

Peningkatan Kapasitas Simbang Sebidang Satu Arah dengan Simulasi Lalu Lintas *Zero Point*

¹Meike Kumaat, ²Semuel Rompis

¹Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, 081340080090

²Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, 081219641543

e-mail: meikekumaat@unsrat.ac.id

Abstrak

Persimpangan *Zero Point* merupakan titik nol Kota Manado yang juga merupakan titik transfer perpindahan penumpang angkutan umum. Tata guna lahan disekitar lokasi ini adalah kantor, apotik, pertokoan, tempat ibadah, hotel dan juga terdapat pedagang kaki lima. Penelitian ini untuk menganalisis karakteristik simpang *Zero Point* menggunakan metode Perhitungan Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 dan simulasi aplikasi *PTV Vissim* untuk mendapatkan alternatif solusi. Hasil analisis adalah volume lalu lintas (Q) tertinggi terjadi pada hari Senin sebesar 6493,4 skr/jam, kapasitas kendaraan (C) sebesar 2900 skr/jam, nilai derajat kejenuhan (DJ) 1,329, nilai tundaan simpang (T) sebesar 376,6 detik/skr dan *Level of Service* (LOS) simpang empat tak bersinyal tersebut berada pada level D yang menunjukkan performa simpang buruk. Hasil analisis tersebut kemudian dicarikan solusi alternatif dengan cara coba-coba dan alternatif terpilih untuk meningkatkan kinerja simpang tak bersinyal yaitu pertama dengan perubahan arah putar kendaraan dari arah Jl. Sudirman (samping Bank Sulut) yang akan belok kearah Jl. Sam Ratulangi harus mengitari bundaran *Zero Point* dan alternatif kedua dengan melakukan perubahan membuat median atau pembatas jalan di ruas Jl. Sudirman (samping Bank Sulut).

Kata kunci: *Zero Point* ; Kota Manado; PKJI 2014

Abstract

The Zero Point intersection is the zero point of Manado City which is also the transfer point for public transportation passengers. The land use around this location is offices, pharmacies, shops, places of worship, hotels and there are also street vendors. This research is to analyze the characteristics of Zero Point intersections using the 2014 Indonesian Road Capacity Calculation (PKJI) method and the PTV Vissim application simulation to obtain alternative solutions. The results of the analysis are that the highest traffic volume (Q) occurred on Monday at 6493.4 cur/hour, vehicle capacity (C) was 2900 cur/hour, the degree of saturation (DJ) was 1,329, the intersection delay value (T) was 376,6 seconds/currency and the Level of Service (LOS) of the unsignaled intersection is at level D which indicates poor intersection performance. The results of this analysis then looked for alternative solutions by trial and error and the chosen alternative was to improve the performance of unsignalized intersections, namely the first was to change the vehicle's turning direction from the direction of Jl. Sudirman (next to Bank Sulut) which will turn towards Jl. Sam Ratulangi has to go around the Zero Point roundabout and the second alternative is to make changes, namely making a median or road divider on the Jl. Sudirman (next to Bank Sulut).

Keywords : *Zero Point* ; Manado City ; PKJI 2014

Diterima: November 2023

Disetujui: Februari 2024

Dipublikasi: Juni 2024

©2024 Meike Kumaat ¹, Semuel Rompis ²
Under the license CC BY-SA 4.0

Pendahuluan

Luas wilayah Kota Manado 15.726 Ha dengan jumlah penduduk 453.182 jiwa. (Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2021). Kota Manado adalah ibukota Provinsi Sulawesi Utara dengan perkembangan penduduk yang cukup pesat sehingga pembangunan dan infrastruktur jalan tak lepas dari permasalahan penyediaan sarana dan prasana.

Aktivitas penduduk Kota Manado mempengaruhi kinerja ruas jalan. Persimpangan Zero Point adalah bagian dari sistem jaringan jalan Kota Manado yang sangat ramai, karena berada tepat di pusat kota Manado. Simpang empat *Zero Point* Kota Manado merupakan persimpangan sebidang tidak bersinyal sering mengalami kemacetan yang diakibatkan oleh jumlah kendaraan meningkat pada jam tertentu. Kemacetan yang Panjang akan berdampak pada kenyamanan pengguna jalan (Santhy Aprilyani Sanda, 2019).

Lokasi *Zero Point* ini merupakan titik awal Kota Manado dan berada di tengah Kota Manado dimana titik transfer angkutan umum rute dari dan ke pusat kota. Aktivitas pengguna jalan di lokasi ini mempengaruhi kapasitas simpang tersebut. Simpang tak bersinyal *Zero Point* merupakan pertemuan 4 jalur kendaraan dan terdapat beberapa fasilitas publik yang ramai dikunjungi masyarakat. Fasilitas public yang dimaksud diantaranya Apotek Bhakti Farma, kantor pusat Bank Sulut Go, Bank BCA, Gereja GMIM Kristus, Multi Mart, Supermarket Golden, Supermarket Jumbo, Kantor Pos, Sekolah SD Negeri 11, Kantor Pengadilan Tinggi, Kantor Telkom, kompleks pertokoan dan restoran juga kompleks hunian. Tugu *Zero Point* yang berada tepat di tengah simpang ini dibangun sebagai penanda titik nol Kota Manado. Hal ini sebagai penanda jarak ke berbagai tempat di Kota Manado dan sekitarnya bertemu (Mokat J. E. H, 2019).

Jumlah kendaraan yang meningkat menyebabkan kemacetan pada lokasi Zero Point ini, Dampak kemacetan di persimpangan mempengaruhi aktivitas tata guna lahan sekitarnya berupa hambatan samping. (Sanda S. A, 2019). Kemacetan terjadi akibat *manuver* kendaraan untuk berpindah arah. Angkutan umum yang berhenti untuk menaikan dan menurunkan penumpang menyebabkan hambatan samping di lokasi ini. Hambatan samping lainnya berupa kendaraan parkir di pinggir jalan dan terdapat penyeberang jalan. Hal ini yang menyebabkan lokasi ini menjadi penting untuk diteliti.

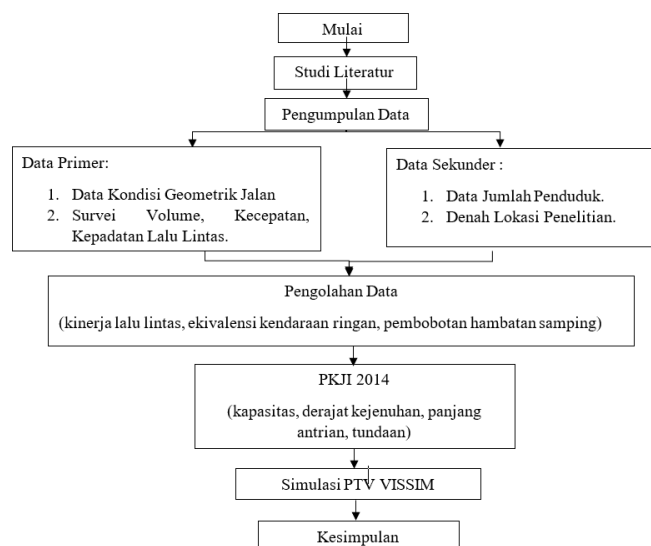
Berdasarkan keadaan permasalahan lalu lintas pada lokasi *Zero Point* Kota Manado maka perlu untuk dilakukan upaya rekayasa pada simpang tersebut. Tinjauan kinerja pada simpang perlu dilakukan, melakukan penataan lalu lintas di pusat kota

menjadi lebih baik dan membuat alternatif solusi dari permasalahan diatas guna meningkatkan kinerja simpang.

Metode

Langkah–langkah penelitian dapat dilihat pada Bagan Alir Penelitian (Gambar 1). Dimulai dari studi literatur adalah semua literatur-literatur yang digunakan peneliti untuk mengacu pada penelitian “Peningkatan Kapasitas Simpang Sebidang Satu Arah dengan Simulasi Lalu Lintas” (studi kasus : *Zero Point* Kota Manado).

Metode PKJI 2014 digunakan untuk menganalisis kinerja simpang melalui hitungan kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan. Aplikasi *PTV VISSIM* digunakan untuk mengolah data simpang berupa data arus lalu lintas, kecepatan kendaraan dan geometric. Hasil simulasi *Vissim* lalu dilanjutkan dengan proses validasi untuk meningkatkan keakuratan data.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Hasil Penelitian Data Volume Lalu Lintas Simpang Zero Point

Tabel 1. Volume Lalu Lintas Tertinggi

Jenis Kendaraan	Jl. Pierre Tendean				Total (kend/jam)	Total (skr/jam)
	ke arah Jembatan Soekarno		Belok kanan			
	kend/jam	skr/jam	kend/jam	skr/jam		
KS	13	16,9	10	13	23	29,9
KR	948	948	443	443	1391	1391
SM	695	347,5	630	315	1325	662,5
Jumlah	1656	1312,4	1083	771	2739	2083,4
Jenis Kendaraan	Jl. Jendral Sudirman (samping BSG)				Total (kend/jam)	Total (skr/jam)
	Belok kiri		Belok kanan			
	Kend/jam	Skr/jam	Kend/jam	Skr/jam		
KS	19	24,7	12	15,6	31	40,3
KR	600	600	1047	1047	1647	1647
SM	932	466	857	428,5	1789	894,5
Jumlah	1551	1090,7	1916	1491,1	3467	2581,8
Jenis Kendaraan	Jl. Pierre Tendean				Total (kend/jam)	Total (skr/jam)
	Belok kiri		Belok kanan			
	Kend/jam	Skr/jam	Kend/jam	Skr/jam		
KS	13	16,9	10	13	23	29,9
KR	928	928	443	443	1371	1371
SM	296	148	148	148	444	148
Jumlah	1237	1092,9	1092,9	1092,9	2329,9	1092,9
Jenis Kendaraan	Jl. Jendral Sudirman (Gedung Juang)				Total (kend/jam)	Total (skr/jam)
	Belok kiri		Belok kanan			
	Kend/jam	Skr/jam	Kend/jam	Skr/jam		
KS	3	3,9	3	3,9	6	7,8
KR	260	260	293	293	553	553
SM	186	93	163	81,5	349	174,5
Jumlah	449	356,9	459	378,4	908	735,3
Q=					9443,9	6493,4

Sumber : Hasil Penelitian 2023

Tabel diatas merupakan hasil analisis dari satuan kendaraan ringan (skr) dihari Senin, 2023 dengan hasil Q_{total} sebesar 6493,4 skr/jam.

Hambatan Samping

Hasil yang diperoleh di lokasi penelitian, jumlah total nilai frekuensi kejadian untuk setiap tipe hambatan samping yang dihitung dikalikan dengan bobotnya.

Tabel 2. Data Hambatan Samping per jam

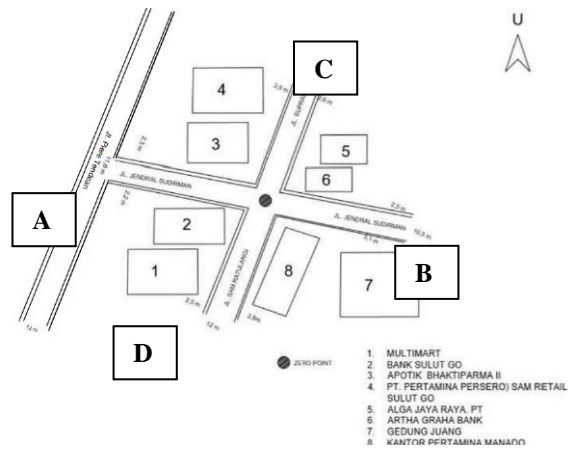
Pukul	Hambatan samping								Total
	Pedestrian (PED) Bobot 0,5	Kendaraan parkir atau berhenti (PSV) 1		Kendaraan keluar masuk (EEV) 0,7		Kendaraan lambat (SMV) 0,4			
	07.00-08.00	728	364	477	477	125	88	8	
08.00-09.00	879	439,5	532	532	140	98	9	3,6	1073
12.00-13.00	1008	504	506	506	98	69	4	1,6	1080
13.00-14.00	1078	539	530	530	139	97	1	0,4	1167
16.00-17.00	1196	598	639	639	88	62	5	2	1301
17.00-18.00	1308	654	586	586	169	118	14	5,6	1364

Sumber : Analisis Penelitian 2023

Hasil survey didapatkan bahwa hambatan samping tertinggi pada waktu 17.00 – 18.00 sebesar 1364.

Analisis Kinerja Simpang

Rasio Belok Kiri, Belok Kanan dan Rasio Arus Simpang zero Point



Gambar 2. Arah Pergerakan Lalu Lintas

Berdasarkan hasil penelitian volume kendaraan dilapangan maka diperoleh hasil perhitungan rasio arus berbelok dan arus simpang sebagai berikut :

- Arus Total Belok Kiri

$$QT.Bki = QA.Bki + QB.Bki$$

$$QT.Bki = 1422,7 + 356,9$$

$$QT.Bki = 1779,6$$

- Arus Total Belok Kanan

$$QT.Bka = QA.Bka + QB.Bka$$

$$QT.Bka = 1491,1 + 378,4$$

$$QT.Bka = 1869,5$$

-Rasio Arus Belok Kiri Total

$$RBki = QT.Bki/QT$$

$$RBki = 1779,6 / 6493,4$$

$$RBki = 0,27$$

-Rasio Arus Belok Kanan Total

$$RBka = QT.Bka / QT$$

$$RBka = 1869,5 / 6493,4$$

$$RBka = 0,28$$

-Rasio Arus Jalan Minor

$$RMI = QMI / QT$$

$$RMI = 3649,1 / 6493,4$$

$$RMI = 0,56$$

- Rasio Arus Jalan Mayor

$$RMA = QMA / QT$$

$$RMA = 3317,1 / 6493,4$$

$$RMA = 0,51$$

Analisis Kapasitas Simpang

Kapasitas Dasar (Co)

Tipe simpang yaitu 422 dan diperoleh kapasitas dasar (Co) yaitu 2900 skr/jam

Faktor Koreksi Lebar Pendekat (FLP)

Untuk menentukan faktor koreksi lebar pendekat diperlukan nilai lebar rata – rata pendekat (LRP) yang dapat diperoleh dengan menjumlah setiap lebar jalur pendekat yang dibagi dua kemudian dibagi dengan jumlah lengan simpang.

$$LRP \text{ Jl. Suprpto – Jl. Sam Ratulangi} = (6,7 + (12/2)) / 2$$

$$LRP \text{ Jl. Suprpto – Jl. Sam Ratulangi} = 6,35$$

$$LRP \text{ Jl. Jendral Sudirman A - Jl. Jendral Sudirman B} = (10,5/2) + (11,6/2) / 2$$

$$LRP \text{ Jl. Jendral Sudirman A - Jl. Jendral Sudirman B} = 5,525$$

$$LRP = 6,35 + 5,525$$

$$LRP = 11,875$$

Faktor koreksi lebar pendekat dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$FLP = 0,7 + (0,0866 \times 11,875)$$

$$FLP = 1,72$$

Maka diperoleh nilai FLP sebesar 1,72

Faktor Koreksi Median Jalan Mayor (FM)

Sesuai dengan Tabel dengan tidak adanya median jalan utama Jl, Jend. Sudirman maka diperoleh nilai FM sebesar 1,05

Faktor Koreksi Ukuran Kota (FUK)

Jumlah penduduk Kota Manado yang didapat pada data terakhir Badan Pusat Statistik adalah 453.182. Nilai FUK sebesar 0,88.

Faktor Koreksi Tipe Lingkungan Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (FHS)

Tipe lingkungan yang merupakan daerah komersial dan pemukiman, hambatan samping yang sangat tinggi nilai FHS yaitu 0,93.

Faktor Koreksi Belok Kiri (FBki)

$$RBki = QBKI / QT$$

$$RBki = 1779,6/6493,4$$

$$RBki = 0,27$$

Faktor koreksi belok kiri dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$FBki = 0,84 + 1,61 RBki$$

$$FBki = 0,84 + 1,61 RBki$$

$$= 0,84 + (1,61 \times 0,27) = 1,28$$

Maka diperoleh nilai FBki sebesar 1,28

Faktor Koreksi Belok Kanan (FBka)

Simpang lengan empat sesuai dengan persamaan maka didapat FBka = 1, Maka diperoleh nilai FBka sebesar 1

Faktor Koreksi Arus Jalan Minor (FMI)

Menentukan faktor koreksi arus jalan minor (FMI) diperlukan nilai rasio arus jalan minor (RMI). RMI adalah rasio arus lalu lintas jalan minor (QMI) terhadap arus lalu lintas jalan minor (QMI) terhadap arus lalu lintas total (Q).

Untuk (QMI) diperoleh dengan menjumlahkan arus lalu lintas dari setiap lengan jalan minor

$$QMI = 2913,8 + 735,3$$

$$= 3649,1$$

Sehingga dapat diperoleh

$$RMI = QMI / QT$$

$$= 3649,1 / 6493,4$$

$$= 0,56$$

FMI dapat diperoleh dengan persamaan dibawah ini:

$$FMI = 1,19 \times 0,56^2 - 1,19 \times 0,56 + 1,19$$

$$= 0,89$$

Maka diperoleh nilai FMI sebesar 0,89

Nilai kapasitas dasar dan faktor – faktor koreksi tersebut maka kapasitas pada simpang lengan empat tak bersinyal *Zero Point* Kota Manado data dihitung menggunakan persamaan

$$C = CO \times FLP \times FM \times FUK \times FHS \times FBKI \times FBKA \times FMI$$

$$C = 2900 \times 1,72 \times 1,05 \times 0,88 \times 0,93 \times 1,28 \times 1 \times 0,89 = 4882,939 \text{ skr/jam}$$

Analisis Derajat Kejenuhan

$$\begin{aligned} DJ &= Q / C \\ &= 6493,4 / 4882,939 \\ &= 1,329 \end{aligned}$$

Analisis Tundaan

$$\begin{aligned} TLL &= [1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times 1,329)] - (1 - 1,329)^2 \\ TLL &= 372,6 \text{ det/skr} \end{aligned}$$

Tundaan Lalu Lintas Jalan Mayor

$$\begin{aligned} TLLma &= [1,0503 / (0,3460 - 0,2460 \times 1,329) - 1(1-1,329)]^{1,8} \\ TLLma &= 55,6 \text{ det/skr} \end{aligned}$$

Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor

Tundaan lalu lintas jalan minor dihitung menggunakan rumus pada persamaan sehingga diperoleh hasil :

$$\begin{aligned} TLLmi &= (6493,4 \times 372,6 - 3317,1 \times 55,6) \times 3649,1 \\ TLLmi &= 8.155 \text{ det/skr} \end{aligned}$$

Tundaan Geometrik (TG)

Nilai $D_j \geq 1$ maka menggunakan persamaan dimana TG adalah 4 det/skr

Tundaan Simpang (T)

$$\begin{aligned} T &= TLL + TG \\ T &= 372,6 + 4 \\ T &= 376,6 \text{ det/skr} \end{aligned}$$

Analisis Peluang Antrian

Nilai peluang antrian didapatkan dengan menggunakan persamaan dan hasilnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Batas Bawah QP\%} &= 9,02 \times DJ + 20,66 \times DJ^2 + 10,49 \times DJ^3 \\ &= 9,02 \times 1,329 + 20,66 \times 1,329^2 + 10,49 \times 1,329^3 \\ &= 73,10 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas Atas QP\%} &= 47,71 \times DJ - 24,68 \times DJ^2 + 56,47 \times DJ^3 \\ &= 47,71 \times 1,329 - 24,68 \times 1,329^2 + 56,47 \times 1,329^3 \\ &= 152,3 \% \end{aligned}$$

Hasil Simulasi *PTV VISSIM*

Tabel 3. Hasil Running Simulasi Eksisting

Kode Pendekat	Tundaan	LOS
Jl. Piere Tendean (arah ITC)	31,54	D
JL. Piere Tendean (arah JS)	32,79	D
JL. Jendral Sudirman	3,31	A

Sumber : Hasil Simulasi 2023

Tabel 4. Hasil Uji GEH Eksisting

Pendekat	Eksisting	Running	GEH
Jl. Piere Tendean1	2739	2723	0,30
Jl. Piere Tendean3	1881	1748	3,12
Jl. Jendral Sudirman	908	921	0,42

Sumber : Hasil Simulasi 2023

Tabel 5. Hasil Simulasi Simpang *PTV Vissim*

Hasil Simulasi	Antrian	Tundaan
Jl Piere Tendean (dari ITC) - Jl. Piere Tendean (arah JS)	2,69	5,22
JL. Piere Tendean-JL. Sam Ratulangi	2,69	7,85
JL. Piere Tendean - JL. Suprpto	11,08	33,13
JL. Jendral Sudirman - JL. Sam Ratulangi	7,52	1,97
JL. Jendral Sudirman - JL. Suprpto	7,52	0,95
Jalan Piere Tendean (dari JS) - Jl. Sam Ratulangi	3,39	14,23
Jalan Piere Tendean (dari JS) - Jl. Suprpto	11,44	11,17
Rata – Rata Simpang	6,61	10,6

Sumber : Hasil Simulasi 2023

Tabel 6. Hasil Simulasi Alternatif 1

Ruas	eksisting		skenario	
	Tundaan	LOS	Tundaan	LOS
Jl. Piere Tendean (arah ITC)	31,54	D	24,7	C
JL. Piere Tendean (arah JS)	32,79	D	24,4	C
JL. Jendral Sudirman	3,31	A	2,92	A

Sumber : Hasil Simulasi 2023

Tabel 7. Hasil Simulasi Alternatif 2

Ruas	Eksisting		Skenario	
	Tundaan	LOS	Tundaan	LOS
Jl. Piere Tendean (arah ITC)	31,54	D	24,88	C
JL. Piere Tendean (arah JS)	32,79	D	24,13	C
JL. Jendral Sudirman	3,31	A	3,76	A

Sumber : Hasil Simulasi 2023

Pembahasan

Skenario alternatif pertama yaitu dilakukan perubahan arah dimana kendaraan yang dari arah Jl. Piere Tendean (arah Jembatan Soekarno) memutar melewati tugu *Zero Point* menuju jalan Sam Ratulangi.



Gambar 3 Alternatif Perubahan Arah

Skenario alternatif kedua yaitu adanya median pada Jl. Jendral Sudirman (Depan BSG) dimana jalan ini merupakan titik konflik dikarenakan pertemuan arus lalu lintas dari arah Jl. Pierre Tendean (arah ITC) dan arah Jembatan Soekarno.



Gambar 4 Letak Median Jalan Pada Alternatif

Kesimpulan

1. Volume lalu lintas (Q) simpang Zero Point sebesar 6493,4 skr/jam.
2. Kinerja simpang metode PKJI 2014 diperoleh sebagai berikut :
 - a. Kapasitas simpang Zero Point 2900 skr/jam
 - b. Derajat Kejenuhan (DJ) 1,329 artinya perbandingan antara volume lalu lintas dan kapasitas jalan berada pada kondisi sangat jenuh/padat.
 - c. Tundaan rata-rata persimpangan ini sebesar 376,6 det/skr.
 - d. Tingkat pelayanan (*Level Of Service*) simpang empat tidak bersinyal adalah D (buruk).
3. Simulasi aplikasi *PTV Vissim* menghasilkan:
 - a. Alternatif perubahan arah Jl. Piere Tendean (depan BSG) menghasilkan tingkat pelayanan jalan berada pada level C dan untuk arah Jl. Jendral Sudirman (depan Gedung Joeang) menghasilkan tingkat pelayanan jalan level A (sangat baik)
 - b. Simulasi alternatif kedua ketika ditambahkan median jalan pada ruas Jl. Piere Tendean (Depan BSG) menghasilkan Tingkat pelayanan B (baik) dan ruas jalan arah Jl. Jendral Sudirman (depan Gedung Joeang) menghasilkan simulasi dengan tingkat pelayanan A (sangat baik)

Daftar Pustaka

- Adinugraha, A., 2019. Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus JL. Tambun Bungai- JL. R.A. Kartini Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah). Jurnal Teknik Sipil.
- Ahmad Munawar. (2005). "Dasar-Dasar Teknik Transportasi". Yogyakarta : Beta Offset.
- Amtoro, A., Bachnas. & Romadhona, P., 2016. Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan (Studi Kasus Simpang Tak Bersinyal Empat Lengan Jalan Wates Km.5, Gamping, Sleman, Yogyakarta). Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan.
- Anton Subekti, 2005. Pola Pergerakan Penduduk dan Pelayanan Transportasi di Kota Cilacap, Skripsi, Fakultas Geografi UMS.
- Badan Pusat Statistik. 2022. Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Utara. Accessed Agustus 17, 2022. <https://sulut.bps.go.id/indicator/12/45/1/jumlah-penduduk-kabupaten-kota.html>
- Datu, V. V., 2018. Analisis Simpang Tak Bersinyal Dengan Bundaran (Studi Kasus : Bundaran Tugu Tololiu Tomohon). Jurnal Sipil Statik. 6(6), Hal. 423-430.
- Falocchio, John C, and Herbert S Levinson. 2015. Road Traffic Congestion: A Concise Guide. USA: Springer International Publishing.
- Haryadi, D., Tajudin, I. & Muchlisin., 2017. Modul Pembelajaran Traffic MicroSimulation program PTV VISSIM 9. Yogyakarta : Laboratorium Transportasi dan Jalan Jurusan Teknik Sipil UMY.
- Juwita, Farida., 2021. Evaluasi Kinerja Simpang Tak Bersinyal Menggunakan PTV VISSIM 9.0 (Studi Kasus Jalan AH. Nsution – Jalan Way Pangabuan – Jalan Tanggamus). Jurnal Teknik Sains, 6 (1), Hal. 44-50.
- Kementrian Pekerjaan Umum. (2014) Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Bandung.
- Kumaat, Meike., (2013) Analisis Bangkitan Dan Tarikan Pergerakan Penduduk Berdasarkan Data Matriks Asal Tujuan Kota Manado. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Romadhona, P., Ikhsan, T. & Prasetyo, D., 2018. Modul PT VISSIM. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Sriharyani, L & Hadijah, I. 2016. Analisis Kinerja Simpang Tidak Bersinyal Kota Metro (Studi Kasus Persimpangan Jalan, Ruas Jend. Sudirman, Jalan Sumbawa, Jalan Wijaya Kusuma dan Jalan Inspeksi). Jurnal Program Studi Teknik Sipil, 6 (1), Hal. 8-14.

Sanda Santhy Aprilia. (2019) Analisis Biaya Kemacetan Kendaraan Pribadi Di Titik
Zero Point Manado. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.10 Oktober 2019 (1283-1294)
ISSN: 2337-6732