.*

Keywords: *Unsignalized intersection, MKJI 1997, Alternative solution*

PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Kota Denpasar tiap tahun terus meningkat. Hal tersebut dikarenakan Kota Denpasar merupakan pusat pemerintahan kota, pusat pendidikan, perdagangan dan pariwisata. Dengan meningkatnya jumlah penduduk, maka meningkat juga jumlah kepemilikan kendaraan bermotor yang dapat mengakibatkan munculnya konflik lalu lintas seperti tundaan, antrian dan kecelakaan lalu lintas, khususnya pada simpang-simpang tak bersinyal di Kota Denpasar.

Salah satu lokasi simpang tak bersinyal di Kota Denpasar yang mengalami permasalahan lalu lintas adalah simpang prioritas Jalan Gatot Subroto - Jalan Gunung Catur - Jalan Gunung

Andakasa. Dari hasil penelitian sebelumnya diketahui kinerja serta tingkat pelayanan pada simpang tersebut sangat buruk. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis peningkatan kinerja simpang agar dapat diketahui alternatif solusi yang tepat dalam mengatasi konflik yang terjadi.

KAPASITAS SIMPANG TAK BERSINYAL

Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas simpang menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut:

$$C = C_0 \times F_w \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI}$$

Keterangan:

C = Kapasitas

C₀ = Kapasitas Dasar

- F_W = Faktor penyesuaian lebar pendekat
- F_M = Faktor penyesuaian median jalan utama
- F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota
- F_{RSU} = Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor
- F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri
- F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan
- F_{MI} = Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor

KINERJA SIMPANG TAK BERSINYAL

Derajat Kejenuhan

Rumus yang digunakan untuk menghitung derajat kejenuhan menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut:

$$DS = Q_{TOT} / C$$

Keterangan:

DS = Derajat kejenuhan

Q_{TOT} = Arus total

C = Kapasitas

Tundaan Lalu Lintas Simping (DT_I)

Rumus untuk menghitung tundaan lalu lintas simpang menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut:

Untuk $DS \leq 0,6$:

$$DT_I = 2 + 8,2078 \times DS (1 - DS) \times 2$$

Untuk $DS > 0,6$:

$$DT_I = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2$$

Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama (DT_{MA})

Rumus untuk menghitung tundaan lalu lintas jalan utama menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut:

Untuk $DS \leq 0,6$:

$$DT_{MA} = 1,8 + 5,8234 \times DS - (1 - DS) \times 1,8$$

Untuk $DS > 0,6$:

$$DT_{MA} = 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8$$

Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DT_{MI})

Rumus untuk menghitung tundaan lalu lintas jalan minor menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut:

$$DT_{MI} = Q_{TOT} \times DT_I - Q_{MA} \times DT_{MA} / Q_{MI}$$

Dimana:

Q_{TOT} = Arus total (smp/jam).

Q_{MA} = Arus lalu lintas jalan utama.

Q_{MI} = Arus lalu lintas jalan minor.

Tundaan Geometrik Simping (DG)

Rumus untuk menghitung tundaan geometrik simpang menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut:

Untuk $DS < 1,0$:

$$DG = (1 - DS) \times (P_T \times 6 + (1 - P_T) \times 3) + DS \times 4$$

Untuk $DS \geq 1,0$: $DG = 4$

Tundaan Simping

Rumus yang digunakan untuk menghitung tundaan simpang menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut:

$$D = DG + DT_I$$

Keterangan:

D = Tundaan simpang

DG = Tundaan geometrik simpang

DT_I = Tundaan lalu lintas simpang

Peluang Antrian (QP%)

Rumus yang digunakan untuk menghitung peluang antrian menurut MKJI 1997 adalah sebagai berikut:

Untuk QP% atas:

$$QP_a = 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3$$

Untuk QP% bawah:

$$QP_b = 9,02 \times DS - 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3$$

TINGKAT PELAYANAN SIMPANG TAK BERSINYAL

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan (2006), tingkat pelayanan pada simpang tak bersinyal ditentukan berdasarkan nilai tundaan.

Tabel 1. Tingkat pelayanan simpang

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)
A	< 5
B	5 – 10
C	11 – 20
D	21 – 30
E	31 – 45
F	> 45

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan, 2006

Dari tabel, dapat diuraikan mengenai tingkat pelayanan simpang tak bersinyal diantaranya sebagai berikut:

- a. Tingkat Pelayanan A
Keadaan arus lalu lintas bebas tanpa hambatan, volume dan kepadatan lalu lintas rendah, kecepatan kendaraan ditentukan pengemudi.
- b. Tingkat Pelayanan B
Keadaan arus lalu lintas stabil, kecepatan perjalanan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas tetapi pengemudi masih mendapatkan kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatannya.
- c. Tingkat Pelayanan C
Keadaan arus lalu lintas masih stabil, kecepatan perjalanan dan kebebasan

- bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalu lintas sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkan.
- d. Tingkat Pelayanan D
Keadaan arus lalu lintas mendekati arus tidak stabil, perubahan volume lalu lintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.
 - e. Tingkat Pelayanan E
Keadaan arus lalu lintas sudah tidak stabil, volume kira-kira sama dengan kapasitas, sering terjadi kemacetan (berhenti) beberapa saat.
 - f. Tingkat Pelayanan F
Keadaan arus tertahan atau arus terpaksa (*force flow*), terjadi antrian kendaraan yang panjang, sering terjadi kemacetan dalam waktu cukup lama, kecepatan maupun volume dapat turun sampai nol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian Sebelumnya (eksisting)

Adapun hasil analisis penelitian sebelumnya pada simpang tak bersinyal Jalan Gatot Subroto - Jalan Gunung Catur - Jalan Gunung Andakasa adalah sebagai berikut:

- a. Volume lalu lintas adalah 6039,8 smp/jam.
 - b. Lebar rata-rata pendekat adalah 5,963 m.
 - c. Kapasitas dasar (C_0) adalah 3400 smp/jam.
 - d. Faktor penyesuaian lebar pendekat (F_w) adalah 1,051.
 - e. Faktor penyesuaian median jalan utama (F_M) adalah 1,00.
 - f. Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS}) adalah 0,94.
 - g. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, kelas hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU}) adalah 0,94.
 - h. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) adalah 1,092.
 - i. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) adalah 1,0.
 - j. Faktor penyesuaian arus jalan minor (F_{MI}) adalah 1,046.
 - k. Kapasitas simpang tak bersinyal (C) adalah 3610,16 smp/jam.
 - l. Derajat kejenuhan (DS) adalah 1,67.
- a. Tundaan lalu lintas simpang (DT_I) adalah $> 120,78$ detik/smp.
 - b. Tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA}) adalah $> 657,18$ detik/smp.
 - c. Tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MI}) adalah $> 487,48$ detik/smp.
 - d. Tundaan geometrik simpang (DG) adalah 4.
 - e. Tundaan simpang (D) adalah $> 124,78$ detik/smp.
 - f. Peluang antrian ($QP\%$) adalah $122,04\% - 275,17\%$.
 - g. Tingkat pelayanan simpang adalah F.
 - h. Dari hasil analisis tersebut, diketahui derajat kejenuhan sangat tinggi melebihi ketentuan dari MKJI 1997 dimana DS harus $< 0,75$, sehingga perlu dilakukan analisis alternatif solusi untuk meningkatkan kinerja simpang.

Alternatif Solusi 1

Alternatif solusi pertama yang dilakukan adalah pemasangan rambu larangan berhenti pada setiap pendekat agar hambatan samping kondisi eksisting sedang menjadi rendah, pemasangan rambu larangan belok kanan pada kedua lengan jalan minor agar kendaraan hanya bisa belok kiri dan pemasangan median jalan utama agar tidak ada kendaraan di jalan utama yang belok kanan serta tidak ada kendaraan di jalan minor yang lurus. Median jalan utama berfungsi menghilangkan konflik yang terjadi pada tengah simpang. Adapun hasil analisis alternatif 1 adalah sebagai berikut:

- a. Untuk nilai C_0 masih sama seperti kondisi eksisting yaitu 3400 smp/jam.
- b. Untuk nilai F_w masih tetap sama seperti kondisi eksisting yaitu 1,051.
- c. Dengan adanya pemasangan median pada jalan utama (lebar 0,4 m), maka nilai F_M yang pada kondisi eksisting adalah 1,0 berubah menjadi 1,05.
- d. Untuk nilai F_{CS} masih tetap sama seperti kondisi eksisting yaitu 0,94.
- e. Dengan adanya pemasangan rambu larangan berhenti pada simpang, maka hambatan samping yang pada kondisi eksisting sedang, berubah menjadi rendah dan nilai F_{RSU} kondisi eksisting adalah 0,94 berubah menjadi 0,95.
- f. Setelah dilakukan analisis alternatif pertama, rasio arus belok kiri (P_{LT}) yang pada kondisi eksisting adalah 0,157 berubah menjadi 0,360, sehingga nilai F_{LT} kondisi eksisting adalah 1,092 berubah menjadi 1,420.
- g. Dengan adanya rambu larangan belok kanan dan median jalan utama, maka tidak ada kendaraan yang belok kanan, sehingga nilai F_{RT} diabaikan.
- h. Untuk nilai F_{MI} masih tetap sama seperti kondisi eksisting yaitu 1,046.
- i. Setelah dilakukan analisis, maka nilai kapasitas simpang (C) pada kondisi eksisting

- adalah 3610,16 smp/jam berubah menjadi 4979,95 smp/jam.
- j. Setelah dilakukan analisis alternatif pertama, nilai derajat kejenuhan (DS) pada kondisi eksisting adalah 1,67 berubah menjadi 1,21.
 - k. Setelah dilakukan analisis alternatif pertama, nilai DT_1 yang pada kondisi eksisting adalah $> 120,78$ detik/smp berubah menjadi 40 detik/smp.
 - l. Setelah dilakukan analisis alternatif pertama, nilai DT_{MA} yang pada kondisi eksisting adalah $> 657,18$ detik/smp berubah menjadi 22,43 detik/smp.
 - m. Setelah dilakukan analisis alternatif pertama, nilai DT_{MI} yang pada kondisi eksisting adalah $> 487,48$ detik/smp berubah menjadi 120,40 detik/smp.
 - n. Untuk nilai DG masih tetap sama seperti kondisi eksisting yaitu 4 detik/smp.
 - o. Setelah dilakukan analisis alternatif pertama, nilai D yang pada kondisi eksisting adalah $> 124,78$ detik/smp berubah menjadi 44 detik/smp, sehingga tingkat pelayanan simpang pada kondisi eksisting adalah F (terpaksa) berubah menjadi E dimana kondisi arus lalu lintas sudah tidak stabil.
 - p. Setelah dilakukan analisis alternatif pertama, nilai QP yang pada kondisi eksisting adalah 122,04% - 275,17% berubah menjadi 60,04% - 122,30%.
 - q. Setelah dilakukan analisis alternatif pertama, telah terjadi perubahan dimana derajat kejenuhan yang pada kondisi eksisting adalah 1,67 berubah menjadi 1,21, namun belum memenuhi ketentuan dari MKJI 1997 ($DS < 0,75$). Oleh karena itu, perlu dilakukan alternatif solusi tambahan yang lain.

Alternatif Solusi 2

Pada alternatif kedua, perubahan dilakukan sama halnya seperti pada alternatif pertama namun ada beberapa perubahan tambahan yaitu pelebaran jalan utama dan minor serta pelebaran median jalan utama. Untuk pelebaran jalan utama dan minor diasumsikan sebagai berikut:

Tabel 2. Asumsi pelebaran jalan

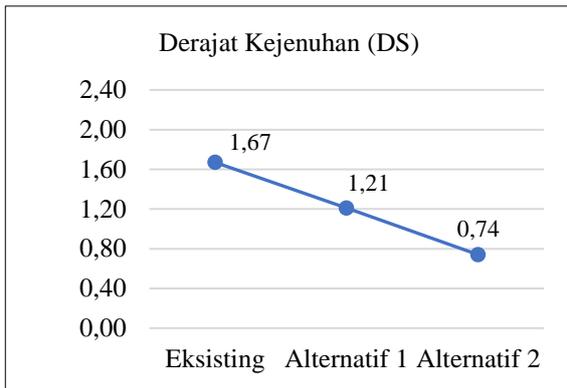
Lebar pendekat (m)							
Eksisting				Asumsi			
W _A	W _B	W _C	W _D	W _A	W _B	W _C	W _D
3,75	7,8	4,5	7,8	8	16	8	16

Hasil analisis alternatif 2 adalah sebagai berikut:

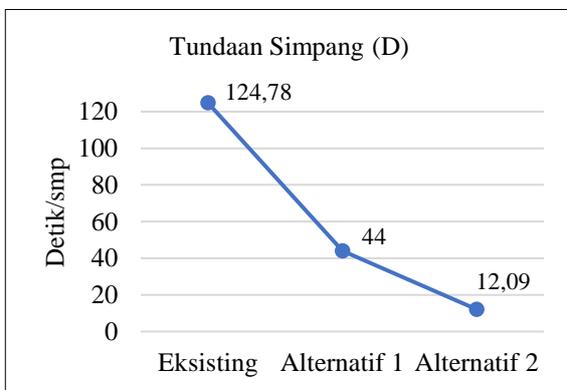
- a. Untuk nilai C_0 masih sama seperti alternatif 1 yaitu 3400 smp/jam.

- b. Dari asumsi pada tabel 3, didapatkan lebar rata-rata pendekat simpang yang pada kondisi eksisting adalah 5,963 m berubah menjadi 12 m, sehingga nilai F_w yang pada kondisi eksisting adalah 1,051 berubah menjadi 1,498.
- c. Untuk median pada jalan utama diasumsikan berubah menjadi 3 m, sehingga nilai F_M yang pada alternatif pertama adalah 1,05 berubah menjadi 1,20.
- d. Untuk nilai F_{CS} masih sama seperti alternatif pertama yaitu 0,94.
- e. Untuk nilai F_{RSU} masih sama seperti alternatif pertama yaitu 0,95.
- f. Untuk nilai F_{LT} masih sama seperti alternatif pertama yaitu 1,420.
- g. Untuk nilai F_{RT} masih sama seperti alternatif pertama yaitu diabaikan.
- h. Untuk nilai F_{MI} masih sama seperti alternatif pertama yaitu 1,046.
- i. Setelah dilakukan analisis alternatif kedua, nilai kapasitas simpang yang pada alternatif pertama adalah 4979,95 smp/jam berubah menjadi 8110,23 smp/jam.
- j. Setelah dilakukan analisis alternatif kedua, nilai derajat kejenuhan yang pada alternatif pertama adalah 1,21 berubah menjadi 0,74.
- k. Setelah dilakukan analisis alternatif kedua, nilai DT_1 yang pada alternatif pertama adalah 40 det/smp berubah menjadi 8,09 det/smp.
- l. Setelah dilakukan analisis alternatif kedua, nilai DT_{MA} yang pada alternatif pertama adalah 22,43 detik/smp berubah menjadi 5,99 detik/smp.
- m. Setelah dilakukan analisis alternatif kedua, nilai DT_{MI} yang pada alternatif pertama adalah 120,40 detik/smp berubah menjadi 17,69 detik/smp.
- n. Setelah dilakukan analisis alternatif kedua, nilai DG masih tetap sama seperti alternatif pertama yaitu 4 detik/smp.
- o. Setelah dilakukan analisis alternatif kedua, nilai D yang pada alternatif pertama adalah 44 detik/smp berubah menjadi 12,09 detik/smp, sehingga tingkat pelayanan simpang pada alternatif pertama adalah E (arus sudah tidak stabil) berubah menjadi C dimana kondisi arus lalu lintas stabil.
- p. Setelah dilakukan analisis alternatif pertama, nilai QP yang pada alternatif pertama adalah 60,04% - 122,30% berubah menjadi 22,51% - 45,17%.
- q. Setelah dilakukan analisis alternatif kedua, terjadi perubahan dimana derajat kejenuhan yang pada alternatif pertama adalah 1,21

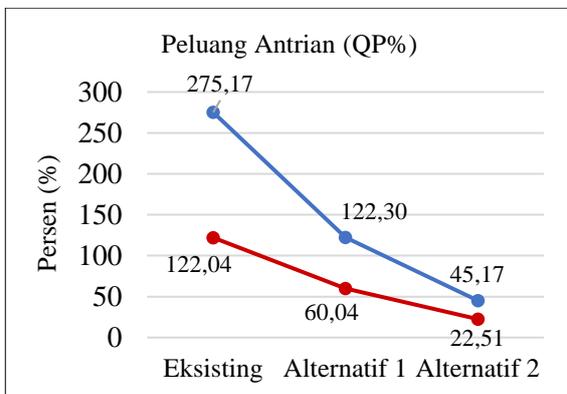
berubah menjadi 0,74, sehingga sudah memenuhi ketentuan dari MKJI 1997.



Gambar 1. Grafik DS eksisting dan alternatif



Gambar 2. Grafik D eksisting dan alternatif



Gambar 3. Grafik QP eksisting dan alternatif

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis alternatif solusi peningkatan kinerja simpang tak bersinyal maka disimpulkan sebagai berikut:

- Alternatif pertama yang dilakukan adalah pemasangan rambu larangan berhenti pada setiap pendekat, pemasangan rambu larangan belok kanan di jalan minor dan pemasangan median jalan utama, sehingga menghasilkan nilai kapasitas sebesar 4979,95 smp/jam,

nilai derajat kejenuhan sebesar 1,21, nilai tundaan simpang sebesar 40 detik/smp dan peluang antrian sebesar 60,04% - 122,30% serta tingkat pelayanan simpang adalah E (arus lalu lintas sudah tidak stabil). Dari hasil analisis alternatif pertama, diketahui derajat kejenuhan belum memenuhi ketentuan dari MKJI 1997 (DS harus < 0,75), sehingga perlu dilakukan alternatif lain.

- Alternatif kedua yang dilakukan masih sama halnya seperti alternatif pertama namun ada beberapa tambahan yaitu pelebaran jalan utama dan jalan minor serta pelebaran median jalan utama, sehingga menghasilkan nilai kapasitas sebesar 8110,23 smp/jam, nilai derajat kejenuhan sebesar 0,74, nilai tundaan simpang sebesar 12,09 detik/smp dan peluang antrian sebesar 22,51% - 45,17% serta tingkat pelayanan simpang C (arus lalu lintas masih stabil). Dari hasil analisis alternatif kedua, diketahui derajat kejenuhan sudah memenuhi ketentuan MKJI 1997.

SARAN

- Bagi peneliti selanjutnya, mengingat pada alternatif kedua yang dilakukan sangat sulit untuk menerapkannya di lapangan, maka disarankan untuk menganalisis penggunaan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) agar dapat mengatasi konflik yang terjadi.
- Bagi peneliti selanjutnya, disarankan saat melakukan rekayasa lalu lintas, sebaiknya dilakukan menyeluruh terhadap simpang lain yang terdampak agar tidak menimbulkan konflik di kemudian hari.
- Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk menggunakan referensi yang lebih banyak terkait dengan peningkatan kinerja simpang, agar mendapatkan alternatif yang lebih tepat dalam mengatasi permasalahan yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amtoro, Arbima Rif. 2016. *Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan (Studi Kasus Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan Jalan Wates Km 5, Gamping, Sleman)*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik Kota Denpasar. 2020. *Proyeksi Penduduk Kota Denpasar Tahun 2018 - 2020*. Badan Pusat Statistik, Denpasar.
- Badar, P. I., Sendow, T. K., Jansen, F., & Manoppo, M. 2014. *Analisa Persimpangan Tidak Bersinyal Menggunakan Program*

- aaSIDRA. *Jurnal Sipil Statik*, 2 (7), 367 - 374.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. PT. Bina Karya, Jakarta.
- Hariyanto, J. 2004. *Perencanaan Persimpangan Tidak Sebidang Pada Jalan Raya*. KMTS FT USU, Medan.
- Lapian, B., bawangun, V., Sendow, T. K., & Lintong, E. 2015. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal. *Jurnal Sipil Statik*, 3 (6), 422 - 434.
- Mahendra, I., Suthanaya, P., & Suweda, I. 2016. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Dan Ruas Jalan Di Kota Denpasar (Studi Kasus: Simpang Tak Bersinyal Jl. Gatot Subroto - Jl. Mulawarman - Jl. Mataram Dan Simpang Tak Bersinyal Jl. Ahmad Yani - Jl. Mulawarman)). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17 (2), 122 - 128.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. 2006. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14 Tahun 2006 Tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas.
- Morlok, E. K. 1988. *Pengantar Teknik Dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga, Jakarta.
- Risdiyanto. 2014. *Rekayasa Dan Manajemen Lalu Lintas: Teori dan Aplikasi*. PT. Leutika Nouvalitera, Yogyakarta.
- Riyadi, Lutfi. 2011. *Studi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Manahan Atas Dasar Observasi Ekuivalensi Mobil Penumpang*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Taufiqy R., Isya M., Darma Y., and T. 2020. Analysis of unsignalized intersection upgrading at constrained area in the city of Banda Aceh. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 933 012009.