JOURNAL FLYOVER (JFO)
Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana UMI

Vol. 06, No. 01 Tahun 2026
E-ISSN: 2829-5684

Pengembangan Model BIM pada Geometrik Jalan dengan *Plugin Auto Turn*

(Studi Kasus Ruas Mamberamo - Elelim)

Putra Pradana Drakel [1*], Lambang Basri Said [2], Mukhtar Thahir Syarkawi [3]

1*) Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar, putradrkl@gmail.com
2) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar
3) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

Road geometric design is a critical aspect in ensuring safety, comfort, and traffic flow, particularly in areas with complex topography such as the Mambramo–Elelim section. Conventional approaches still have limitations in accurately evaluating vehicle maneuvers, especially on sharp curves. Therefore, innovation is needed through the application of Building Information Modeling (BIM) integrated with the AutoTURN plugin to produce geometric designs that are more precise, efficient, and capable of optimally accommodating vehicle movement needs. This study uses a BIM-based approach utilizing Autodesk Civil 3D to build a three-dimensional road geometric model. The model is then integrated with the AutoTURN plugin to perform vehicle swept path analysis. The data used consists of secondary data such as coordinates, curve radii, and planned vehicle parameters. The analysis process involves simulating vehicle movement through curves to evaluate the geometric design's compliance with applicable standards and vehicle maneuvering requirements. The results indicate that the integration of BIM and AutoTURN provides more accurate visualization and analysis of vehicle movement. Several curves were found to not yet meet geometric standards because the vehicle path extended beyond the lane boundaries. This indicates the need for geometric design adjustments to enhance safety and road space efficiency. This study concludes that the development of a BIM model integrated with AutoTURN is an effective method for road geometric analysis and evaluation. This approach not only improves design accuracy but also facilitates visualization and the decision-making process. Through vehicle movement simulations, potential geometric conflicts can be identified as early as the planning stage. Therefore, this method is highly recommended for application in road infrastructure planning, particularly in areas with complex and challenging terrain conditions.

Keywords: AutoTURN, BIM, road geometry, road safety, swept path.

Abstrak

Perencanaan geometrik jalan merupakan aspek penting dalam menjamin keselamatan, kenyamanan, dan kelancaran lalu lintas, terutama pada wilayah dengan kondisi topografi kompleks seperti ruas Mambramo - Elelim. Pendekatan konvensional masih memiliki keterbatasan dalam mengevaluasi manuver kendaraan secara akurat, khususnya pada tikungan tajam. Oleh karena itu, diperlukan inovasi melalui penerapan *Building Information Modeling* (BIM) yang terintegrasi dengan *plugin AutoTURN* untuk menghasilkan desain geometrik yang lebih presisi, efisien, serta mampu mengakomodasi kebutuhan pergerakan kendaraan secara optimal. Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis BIM dengan memanfaatkan *Autodesk Civil 3D* untuk membangun model geometrik jalan secara tiga dimensi. Model tersebut kemudian diintegrasikan dengan *plugin AutoTURN* untuk melakukan analisis *swept path* kendaraan. Data yang digunakan berupa data sekunder seperti koordinat, radius tikungan, dan parameter kendaraan rencana. Proses analisis dilakukan melalui simulasi pergerakan kendaraan pada tikungan guna mengevaluasi kesesuaian desain geometrik terhadap standar yang berlaku serta kebutuhan ruang gerak kendaraan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi BIM dan *AutoTURN* mampu memberikan visualisasi serta analisis pergerakan kendaraan secara lebih akurat. Ditemukan beberapa tikungan yang belum memenuhi standar geometrik karena lintasan kendaraan keluar dari batas lajur. Hal ini menandakan perlunya penyesuaian desain geometrik guna meningkatkan keselamatan dan efisiensi ruang jalan.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengembangan model BIM yang terintegrasi dengan *AutoTURN* merupakan metode yang efektif dalam analisis dan evaluasi geometrik jalan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan akurasi desain, tetapi juga mempermudah visualisasi serta proses pengambilan keputusan. Dengan adanya simulasi pergerakan kendaraan, potensi konflik geometrik dapat diidentifikasi sejak tahap perencanaan. Oleh karena itu, metode ini sangat direkomendasikan untuk diterapkan pada perencanaan infrastruktur jalan, khususnya pada wilayah dengan kondisi medan yang kompleks dan menantang.

Kata kunci: *Autoturn*, BIM, Geometrik Jalan, Keselamatan Jalan, *Swept Path.*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan dan pengembangan infrastruktur jalan merupakan salah satu elemen penting dalam mendukung konektivitas wilayah, mobilitas masyarakat, serta distribusi barang dan jasa. Di wilayah dengan kondisi geografis yang kompleks seperti Papua, keberadaan jaringan jalan yang andal menjadi faktor penentu dalam mempercepat pembangunan dan meningkatkan aksesibilitas antar wilayah. Jalan Trans Papua merupakan salah satu proyek strategis nasional yang dirancang untuk menghubungkan berbagai wilayah dan provinsi di Pulau Papua, sehingga memerlukan perencanaan dan pelaksanaan teknis yang memenuhi standar keselamatan, kenyamanan, dan keberlanjutan.

Sebagai jalan yang berfungsi sebagai akses antar provinsi, ruas Trans Papua harus mampu melayani berbagai jenis kendaraan dengan karakteristik dimensi dan manuver yang beragam. Oleh karena itu, perencanaan geometrik jalan tidak hanya berfokus pada pemenuhan standar desain dasar, tetapi juga harus mempertimbangkan kemampuan kendaraan rencana dalam bermanuver secara aman, terutama pada segmen jalan yang memiliki tikungan, perubahan alinyemen, maupun keterbatasan ruang akibat kondisi topografi. Ketidaksesuaian antara desain geometrik jalan dan kebutuhan pergerakan kendaraan dapat menyebabkan potensi konflik lalu lintas, kerusakan perkerasan, serta peningkatan risiko kecelakaan.

Salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi kecukupan geometrik jalan terhadap pergerakan kendaraan adalah analisis *swept path*. Analisis *swept path* merupakan kajian lintasan pergerakan kendaraan yang memperhitungkan dimensi kendaraan, radius putar, serta perbedaan lintasan antara roda depan dan roda belakang saat kendaraan melakukan manuver. Metode ini sangat penting dalam memastikan bahwa kendaraan rencana dapat melintasi tikungan atau segmen jalan tertentu tanpa melampaui batas perkerasan lainnya.

Pada Paket Pekerjaan Trans Papua, khususnya pada segmen STA 5+000 hingga STA 5+400, kondisi geometrik jalan memerlukan perhatian khusus. Segmen ini berperan sebagai bagian dari akses antar provinsi yang memiliki tingkat kepentingan tinggi terhadap kelancaran arus lalu lintas. Selain itu, karakteristik medan dan keterbatasan ruang pada segmen tersebut menuntut perencanaan geometrik yang presisi agar dapat mengakomodasi kendaraan rencana secara optimal. Dalam penelitian ini, kendaraan rencana yang digunakan adalah mobil lajuran, yang memiliki dimensi dan karakteristik manuver tertentu sehingga memerlukan evaluasi *swept path* secara menyeluruh.

Perkembangan teknologi di bidang rekayasa transportasi telah memungkinkan pelaksanaan analisis *swept path* secara lebih akurat melalui pemanfaatan perangkat lunak berbasis komputer. *AutoCAD* sebagai perangkat lunak desain teknik banyak digunakan dalam perencanaan geometrik jalan karena kemampuannya dalam menggambarkan alinyemen horizontal dan vertikal secara detail. Namun, untuk analisis pergerakan kendaraan secara dinamis, diperlukan perangkat tambahan yang mampu mensimulasikan lintasan kendaraan berdasarkan karakteristik aktual kendaraan rencana.

AutoTURN merupakan salah satu *plugin* yang terintegrasi dengan *AutoCAD* dan secara khusus dikembangkan untuk melakukan analisis *swept path*. *Plugin* ini memungkinkan pengguna untuk mensimulasikan pergerakan kendaraan pada berbagai kondisi geometrik jalan dengan memasukkan parameter kendaraan rencana, seperti panjang kendaraan, jarak sumbu roda, dan radius putar. Dengan menggunakan *AutoTURN*, lintasan kendaraan dapat divisualisasikan secara jelas, sehingga perencana dapat mengevaluasi kecukupan lebar jalan, radius tikungan, serta potensi konflik antara kendaraan dan elemen geometrik jalan lainnya.

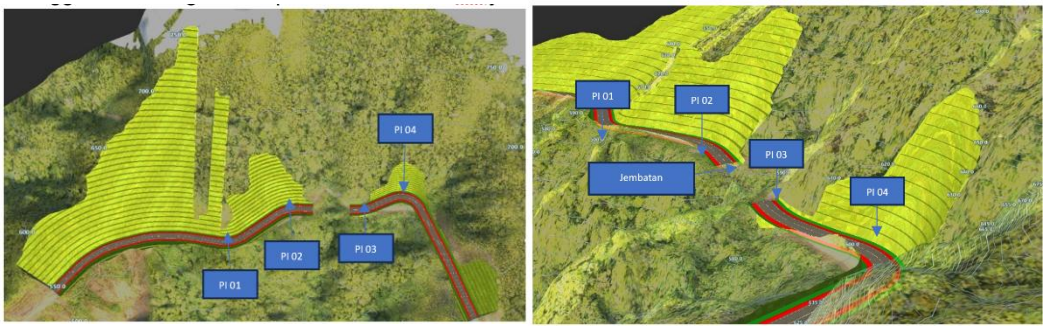
Penggunaan *AutoCAD* yang dikombinasikan dengan *plugin AutoTURN* dalam analisis *swept path* memberikan keuntungan dalam hal ketelitian, efisiensi waktu, serta kemudahan dalam melakukan evaluasi dan pengembangan desain. Metode ini sangat relevan untuk diterapkan pada segmen STA 5+000 hingga STA 5+400 Paket Pekerjaan Trans Papua, mengingat pentingnya ruas tersebut sebagai akses antar provinsi serta kebutuhan untuk memastikan bahwa desain geometrik jalan mampu melayani mobil lajuran secara aman dan optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model desain geometrik jalan berbasis *Building Information Modeling* (BIM) yang dapat diintegrasikan secara efektif dengan *plugin AutoTURN*, menyusun tahapan dan prosedur integrasi antara BIM (menggunakan *Civil 3D*) dengan analisis *swept path* menggunakan *AutoTURN*, mengevaluasi efektivitas model yang dikembangkan dalam meningkatkan akurasi desain, efisiensi ruang, dan keselamatan kendaraan dalam pergerakan, serta menerapkan model yang dikembangkan pada studi kasus nyata untuk melihat sejauh mana implementasi ini dapat meningkatkan kualitas dan efisiensi desain geometrik jalan.

2. METODE

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Pada ruas Jalan Trans Papua, khususnya pada segmen STA 5+000 hingga STA 5+400, kondisi geometrik jalan berada pada wilayah pegunungan dengan topografi yang ekstrem. Daerah ini memiliki kemiringan lereng yang tinggi, lembah yang dalam, serta kontur tanah yang tidak stabil, yang menjadikan proses perencanaan dan pembangunan jalan lebih kompleks dibandingkan dengan wilayah dataran. Jalan Trans Papua merupakan infrastruktur strategis yang menghubungkan berbagai wilayah di Papua, berfungsi untuk membuka akses transportasi dan distribusi logistik di daerah yang sebelumnya terisolasi. Di segmen STA 5+000–STA 5+400, jalan ini ditandai dengan adanya empat tikungan tajam yang mengikuti kontur perbukitan, yang memerlukan penyesuaian jalur untuk memastikan kemiringan jalan tetap dalam batas yang diperbolehkan **(Gambar 1)**.

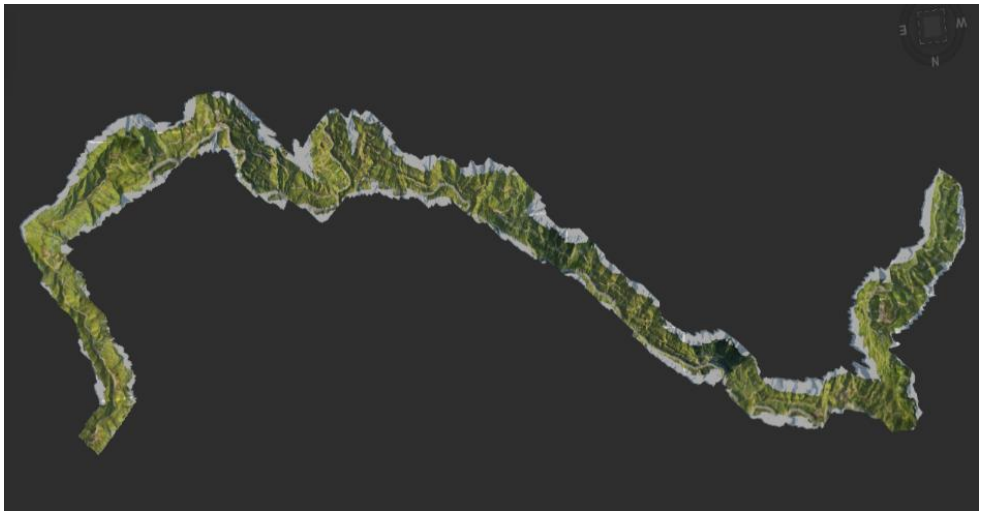


Gambar 1 Tampak Atas (Gambar Kiri) dan 3 Tampak Samping (Gambar Kanan) Permodelan BIM menggunakan *InfraWork*

Pada segmen ini, kemiringan medan bisa mencapai lebih dari 25%, yang mengharuskan perancang jalan untuk menggunakan tipe tikungan spiral atau kombinasi lengkung untuk menjaga keselamatan kendaraan yang melintas. Keempat tikungan pada segmen ini memiliki karakteristik yang signifikan dengan sudut defleksi antara 25° hingga 89°, yang menunjukkan bahwa trase jalan mengikuti kontur tanah di sekitarnya. Jari-jari tikungan berkisar antara 30 hingga 50 meter, dengan kecepatan rencana 40 km/jam, yang mengindikasikan adanya keterbatasan ruang dan medan yang bergelombang. Dengan adanya tikungan yang cukup tajam dan radius kecil, desain geometrik jalan perlu disesuaikan dengan kondisi medan yang tidak rata, sehingga menjaga stabilitas konstruksi dan keselamatan pengguna jalan di area tersebut.

B. Lokasi Penelitian

Penelitian berada pada ruang jalan Trans Papua, dalam perencanaan pembangunannya, Jalan Transpapua segmen Memberamo – Elelim direncanakan sejauh 49 KM **(Gambar 2).** Penelitian sendiri berfokus pada STA 5+000 sampai dengan STA 5+400 memiliki 4 tikungan dengan medan jalan yang cukup ekstrem, pelaksanaan penelitian dilakukan mulai Bulan Agustus 2025 sampai dengan Februari 2026.



Gambar 2 Lokasi Penilitian STA 5+000 – STA 5+400

C. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang diperlukan dalam analisis dan pemodelan geometrik jalan. Data yang digunakan diperoleh melalui dua sumber utama, yaitu studi literatur dan pengumpulan data sekunder. Studi literatur dilakukan dengan mengkaji berbagai referensi yang berhubungan dengan perencanaan geometrik jalan, penerapan *Building Information Modeling* (BIM) pada infrastruktur jalan, serta penggunaan perangkat lunak dalam pemodelan jalan. Referensi yang digunakan mencakup buku, jurnal ilmiah, standar perencanaan geometrik jalan, dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian.

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari dokumen perencanaan dan data teknis terkait lokasi penelitian, yang meliputi data *stationing* ruas jalan, koordinat titik *Point of Intersection* (PI), arah trase jalan, sudut tikungan, jari-jari tikungan, serta kecepatan rencana jalan. Data ini kemudian digunakan dalam pemodelan geometrik jalan dan analisis tikungan horizontal. Dalam penelitian ini, perangkat lunak *Autodesk InfraWorks* digunakan untuk membuat model awal kondisi eksisting wilayah penelitian

dalam bentuk tiga dimensi, sementara *Autodesk AutoCAD Civil 3D* digunakan untuk pemodelan geometrik jalan secara lebih detail. *AutoTURN* digunakan untuk melakukan simulasi pergerakan kendaraan pada tikungan jalan melalui analisis *swept path* untuk mengevaluasi apakah desain geometrik jalan telah memenuhi kebutuhan manuver kendaraan.

D. Metode Analisa Data

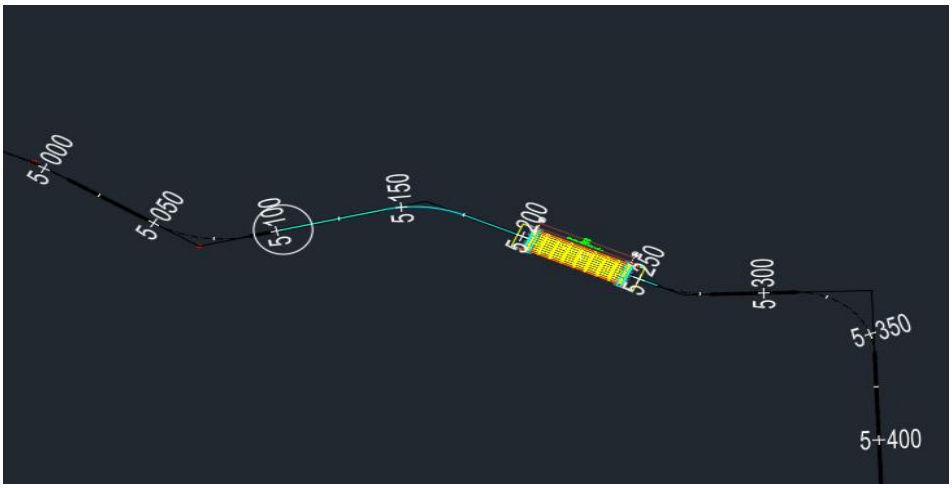
Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam proses pemodelan dan analisis geometrik jalan menggunakan pendekatan *Building Information Modeling*. Data yang digunakan dalam penelitian ini sebagian besar merupakan data sekunder yang diperoleh dari dokumen perencanaan serta data teknis yang tersedia, kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Autodesk InfraWorks*, *Autodesk AutoCAD Civil 3D*, dan *plugin AutoTURN* untuk analisa *Swapt Path*.

Dalam penelitian ini, tahapan penelitian disusun untuk menggambarkan proses yang terdiri dari tiga tahap utama. Tahap pertama adalah pemodelan geometrik jalan menggunakan *Autodesk AutoCAD Civil 3D*, diikuti dengan ekspor dan impor model tersebut ke dalam perangkat lunak *Autodesk InfraWorks* untuk visualisasi dan integrasi dengan data topografi serta lingkungan sekitar. Proses ini memungkinkan penciptaan model yang lebih realistis dan representatif dari kondisi jalan yang akan diteliti. Tahap selanjutnya melibatkan analisis pergerakan kendaraan menggunakan *plugin AutoTURN* untuk mengevaluasi kelayakan desain geometrik jalan, khususnya dalam hal kecukupan ruang gerak kendaraan pada tikungan jalan, guna memastikan pergerakan kendaraan yang aman dan efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Geometrik Jalan

Data geometrik jalan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari data perencanaan jalan serta hasil pengolahan data topografi. Data tersebut meliputi data Aligment horizontal, profil memanjang, serta penampang melintang seperti pada **Gambar 3**. Dari data alignment horizontal, diperoleh beberapa parameter dan data terkait tikungan pada segmen penelitian, yang mencakup panjang segmen sepanjang 400 meter, lebar jalur sebesar 3,83 meter, serta jumlah lajur sebanyak dua. Kecepatan rencana pada segmen jalan ini ditetapkan sebesar 40 km/jam.



Gambar 3 Aligment Horiozntal

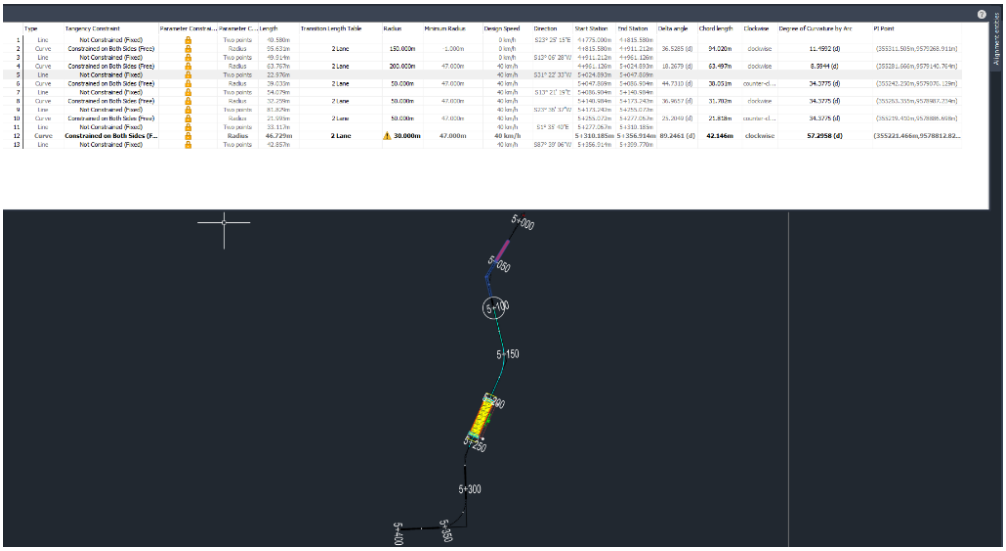
B. Permodelan Geometrik Jalana Berbasis BIM

Pemodelan geometrik jalan dilakukan dengan pendekatan BIM, yang memungkinkan integrasi berbagai elemen desain jalan dalam satu model digital tiga dimensi untuk analisis lebih lanjut. Proses pemodelan dimulai dengan pembuatan *alignment* horizontal berdasarkan data trase jalan, yang menggambarkan jalur pergerakan jalan dalam arah horizontal dengan kombinasi garis lurus dan lengkung horizontal. Selanjutnya, dibuat profil memanjang untuk menggambarkan perubahan elevasi sepanjang trase jalan, yang penting untuk mengetahui kondisi tanjakan dan turunan pada ruas jalan yang diteliti. Setelah *alignment* dan profil memanjang selesai, langkah berikutnya adalah pembuatan *corridor* jalan, yang merupakan model tiga dimensi yang dibentuk dari kombinasi *alignment* horizontal, profil memanjang, dan penampang melintang jalan. Dengan menggunakan fitur *corridor* pada *Autodesk Civil 3D*, diperoleh model tiga dimensi jalan yang dapat digunakan untuk analisis pergerakan kendaraan.

a) Pembuatan Trase Mengikuti Exixting Jalan

Pada tahap awal pemodelan geometrik jalan, proses dimulai dengan pembuatan trase jalan yang mengikuti kondisi jalan eksisting. Tujuan dari tahap ini adalah untuk merepresentasikan kondisi geometrik jalan yang ada di lapangan secara digital, sehingga analisis kesesuaian desain geometrik dapat dilakukan lebih lanjut. Pembuatan trase dilakukan dengan memanfaatkan data dasar berupa peta topografi dan citra permukaan yang tersedia pada model, yang digunakan sebagai acuan untuk menggambar jalur *alignment* yang sesuai dengan pola jalan eksisting. Proses pemodelan ini menggunakan perangkat lunak *Autodesk Civil 3D*, yang memungkinkan pembuatan alignment horizontal secara presisi berdasarkan kondisi geometrik jalan yang ada.

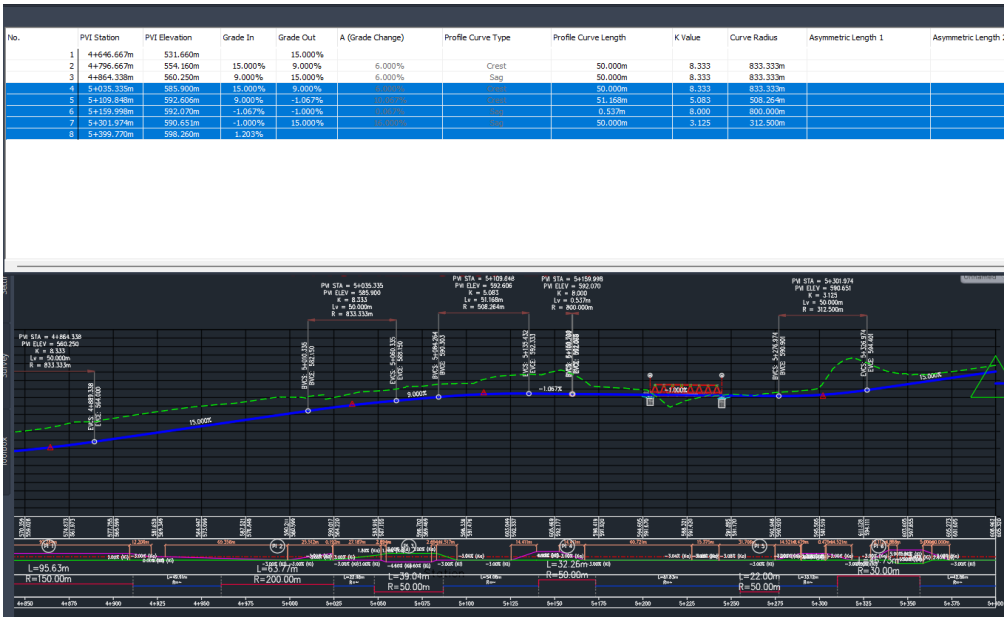
Setelah trase jalan dibuat, tahap berikutnya adalah penentuan kecepatan rencana (V = 40 km/jam) dan superelevasi yang mengacu pada standar AASHTO untuk memastikan kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan. Berdasarkan data tersebut, desain tikungan rencana ditentukan dengan menyesuaikan dengan data perencanaan yang tersedia. Dari tahap ini, diperoleh titik *Point of Intersection* (PI), radius tikungan, kecepatan rencana, dan data pendukung lainnya yang akan digunakan untuk melanjutkan desain *corridor* tiga dimensi. Pembuatan *corridor* 3D ini merupakan langkah penting dalam menghasilkan model geometrik jalan yang lebih kompleks dan siap untuk analisis pergerakan kendaraan.



Gambar 4 Data Tikungan Rencana

b) Pembuatan *Long Profile*

Dalam pemodelan jalan menggunakan *Autodesk Civil 3D*, pembuatan *long profile* rencana menjadi langkah penting untuk menghasilkan *vertical alignment* yang menggambarkan perubahan elevasi sepanjang trase jalan. *Vertical alignment* ini kemudian digunakan dalam pembentukan model *corridor*, yang pada gilirannya menghasilkan model jalan tiga dimensi yang sesuai dengan perencanaan. Desain kemiringan jalan harus dirancang agar kendaraan dapat melintas dengan aman dan nyaman, dengan mempertimbangkan kemampuan kendaraan untuk menanjak. Setelah trase jalan dibuat, profil rencana diperlukan untuk melihat perbedaan elevasi antara *alignment* horizontal di setiap stasiun. Dari profil rencana yang ditampilkan, perbedaan elevasi di setiap stasiun dapat dilihat, dengan perbedaan elevasi tertinggi mencapai 13.840 meter setiap 100 meter, serta rencana *grid* 15% setiap 150 meter dan 9% setiap 75 meter, sesuai dengan data perencanaan yang ada **(Gambar 5)**.

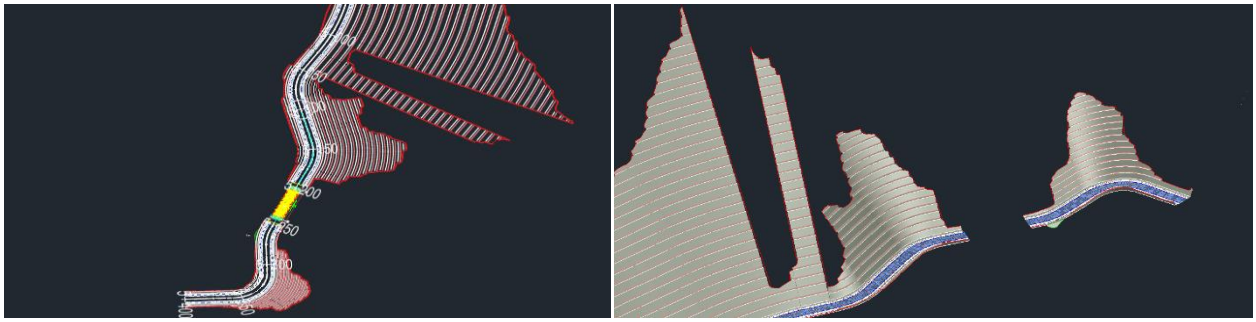


No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve Type	Profile Curve Length	K Value	Curve Radius	Asymmetric Length 1	Asymmetric Length 2
1	4+646.667m	531.660m		15.000%							
2	4+796.667m	554.160m	15.000%	9.000%	6.000%	Crest	50.000m	8.333	833.333m		
3	4+864.338m	560.250m	9.000%	15.000%	6.000%	Sag	50.000m	8.333	833.333m		
4	5+035.335m	585.900m	15.000%	9.000%	6.000%	Crest	50.000m	8.333	833.333m		
5	5+109.848m	592.606m	9.000%	-1.067%	10.067%	Crest	51.168m	5.083	508.264m		
6	5+159.998m	592.070m	-1.067%	-1.000%	0.067%	Sag	0.537m	8.000	800.000m		
7	5+301.974m	590.651m	-1.000%	15.000%	16.000%	Sag	50.000m	3.125	312.500m		
8	5+399.770m	598.260m	1.203%								

Gambar 5 Profil Rencana

c) Pembuatan *Corridor*

Dalam pembuatan *corridor*, tipikal jalan memainkan peran penting sebagai representasi penampang melintang standar dari desain jalan, yang digunakan sebagai dasar dalam proses pemodelan *corridor*. Tipikal jalan ini menggambarkan komponen utama seperti lebar lajur, bahu jalan, median, kemiringan melintang, dan elemen struktur lainnya. Dalam proses perancangan menggunakan *Autodesk Civil 3D*, tipikal jalan biasanya dibuat dalam bentuk *assembly*, yang merupakan kumpulan beberapa komponen desain jalan seperti jalur lalu lintas, bahu jalan, serta lereng timbunan atau galian. Sebagai acuan, tipikal jalan ini memiliki lebar total 3,830 m pada setiap sisi jalan dengan kemiringan jalan 3,00%, yang kemudian digunakan dalam pembuatan *corridor* **(Gambar 6)**.



Gambar 6 2D *Corridor* (kiri) dan 3D *Corridor* (kanan)

Setelah tipikal jalan dibuat, tahap selanjutnya adalah pembuatan *corridor*, yang merupakan model tiga dimensi jalan yang terbentuk dari integrasi *alignment* horizontal, *vertical alignment* (*long profile*), dan tipikal penampang jalan. Pembuatan *corridor* ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Civil 3D*, yang memungkinkan representasi fisik jalan secara tiga dimensi. Dengan fitur *corridor*, model jalan dapat secara otomatis mengikuti perubahan elevasi serta trase jalan yang telah ditentukan sebelumnya. Parameter seperti pengikatan *alignment* horizontal dan vertikal, serta integrasi dengan data topografi aktual, digunakan untuk membentuk visualisasi 3D dari *corridor* tersebut, memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi desain jalan yang direncanakan.

C. Analisa Geometrik Tikungan Jalan

Berdasarkan hasil pemodelan geometrik jalan, terdapat empat titik perubahan arah yang membentuk tikungan pada ruas jalan penelitian, dengan masing-masing tikungan memiliki radius 50 meter namun sudut tikungan yang berbeda, mempengaruhi tingkat ketajaman tikungan. Tikungan pertama (PI1) memiliki sudut 135° dan masih tergolong aman untuk kendaraan ringan, meski kendaraan besar seperti bus atau truk trailer membutuhkan ruang manuver lebih luas. Tikungan kedua (PI2) dengan sudut 143° menunjukkan perubahan arah yang lebih tajam, memerlukan perhatian lebih dalam analisis pergerakan kendaraan, terutama untuk kendaraan besar. Tikungan ketiga (PI3) memiliki sudut terbesar, yaitu 155°, yang menjadikannya titik kritis dengan tingkat ketajaman lebih tinggi, berpotensi mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan kendaraan, terutama kendaraan berat. Sedangkan tikungan keempat (PI4), dengan sudut 91°, relatif lebih mudah dilalui dan tergolong aman dibandingkan dengan tikungan lainnya (**Tabel 1**).

Tabel 1 Hasil Data Tikungan

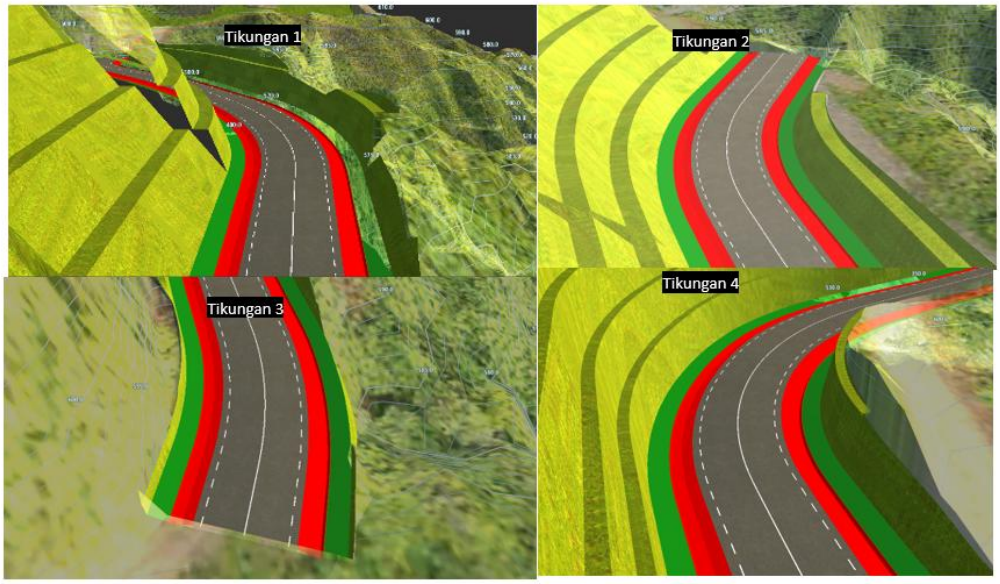
Tikungan	STA	Radius (m)	Sudut Tikungan	Keterangan
PI1	5+068.442	50	135°	radius kecil
PI2	5+157.697	50	143°	tikungan tajam
PI3	5+266.250	50	155°	tikungan kritis
PI4	5+339.792	50	91°	relatif aman

D. Modeling Visual 3D dengan *InfraWork*

Setelah pemodelan geometrik jalan selesai dilakukan di *Autodesk Civil 3D*, tahap berikutnya dalam penelitian ini adalah pemodelan infrastruktur menggunakan *Autodesk InfraWorks* berbasis BIM. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memvisualisasikan desain jalan dalam bentuk tiga dimensi yang lebih realistis, terintegrasi dengan kondisi topografi dan lingkungan sekitar. Melalui pemodelan ini, desain jalan dapat ditampilkan secara jelas,

memperlihatkan hubungan antara infrastruktur jalan dan lingkungan sekitarnya. Selain itu, model ini juga membantu dalam mengidentifikasi segmen jalan yang memiliki karakteristik geometrik tertentu, seperti tikungan tajam atau perubahan elevasi yang signifikan.

Hasil visualisasi yang diperoleh menunjukkan bahwa beberapa segmen tikungan pada ruas jalan penelitian memiliki perubahan arah yang cukup tajam, yang dapat mempengaruhi jarak pandang pengemudi dan kenyamanan saat bermanuver, terutama pada tikungan dengan sudut perubahan arah yang besar. Kondisi topografi di sekitar ruas jalan juga mempengaruhi tampilan visual tikungan, terutama pada bagian jalan dengan perbedaan elevasi yang signifikan. Visualisasi ini menjadi dasar dalam analisis teknis kemampuan kendaraan dalam melewati tikungan, yang selanjutnya dianalisis melalui *simulasi swept path* menggunakan *AutoTURN* **(Gambar 7)**.



Gambar 7 Visualisasi Modeling 3D area Tikungan

E. Analisa *Swept Path* menggunakan *Plugin AutoTurn*

Setelah model jalan berhasil diintegrasikan ke dalam lingkungan pemodelan *Autodesk InfraWorks*, dilakukan analisis *swept path* menggunakan *plugin AutoTURN* untuk memperoleh gambaran lebih komprehensif mengenai hubungan antara desain geometrik jalan dan kondisi lingkungan serta topografi di sekitar lokasi penelitian. Sebelum melakukan analisis, perlu dipertimbangkan spesifikasi kendaraan lajuran yang akan melewati segmen jalan tersebut. Analisis *swept path* dilakukan dengan mensimulasikan kendaraan mengikuti jalur tengah (*centerline*) untuk memetakan pola pergerakan roda depan dan roda belakang pada setiap tikungan, dengan kecepatan 40 km/jam. Hasil dari simulasi ini memberikan gambaran tentang seberapa baik kendaraan dapat bermanuver di setiap tikungan, serta apakah desain geometrik jalan tersebut dapat mendukung pergerakan kendaraan dengan aman.

Hasil analisis yang dilakukan menggunakan *AutoTURN* menunjukkan pola pergerakan kendaraan pada setiap tikungan, yang divisualisasikan dalam bentuk simulasi 2D. Grafik yang dihasilkan mengindikasikan radius yang diperlukan kendaraan lajuran untuk bermanuver di setiap tikungan pada lebar jalan 3,50 meter. Simulasi ini memberikan gambaran lebih jelas tentang efektivitas desain geometrik jalan dalam mengakomodasi kendaraan yang melintas, khususnya pada tikungan dengan perubahan arah yang tajam.

Gambar 8 Contoh Hasil Simulasi 2D di Tikungan PI 1 (kiri) dan di Tikungan PI 2 (kanan)

Dari hasil simulasi *swept path* 2D didapatkan kesimpulan dengan kecepatan 40 km/jam dan spesifikasi mobil lajuran. Lebih lengkap, dapat dilihat di **Tabel 2**

Tabel 2 Hasil Analisa *Swept Path*

No	STA Tikungan	Lebar Jalan Eksisting (m)	Lebar Swept Path (m)	Selisih (m)	Off-Tracking	Keterangan Teknis	Status Keamanan
1	5+050+349 – 5+089.384	3,50	3,20	+0,30	Kecil	Kendaraan masih berada dalam batas perkerasan, ruang manuver masih mencukupi	Aman
2	5+143.463 – 5+175.722	3,50	3,70	-0,20	Sedang	Kendaraan mendekati batas tepi dalam, mulai terjadi kekurangan lebar jalan	Cukup Aman
3	5+275.551 – 5+279.547	3,50	4,20	-0,70	Besar	Roda belakang keluar perkerasan, tikungan tidak mampu menampung kendaraan	Tidak Aman
4	5+312.664 – 5+359.393	3,50	3,80	-0,30	Sedang	Membutuhkan ruang tambahan, potensi konflik dengan kendaraan berlawanan	Kurang Aman

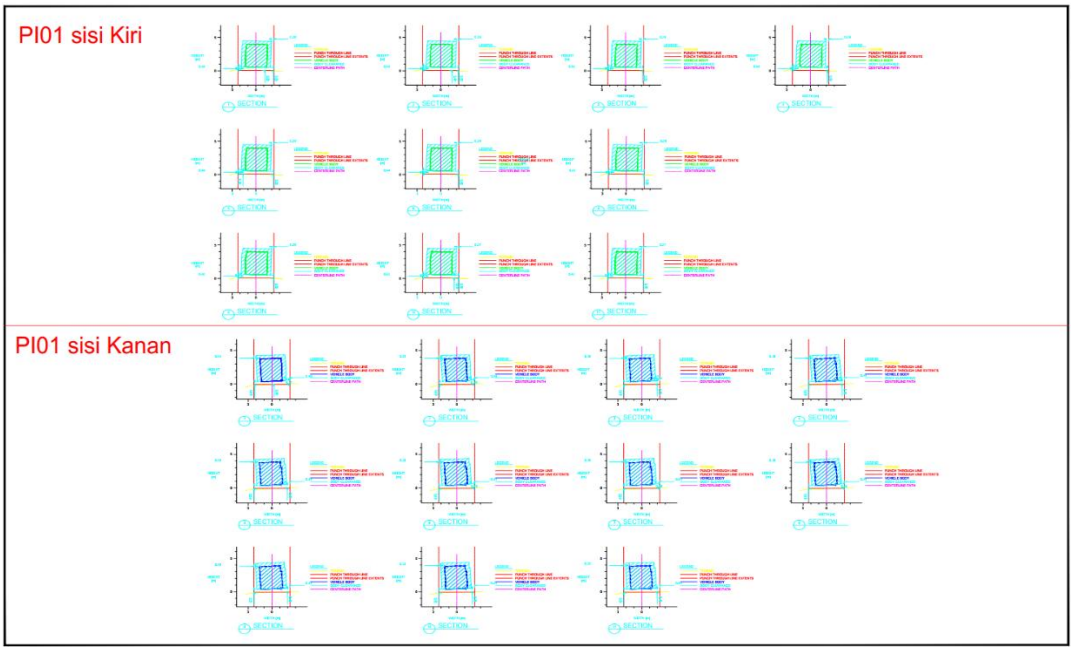
Berdasarkan hasil simulasi *swept path 2D* menggunakan *AutoTURN*, diperoleh perbandingan antara lebar jalan eksisting dengan kebutuhan lebar lintasan kendaraan saat bermanuver pada tikungan. Pada **Tabel 2** terlihat bahwa tikungan pada STA 5+050+349 – 5+089.3840 masih memenuhi kebutuhan ruang gerak kendaraan, dengan selisih lebar sebesar +0,30 m, sehingga dikategorikan aman. Namun, pada tikungan STA 5+143.463 – 5+175.722mulai terjadi kekurangan lebar sebesar -0,20 m, yang menunjukkan bahwa kendaraan mendekati batas perkerasan dan memerlukan perhatian lebih.

Kondisi paling kritis terjadi pada STA 5+275.551 – 5+279.547, di mana kebutuhan *swept path* mencapai 4,20 m, sementara lebar jalan hanya 3,50 m. Hal ini menghasilkan selisih

sebesar -0,70 m, yang mengindikasikan bahwa kendaraan keluar dari batas perkerasan dan tikungan tersebut tidak memenuhi kriteria keamanan. Sementara itu, pada STA 5+312.664 – 5+359.393, kendaraan masih dapat melintas, namun dengan kekurangan lebar sebesar -0,30 m, sehingga berpotensi menimbulkan konflik dengan kendaraan dari arah berlawanan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sebagian tikungan pada ruas jalan penelitian belum mampu mengakomodasi pergerakan kendaraan secara optimal, sehingga diperlukan penyesuaian geometrik seperti pelebaran tikungan atau peningkatan radius tikungan.

Selaian hasil dari analnisa secara situasi, dapat dilihat juga visual secara potongan melintang atau cross section yang dapat dilihat pada **Gambar 9**. Dari hasil visualisasi potongan melintang dapat dilihat jikalau badan mobil lajuran masih di area aman di tikungan PI01, PI02, PI03 dengan area bersih kiri dan kanan dari badan mobil rata-rata 40 cm, menandakan tidak terjadi clash di arah berbalik, tetapi dapat dilihat PI04, masih terjadi clash antara mobil dan setelah tikungan badan dari mobil lajuran dan memakan bahu jalan



Gambar 9 Contoh Visualisasi Potongan Melintang PI 01

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, pengembangan model *Building Information Modeling* (BIM) pada desain geometrik jalan dengan integrasi *plugin AutoTURN* pada ruas Jalan Mambramo – Elelim berhasil mencapai tujuan penelitian dengan efektif. Model desain geometrik jalan berbasis BIM yang dikembangkan menggunakan *Autodesk Civil 3D* dapat diintegrasikan dengan *plugin AutoTURN*, memungkinkan analisis *swept path* dilakukan secara langsung pada model digital, sehingga meningkatkan akurasi dan efisiensi evaluasi geometrik jalan. Tahapan integrasi yang meliputi pemodelan geometrik, penentuan kendaraan rencana, serta analisis pergerakan kendaraan telah disusun secara sistematis, memberikan alur kerja yang jelas untuk mengidentifikasi permasalahan geometrik pada segmen jalan dengan tikungan tajam.

Hasil analisis menunjukkan bahwa dua dari empat tikungan yang dianalisis tidak memenuhi kriteria geometrik jalan untuk kendaraan rencana, berupa truk 3 sumbu. Pada tikungan PI03 dan PI04, diperlukan pelebaran lajur untuk memenuhi kebutuhan ruang gerak kendaraan dan memperbaiki keterbatasan radius tikungan. Sementara itu, tikungan

PI01 dan PI02 masih relatif aman, meskipun mendekati batas toleransi. Penerapan model BIM yang terintegrasi dengan *AutoTURN* terbukti meningkatkan akurasi desain geometrik jalan, khususnya dalam menentukan kebutuhan pelebaran lajur secara presisi pada titik-titik kritis, serta meningkatkan efisiensi ruang dan keselamatan lalu lintas. Secara keseluruhan, pendekatan berbasis BIM ini efektif dalam meningkatkan kualitas perencanaan geometrik jalan, menghasilkan desain yang lebih adaptif, efisien, dan berorientasi pada keselamatan pengguna jalan, terutama pada kondisi medan yang kompleks.

5. DAFTAR PUSTAKA

Abanda, F. H., & Byers, L. (2016). An investigation of the impact of building information modelling on project coordination. Procedia Engineering, 164, 835–840.

Alizadehsalehi, S., & Hadavand, M. (2020). Integration of UAV, BIM, and GIS for Construction Progress Monitoring: A Systematic Review. Applied Sciences, 10(24), 8831.

Ariffin, N. F. M., Rahim, M. H. I. A., & Ismail, M. F. (2021). Road Safety Design using AutoTURN and BIM. Malaysian Construction Research Journal, 9(2), 112–124.

Beirão, J. N., & Duarte, J. P. (2015). BIM-based Design for Urban Road Network. Automation in Construction, 59, 48–59.

Bentley Systems. (2020). OpenRoads Designer CONNECT Edition HelpDocumentation. Bentley Institute Press.

Cao, D., Wang, G., Li, H., Skitmore, M., & Huang, T. (2017). Implementing Building information modelling in construction: A review of the past, present and future.Automation in Construction, 78, 98–106.

Cao, Y., & Wang, Z. (2021). BIM-Based Traffic Simulation Using AutoTURN for Geometric Evaluation of Intersections. Transportation Research Procedia, 52, 30–39.

Federal Highway Administration (FHWA). (2019). BIM for Infrastructure – A Roadmap.U.S. Department of Transportation.

Goh, Y. M., & Goh, Y. (2019). Exploring BIM for Road Design Decision Making. International Journal of Sustainable Construction ngineering and Technology, 10

Graphisoft. (2021). Interoperability between ArchiCAD and AutoTURN for Road Safety Design. Technical Report.

Hall, D. R., & Porter, W. (2021). Highway Engineering. CRC Press.American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).(2018). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (7th ed.).

Nguyen, T., Le, T., & Tran, N. (2019). Integration of BIM and GIS in Roadway Geometric Design. Procedia Engineering, 245, 937–944.

Sadid, M. N., & Ibrahim, A. N. (2021). The Implementation of BIM in Road Projects: ASystematic Review. IOP Conference Series: Earth andEnvironmentalScience, 779, 012043. Welle, B., Birru, W.,

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A researchand delivery foundation for industry stakeholders. Automation inConstruction, 18(3), 357–375.

Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 20/SE/Db/2021 tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan (Pedoman Nomor 13/P/BM/2021)

Tauriainen, M., Marttinen, M., Emmitt, S., & Junnonen, J. M. (2016). Theuse of BIM in infrastructure projects. Procedia Engineering, 164,505512.

Thabet, W. Y., & Lucas, J. (2017). Using BIM to Improve Infrastructure Planning and Development. Journal of Information Technology in Construction, 22, 242–260.

Tran, T., & Bui, L. (2022). The Role of AutoTURN in Simulating Turning Movementsfor Road Safety Analysis. International Journal of Transportation Engineering, 9(4), 76–85.

Trimble. (2022). Tekla and BIM for Roadway Design. White Paper.

Zhang, J., & Hu, Z. Z. (2011). BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: Methodology and case study. Automation in Construction, 20(2), 155–166.

Zimmermann, M. (2015). Road Geometry Design and Road Safety.