

EVALUASI GEOMETRIK JALAN TERHADAP KESELAMATAN LALU LINTAS (STUDI KASUS : KM 4 TANJAKAN SILAYUR, NGALIYAN SEMARANG)

Bajang Kharisudin¹, Febri Ardian Saputra^{2*}, Rachmat Mudiyo³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, bajangkharisudin@gmail.com,
ardiansp28@gmail.com

ABSTRAK

Jalan Silayur adalah salah satu jalan penghubung antarwilayah di Kota Semarang yang sangat penting bagi mobilitas warga. Seiring bertambahnya volume lalu lintas, perlu dilakukan evaluasi terhadap kondisi jalan untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan pengguna. Penelitian ini bertujuan menilai apakah kondisi geometrik Jalan Silayur sesuai dengan standar perencanaan jalan yang berlaku. Metode yang digunakan bersifat deskriptif kuantitatif, dengan pengumpulan data primer melalui survei lapangan. Data yang dikumpulkan meliputi lebar lajur, bahu jalan, tikungan, dan kemiringan jalan. Data pendukung lain, seperti peta dan standar teknis, diperoleh dari pedoman perencanaan geometrik jalan. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan ketentuan dalam standar Bina Marga 2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa bagian Jalan Silayur, terutama tikungan dan lebar bahu jalan, belum memenuhi standar. Kondisi ini dapat menurunkan tingkat keselamatan, terutama pada jam sibuk atau saat cuaca buruk. Oleh karena itu, disarankan agar dilakukan perbaikan geometrik jalan agar pengguna lebih aman dan nyaman.

Kata kunci : *Geometrik Jalan, Bina Marga, Keselamatan Lalu lintas*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecelakaan di jalan raya adalah insiden tak terduga yang bisa menyebabkan hilangnya nyawa dan kerugian material. Jalan sangat penting untuk transportasi dan distribusi barang, tetapi mengatasi masalah kecelakaan tetap menjadi tantangan. Menurut UU RI No. 38 Tahun 2004, jalan mencakup semua bagiannya dan perlengkapannya, kecuali rel kereta api dan sejenisnya. Di Indonesia, tingkat kecelakaan masih cukup tinggi. Data dari Korlantas Polri menunjukkan bahwa antara Januari hingga 13 September 2022, terjadi 94.617 kecelakaan, meningkat sebesar 34,6% dibandingkan tahun 2021 yang memiliki 70.000 kasus. Korban yang meninggal mencapai 26.100 jiwa. Sebagian besar kecelakaan melibatkan sepeda motor (73%) dan kendaraan barang (12%). Faktor utama penyebab adalah manusia (61%), seperti kecerobohan dan kurangnya keterampilan, diikuti oleh faktor lingkungan dan infrastruktur (30%) serta kendaraan (9%).

Kecelakaan lalu lintas menjadi salah satu penyebab utama kematian di Indonesia. Pada tahun 2021, ada 25.266 korban meninggal, dan angka ini meningkat menjadi 26.100 jiwa pada tahun 2022. Penelitian mengungkapkan bahwa usia serta tingkat pendidikan mempengaruhi perilaku berkendara yang berisiko. Banyak pengendara motor

yang masih sering melakukan manuver berbahaya, yang meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan. Di Semarang, ibu kota Jawa Tengah, pertumbuhan penduduk dan peningkatan jumlah kendaraan meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan. Tercatat pada tahun 2023, ada 647 kecelakaan yang mengakibatkan 160 kematian. Beberapa jalur yang rawan kecelakaan meliputi Silayur, Sigarbencah, Tanjakan KTI, Hanoman, dan Jalan Tol.

Kecelakaan lalu lintas menjadi indikator penting dalam menilai keselamatan di jalan. Oleh karena itu, perlu ada langkah-langkah pencegahan seperti Audit Keselamatan Jalan (AKJ). AKJ telah dilaksanakan di berbagai negara dan terbukti efektif dalam meningkatkan keselamatan. Di Indonesia, konsep ini mulai diusulkan sejak 1999 dan diperkenalkan secara resmi pada tahun 2000 sebagai strategi untuk mencegah kecelakaan, terutama pada jalan yang sudah ada. Pengembangan AKJ dipicu oleh tingginya jumlah kecelakaan yang sering terjadi, kurangnya data kecelakaan yang lengkap, perubahan fungsi jalan akibat perkembangan wilayah, serta kemudahan dalam penerapannya yang tidak memerlukan biaya besar.

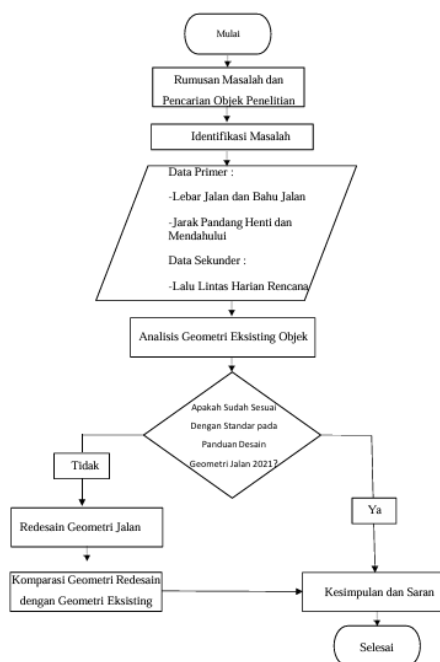
2 METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan metode kuantitatif. Penelitian eksperimental bertujuan agar mengetahui, memprediksi dan membuktikan pengaruh dari hasil perlakuan pada subjek penelitian. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang didapatkan peneliti dari pengamatan di lapangan secara langsung menggunakan alat ukur. Sedangkan, data sekunder adalah data yang didapatkan dari instansi terkait tanpa pengukuran langsung di lapangan. Pedoman pada penelitian ini menggunakan pedoman yang bersumber dari Bina Marga 2021.

2.2 Alur Penelitian

Alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Alur Penelitian

Diagram alir ini menggambarkan proses penelitian yang dimulai dari tahap merumuskan masalah dan memilih objek penelitian. Setelah memilih objek, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi masalah untuk mengetahui bagian-bagian yang perlu dianalisis. Kemudian, proses pengumpulan data dilakukan dengan dua jenis data, yakni data primer dan data sekunder. Data primer mencakup pengukuran lebar jalan dan bahu jalan serta pemeriksaan jarak pandang untuk berhenti dan mendahului. Di sisi lain, data sekunder berupa data lalu lintas harian yang direncanakan.

Tahap berikutnya melibatkan analisis geometri yang ada berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Hasil dari analisis ini kemudian dibandingkan dengan standar yang terdapat dalam Panduan Desain Geometri Jalan Tahun 2021 untuk memastikan kesesuaian. Apabila analisis menunjukkan bahwa geometri jalan memenuhi standar, maka penelitian akan dilanjutkan dengan menyusun kesimpulan dan saran. Namun, jika belum memenuhi standar, maka akan dilakukan redesain geometri jalan. Hasil dari redesain tersebut kemudian dibandingkan dengan kondisi yang ada untuk melihat perbedaannya.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengukuran lebar jalan serta analisis alinyemen horizontal ada banyak parameter yang tidak memenuhi kriteria. Oleh karena itu, diperlukan adanya perbaikan. Parameter-parameter yang mendasari dilakukannya redesain pada alinyemen horizontal. Untuk tikungan pertama jalur Ngaliyan–Silayur lebar jalan diperluas menjadi 7 meter per jalur mengikuti standar Jalan Lokal Primer agar dapat memenuhi kriteria Jalan Strategis Provinsi.



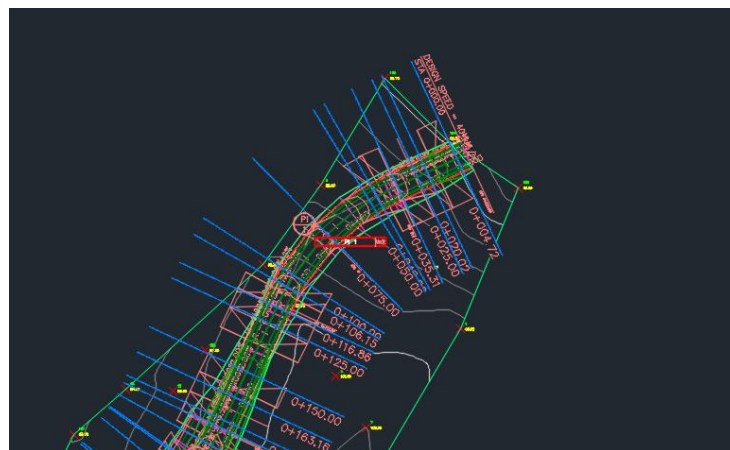
Gambar 2. Tikungan 1

Perubahan pada tikungan telah dilakukan sesuai dengan Pedoman Desain Geometri Jalan 2021 untuk Jalan Lokal Primer demi mencapai standar Jalan Strategis Provinsi. Beberapa titik PI pada tikungan dipindahkan untuk mendapatkan JPH 45 m dan Jarak Bebas Sampang 7 m. Tikungan ketiga pada Sta 0+485,94 hingga 0+515,22 dihilangkan dan diintegrasikan dengan jalan lurus, sedangkan tikungan keempat kini menjadi tikungan ketiga dari Sta 0+515,68 hingga 0+588,99 dengan PI terletak di Sta 0+557,7. Sebagian besar parameter alinyemen vertikal telah sesuai dengan Pedoman Desain Geometri Jalan 2021, kecuali panjang lengkung vertikal per 1% kelandaian (K) di Sta 0+70 hingga 0+150 dan 0+690 hingga 0+700. Stasiun tersebut dirancang ulang supaya K memenuhi

spesifikasi yang ada (4 m cekung, 9 m cembung), serta dilakukan perbaikan di Sta 0+660 hingga 0+780 untuk memperhalus elevasi tikungan keempat/lima demi meningkatkan kenyamanan pengemudi dengan menambah Jarak Pandang Henti. Perubahan desain sepanjang jalur Ngaliyan Silayur berdampak pada lingkungan untuk memastikan jalan memenuhi standar yang ditetapkan.



Gambar 3. Citra atas tikungan 1 (sumber: *Google Earth*)



Gambar 4. Redesain Tikungan I

Beberapa efek yang muncul antara lain pada tikungan pertama, di mana bekas warung dan pohon-pohon harus ditebang agar lahan terbuka untuk jalan baru dan menyediakan Jarak Pandang Henti yang cukup. Beberapa area parkir mini market lokal juga akan digunakan sebagai badan jalan. Pada tikungan kedua, terdapat dampak pada area pemukiman yang padat, sehingga salah satu rumah di bagian dalam tikungan perlu dicabut untuk memberikan ruang bagi pelebaran lajur dan penyediaan Jarak Pandang Henti yang sesuai standar. Tikungan ketiga dihilangkan guna mendudukkan tikungan keempat lebih jauh ke atas, sehingga sebagian wilayah pintu masuk Tempat Pemakaman Umum (TPU) dimanfaatkan untuk jalur baru.

Pada tikungan kelima, yang setelah desain ulang menjadi tikungan keempat, beberapa area pepohonan dan timbunan pasir digunakan untuk mengakomodasi penyesuaian PI tikungan. Di tikungan keenam, yang setelah desain ulang menjadi tikungan kelima, kandang kambing dan beberapa tumpukan pohon patah harus diubah fungsinya menjadi bagian dari jalan untuk mendukung perubahan tikungan. Untuk dua tikungan terakhir, penyusunan ulang jalur dilakukan agar memenuhi persyaratan tikungan sesuai dengan Pedoman Desain Geometri

Jalan 2021, yakni dengan menjadikan jalur baru yang melintasi area kosong yang sebelumnya digunakan truk untuk berhenti dan beristirahat.

Tabel 1. Rekapitulasi Evaluasi Alinyemen Horizontal Jalan Eksisting

Parameter Analisis	Tersedia	Standar Pedoman Desain Geometri Jalan 2021	Satuan	Keterangan
Kecepatan Desain	40		Km/Jam	-
LHR	24596		SMP/Hari	-
Status Jalan	Jalan Strategis Perkotaan			Jalan yang disiapkan menjadi jalan perkotaan.
Sistem Jaringan Jalan	Primer		-	Target SJJ
Fungsi Jalan	Jalan Lokal		-	
Kelas Jalan	Kelas 2 (Bis Besar)		-	
Spesifikasi Penyedia Prasarana Jalan	Jalan Sedang		-	
Lebar Jalur	4,7 - 7	7,5	meter	Tidak Memenuhi
Lebar Drainase	0 - 2.5	2	meter	Kebanyakan Tidak Memenuhi
Tikungan 1 (F_c)				
Jarak Pandang Mendahului	>200	196,5651	meter	Memenuhi
	200	196,5651	meter	Memenuhi
Ruang Bebas Samping	3,5	7	meter	Tidak Memenuhi
Jarak Pandang Henti	35	45	meter	Tidak Memenuhi
L_c	40,553	<66,6	meter	Tidak Memenuhi
θ_c	74,0702	-		-
T_c	0+102,82	-	meter	-
C_t	0+151,64	-	meter	-
PI	0+142,55	-	meter	-
R_c	23,577	-	meter	-
Superelevasi	10.43	≤ 4	%	Tidak Memenuhi
LL Sebelum Tikungan	>100	123	meter	Tidak Memenuhi
LL Setelah Tikungan	200	143	meter	Tidak Memenuhi

Tabel 1 menunjukkan jalan eksisting memiliki kecepatan 40 km/jam dan LHR 24.596 smp/hari. Jalan ini termasuk strategis perkotaan, kelas II untuk bus besar, dengan prasarana sedang. Secara geometrik, lebar jalan eksisting 4,7–7,0 meter, masih di bawah standar 7,5 meter menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021. Begitu pula, lebar drainase 0–2,5 meter sebagian besar tidak memenuhi ketentuan standar 2 meter.

Tabel 2. Rekapitulasi Desain Ulang Alinyemen Horizontal Jalan

Parameter Analisis	Tersedia	Standar PDGJ 2021	Satuan	Keterangan
Kecepatan Desain	40		Km/Jam	-
LHR	24596		SMP/Hari	-
Status Jalan	Jalan Strategis Kota		-	Jalan yang disiapkan menjadi jalan perkotaan.
Sistem Jaringan Jalan	Primer		-	Target SJJ
Fungsi Jalan	Jalan Lokal		-	
Kelas Jalan	Kelas 2 (Bis Besar)		-	
Spesifikasi Penyedia Prasarana Jalan	Jalan Sedang		-	
Lebar Jalur	7,5	7,5	meter	Memenuhi
Tikungan 1 (<i>fc</i>)				
Jarak Pandang Mendahului	>232,17	-	meter	Memenuhi
	40	-	meter	Memenuhi
Ruang Bebas Samping	7,177	7	meter	Memenuhi
Jarak Pandang Henti	55,13	55,13	meter	Memenuhi
<i>Lc</i>	70	<66,6	meter	Memenuhi
<i>θc</i>	14,29	-		-
<i>Tc</i>	0+550,00	-	meter	
<i>Ct</i>	0+575,00	-	meter	-
<i>PI</i>	0+592,58	-	meter	-
<i>Rc</i>	21,93	-	meter	-
Superelevasi	2,6	≤4	%	Memenuhi
LL Sebelum Tikungan	<100	62,96	meter	Memenuhi
LL Setelah Tikungan	>100	115,12	meter	Memenuhi

Tabel 2 menunjukkan rekap alinyemen horizontal jalan menurut PDGJ 2021, dengan kecepatan desain 40 km/jam dan LHR 24.590 SMP/hari. Jalan termasuk strategis kota kelas II (bus besar), fungsi lokal, jalur primer, lebar 7,5 m sesuai standar. Parameter yang berkaitan dengan kinerja penglihatan pengemudi seperti jarak pandang mendahului, ruang bebas samping, serta jarak pandang henti telah dinyatakan memenuhi ketentuan, termasuk parameter L_s in, L_s out, θ_s in, dan θ_s out. Namun demikian, pada parameter panjang lengkung Clothoid (L_c) terdapat ketidaksesuaian karena nilai tersedia sebesar 70 meter tidak memenuhi syarat standar yang mensyaratkan nilai kurang dari atau sama dengan 66,6 meter.

Sementara itu parameter lainnya seperti S_c , T_s , E_s , S_r , dan P_t masih dalam kategori memenuhi. Untuk parameter keselamatan pada tikungan, nilai superelevasi mencapai 2% dan masih berada dalam rentang standar sebesar $\leq 4\%$, sehingga dinilai memenuhi. Panjang lengkung lalu lintas sebelum tikungan (LL sebelum tikungan) dan setelah tikungan (LL setelah tikungan) masing-masing sebesar 67,96 meter dan 115,12 meter dinyatakan tidak memenuhi standar ketentuan. Secara keseluruhan, tabel ini memperlihatkan bahwa mayoritas parameter desain horizontal

telah sesuai standar kecuali beberapa variabel penting seperti Lc, LL sebelum tikungan, dan LL setelah tikungan yang memerlukan penyesuaian lebih lanjut agar memenuhi standar PDGJ 2021.

Tabel 3. Rekapitulasi Evaluasi Alinyemen Vertikal Jalan Eksisting

No.	Parameter Analisis	Tersedia	Standar PDGJ 2021	Satuan	Keterangan
1.		0 - 0+046,09			
	Grade	7	6	%	Tidak Memenuhi
	L	765	<600	Meter	Tidak Memenuhi
2.		0+046,09 - 0+196,08			
	Sta PVI	0+127,90		Meter	
	Elevasi PVI	100,58		Meter	
	Grade In	0	6	%	Memenuhi
	Grade Out	9	6	%	Tidak Memenuhi
	A	4		%	-
	Tipe Lengkungan	Crest		Meter	-
	Lv	47,501		Meter	Memenuhi
	K	11,875	4	Meter	Memenuhi
	Rv	118		Meter	-

Berdasarkan Tabel 3 hasil evaluasi alinyemen vertikal jalan eksisting menunjukkan bahwa pada beberapa segmen awal, nilai kelandaian (grade) dan panjang lengkung vertikal masih tidak memenuhi standar PDGJ 2024, khususnya pada segmen awal dengan grade yang melebihi batas yang diizinkan serta panjang lengkung yang lebih pendek dari standar.

Pada segmen berikutnya, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar parameter alinyemen vertikal, meliputi grade masuk dan keluar, tipe lengkung vertikal (crest dan sag), serta nilai panjang lengkung vertikal (Lv) dan parameter K, telah memenuhi persyaratan desain. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi geometrik vertikal pada segmen tersebut telah sesuai dengan ketentuan perencanaan.

Secara keseluruhan, alinyemen vertikal jalan eksisting sebagian telah memenuhi standar, namun masih terdapat beberapa segmen yang memerlukan perbaikan atau penyesuaian desain, terutama pada aspek kelandaian dan panjang lengkung vertikal, guna meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan.

Tabel 4. Rekapitulasi Desain Ulang Alinyemen Vertikal Jalan

No.	Parameter Analisis	Tersedia	Standar PEDOMAN DESAIN GEOMETRI JALAN 2021	Satuan	Keterangan
1.		0+000 - 0+046,09			
	Grade	0	6	%	Memenuhi

	<i>L</i>	150	<600	Meter	Memenuhi
2.		0+046,09 - 0+196,08			
	Sta PVI	0+127,90		Meter	
	Elevasi PVI	100,58		Meter	
	<i>Grade In</i>	0	9	%	Memenuhi
	<i>Grade Out</i>	9	5,45	%	Memenuhi
	<i>A</i>	3,55		%	-
	Tipe Lengkungan	<i>Crest</i>		Meter	-
	<i>Lv</i>	150m		Meter	Memenuhi
	<i>K</i>	4	4	Meter	Memenuhi
	<i>Rv</i>	40,989		Meter	-

Tabel 4 menunjukkan hasil rekapitulasi desain ulang alinyemen vertikal jalan sesuai Pedoman Desain Geometri Jalan tahun 2021. Pada segmen pertama, nilai grade sebesar 0% dan panjang segmen vertikal (*L*) sepanjang 150 meter dinyatakan memenuhi standar karena berada dalam batas nilai maksimal yang diizinkan. Pada segmen kedua, data elevasi PVI, grade in sebesar 0%, dan grade out sebesar 9% juga memenuhi ketentuan standar. Tipe lengkungan vertikal yang digunakan adalah crest dengan panjang lengkung vertikal (*Lv*) sepanjang 150 meter dan nilai *K* sebesar 4, yang keduanya memenuhi standar yang dipersyaratkan. Segmen ketiga memiliki nilai grade 5,45% dengan panjang vertikal 150 meter, masih sesuai batas maksimum standar. Secara keseluruhan, Tabel 4. menunjukkan bahwa seluruh parameter alinyemen vertikal pada ketiga segmen berada dalam standar Pedoman Desain Geometri Jalan 2021, sehingga desain alinyemen vertikal memenuhi persyaratan geometrik.

4 KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil analisis menunjukkan bahwa kecelakaan lalu lintas sangat dipengaruhi oleh kondisi geometrik jalan. Ketidaksiharian geometri dengan standar perencanaan meningkatkan risiko kecelakaan. Oleh karena itu, keselamatan jalan tidak hanya tergantung pada pengaturan lalu lintas, tetapi juga memerlukan perbaikan elemen geometrik sesuai fungsi dan volume jalan. Dengan tingginya Lalu Lintas Harian Rata rata (LHR), khususnya dominasi sepeda motor, pengaruh geometri jalan terhadap keselamatan menjadi lebih signifikan, karena kombinasi volume tinggi, kendaraan roda dua dominan, dan geometri yang tidak standar menciptakan risiko kecelakaan yang tinggi.
2. Berdasarkan evaluasi geometrik jalan eksisting, beberapa parameter utama seperti lebar jalur, lebar bahu, jarak pandang henti, ruang bebas samping, dan alinyemen horizontal tidak memenuhi standar Pedoman Desain Geometrik Jalan. Ketidaksiharian ini dapat menimbulkan konflik lalu lintas dan meningkatkan risiko kecelakaan. Jalur yang sempit membatasi ruang gerak kendaraan, terutama saat lalu lintas padat, sehingga risiko gesekan dan kecelakaan, khususnya pada kendaraan roda dua, meningkat. Bahu jalan yang terbatas juga mengurangi ruang pemulihan saat kondisi darurat. Selain itu, jarak pandang henti dan radius tikungan yang

kurang sesuai membuat waktu reaksi pengemudi lebih singkat, berisiko pada kecepatan operasional tinggi. Akibatnya, potensi kecelakaan tunggal maupun tabrakan antar kendaraan meningkat.

3. Ketidaksesuaian superelevasi pada tikungan meningkatkan gaya sentrifugal pada kendaraan, terutama kendaraan berat dan sepeda motor, sehingga dapat menyebabkan hilangnya stabilitas, tergelincir, atau keluar jalur, yang berpotensi meningkatkan kecelakaan di ruas tertentu. Evaluasi dan redesain jalan Ngaliyan–Silayur berdasarkan Panduan Desain Geometri Jalan 2021 menunjukkan bahwa sebagian besar drainase dan geometri tikungan tidak memenuhi standar, sehingga perlu penyesuaian. Hasil 87 redesain menunjukkan trase sepanjang 1,191 km yang terdiri dari 7 tikungan dan 6 lengkung vertikal, dengan elevasi mulai dari 90 m di STA 0+046 hingga 160 m di STA 0+1,191. Jarak pandang henti semua tikungan lebih dari 25 m, dengan jarak antar tikungan memenuhi syarat 28 m. Beberapa bangunan semi permanen, satu rumah, dan satu toko harus dialihfungsikan untuk memenuhi standar jalan baru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arkabumi. 2022. *Road Design Basic: Pembuatan Desain Jalan dan Perhitungan Volume Cut and Fill*. ArkabumiGroup. Yogyakarta.
- [2]. BPSDMKEMENPUPR. 2019. *Modul 3 Dasar – Dasar Perencanaan Geometri Jalan*. BPSDMKEMENPUPR. Jakarta Selatan.
- [3]. Arya Diva. 2021. *Evaluasi Geometri Dan Redesaian Jalan Ruas Jalan Sampakan – Singosaren Berdasarkan Metode Bina Marga*. Tugas Akhir. Dspace Civil Engineering. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- [4]. Ruhiyat Mahmud Thaher. 2021. *Penggunaan Aplikasi Civil 3D Dalam Merencanakan Geometrik Jalan Raya*. Tugas Akhir. Dspace Civil Engineering. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- [5]. KEMENPUPR. 2024. *Manual Desain Perkerasan Jalan Revisi 2024*. KEMENPUPR. Jakarta.
- [6]. KEMENPUPR. 2021. *Pedoman Desain Geometri Jalan Surat Edaran no 20/SE/Db/2021*. KEMENPUPR. Jakarta.
- [7]. Rahmawan, Widika. 2018. *Evaluasi Geometrik dan Usulan Redesain Geometrik Jalan Wonosari - Pracimantoro*. Tugas Akhir. Dspace Civil Engineering. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- [8]. Ristanto, Aris. 2017. *Evaluasi Kelayakan Geometri Jalan Yogyakarta- Wonosari Km 23,3 Sampai 23,6*. Tugas Akhir. Dspace Civil Engineering. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- [9]. Setiyawan, Rudi. 2005. *Visualisasi Desain Geometrik Jalan Secara 3D Berdasarkan Perhitungan Alinyemen Horisontal Dan Alinyemen Vertikal*. Jurnal Informatika Vol. 6, No. 2, Nopember 2005: 90 – 94. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- [10]. Sibima, PUPR. 2005. *Pelatihan Road Design Engineer*. PUSBIN-KPK PUPR. Jakarta