

PERHITUNGAN DAN VISUALISASI ALINYEMEN HORIZONTAL

Hansel Davin Sugiarto
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto No.121-131,
Siwalankerto, Kec. Wonocolo,
Kota Surabaya, Jawa Timur
60236

Rudy Setiawan¹
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto No.121-131,
Siwalankerto, Kec. Wonocolo,
Kota Surabaya, Jawa Timur
60236

Gregorius Satia Budhi
Program Studi Informatika
Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto No.121-131,
Siwalankerto, Kec. Wonocolo,
Kota Surabaya, Jawa Timur
60236

Abstract

Road geometry design is a design process that plans the physical form of road pavement, which will later be used as a benchmark during the construction process. One of the designs referred to is the horizontal alignment, which sometimes requires repeated calculations. This paper discusses applications created using Python programming language that can calculate azimuth and horizontal alignment and act as a preliminary design by providing a range of design specifications on radius and speed. Applications can also generate coordinates files that Unity can read for visualization. The level of accuracy in the azimuth calculation shows no significant difference from the manual calculation. In the horizontal alignment test, there is a difference in decimal numbers due to the tendency of rounding in manual calculations. Unity has displayed the bend and PI lines on the visual output by reading two ".txt".

Keywords: horizontal alignment, Python, unity

Abstrak

Perancangan geometri jalan adalah sebuah proses desain pada perencanaan bentuk fisik dari perkerasan jalan yang nantinya akan digunakan sebagai patokan ketika proses konstruksi berlangsung. Desain yang dimaksud salah satunya adalah desain alinyemen horizontal yang adakalanya membutuhkan perhitungan berulang untuk memenuhi kriteria desain. Dalam makalah ini membahas aplikasi yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman Python yang dapat menghitung *azimuth* dan alinyemen horizontal, serta dapat berperan sebagai *preliminary design* dengan memberi rentang spesifikasi desain pada radius dan kecepatan untuk memperbesar peluang hasil desain. Aplikasi juga dapat menghasilkan file titik koordinat yang dapat dibaca oleh Unity untuk digambar visualnya. Tingkat keakuratan pada perhitungan *azimuth* menunjukkan tidak adanya selisih yang signifikan terhadap perhitungan manual. Pada pengujian alinyemen horizontal, terdapat selisih angka desimal diakibatkan karena kecenderungan pembulatan pada perhitungan manual. Pada hasil visual, Unity telah berhasil menampilkan garis lengkung tikungan dan garis PI dengan membaca dua ".txt".

Kata Kunci: geometri jalan, alinyemen horizontal, visualisasi, Python, unity

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan bertujuan untuk memperlancar arus distribusi barang dan jasa, serta berperan dalam peningkatan kualitas hidup dan kesejahteraan manusia (Sudarsana et al., 2015). Dalam membangun infrastruktur jalan, pada prinsipnya perlu memenuhi syarat keamanan, kenyamanan, kecepatan, dan ekonomis (Suryadharma dan Susanto, 1999). Ada berbagai aspek yang perlu dipenuhi, seperti tebal perkerasan, sistem drainase, kelandaian jalur lalu lintas, fungsi jalan, kelas jalan, dimensi jalan, perlengkapan jalan, dan persyaratan geometri jalan (Swandanu, 2016).

¹ Corresponding author: rudy@petra.ac.id

Dalam mendesain suatu alinyemen horizontal, adakalanya diperlukan perhitungan dan perencanaan berulang yang dimulai dari awal dengan mengubah kondisi-kondisi perhitungan (Prayogo, 2016). Hal tersebut dikarenakan adanya keterbatasan geometri dan fisik, serta pemenuhan elemen tersebut dengan proses *trial and error* akan sulit, bahkan tidak mungkin (Easa dan Mehmood, 2007). Dengan perkembangan teknologi komputer, proses desain yang semula memerlukan waktu yang lama dapat dipercepat dan dipermudah (Liliana et al., 2005). Beberapa penelitian telah memanfaatkan perkembangan teknologi komputer ini untuk mengoptimasi dan mengembangkan formula alinyemen horizontal supaya dapat mengurangi biaya, dengan mempertimbangkan biaya alinyemen vertikal dan alokasi distribusi pekerjaan tanah (Mondal, 2010). Di lain pihak, hasil perhitungan yang baik saja tidak cukup, karena desain jalan tersebut belum terealisasi atau diterapkan di dunia nyata, sehingga diperlukan cara untuk memvisualkan perhitungan yang dimiliki. Ini bertujuan untuk membantu *user*, khususnya pelajar dalam membayangkan bentuk nyata hasil desain jalan raya (Nugroho, 2005).

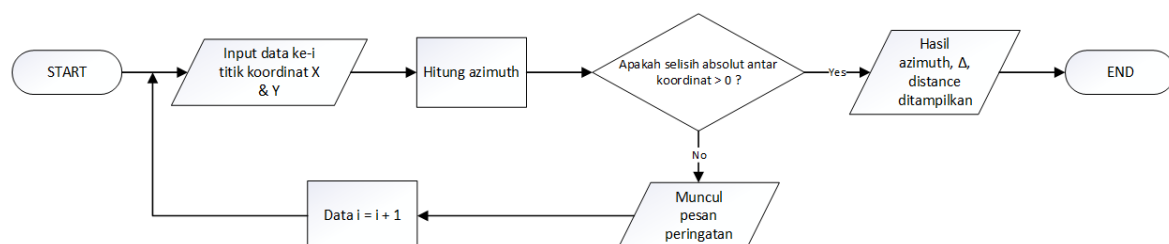
Fokus dari makalah ini adalah membuat aplikasi untuk menghitung *azimuth* dan mendesain alinyemen horizontal dengan rentang spesifikasi desain seperti, kecepatan dan radius desain, yang bertujuan untuk memperbesar peluang hasil desain. Hasil desain disimpan dalam bentuk *file excel* dan *file text* yang kemudian akan dimasukkan ke dalam Unity yang telah diprogram untuk membaca dan memvisualkan titik-titik koordinat. Hal ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif dan mempercepat proses *preliminary design* alinyemen horizontal.

DESAIN SISTEM

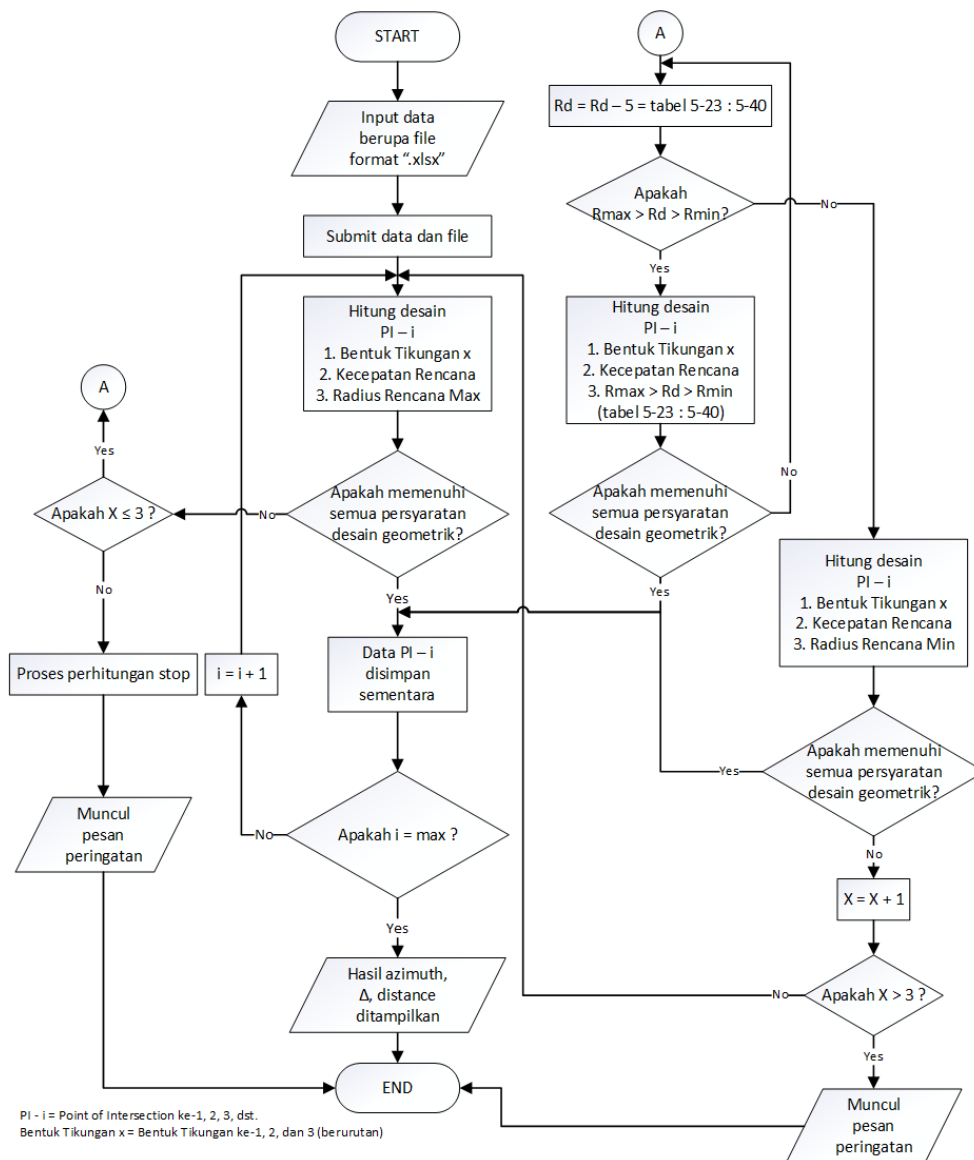
Pada pembuatan aplikasi perhitungan alinyemen horizontal digunakan Python sebagai bahasa pemrograman utama. Perangkat bahasa (*toolkit*) pendukung yang banyak digunakan adalah PyQt5 dan openpyxl. PyQt5 berfungsi sebagai desainer untuk tampilan GUI, sedangkan openpyxl berfungsi untuk mengintegrasikan *file* berformat “.xlsx” dengan Python.

Perencanaan Sistem

Dalam pembuatan aplikasi ini, diperlukan 2 macam tahapan perhitungan, yaitu tahapan perhitungan *azimuth* dan tahapan perhitungan alinyemen horizontal. Perencanaan sistem kerja aplikasi komputer dalam perhitungan *azimuth* sebagaimana terlihat pada Gambar 1. Sedangkan tahapan perhitungan alinyemen horizontal sebagaimana terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Bagan alir perencanaan desain sistem kerja perhitungan *azimuth*



Gambar 2. Bagan alir perencanaan desain sistem kerja perhitungan alinyemen horizontal

Perencanaan Tampilan *User Interface*

Terdapat empat menu untuk tampilan utama, yaitu: menu *Information*, *Azimuth*, dan *Horizontal Alignment*, dan *About*.

Menu "*Information*"

Menu "*Information*" berisi penjelasan informasi penting mengenai standar perhitungan berdasarkan Surat Edaran Nomor 20/SE/Db/2021 tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) dan *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2018 7th Edition*.

Menu "*Azimuth*"

Menu "*Azimuth*", adalah bagian *input* yang dapat diisi sesuai dengan jumlah titik koordinat yang direncanakan. Setelah diisi dan diproses, maka akan muncul *pop-up window* baru

dimana pengguna dapat mengisi absis dan ordinat pada bagian *input* yang telah disediakan. Kemudian, hasil perhitungan akan ditampilkan pada menu utama.

Menu "*Horizontal Alignment*"

Menu perhitungan "*Horizontal Alignment*", memiliki satu tombol yang berfungsi untuk membuka *file* berformat ".xlsx". Ketika diproses akan muncul *pop-up window*, dimana pengguna diminta untuk mencari *file* berformat ".xlsx" yang isinya telah disesuaikan dengan *template*.

Ketika aplikasi telah berhasil mendapat hasil perhitungan yang telah memenuhi persyaratan, hasilnya disajikan berupa tabel dalam *Calculation Report*. Apabila aplikasi tidak berhasil memperoleh hasil perhitungan yang memenuhi persyaratan, maka akan ditampilkan peringatan letak kesalahan yang terjadi.

Menu "*About*"

Menu "*About*", menjelaskan secara singkat mengenai latar belakang pembuatan aplikasi. Selain itu juga berisi informasi mengenai tim pembuat aplikasi.

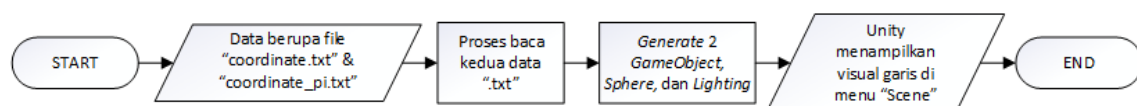
Perencanaan *Datasheet*

Perhitungan alinyemen horizontal memerlukan data kriteria desain geometri berdasarkan tabel di PDGJ 2021. *Datasheet* berfungsi sebagai tempat menyimpan data tabel dalam format Microsoft Excel, untuk memudahkan pembacaan data dan memodifikasi data tersebut jika terdapat perubahan pada kriteria perhitungan alinyemen horizontal. Pada aplikasi ini terdapat 14 *datasheet*.

Perencanaan Sistem Unity

Pembuatan *coding* untuk menampilkan visual pada Unity memanfaatkan *file* berformat ".txt" sebagai penghubung agar dapat mengubah hasil perhitungan menjadi visual, dengan mengisi *file* ".txt" dengan titik-titik koordinat.

Unity dikhususkan untuk membaca dua *file* yang bernama "coordinate.txt" dan "coordinate_pi.txt". Kedua *file* ini juga harus berada pada satu folder yang sama dengan direktori aplikasi.



Gambar 3. Bagan alir perencanaan desain sistem kerja penampilan visual di unity

Dalam menyimpan *file* yang berisi data titik-titik koordinat, perlu ada pembeda dalam memisahkan titik koordinat x dengan y. Pada aplikasi ini digunakan pemisah berupa "spasi" antara titik x dengan titik y.

PENGUJIAN DAN HASIL

Pengujian Perhitungan *Azimuth*

Pengujian yang pertama adalah dengan menghitung secara manual *azimuth*, delta, dan *distance* dengan titik koordinat sebagaimana disajikan pada Tabel 1, dan diperoleh hasil sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

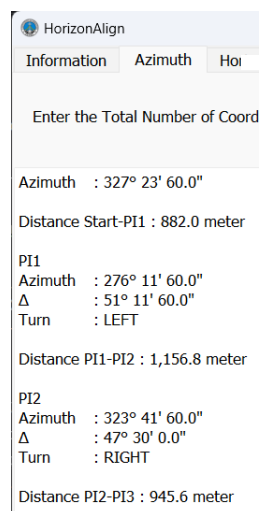
Tabel 1. Contoh pengujian perhitungan *azimuth*

Titik Koordinat	X	Y
Start	8675,12	4231,89
1	8200	4975
2	7050	5100
End	6489,58	5861,61

Tabel 2. Hasil perhitungan manual

Titik Koordinat	X	Y	<i>Azimuth</i>	Δ	Jarak	Belok
Start	8675,12	4231,89				
1	8200	4975	327,406		882,02	
				51,203		Kiri
2	7050	5100	276,203		1156,77	
				47,449		Kanan
End	6489,58	5861,61	323,653		945,58	

Selanjutnya hasil perhitungan pada Tabel 2 dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan aplikasi sebagaimana terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Contoh hasil perhitungan aplikasi

Pengujian Perhitungan Alinyemen Horizontal

Pengujian selanjutnya adalah membandingkan perhitungan alinyemen horizontal secara manual dengan perhitungan dengan menggunakan aplikasi. Untuk pengujian digunakan contoh kasus jalan tipe 4/2-T dengan lebar per lajurnya adalah 3,5 meter. Data lainnya yang

diperlukan untuk perhitungan sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan data tersebut, diperoleh perbandingan hasil perhitungan manual dengan aplikasi sebagaimana terlihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 3. Data tambahan untuk pengujian alinyemen horizontal

Data	Nilai	Satuan
Kecepatan Desain	60	kpj
ΔPI1	28.56	derajat
ΔPI2	20.45	derajat
Jarak Start-PI1	325.56	meter
Jarak PI1-PI2	325.56	meter
Jarak PI2-End	325.56	meter
$e_{\max}$	6	%
e_{normal}	-2	%
PI1 Belok Arah	Kanan	
PI2 Belok Arah	Kiri	

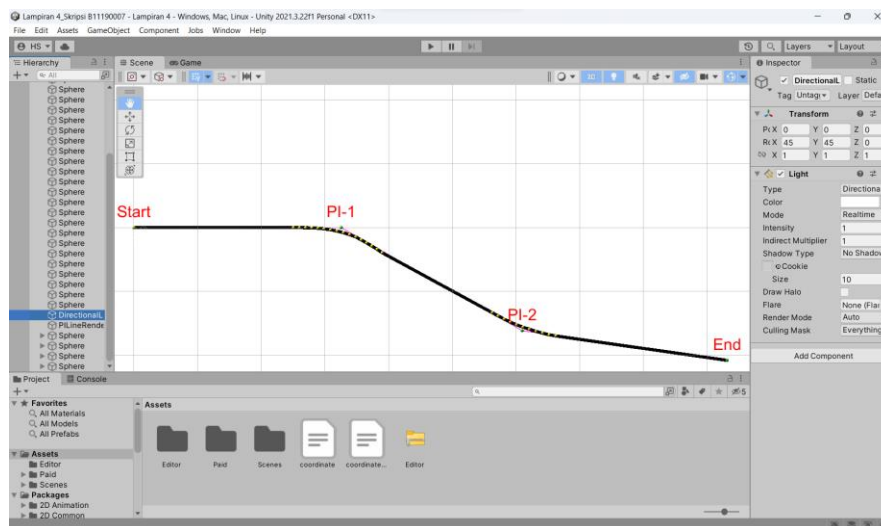
Tabel 4. Hasil perhitungan secara manual

Data	Satuan	Perhitungan Manual		Perhitungan Aplikasi	
		PI 1	PI 2	PI 1	PI 2
<i>Curve Type</i>		SCS	SS	SCS	SS
<i>R design</i>	m	200	150	200	150
<i>e design</i>	%	5.5	6	5.5	6.0
<i>Ls relative slope</i>	m	48.22	52.61	48.2	52.6
<i>Ls lateral offset</i>	m	30.98	26.83	31.0	26.8
<i>Ls lateral acceleration</i>	m	19.26	25.68	19.3	25.7
<i>Superelevation Runoff</i>	m	35.71	38.10	35.7	38.1
<i>Ls SS</i>	m	-	53.54	-	53.4
<i>Ls design</i>	m	38.22	53.54	38.2	53.4
Θ_s	°	6.91	10.23	6.9	10.2
Θ_c	°	14.74	-	14.8	-
<i>Lc</i>	m	51.45	-	51.7	-
<i>L total</i>	m	147.91	107.08	148.1	106.8
<i>Xs</i>	m	48.15	53.57	48.1	53.2
<i>Ys</i>	m	1.94	3.18	1.9	3.2
<i>K</i>	m	24.09	26.74	24.1	26.6
<i>P</i>	m	0.49	0.80	0.5	0.8
<i>E</i>	m	-	-	-	-
<i>M</i>	m	-	-	-	-
<i>T</i>	m	75.12	53.94	75.1	53.8
<i>TR</i>	m	17.85	17.75	75.1	53.8
<i>T+TR</i>	m	92.97	71.69	92.6	71.6
<i>Sight distance on curve</i>					
<i>PSD/SSD</i>	m	-	-	-	-
<i>Hor. sight line offset space</i>	m	-	-	-	-
<i>Centerline inside lane</i>	-	-	-	-	-
<i>Hor. sight line offset required</i>	m	-	-	-	-
<i>Widening on curve</i>					
<i>Widening</i>	m	0.42	0.50	0.42	0.50
<i>Stationing</i>					
<i>Start</i>		0+000	-	0+000	-
<i>TC/TS</i>		0+251	0+595	0+251	0+595
<i>SC</i>		0+299	-	0+299	-
<i>SS</i>		-	0+649	-	0+649

Data	Satuan	Perhitungan Manual		Perhitungan Aplikasi	
		PI 1	PI 2	PI 1	PI 2
PI		0+326	0+649	0+326	0+649
CS		0+350	-	0+350	-
CT/ST		0+399	0+702	0+399	0+702
End		-	0+975	-	0+975

Hasil Visualisasi Pada Unity

Selanjutnya hasil perhitungan pada Tabel 3 digunakan untuk membuat visualisasi alinyemen horizontal dengan menggunakan Unity, dengan hasil visual sebagaimana terlihat pada Gambar 5. Hasil visualisasi tersebut dapat memberikan gambaran bentuk alinyemen horizontal yang meliputi penomoran PI dan sketsa lengkung pada bagian tikungan berdasarkan data pada Tabel 3. Sedangkan Gambar 6, memperlihatkan hasil visual alinyemen horizontal menggunakan Unity untuk contoh kasus yang berbeda.



Gambar 5. Contoh 1 visual alinyemen horizontal



Gambar 6. Contoh 2 visual alinyemen horizontal

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perbandingan hasil antara perhitungan secara manual dengan perhitungan menggunakan aplikasi, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Tidak ditemukan adanya selisih yang signifikan antara perhitungan manual dengan perhitungan menggunakan aplikasi, selisih akurasi yang terjadi diakibatkan oleh pembulatan desimal.
2. Aplikasi dapat digunakan sebagai *preliminary design* alinyemen horizontal dengan memberi rentang spesifikasi desain, yaitu: kecepatan desain dan radius desain.
3. Aplikasi Unity dapat digunakan untuk memvisualkan hasil perhitungan alinyemen horizontal untuk keperluan evaluasi desain alinyemen horizontal.

Beberapa saran dan masukan untuk pengembangan terhadap pembuatan aplikasi Perhitungan dan Visualisasi Alinyemen Horizontal ini dimasa yang akan datang adalah:

1. Mengembangkan visual berupa gambar potongan melintang jalan pada setiap tikungan alinyemen horizontal agar elevasi dapat tergambar dengan jelas.
2. Mengembangkan visual berupa bentuk tiga dimensi yang dapat dijalankan pada suatu *platform* atau menggunakan aplikasi itu sendiri.
3. Mengoptimasi perhitungan alinyemen horizontal agar aplikasi dapat menghitung hasil desain yang optimal.
4. Mengembangkan aplikasi agar dapat menghitung alinyemen vertikal yang terintegrasi dengan alinyemen horizontal.
5. Mengembangkan perhitungan *azimuth* yang dapat membaca koordinat dari peta topografi yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Easa, S., dan Mehmood, A. 2007. Establishing highway horizontal alignment to maximize design consistency. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 34(9), 1159-1168. 10.1139/L07-043.
- Liliana, Setiawan, R., dan Nugroho, A. D. 2005. Visualisasi desain geometrik jalan secara 3D berdasarkan perhitungan alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal. *Jurnal Informatika*, 6(2), 90-94. 10.9744/informatika.6.2.pp. 90-94.
- Mondal, S. 2010. *Horizontal Alignment Optimization in Road Design*. [Master Thesis]. The University of British Columbia.
- Nugroho, A. A. D. 2005. *Visualisasi desain geometrik jalan secara tiga dimensi berdasarkan perhitungan alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal..* [Undergraduate Thesis]. Petra Christian University.
- Pedoman Desain Geometrik Jalan. 2021. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/surat-edaran-direktur-jenderal-bina-marga-nomor-20sedb2021-tentang-pedoman-desain-geometrik-jalan-pedoman-nomor-13pbm2021>.
- Prayogo, M. A. 2016. *Aplikasi perhitungan alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal*. [Undergraduate Thesis]. Petra Christian University.

- Sudarsana, D. K., Nadiasa, M., dan Artamana, I. B. 2015. *Rancangan penilaian pemeriksaan aspek keselamatan pada masa eksekusi proyek peningkatan jalan nasional*. [Master's Thesis]. Universitas Udayana.
- Suryadharma, H., dan Susanto, B. 1999. *Rekayasa jalan raya*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Press.
- Swandanu, H. L. 2016. *Kajian teknis dan fungsi jalan mataram, Yogyakarta*. [Undergraduate Thesis]. Universitas Atma Jaya.