

Evaluasi Perencanaan Geometrik Jalan Menggunakan Metode *Vehicles Tracking Analysis* (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado *Outer Ring Road* (MORR) 3, Kota Manado)

Jhon S. R. O. Simanjuntak¹, Lucia I. R. Lefrandt², Sisca V. Pandey³,

^{1,2,3}) Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado,

Corresponding E-mail: ¹jhonsimanjuntak0211@student.unsrat.ac.id, ²lucia.lefrandt@unsrat.ac.id,
³sisca.pandey@unsrat.ac.id

Abstrak

Ruas Jalan Manado *Outer Ring Road* 3 merupakan jalan nasional yang menghubungkan Kalasey-Winangun, pada saat ini pembangunan yang telah selesai sepanjang 4,9 km dari 11,4 km. Tujuan pembangunan jalan ini untuk mengurai kemacetan di pusat Kota Manado. Geometrik jalan merupakan bagian yang penting dari perencanaan jalan, bentuk dan ukuran harus secara rinci di rencanakan untuk menghasilkan jalan yang aman dan nyaman. Pedoman yang di pakai di Indonesia untuk geometrik jalan adalah Perencanaan Desain Geometrik Jalan surat edar 2021. Isi dari pedoman yang lengkap serta kemajuan teknologi yang di gabungkan sehingga dapat dilakukan evaluasi geometrik jalan berbasis *modelling & simulation*. Metode yang digunakan adalah *Vehicles Tracking Analysis*, metode evaluasi geometrik yang dilakukan dengan pemodelan kendaraan rencana dan pemetaan area Manado *Outer Ring Road* 3 dalam bentuk 3D menggunakan perangkat *AutoCAD Civil 3D*. Hasil Kualitas dari pemetaan serta pemodelan jalan setelah dilakukan uji korelasi pada busur lingkaran di dapat sebesar 0,997845 dan *tangen circle* sebesar 0,997204 yang menunjukkan hubungan yang masih kuat hasil pemodelan dengan peta rencana. Kemudian setelah dilakukan uji geometrik menggunakan kendaraan kecil (Toyota Avanza), kendaraan sedang (Truk Isuzu Giga FVR 34 U (T1.2)) dan kendaraan besar (Truk Gandengan Hino 4 Sumbu (T1.2+2. 2)), kendaraan dapat melalui jalan dengan baik dengan ruang yang cukup. Dapat disimpulkan bahwa perencanaan geometrik ruas jalan *Manado Outer Ring Road* 3 tahap 1-3 telah memenuhi spesifikasi teknis dalam uji simulasi dengan kendaraan rencana , faktor yang mendukung tercapainya keberhasilan dalam uji simulasi kendaraan rencana adalah radius alinyemen horizontal dan lebar lajur.

Kata Kunci: Evaluasi Geometrik, Pemodelan dan Simulasi, *Vehicles Tracking Analysis*.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ruas jalan Manado *Outer Ring Road* (MORR) 3 merupakan jalan nasional yang menghubungkan Kalasey - Winangun. Panjang jalan MORR III ini yaitu 11,4 km. Total panjang jalan yang telah dibangun yakni 4,9 km. Lebar jalan sebesar 7 meter dengan lajur kiri dan kanan 3,5 meter dan lebar bahu kiri dan kanan masing-masing 2 meter. Tujuan adanya Manado *Outer Ring Road* 3 adalah masyarakat pengguna jalan memiliki opsi tambahan sehingga volume kendaraan di pusat kota bisa berkurang.

Perencanaan geometrik jalan adalah bagian dari perencanaan jalan di mana bentuk dan ukuran yang nyata dari suatu jalan direncanakan beserta bagian-bagiannya untuk disesuaikan dengan kebutuhan serta sifat lalu lintas yang ada. Dalam perencanaan jalan raya, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya(Departemen Pekerjaan Umum, 2005).

Perencanaan geometrik perlu di perhatikan untuk menghasilkan jalan yang aman dan efisien. Dasar dari perencanaan geometrik jalan adalah sifat gerakan, ukuran kendaraan (dimensi dan berat), pengendalian gerak kendaraan dan karakteristik arus lalu lintas yang menyangkut dengan perencanaan jalan landai, tikungan, lebar, dan jarak pandang (Tanjung, 2023).

Pemerintah juga memperhatikan pentingnya perencanaan jalan, dengan pedoman yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga pada tahun 2021 yang berjudul "PEDOMAN DESAIN GEOMETRIK JALAN" dengan nomor; 20/SE/Db/2021 yang menjadi pedoman dalam merencanakan bentuk dan ukuran dari desain geometrik jalan. Pada pedoman yang di keluarkan Ditjen Bina Marga berisi tentang klasifikasi jalan, kriteria perencanaan (kendaraan, SMP, volume, dan kecepatan), bagian-bagian jalan, penampang melintang, jarak pandang, alinyemen horizontal, dan alinyemen vertikal. Semakin majunya teknologi

informasi juga menunjang dalam mewujudkan gagasan di atas, dengan mengacu pada konsep *3D Modelling and Simulation*.

Evaluasi perencanaan jalan raya dengan metode *vehicles tracking analysis*, di mana *variabel* bebas menggunakan kendaraan rencana, terdiri dari: kendaraan kecil, kendaraan sedang dan kendaraan besar dan untuk variabel terikat yaitu perencanaan geometrik jalan (Budisusanto et al., 2019). *Vehicles Tracking* adalah perangkat lunak untuk melakukan analisis pada sapuan jalur jalan. *Vehicles Tracking* memiliki fungsi pelacakan kendaraan yang memungkinkan pengguna untuk memprediksi lintasan kendaraan dalam desain jalan yang telah dibuat atau direncanakan, yang sangat penting untuk memastikan keamanan dan efisiensi lalu lintas.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Klasifikasi Jalan

Faktor pokok pada klasifikasi jalan untuk penerapan pengendalian dan kriteria perencanaan geometrik adalah volume lalu lintas rencana, fungsi jalan serta kondisi jalan. Pada PP No.34 tahun 2006 tentang jalan dan UU No.22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan. Menurut Pedoman Desain Geometrik Jalan (Ditjen Bina Marga, 2021), klasifikasi jalan dibagi menjadi 6 (enam), yaitu; Pengelompokan berdasarkan peruntukan jalan, Pengelompokan berdasarkan status jalan, Pengelompokan berdasarkan sistem jaringan jalan, Pengelompokan berdasarkan fungsi jalan, Klasifikasi berdasarkan kelas jalan, dan Klasifikasi Medan jalan.

2.2. Komponen Jalan

Bagian-bagian ruang jalan di bagi atas Ruas Manfaat jalan (RUMAJA), Ruang Milik Jalan (RUMIJA), dan Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA).

2.3. Kriteria Perencanaan

Kriteria perencanaan jalan terdiri dari kriteria desain utama, kendaraan rencana, jalur jalan, lajur jalan, kecepatan rencana, dan jarak pandang.

2.4. Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah garis proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang datar peta (trase). Trase jalan biasa disebut situasi jalan, secara umum menunjukkan arah dari jalan yang bersangkutan (Sukirman, 1994). Perencanaan geometrik pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan VR. Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Alinyemen horizontal tersusun atas garis lurus dan garis lengkung (busur) atau lebih dikenal dengan istilah tikungan. Busur terdiri atas busur lingkaran saja (full-circle), busur peralihan saja (spiral-spiral), atau gabungan busur lingkaran dan busur peralihan (spiral-circle-spiral).

2.5. Superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan VR, nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%. Untuk bagian jalan lurus, jalan mempunyai kemiringan melintang yang biasa disebut lereng normal yaitu diambil minimum 2 % baik sebelah kiri maupun sebelah kanan AS jalan.

2.6. Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Profilnya tergantung topografi, desain alinyemen horizontal, kriteria desain, geologi, pekerjaan tanah, dan aspek ekonomi lainnya. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

2.7. Aplikasi Dan Perangkat Lunak Pendukung

Berikut merupakan beberapa aplikasi dan perangkat lunak utama yang akan dilakukan pada penelitian.

a. AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D adalah sebuah perangkat lunak yang di program untuk membantu rekayasa sipil dan perancangan infrastruktur. Dikembangkan oleh Autodesk, *Civil 3D* memberikan beragam fitur yang sangat berguna dalam merencanakan, menganalisis, dan memvisualisasikan proyek-proyek konstruksi dengan lebih efisien. Menggunakan versi *Civil 3D* yang memiliki fitur *3D Dynamic Modelling*, akan sangat membantu dalam analisis perencanaan dengan efisien dan optimal.

b. 3D Studio Max

3DS Max merupakan perangkat lunak tiga dimensi yang dapat membuat objek tampak realistis. Keunggulan yang dimiliki adalah kemampuannya dalam menggabungkan objek *image*, vektor dan tiga dimensi, serta langsung dapat menganimasikan objek tersebut.

c. Metode Vehicles Tracking

Vehicles Tracking adalah perangkat lunak untuk menganalisis dan merancang lintasan kendaraan, termasuk kendaraan yang dikemudikan, kereta api ringan, dan pesawat terbang. Perangkat lunak ini memungkinkan untuk melakukan evaluasi geometrik rencana jalan dalam model 3D, dengan mengidentifikasi potensi masalah atau ketidaksesuaian dengan standar desain. *Vehicle Tracking* juga berfungsi untuk merencanakan tata letak parkir, persimpangan, dan elemen lain yang terkait dengan pergerakan kendaraan.

2.8. Analisa Data

a. Uji Korelasi

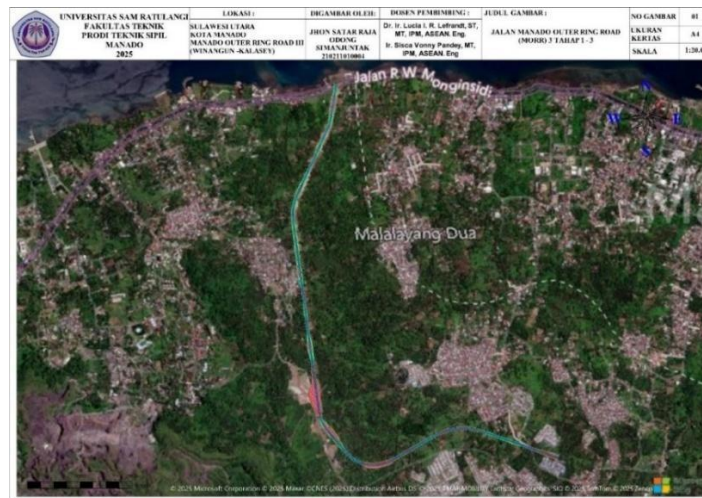
Menurut Sugiyono (2017:228) Koefisien korelasi Produce momen merupakan teknik korelasi yang digunakan untuk mencari hubungan dan membuktikan hipotesis hubungan dua variabel bila data dari dua variabel atau tersebut adalah sama. Setelah angka korelasi didapat, maka bagian kedua adalah menguji apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan atau dapat digunakan untuk menjelaskan variable. Dua variabel menjadi berkorelasi apabila perubahan pada suatu variabel akan diikuti oleh perubahan variabel lain, baik dengan arah yang sama maupun dengan arah yang berlawanan. Nilai koefisien korelasi adalah $-1 \leq r \leq 1$. Jika dua variabel berkorelasi negatif maka nilai koefisien korelasi akan mendekati - 1. Jika dua variabel tidak berkorelasi akan mendekati 0. Sedangkan jika dua variabel berkorelasi positif maka koefisien korelasi akan mendekati +1. (Kuantitatif, 2016).

3. METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder yang digunakan berupa data-data yang diperoleh dari literature berupa referensi jurnal dan buku, laporan, peta serta Perencanaan Desain Geometrik Jalan surat edar 2021.

3.1 Lokasi Penelitian

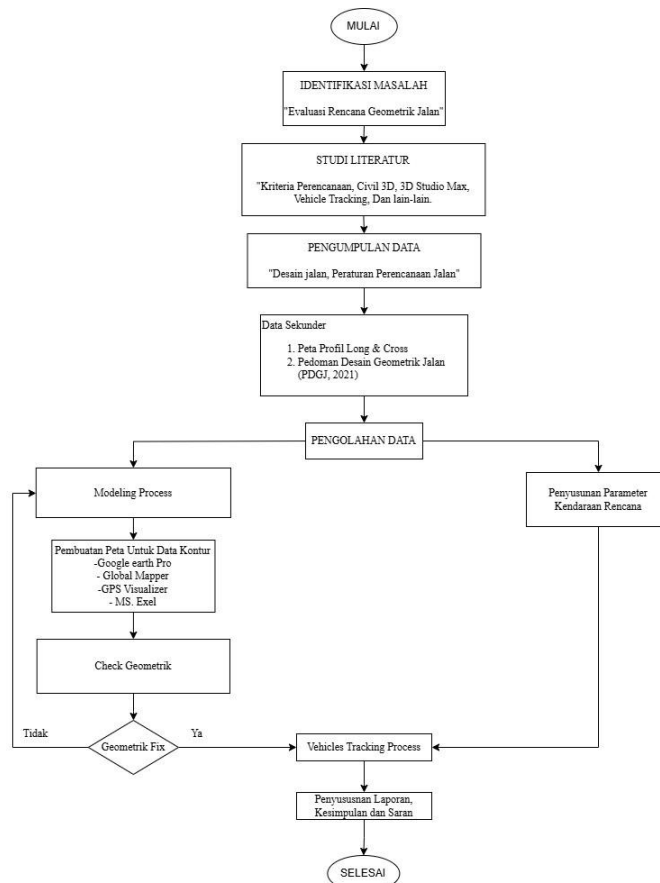
Lokasi penelitian terletak di Sulawesi Utara, Kota Manado, Manado *Outer Ring Road* (MORR) III Kalasey -Winangun. Pembangunan tahap 1 hingga tahap 3, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 yang menunjukkan lokasi penelitian secara lebih rinci.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (*AutoCAD Civil 3D*)

3.2 Bagan Alir Penelitian

Penelitian yang dilakukan berdasarkan tahapan kerangka kerja yang ditunjukkan Gambar 2 diagram alir penelitian.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data sekunder. Data sekunder didapat dari instansi atau lembaga yang terkait dengan penelitian. Data yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah rencana geometrik jalan Manado *Outer Ring Road* (MORR) 3, terdiri dari "Gambar profil *long & cross* Rencana Jalan" sepanjang 4,9 km. Data *cross section* dibuat per 25meter dan Buku Pedoman "Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ, 2021)", menjadi acuan dalam melakukan evaluasi rencana jalan. Peralatan yang digunakan dalam pengolahan data merupakan perangkat keras berupa laptop dan perangkat lunak berupa *Microsoft Office*, *AutoCAD Civil 3D 2025 License Student*, *Vehicle Tracking License Student*, dan *3D Studio Max*.

3.4 Metode Analisis

Data dari instansi akan dilakukan pemodelan dengan pembuatan pemetaan, *surface process*, Penyusunan *Centerline* dan Alinyemen Horizontal, Alinyement Vertikal *Process*, *Superelevation Process*, *Assembly Process*, *Corridor Process*, dan *Export to 3ds Max*. Selanjutnya, dilakukan *check* geometrik dengan perbandingan pemodelan 3D dan peta rencana 2D, yang menjadi parameter dalam kontrol kualitas terdiri dari: posisi alinyemen horizontal, panjang busur lingkaran dan besar radius alinyemen horizontal. Kemudian, dilakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan dari nilai-nilai yang dibandingkan, uji korelasi dilakukan pada parameter yang mengalami penyimpangan terbesar. Kemudian direncanakan kendaraan rencana pada *vehicles tracking* sesuai dengan pedoman PDGJ se 2021. Dan tahap terakhir yaitu, konsep simulasi berupa kendaraan rencana yaitu kendaraan kecil, kendaraan sedang dan kendaraan besar akan melewati model 3D badan jalan yang telah dibuat di tahap sebelumnya.. Model jalan yang digunakan adalah jalan yang telah dibuat pada *AutoCAD civil 3D* sebelumnya yang ditambahkan *Add-On Vehicle Tracking*. Hasil dari evaluasi akan di tarik kesimpulan berdasarkan keadaan kendaraan rencana yang mampu berfungsi dengan baik dan ada cukup ruang untuk kendaraan rencana.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Proses Pemodelan Dari AutoCAD Civil 3D 2025

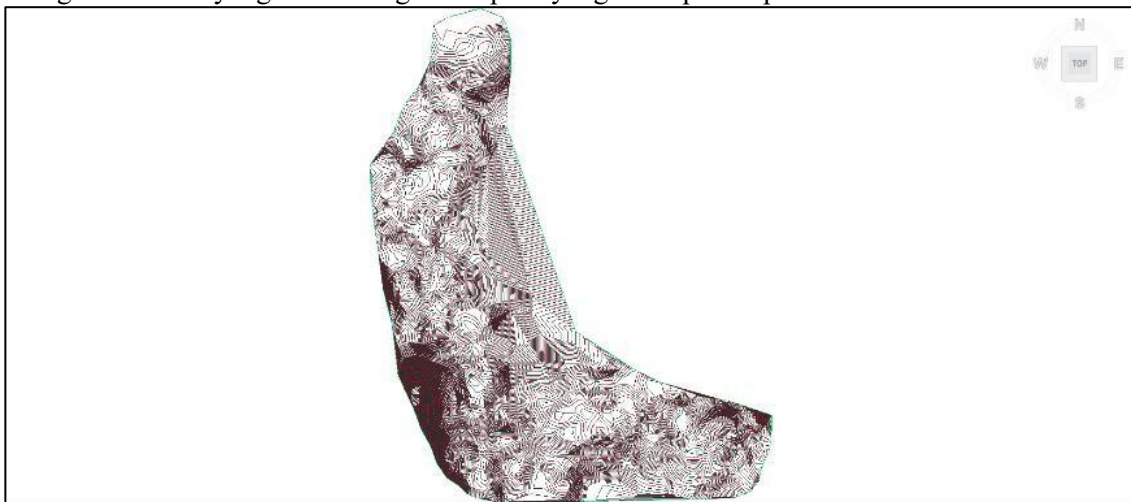
Pada penelitian ini pemodelan menggunakan *AutoCAD Civil 3D 2025 License Student* dan untuk membantu pemetaan mendapatkan kordinat diperlukan bantuan perngkat lunak seperti *google earth pro*, *global mapper* dan *gps visualizer web*.

4.1.1. Pembuatan Peta Untuk Data Kontur

Pengambilan data topografi pada penelitian ini diambil data topografi dari *google earth Pro*, dengan melakukan digitasi di area yang menjadi lokasi penelitian. Kemudian untuk mengubah data koordinat yang di dapat dari *google earth pro* yang berbentuk *decimal degree* menjadi UTM agar data dapat diterima *AutoCAD civil 3D* dengan baik, gunakan *global mapper* dengan klik *configuration* dan ubah *projection* menjadi UTM dan pilih zona 51(120°E - 126°E – *Northern Hemisphere*) sesuai dengan Lokasi penelitian, kemudian berkas disimpan dengan format TXT. Ada kemungkinan data ketinggian (altitud) gagal terbaca, untuk mengatasinya dengan bantuan web *GPS Visualizer*, pilih *look up elevastions*, *upload* berkas kml yang di simpan sebelumnya, kemudian *convert* dan *download* berkas dengan format TXT. Langkah terakhir dalam pemetaan yaitu dengan menyalin data yang sebelumnya di simpan dalam bentuk TXT ke Microsoft Excel, kemudian data di susun dengan urutan Poin, *Easting*, *Northing*, Elevasi, dan Deskripsi kemudian rapikan, kemudian data yang telah sesuai dengan format di salin kembali ke *Noteped* kemudian simpan dalam bentuk TXT, sehingga data telah siap di gunakan di *autocad civil 3D*.

4.1.2. Surface Process

Hasil *surface* menunjukkan elevasi tertinggi 224.800 meter dan terendah 0 meter karena pada saat digitasi bagian laut ada yang terkena digitasi seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kontur Lokasi Penelitian

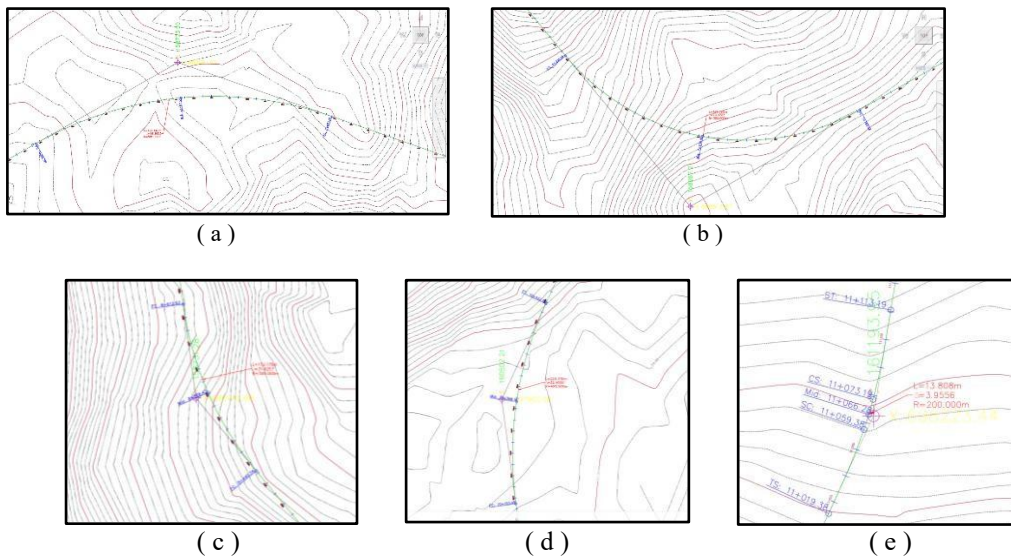
4.1.3. Penyusunan Centerline dan Alinyemen Horizontal

Penyusunan *centerline* diawali dengan *plotting* poin yang menjadi titik awal (*start point*) dan titik persilangan (*point of intersection*) yang di dapat dari peta rencana dari instansi BPJN Sulawesi Utara. Terdapat 7 titik koordinat yang menjadi penyusun *centerline* seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Koordinat Acuan *Centerline* (BPJN Sulawesi Utara, 2025)

No	Easting	Northing	Elevasi	Keterangan
1	698277.3	161522.93	3.1	SP
2	698223.438	161193.952	20.9	PI
3	697905.08	160502.206	45.1	PI
4	698145.685	158731.275	132.6	PI
5	698513.87	158287.207	171	PI
6	699281.649	158723.988	163.8	PI
7	700113.929	158433.372	192.6	PI

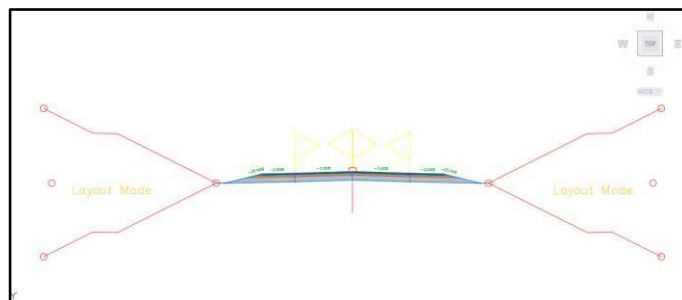
Pemodelan hasil perintah dapat di edit untuk menyesuaikan dengan pedoman desain geometri jalan (PEDOMAN DESAIN GEOMETRI JALAN) tahun 2021Dapat dilihat pada Gambar 4 yang merupakan tampil dari trase lengkung alinyemen horizontal 1 - 5.



Gambar 4. (a) Alinyemen Horizontal 1, (b) Alinyemen Horizontal 2, (c) Alinyemen Horizontal 3, (d) Alinyemen Horizontal 4, (e) Alinyemen Horizontal 5

4.1.4. Assembly Process

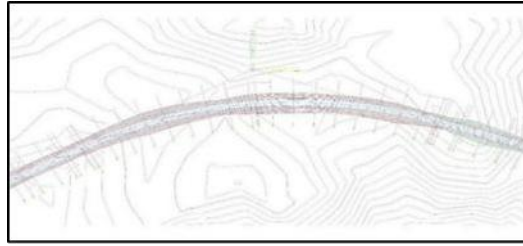
Assembly yang di buat dengan lebar jalan sebesar 7 meter dengan pembagian 3,5 meter sebelah kanan dan kiri. Kemiringan atau $e = 3\%$. Perencanaan *assembly* pada *civil 3d* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Assembly Jalan

4.1.5. Corridor Process

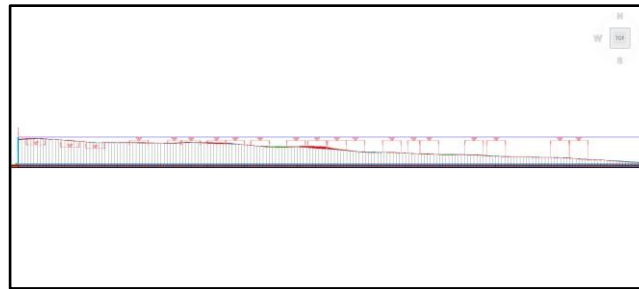
Corridor akan menampilkan hasil badan jalan secara 3D seperti yang di tampilkan pada gambar Gambar 6. potongan gambar dari *corridor*.



Gambar 6. Corridor

4.1.6. Alinyemen Vertikal Process

Alinyemen vertikal berguna untuk perencanaan topografi mengarah sumbu z. Gambar 7 menampilkan bagian-bagian dari profil jalan MORR 3.



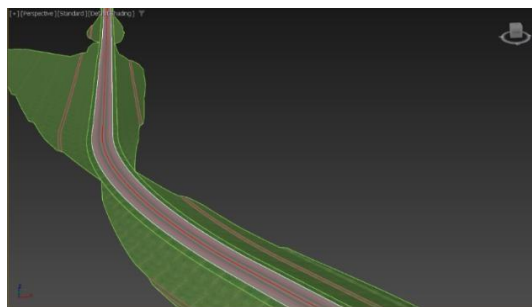
Gambar 7. Alinyemen Vertikal

4.1.7. Superelevasi Progres

Secara berturut-turut tikungan pertama memiliki superelevasi sebesar 7,6%, tikungan ke-2 sebesar 8%, tikungan ke-3 sebesar 5,6%, tikungan ke-4 sebesar 4,7%, dan tikungan ke-5 sebesar 7%.

4.1.8. 3ds Max

Pada tahap akhir dari pemodelan, hasil model *Autocad Civil 3D 2025* kemudian akan diekspor ke perangkat lunak *3ds Max*. Tujuan dari pada *3ds max* untuk menampilkan gambar secara 3D dan menampilkan badan jalan yang lebih detail. Gambar 9 menampilkan hasil *3ds Max*.



Gambar 8. Badan Jalan Pada Perangkat 3ds Max

4.2. Perbandingan Kualitas Air Sungai Tondano Sebelum dan Sesudah Bendungan Kuwil

Penelitian ini mengacu pada peta rencana dua dimensi yang berbentuk profil melintang, profil memanjang dan superelevasi. Pada tahap ini bertujuan untuk menganalisis kualitas guna mengontrol pemodelan yang dilakukan di AutoCAD civil 3D. Pada penelitian ini yang menjadi parameter kontrol kualitas terdiri dari: posisi alinyemen horizontal, panjang busur lingkaran dan besar radius alinyemen horizontal.

Tabel 2. Check Geometrik Alinyemen Horizontal 1

		3D (m)	2D(m)	Δ(m)
PI 15	Tangen Circle (TC)	227.703	288.299	-60.596
	External Secant (Es)	49.318	49.553	-0.235
	Length Circle (Lc)	427.338	428.422	-1.084
	Radius Tikungan	501	501	0

Cek geometrik di tampilkan pada tabel 2 perbandingan antara peta rencana 2D dengan peta pemodelan 3D alinyemen horizontal 1.

Tabel 3. Check Geometrik Alinyemen Horizontal 2

	Parameter	3D (m)	2D(m)	$\Delta(m)$
PI 16	Tangen Circle (TC)	253.284		253.284
	External Secant (Es)	92.153		92.153
	Length Circle (Lc)	421.526		421.526
	Radius Tikungan	302	302	0

Cek geometrik di tampilkan pada tabel 3 perbandingan antara peta rencana 2D dengan peta pemodelan 3D alinyemen horizontal 2. Peta rencana pada alinyemen horizontal 2 kosong dikarenakan kekurangan data.

Tabel 4. Check Geometrik Alinyemen Horizontal 3

	Parameter	3D (m)	2D(m)	$\Delta(m)$
PI 17	Tangen Circle (TC)	88.388	88.492	-0.104
	External Secant (Es)	12.393	12.407	-0.014
	Length Circle (Lc)	172.178	172.38	-0.202
	Radius Tikungan	309	309	0

Cek geometrik di tampilkan pada tabel 4 perbandingan antara peta rencana 2D dengan peta pemodelan 3D alinyemen horizontal 3.

Tabel 5. Check Geometrik Alinyemen Horizontal 4

	Parameter	3D (m)	2D(m)	$\Delta(m)$
PI 18	Tangen Circle (TC)	117.742	117.743	-0.001
	External Secant (Es)	16.783	16.783	0
	Length Circle (Lc)	229.155	229.157	-0.002
	Radius Tikungan	404.61	404.61	0

Cek geometrik di tampilkan pada tabel 5 perbandingan antara peta rencana 2D dengan peta pemodelan 3D alinyemen horizontal 4.

Tabel 6. Check Geometrik Alinyemen Horizontal 5

	Parameter	3D (m)	2D(m)	$\Delta(m)$
PI 19	Tangen Circle (TC)	27.067	10.952	16.115
	External Secant (Es)	1.823	0.3	1.523
	Length Circle (Lc)	53.808	21.881	31.927
	Radius Tikungan	200	200	0

Cek geometrik di tampilkan pada tabel 6 perbandingan antara peta rencana 2D dengan peta pemodelan 3D alinyemen horizontal 5.

Hasil dari *check* geometrik dapat diketahui nilai penyimpangan terbesar dari parameter posisi dan panjang busur lingkaran yang terletak pada alinyemen horizontal 1 dengan tangen Circle (TC) = -60,596 m, alinyemen 5 dengan Tangen Circle (TC) = 16,155 m dan length circle (Lc) = 31,927 m. Parameter yang memiliki penyimpangan terbesar akan dilakukan uji korelasi untuk mengetahui besar pengaruh penyimpangan terhadap kesesuaian geometrik antara pemodelan jalan 3D dan peta dari instansi 2D. Pada penelitian ini lengkung alinyemen horizontal 2 tidak diikut sertakan karena kekurangan data perbandingan. Pada tabel 7 di tampilkan analisa data yang akan dilakukan uji korelasi panjang busur lingkaran.

Tabel 7. Uji korelasi Panjang Busur Lingkaran

Alinyemen Horizontal	X (m)	X.X	Y (m)	Y.Y	X.Y
1	427.338	182617.766	428.422	183545.41	183081
3	172.178	29645.2637	172.38	29714.8644	29680.04
4	229.155	52512.014	229.157	52512.9306	52512.47
5	53.808	2895.30086	21.881	478.778161	1177.373
Σ	882.479	267670.345	851.84	266251.983	266450.9

Keterangan:

X = Pemodelan (3D)

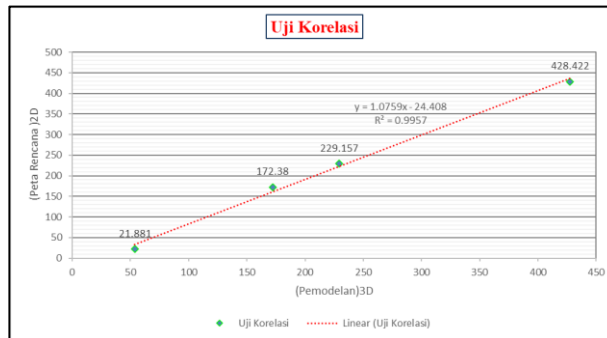
Y = Peta rencana (2D)

Perhitungan uji korelasi terhadap panjang busur lingkaran.

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

$$r_{xy} = \frac{4 \times 266450,9 - 882,479 \times 851,84}{\sqrt{(4 \times 26670,345 - (882,479)^2)(4 \times 266251,983 - (851,84)^2)}}$$

$r_{xy} = 0,997845$ (Korelasi kuat positif)



Gambar 9. Diagram Uji Korelasi Panjang Busur Lingkaran

Hubungan panjang busur lingkaran pada pemodelan 3D dan peta rencana 2D mendapat hasil uji korelasi sebesar 0,997845 yang menunjukkan berkorelasi kuat positif.

Tabel 8. Uji Korelasi Tangen Circle (TC)

Alinyemen Horizontal	X (m)	X.X	Y (m)	Y.Y	X.Y
1	227.703	51848.6562	288.299	83116.3134	65646.5472
3	88.388	7812.43854	88.492	7830.83406	7821.6309
4	117.742	13863.1786	117.743	13863.414	13863.2963
5	27.067	732.622489	10.952	119.946304	296.437784
Σ	460.9	74256.8958	505.486	104930.508	87627.9122

Keterangan:

X = Pemodelan (3D)

Y = Peta rencana (2D)

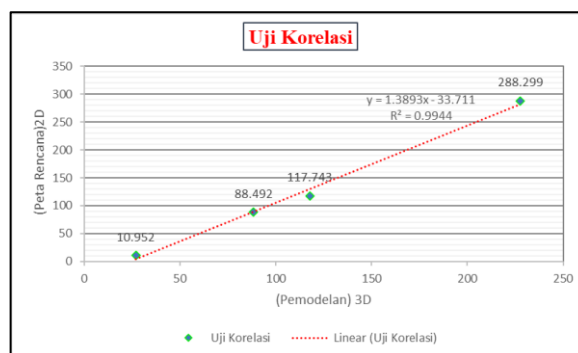
Perhitungan uji korelasi terhadap panjang busur lingkaran.

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

$$r_{xy} = \frac{4 \times 87627,9122 - 460,9 \times 505,486}{\sqrt{(4 \times 74256,8958 - (460,9)^2)(4 \times 104930,508 - (505,486)^2)}}$$

$$r_{xy} = \frac{4 \times 87627,9122 - 460,9 \times 505,486}{\sqrt{(4 \times 74256,8958 - (460,9)^2)(4 \times 104930,508 - (505,486)^2)}}$$

$r_{xy} = 0,997204$ (Korelasi kuat positif)



Gambar 10. Diagram Uji Korelasi Tangen Circle

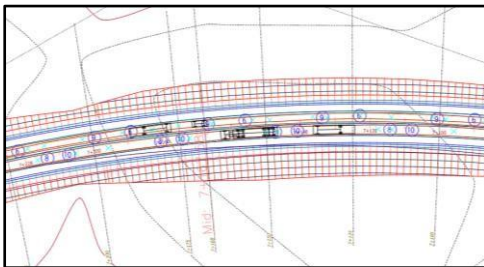
4.3. Kendaraan Rencana

Pada tahap identifikasi kendaraan yang digunakan mengacu pada perencanaan teknis jalan, dengan berpedoman pada Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ, 2021). Parameter yang diidentifikasi meliputi: dimensi kendaraan rencana, jenis kendaraan rencana, dan radius putar kendaraan rencana. Aspek-aspek tersebut dipilih karena memiliki hubungan dengan geometrik jalan.

- Kendaraan Kecil (Jenis kendaraan = Toyota Avanza)
- Kendaraan Sedang (Jenis kendaraan = Truk Isuzu Giga FVR 34 U (T1.2))
- Kendaraan Besar (Jenis kendaraan = Truk Gandengan Hino 4 Sumbu (T1.2+2. 2))

4.4. Analisa Hasil Evaluasi Geometrik Jalan Menggunakan Vehicles Tracking

Analisa evaluasi geometrik jalan menggunakan variabel kendaraan rencana menggunakan kendaraan kecil, kendaraan sedang dan kendaraan besar.. Model jalan yang digunakan adalah jalan yang telah dibuat pada *AutoCAD civil 3D* sebelumnya yang ditambahkan *Add-On Vehicle Tracking*. Langkah awal evaluasi dilakukan dengan kendaraan rencana akan melewati badan jalan yang bertujuan untuk mengetahui apakah kendaraan rencana mampu berfungsi secara baik dan cukup ruang untuk kendaraan rencana. Pada Gambar 12 ditampilkan evaluasi menggunakan kendaraan rencana secara 2D dan 3 D.



(a)



(b)

Gambar 11. (a) Evaluasi Menggunakan Kendaraan Rencana Tampak Atas 2D (b) Evaluasi Menggunakan Kendaraan Rencana Tampak 3D

Dari simulasi dapat disimpulkan jalan dapat berfungsi dengan optimal dalam penyediaan ruang gerak untuk kendaraan rencana. Faktor-faktor yang mendukung adalah;

1. Radius Lengkung, jari-jari lengkung alinyemen horizontal memiliki nilai ≥ 200 m yang mempengaruhi perpindahan pada kendaraan rencana pada saat melintasi tikungan.
2. Lebar Lajur, dengan ukuran lebar lajur jalan 3,5 m sebelah kiri dan kanan mampu menyediakan ruang gerak bagi kendaraan rencana, baik pada saat jalan lurus maupun pada keadaan melewati tikungan dan pada saat berpapasan dengan kendaraan lain.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan hasil analisa penelitian dengan *vehicle tracking*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Faktor yang menjadi penentu kesesuaian geometrik Jalan Manado *Outer Ring Road* yang diuji korelasi alinyemen horizontal model 2D peta rencana dan Model 3D pemodelan adalah *tangen circle* (TC) dan panjang busur yang memiliki penyimpangan terbesar.
 - Hasil uji korelasi panjang busur lingkaran sebesar 0,997845 menunjukkan berkorelasi kuat positif.
 - Hasil uji korelasi *tangen circle* (TC) sebesar 0,997204 menunjukkan berkorelasi kuat positif.Sehingga selisih posisi yang ada masih relatif tidak terlalu pengaruh terhadap kualitas pemodelan jalan Manado *Outer Ring Road* 3.
2. Desain geometrik rencana jalan Manado *Outer Ring Road* 3 telah lulus uji simulasi teknis menggunakan kendaraan rencana dengan metode *vehicles tracking analysis*. Kendaraan rencana

dapat melintas dengan baik pada jalan lurus maupun saat melewati tikungan dan kendaraan rencana memiliki cukup ruang gerak kendaraan rencana sehingga kendaraan aman melintas dengan keadaan berpapasan dengan kendaraan lain.

5.2 Saran

- Pemodelan dan evaluasi lebih baik dilakukan menggunakan perangkat keras yang memiliki spesifikasi tinggi untuk mendapatkan hasil pemodelan dan simulasi yang lebih lancar dan baik.
- Penggunaan data topografi yang sama dengan perencanaan menghasilkan data yang lebih akurat. Pengumpulan data pemodelan yang lengkap dan akurat untuk hasil yang maksimal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Budisusanto, Y., Fatkhur Rozi, A., & Yuwono. (2019). *Evaluasi Perencanaan Geometrik Jalan Menggunakan Vehicles Tracking Analysis (Studi Kasus: Jalan Lingkar Luar Barat Kota Surabaya)*. Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Pra Studi Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997 September). Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Gultom, H. R. A., Manoppo, M. R. E., & Sendow, T. K. (2022). Evaluasi Geometrik Pada Ruas Jalan Batas Kota Manado – Kota Tomohon Nomor Ruas 006 Untuk Segmen Sta 17+ 000 – Sta 21+ 000. *Tekno*, 20(81).
- K Ratag, D. E., Kumaat, M., & R Rompis, S. Y. (2022). Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Perangkat Lunak Ptv Vissim (Studi Kasus: Simpang Bersinyal Patung Kuda Paal 2). <https://Ejournal.Unsrat.Ac.Id/>
- Kembuan, G. J., Pandey, S. V., & Lefrand, L. I. R. (2022). Pemetaan Topografi Di Wilayah Perumahan Griya Paniki Indah Dengan Menggunakan Fotogrametri Serta Perbandingan Ketelitian Akurasi Dengan Ground Control Point (Gcp). <https://Ejournal.Unsrat.Ac.Id/503>
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga. (2021). *Surat Edaran Nomor: 20/SE/Db/2021 Tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan*.
- Putri, E. E., Syafrina Nanda, M. L., & Aminsya, M. (2021). Perencanaan Geometrik Jalan Menggunakan Autocad Civil 3d Studi Kasus Jalan Duku – Sicincin (Sta 0+000 – Sta 2+700) Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Rekayasa Sipil (Jrs-Unand)*, 17(2), 140. <https://doi.org/10.25077/jrs.17.2.140-152.2021>
- Rizqandro, A. D. (2023). Evaluasi Geometrik Dan Redesain Geometrik Jalan Ruas Sampakan-Singosaren Menggunakan Aplikasi Civil 3d (Geometric Evaluation And Alternative Design Of Sampakan-Singosaren Section Road Using Civil 3d).
- Rompis, S. Y. R. (2022). Identifikasi Lajur Kendaraan Penyidik Waktu Nyata Di Simpang Bersinyal Menggunakan Metode Support Vector Machine (Probe Vehicle Lane Identification At Signalized Intersection Using Support Vector Machine Method). Dalam *Jurnal Infrastruktur* (Vol. 8, Nomor 2).
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Sukirman, Silvia. (1999). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Penerbit Nova. Bandung.
- Tanjung, N. J. N. (2023). *Perencanaan Geometrik Jalan Raya Lingkar Timur Sta. 0+000 - Sta. 3+325 Kabupaten Kuningan Provinsi Jawa Barat*.