

# SURVEI FOTOGRAMETRI DAN *REAL TIME KINEMATIC* UNTUK PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN (STUDI KASUS: JALAN MANDUHARA – JALAN LINGKAR LUAR MAHIR MAHAR)

Theo Gabriel<sup>1</sup>, Murniati<sup>2</sup>, Sutan Parasian Silitonga<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya

Kampus Unpar Tunjung Nyaho Jl. Yos Sudarso, Palangka Raya, 73111A, Indonesia

E-mail: gabrieltheo.tg@gmail.com<sup>1</sup>, murniatu-upr@eng.upr.ac.id<sup>2</sup>, sutan@jts.upr.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Dalam perencanaan geometrik jalan dibutuhkan data topografi yang didapat dengan survei pemetaan menggunakan metode terestris, namun waktu pengoperasiannya memakan waktu cukup lama serta biaya pengoperasiannya tidak terjangkau. Pada penelitian ini bertujuan untuk menggunakan metode fotogrametri dan *real time kinematic* yang menjadi salah satu cara efisien dari segi waktu dan tenaga untuk survei pemetaan dan perencanaan geometrik jalan. Drone dan *gps geodetik* sebagai alat penunjang survei fotogrametri dan *real time kinematic*. Hasil dari fotogrametri dan *real time kinematic* diolah menggunakan aplikasi Agisoft Metashape Professional dan ArcMap untuk menghasilkan digital elevation model (DEM) dan menjadikannya peta kontur. Peta kontur yang telah terbentuk akan digunakan dalam merencanakan trase jalan menggunakan aplikasi Autocad Civil 3D dengan pedoman The American Association of State Highway and Transportation (AAHSTO) 2011. Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental untuk mengumpulkan data primer. Dengan rencana geometrik jalan di tentukan kecepatan rencana 40 km/jam, panjang jalan 2,5 km, lebar jalan 2 x 2,75 m, didapat nilai gradien pada lengkung cembung 0,70%, gradien pada lengkung cekung 1,21%, satu tikungan Spiral Circle Spiral (SCS), satu tikungan Full Circle (FC), volume galian 85.644,34 m<sup>3</sup> dan volume timbunan 105.839,24 m<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** Pemetaan, Digital Elevation Model (DEM), Fotogrametri, *Real Time Kinematic*, Geometrik Jalan.

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Dalam perencanaan geometrik jalan memerlukan data teknis yaitu data topografi. Namun, untuk mendapatkan data topografi suatu wilayah pada umumnya menggunakan alat-alat untuk survei terestris seperti Total Station, Theodolite dan Waterpass. Dalam kesempatan ini, data topografi bisa didapat menggunakan metode fotogrametri dan *real time kinematic* dengan menggunakan drone dan GPS Geodetik. Penggunaan *drone* dan GPS Geodetik ini merupakan hasil dari laju perkembangan teknologi pada kegiatan survei dan pemetaan. Pemetaan dengan menggunakan teknologi *drone* dapat membantu surveyor dalam mengakses daerah yang sulit dijangkau, kemudian *drone* dapat merekam data dalam jumlah yang sangat besar dan akurat dalam waktu yang lebih cepat. Pemetaan menggunakan GPS Geodetik memberikan penawaran harga yang terjangkau bahkan gratis

untuk penggunaan layanan GPS dan GPS Geodetik memiliki ketelitian angka yang sangat tinggi dan waktu proses pemberian data yang sangat cepat. Sehingga pada penelitian ini, penggunaan GPS Geodetik sebagai titik kontrol untuk mengoreksi kesalahan dari gambar hasil *drone*.

*Drone* atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) merupakan peralatan survei pemetaan dengan metode fotogrametri. Drone dapat melakukan interpretasi pemetaan untuk wilayah dengan area luas yang kecil, sedang maupun besar. Drone dapat dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan remote control tanpa adanya awak yang mengendalikan pergerakan drone.

Untuk meningkatkan akurasi pada peta topografi yang sedang di proses, maka diperlukan titik ikat atau titik referensi. Untuk mendapatkan nilai titik ikat menggunakan GPS Geodetik, yang mana alat ini menggunakan metode *Real Time Kinematic* sehingga memudahkan dalam proses survey dan pemetaan dari segi tenaga dan waktu

beserta hasil akurasi yang tinggi secara tepat waktu.

Jalan Manduhara – jalan lingkar luar Mahir Mahar merupakan wilayah yang akan dijadikan lokasi penelitian dengan jarak 15 km dari pusat kota dengan waktu tempuh 29 menit dengan luas lahan 168 ha. Jalan ini memiliki kondisi topografi yang berbeda tiap meternya sehingga dibutuhkan permodelan visual untuk memberikan informasi bentuk muka tanah yang ada di lokasi. Setelah dilakukan survei dan pemetaan, dilanjutkan dengan pemetaan menggunakan *software* pengolahan peta yang merupakan tingkat lanjut dari survei. Dari cara inilah akan menghasilkan bentuk permukaan tanah suatu tempat sesuai dengan keadaan sebenarnya yang dinamakan peta topografi yang merupakan gambaran permukaan bumi yang ditampilkan pada suatu bidang datar dengan skala tertentu sehingga memudahkan dalam perencanaan khususnya perencanaan geometrik jalan.

Tujuan dari penelitian ini untuk mendeskripsikan proses survei *real time kinematic* menggunakan GPS Geodetik dan survei fotogrametri menggunakan *drone*. *Software Agisoft Metashape Professional* dan *ArcMap* sebagai aplikasi untuk memproses kedua hasil dari GPS Geodetik dan *drone* menjadi peta topografi atau peta kontur. Lalu tujuan lainnya adalah peta kontur yang telah berhasil diolah di ekspor ke *Autocad Civil 3D* untuk merencanakan geometrik jalan pada wilayah yang telah ditentukan.

Ruang lingkup penelitian ini merencanakan trase jalan tidak melibatkan perkerasan dan pekerjaan drainase. Survei di lapangan hanya menggunakan alat *drone* dan GPS Geodetik. Lokasi penelitian hanya di jalan Manduhara – Jalan Mahir Mahar. *Software* yang digunakan untuk merencanakan geometrik jalan adalah *Autocad Civil 3D* mengacu pada *The American Association of State Highway and Transportation Officials 2011 (AAHSTO)* [1].

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Trase Jalan

Menurut Silvia Sukirman, trase jalan adalah garis rencana yang menghubungkan jalur garis tengah dari jalan yang akan dibuat [2]. Dalam perencanaan trase jalan dibutuhkan acuan untuk membuat trase yaitu sebuah peta topografi yang mana akan menunjukkan elevasi tanah dasar pada wilayah yang akan direncanakan jalan baru. Dengan peta topografi, dapat menunjukkan bentuk

permukaan bumi pada wilayah yang akan direncanakan trase jalan baru sehingga dalam perencanaan trase jalan pembuatan potongan memanjang jalan dan pembuatan potongan melintang jalan dapat disesuaikan dengan kondisi permukaan wilayah perencanaan.

### 2.2 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah trase suatu jalan yang merupakan garis proyeksi sumbu jalan tegak lurus pada bidang peta [3]. Pada perencanaan alinyemen horisontal, umumnya akan ditemui dua bagian jalan, yaitu : bagian lurus dan bagian lengkung atau umum disebut tikungan yang terdiri dari 3 jenis tikungan yang digunakan, yaitu :

- a. Lingkaran ( Full Circle = F-C )

$$Tc = Rc \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$Ec = Tc \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$Lc = \frac{\Delta 2\pi Rc}{360}$$

Keterangan:

$\Delta$	: Sudut Tikungan
O	: Titik Pusat Tikungan
TC	: tangen <i>to Circle</i>
CT	: Circle <i>to Tangen</i>
Rd	: Jari-jari busur lingkaran
Tt	: Panjang tangen (jarak dari TC-PI atau PI-TC)
Lc	: Panjang Busur Lingkaran
Ec	: Jarak Luar dari PI ke busur lingkaran

- b. Spiral-Lingkaran-Spiral ( Spiral- Circle-Spiral = S-C-S )

Keterangan :

Xs	: Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik ST Ke SC
Ys	: Jarak tegak lurus ketitik SC pada lengkung
Ls	: Panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST
Lc	: Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)
Ts	: Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST
TS	: Titik dari tangen ke spiral
SC	: Titik dari spiral ke lingkaran

- Es : Jarak dari PI ke busur lingkaran
- es : Sudut lengkung spiral
- Rr : Jari-jari lingkaran
- p : Pergeseran tangen terhadap spiral
- k : Absis dari p pada garis tangen spiral

Rumus yang digunakan :

- es :  $\frac{Ls \times 360}{2 \times Rr \times 2\pi}$
- $\Delta c$  :  $\Delta - 2 \text{ es}$
- Xs :  $Ls \left(1 - \frac{Ls^3}{40 \times Rr^2}\right)$
- Ys :  $\frac{Ls^2}{6 \times Rr}$
- P :  $Ys - Rr (1 - \cos \text{es})$
- K :  $Xs - Rr \sin \text{es}$
- Es :  $\frac{Rr+p}{\cos(\frac{1}{2}\Delta)} - Rr$
- Ts :  $(Rr + p) \tan (1/2 \Delta) + k$
- Lc :  $\frac{\Delta c \times \pi \times Rr}{180}$
- Ltot :  $Lc + 2Ls$

c. Spiral-Spiral ( S-S )

Keterangan:

- es : Sudut lengkung spiral pada titik SC
- $\Delta$  : Sudut Tikungan
- Ls : Panjang lengkung spiral
- R : jari-jari alinemen horizontal, (m)
- Lc : panjang busur lingkaran, (m)
- Ts : jarak titik Ts dari PI, (m)
- E : jarak dari PI ke sumbu jalan arah pusat lingkaran, (m)
- Xs, Ys : koordinat titik peralihan dari spiral ke circle (SC),(m)

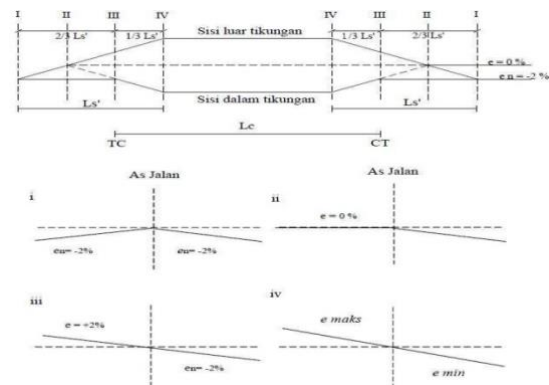
Rumus yang digunakan:

- es :  $\frac{1}{2} \Delta$
- Ltot :  $2 \times Ls$
- Ls :  $\frac{\theta s \times \pi \times R c}{90}$
- p :  $Ys - Rr (1 - \cos \text{es})$
- k :  $Xs - Rr \sin \text{es}$
- Ts :  $(Rr + p) \tan (1/2 \Delta) + k$
- Es :  $\frac{Rr+p}{\cos(\frac{1}{2}\Delta)} - Rr$

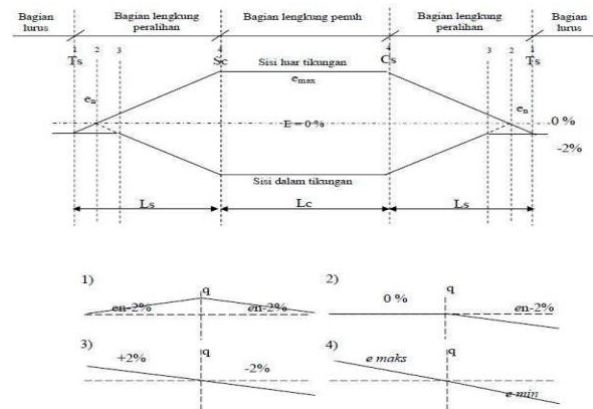
**2.3 Diagram Superelevasi**

Super elevasi adalah kemiringan melintang jalan pada daerah tikungan. Untuk bagian jalan lurus, jalan mempunyai kemiringan melintang yang biasa disebut lereng normal atau *normal trawn* yaitu diambil minimum 2% baik sebelah kiri maupun sebelah kanan AS jalan [4].

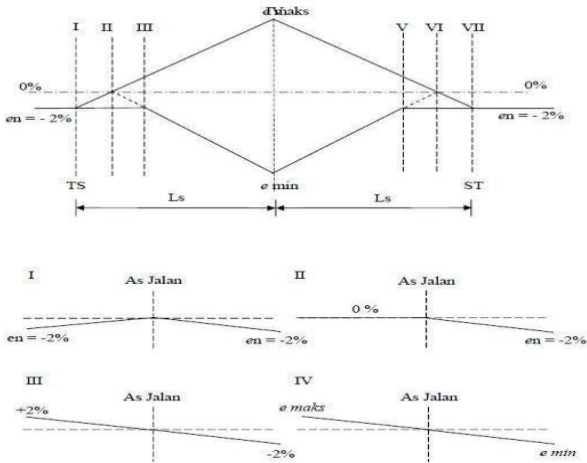
Harga elevasi (e) yang menyebabkan kenaikan elevasi terhadap sumbu jalan di beri tanda (+) dan yang menyebabkan penurunan elevasi terhadap jalan di beri tanda (-) [4].



Gambar 1. Diagram Superelevasi Full-Circle



Gambar 2. Diagram Superelevasi Spiral-Circle-Spiral



Gambar 3. Diagram Superelevasi Spiral-spiral

**2.4 Alinyemen Vertikal**

Alinemen Vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Pada perencanaan alinemen vertikal terdapat kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut terdapat pula kelandaian = 0 (datar) [5].

Alinyemen vertikal atau biasa juga disebut penampang melintang jalan didefinisikan sebagai perpotongan antara potongan bidang vertikal dengan badan jalan arah memanjang [2].

a. Lengkung vertikal cembung.

**Tabel 1.** Ketentuan Tinggi Untuk Jarak Pandang

Untuk jarak pandang	h1(m) tinggi mata	h2 (m) tinggi obyek
Henti ( $J_h$ )	1,05	0,15
Mendahului ( $J_d$ )	1,05	1,05

Sumber: TPGJAK

Panjang L, berdasarkan jarak pandang henti ( $J_h$ )

$$J_h < L, \text{ maka : } L = \frac{A J_h^2}{658}$$

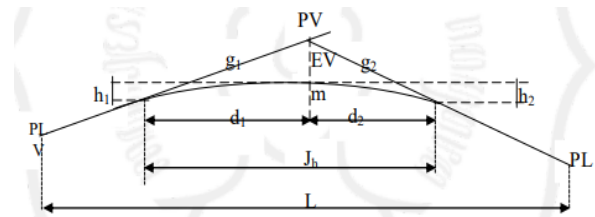
$$J_h > L, \text{ maka : } L = 2S - \frac{658}{A}$$

Keterangan :

L = Panjang lengkung vertikal (m)

A = Perbedaan grade (m)

$J_h$  = Jarak pandangan henti (m)



Gambar 4. Lengkung vertikal cembung

Sumber: Modul Ajar Kuliah Rekayasa Jalan Raya ITS, 2006

Keterangan :

PLV : titik awal lengkung parabola.

PV<sub>1</sub> : titik perpotongan kelandaian  $g_1$  dan  $g_2$ .

G : kemiringan tangen ; (+) naik; (-) turun.

A : perbedaan aljabar landai  $(g_1 - g_2)\%$ .

EV : pergeseran vertikal titik tengah besar lingkaran ( $PV_1 - m$ ) meter.

$J_h$  : Jarak Pandangan

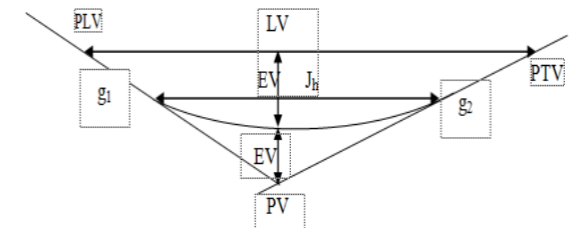
$h_1$  : tinggi mata pengaruh.

$h_2$  : tinggi halangan.

b. Lengkung vertikal cekung

Ada empat criteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L), yaitu :

1. Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
2. Kenyamanan pengemudi
3. Ketentuan drainase
4. Penampilan secara umum



Gambar 5. Lengkung vertikal cekung

Sumber : Modul Ajar Kuliah Rekayasa Jalan Raya ITS, 2006

Rumus-rumus yang digunakan pada lengkung parabola cekung.



$$J_h < L, \text{ maka : } L = \frac{A J_h^2}{120+3.5 S}$$
$$J_h > L, \text{ maka : } L = 2S - \frac{120+3.5 S}{A}$$

## 2.6 Pengambilan dan Pengolahan Hasil Data Topografi

Dalam merencanakan pembuatan jalan baru harus dilakukan survei dan pemetaan terlebih dahulu agar mengetahui karakteristik medan dan bentuk muka bumi pada daerah yang ingin di rencanakan jalan baru. Agar survey dan pemetaan menjadi efektif dari segi biaya dan waktu, maka direncanakan survey dan pemetaan menggunakan survei *real time kinematic* dan fotogrametri [6].

### 2.6.1 Drone atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)

*Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau *drone* yang dilengkapi dengan kamera beserta sensor, laser dan GPS (*Global Positioning System*) sehingga dapat mengambil gambar permukaan bumi dengan resolusi tinggi sesuai bentuk dan permukaan bumi yang sesungguhnya [6]. Semua gambar yang diambil drone telah di beri skala dan mengacu pada sistem koordinat yang disesuaikan. Proses pengolahan gambar dari drone akan menghasilkan Model Permukaan Bumi yang terbentuk dari data koordinat X, Y dan Z. Model Permukaan Bumi terdiri dari Digital Terrain Model (DTM), Digital Surface Model (DSM) dan Digital Elevation Model (DEM). Ketiga model ini masing-masing berbeda dalam memberikan informasi topografi dari suatu permukaan bumi. Model permukaan bumi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah DEM.

DEM digunakan untuk menggambarkan model relief rupa bumi tiga dimensi yang menyerupai keadaan sebenarnya di dunia nyata. Model relief permukaan bumi divisualisasikan dengan bantuan teknologi dari *software* grafis mumpuni. DEM juga memastikan vegetasi yang tertangkap kamera *drone* akan dieliminasi sehingga fokus dari hasil DEM adalah bentuk muka bumi.



Gambar 6. *Drone* multi rotor

Sumber : Voi, 2022

### 2.6.2 GPS Geodetik

GPS Geodetik merupakan alat ukur yang terhubung ke satelit sehingga mampu menangkap sinyal yang diperlukan untuk mendapatkan data dengan ketelitian data tinggi dan tingkat kesalahan yang nyaris mendekati nol. GPS Geodetik melakukan pengambilan data langsung pada daratan permukaan bumi yang direncanakan [6].

GPS Geodetik dapat dioperasikan pada ketinggian yang tinggi sehingga GPS Geodetik tidak terpengaruh lingkungan topografis dan lokasi dengan ketinggian yang sangat tinggi. Sehingga pada beberapa kesempatan GPS Geodetik dioperasikan pada hari yang sama dengan Drone untuk menentukan titik kontrol tanah.



Gambar 7. GPS Geodetik

Sumber: *Geodesi Geodinamik FT UGM*, 2019

### 2.6.3 Autocad Civil 3D

*AutoCAD Civil 3D* mempunyai fasilitas operasional untuk pemetaan yang meliputi input data ukur lapangan, pengelolaan data ukur, deteksi kesalahan besar ukuran (*blunder*) dan penyajian hasil ukuran yang berupa petatopografi dengan tampilan dua dimensi dan tiga dimensi.



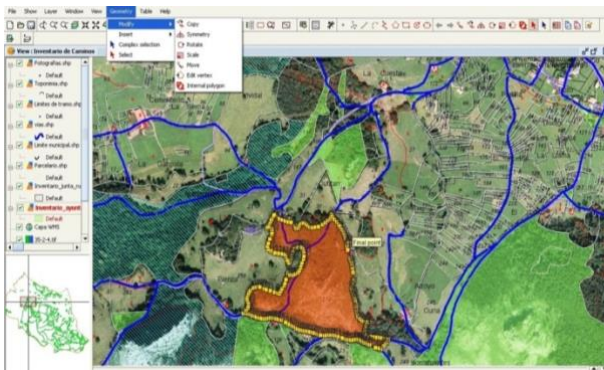
Gambar 8. Autocad Civil 3D

Sumber: Autodesk, 2022

### 2.6.4 Agisoft Metashape Professional

Agisoft Metashape merupakan software pengolahan fotogrametri dari gambar digital (fotografi jarak dekat, foto udara & citra satelit) untuk memproduksi data spasial 3 dimensi untuk digunakan pada aplikasi Sistem Informasi Geospasial (SIG), produksi efek visual, serta pengukuran tidak langsung pada objek dengan berbagai ukuran.

Hasil foto udara ini kemudian dapat digunakan dalam aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG), seperti ArcGIS atau Google Earth, atau dapat diekspor sebagai awan titik yang belum diproses atau file Autodesk DWG untuk digunakan dalam aplikasi CAD.



Gambar 9. Contoh proses pengolahan peta pada ArcMap

Sumber: Qubisa, 2021

### 2.6.5 Ground Control Point

Titik kontrol tanah atau *Ground Control Point* (GCP) adalah target besar yang ditandai di tanah, ditempatkan secara strategis di seluruh area survey dengan teknis dan preferensi tertentu. Koordinat GPS RTK harus ditentukan terlebih dahulu pada setiap masing-masing GCP [6].



Gambar 10. Objek GCP bentuk silang

Sumber: Symphony GEO, 2017.

## 3. Metode Penelitian

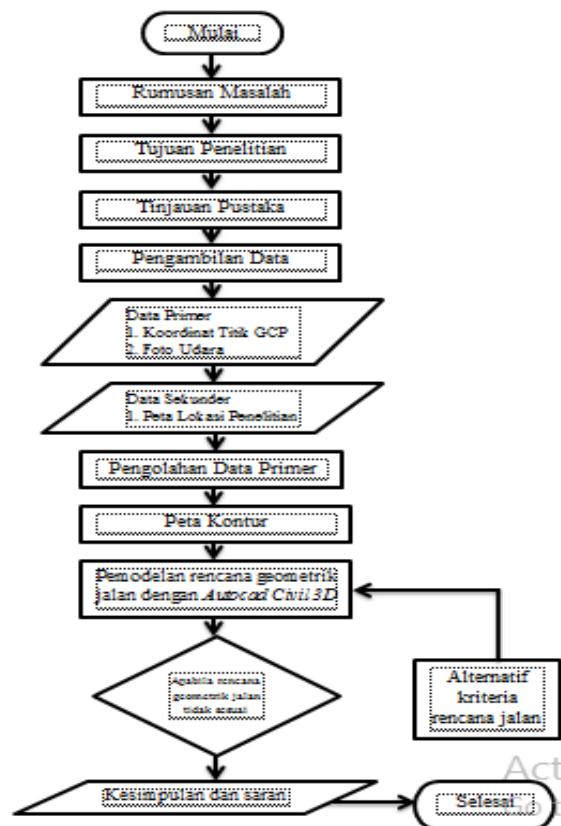
### 3.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini, metode pengumpulan data yang akan digunakan adalah metode penelitian eksperimental. Adapun yang dimaksud metode ini merupakan penelitian secara langsung di lapangan dengan menggunakan alat GPS geodetik dan *drone*. Pengumpulan data pada penelitian ini adalah pengumpulan data primer. Data primer yang akan diambil pada penelitian ini berupa foto udara dengan luas 168 ha dan 10 titik koordinat.

Penelitian ini dilakukan di Kota Palangka Raya. Rencana pengambilan data penelitian di Jalan Manduhara – Jalan Mahir Mahar pada Kecamatan Sebangau. Waktu pelaksanaan survei dilaksanakan selama paling lama 3 hari untuk mengambil data informasi geografis di Jalan Manduhara – Jalan Mahir Mahar.

### 3.2 Alur Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian ini disajikan pada bagan alir di bawah ini.



Gambar 11. Langkah-langkah Dalam Penelitian



### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan pengerjaan pada penelitian ini ialah sebagai berikut :

a. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengidentifikasi lokasi penelitian.

b. Rumusan Masalah dan Metode Penelitian

Agar dapat mencapai hasil penelitian yang sesuai, diperlukan langkah awal yaitu merumuskan masalah yang akan dijawab melalui tujuan penelitian ini.

c. Tinjau Pustaka

Menghimpun dan mengeksplorasi referensi-referensi yang relevan dengan topik penelitian ini.

d. Pengambilan Data

Data yang diambil terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah informasi yang diperoleh secara langsung melalui survei di lapangan, sementara data sekunder diperoleh dari lembaga atau instansi yang relevan.

e. Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan presentasi hasil penelitian yang telah selesai dan disajikan berdasarkan proses perhitungan.

f. Kesimpulan dan Saran

Menyajikan kesimpulan dan rekomendasi sebagai ekspresi dari pemahaman terhadap masalah yang telah diinvestigasi.

## 4. Hasil Dan Pembahasan

### 4.1 Pengambilan Nilai Koordinat

Dalam pengukuran GPS Geodetik dengan metode Real Time Kinematic, dibutuhkan alat berupa Base, Rover beserta GPS Handheld. Base sebagai tempat titik berdiri alat dan titik koordinat lokasi sedangkan rover sebagai alat yang bergerak bebas menuju *premark* yang telah disebar di wilayah penelitian untuk mendapatkan koordinat yang kemudian akan digunakan sebagai titik ikat pada hasil gambar udara. Berikut gambar alat dan tabel hasil pengambilan nilai koordinat dari GPS Geodetik.



Gambar 12. Base dan GPS Handheld



Gambar 13. Rover

**Tabel 2.** Nilai Koordinat GCP

NAME	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
B080610	9746926,8262	820447,1966	56,3851
pt1,	9746728,3595	820451,5800	54,9108
pt2	9746728,7722	820322,6807	54,7798
pt3	9746727,2407	820314,1797	54,7568
pt4	9746726,2166	820408,2512	54,8628
pt5	9747154,2876	820437,1020	55,3688
pt6	9747157,1950	820390,0188	55,1918
pt7	9748790,9308	821005,6813	57,2658
pt8	9748704,4993	820966,6622	56,2668
pt9	9748448,8503	820622,2507	55,9498

### 4.2 Pengambilan Foto Udara

Pengambilan foto udara pada penelitian ini menggunakan Drone *DJI Mavic Air*. Pengambilan foto udara menggunakan aplikasi perantara yaitu *Drone Deploy*. Alasan menggunakan aplikasi perantara karena Drone *DJI Mavic Air* merupakan drone keluaran terdahulu yang fitur pemetaannya sudah tidak di support oleh pihak DJI. Berikut proses dan hasil pengambilan foto udara.



Gambar 14. Pola jalur terbang drone



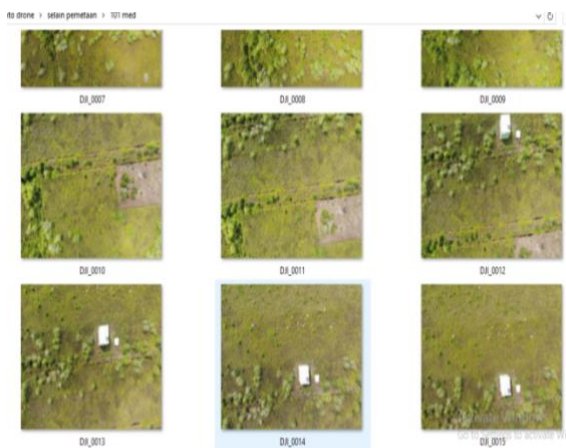
Gambar 15. *Controller drone*

Hasil dari pengambilan foto udara yang berlangsung selama 2 jam pada hari minggu, 6 Agustus 2023, didapat jumlah foto sebanyak 1.707 foto.

Pada hasil foto udara, drone berhasil menangkap objek premark sehingga akan mempermudah optimasi koordinat GCP atau premark dengan foto drone agar peta yang akan diolah menjadi lebih akurat.



Gambar 16. *Premark* atau GCP yang difoto menggunakan *drone*



Gambar 17. Hasil kumpulan foto dari *drone*

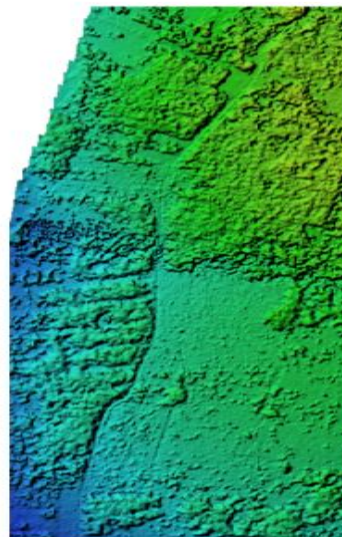
### 4.3 Pengolahan Foto Udara dan Titik Koordinat Premark

Pengolahan foto udara hasil dari *drone* dan titik koordinat *premark* atau *Ground Control Point* (GCP) yang juga berperan sebagai titik ikat pada gambar diproses menggunakan *software Agisoft Metashape Professional*. Hasilnya adalah *orthomosaic* dan DEM.

Berikut adalah hasil dari pengolahan foto udara menjadi *orthomosaic* dan DEM menggunakan *software Agisoft Metashape Professional*.



Gambar 18. Hasil *orthomosaic*



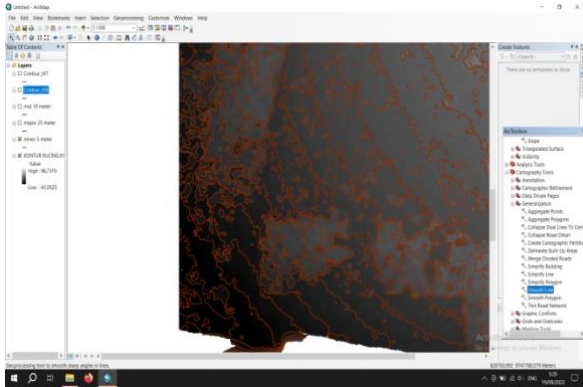
Gambar 19. Hasil DEM

### 4.4 Pengolahan DEM menjadi peta kontur

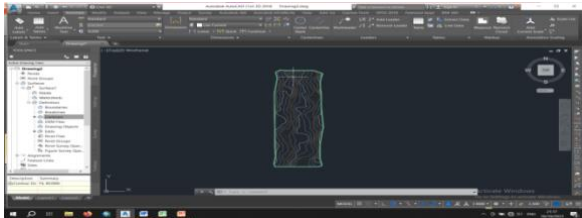
*Digital elevation model* (DEM) yang telah diolah dan di simpan dalam file berformat .TIF telah memiliki akurasi yang tinggi sehingga dapat digunakan untuk



pembuatan peta kontur yang kemudian menjadi rencana trase jalan. Dalam pengolahannya menjadi peta kontur akan dilakukan menggunakan aplikasi ArcMap [7].



Gambar 20. Hasil pembuatan kontur menggunakan ArcMap



Gambar 21. Peta kontur pada autocad civil 3D

#### 4.5 Perencanaan Trase Jalan

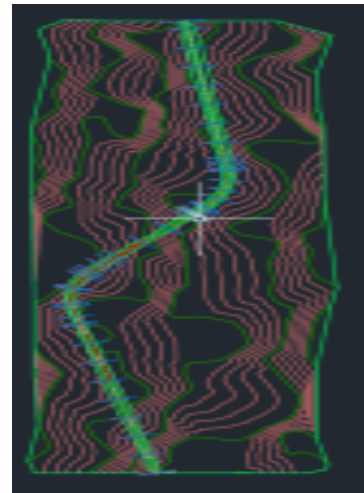
Trase Jalan baru di jalan manduhara dan jalan lingkaran luar mahir mahar direncanakan dengan tipe 2/2UD, yaitu 1 jalur 2 lajur 2 arah tak terbagi (*undivided*), dengan lebar tiap lajur direncanakan sebesar 2,5 meter. Berdasarkan penggunaan lahan dan tingkat kegiatan pada suatu kawasan perumahan, maka kecepatan rencana yang digunakan adalah 40 km/jam.

Tabel 3. Rencana geometrik jalan

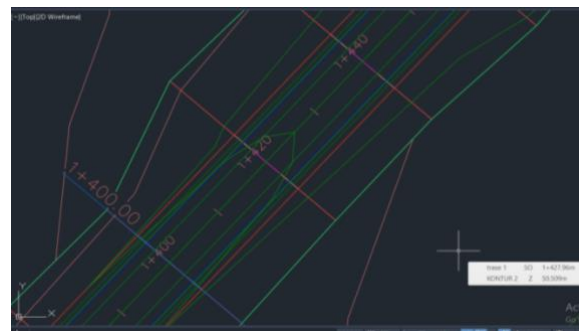
1.	Kecepatan rencana	: 40 km/jam
2.	Lebar Jalur	: 7 m
3.	Lebar lajur	: 2,75 m
4.	Tipe	: 2/2 UD
5.	Lebar bahu Dalam	: 1 m
6.	Kemiringan melintang normal	: 3%
7.	Superelevasi maksimum	: 8%

#### 4.6 Membuat Trase Alinyemen Horizontal

Berikut hasil dari pembuatan trase alinyemen horizontal.



Gambar 22. Trase Alinyemen Horizontal



Gambar 23. Trase Beserta Angka Stationing

#### 4.7 Perhitungan Alinyemen Horizontal Metode AAHSTO 2011

Dalam perencanaan alinyemen horizontal dilakukan secara manual dengan metode perhitungan dari AAHSTO 2011 [8]. Langkah-langkah untuk menghitung alinyemen horizontal sebagai berikut:

1. Sudut pada titik awal station, tikungan 1, tikungan 2 dan akhir station.

Tabel 4. Sudut Tikungan

TITIK	KOORDINAT		JARAK			Azimuth	Sudut Tikungan
	X	Y	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	d (m)	$\alpha$	$\Delta$
A	-41582,668	36500,147					
PI1	-41834,358	37470,982	-251,69	970,835	1002,93	194,534	52,644
PI2	-41383,379	37973,776	450,979	502,794	675,4138	141,89	56,177
B	-41509,549	38863,924	-126,17	890,148	899,0452	85,713	

2. Perhitungan sudut

$$\text{Azimuth A-PI1} = 180 + \tan^{-1} \frac{-251,69}{970,835}$$

$$= 194,534 \text{ (Kuadran III)}$$

$$\text{Azimuth PI1-PI2} = \tan^{-1} \frac{450,979}{502,794}$$

$$= 141,890 \text{ (Kuadran I)}$$

$$\text{Azimuth PI2-B} = 180 + \tan^{-1} \frac{-126,17}{890,148}$$

$$= 85,713 \text{ (Kuadran III)}$$

$$\Delta 1 = (\text{Azimuth A-PI1}) - (\text{Azimuth PI1-PI2})$$

$$= 194,534 - 141,890$$

$$= 52,644$$

$$\Delta 2 = (\text{Azimuth PI1-PI2}) - (\text{Azimuth PI2-B})$$

$$= 141,8904 - 85,713$$

$$= 56,177$$

3. Evaluasi Topografi

Tabel 5. Tabel Elevasi

Elevation KIRI	Elevation KANAN	Kelandaian
46.650	45.000	3,30%
46.814	45.152	3,32%
46.978	45.305	3,35%
47.143	45.457	3,37%
47.307	45.609	3,40%
47.471	45.762	3,42%
47.635	45.914	3,44%
47.799	46.067	3,46%
47.963	46.219	3,49%
48.128	46.371	3,51%
48.292	46.524	3,54%
48.456	46.676	3,56%
48.620	46.829	3,58%
48.784	46.981	3,61%
48.948	47.133	3,63%
49.113	47.286	3,65%
49.277	47.438	3,68%
49.441	47.591	3,70%
49.605	47.743	3,72%
49.769	47.895	3,75%
49.933	48.048	3,77%
50.098	48.200	3,80%
50.262	48.353	3,82%
50.426	48.505	3,84%
50.590	48.657	3,87%
50.754	48.810	3,89%
50.918	48.962	3,91%
51.083	49.115	3,94%
51.247	49.267	3,96%
51.411	49.419	3,98%
51.575	49.572	4,01%
51.739	49.724	4,03%
51.903	49.877	4,05%
52.068	50.029	4,08%
52.232	50.181	4,10%
52.396	50.334	4,12%
52.560	50.486	4,15%
52.724	50.639	4,17%
52.888	50.791	4,19%
53.053	50.943	4,22%
53.217	51.096	4,24%
53.381	51.248	4,27%
53.545	51.401	4,29%
53.709	51.553	4,31%
53.873	51.705	4,34%
54.038	51.858	4,36%
54.202	52.010	4,38%
54.366	52.163	4,41%
54.530	52.315	4,43%
54.694	52.467	4,45%
54.858	52.620	4,48%
55.023	52.772	4,50%
55.088	52.853	4,47%

Keterangan :  
Kelandaian =  $\Delta h$   
Lebar potongan melintang = L

$$\frac{\text{Total kelandaian}}{\text{Lebar potongan melintang}} \times 100$$

$$\frac{207,30\%}{50} \times 100 = 3,91\%$$

4. Perhitungan alinyemen horizontal pada tikungan PI 1

Klasifikasi Jalan :

$$V_r = 40 \text{ km/jam}$$

$$e_{maks} = 8\%$$

$$e_n = 2\%$$

Lebar lajur 2 x 2,75 m

Tabel 6. Fmax berdasarkan AAHSTO 2011

Metric						U.S. Customary					
Design Speed (km/h)	Maxi-mum e (%)	Maxi-mum f	Total (e/f/100)	Calcu-lated Radius (m)	Rounded Radius (m)	Design Speed (mph)	Maxi-mum e (%)	Maxi-mum f	Total (e/f/100)	Calcu-lated Radius (ft)	Rounded Radius (ft)
15	4.0	0.40	0.44	4.0	4	10	4.0	0.38	0.42	15.9	16
20	4.0	0.35	0.39	8.1	8	15	4.0	0.37	0.36	41.9	42
30	4.0	0.28	0.32	22.1	22	20	4.0	0.27	0.31	86.0	86
40	4.0	0.23	0.27	46.7	47	25	4.0	0.23	0.27	154.3	154
50	4.0	0.19	0.23	85.6	86	30	4.0	0.20	0.24	250.0	250
60	4.0	0.17	0.21	135.0	135	35	4.0	0.18	0.22	371.2	371
70	4.0	0.15	0.19	203.1	203	40	4.0	0.16	0.20	533.3	533
80	4.0	0.14	0.18	280.0	280	45	4.0	0.15	0.19	710.5	711
90	4.0	0.13	0.17	375.2	375	50	4.0	0.14	0.18	925.9	926
100	4.0	0.12	0.16	491.1	492	55	4.0	0.13	0.17	1186.3	1190
						60	4.0	0.12	0.16	1500.0	1500
15	6.0	0.40	0.46	3.9	4	10	6.0	0.38	0.44	15.2	15
20	6.0	0.35	0.41	7.7	8	15	6.0	0.37	0.38	39.5	39
30	6.0	0.28	0.34	20.8	21	20	6.0	0.27	0.33	80.8	81
40	6.0	0.23	0.29	43.4	43	25	6.0	0.23	0.29	143.7	144
50	6.0	0.19	0.25	78.7	79	30	6.0	0.20	0.26	230.8	231
60	6.0	0.17	0.23	123.2	123	35	6.0	0.18	0.24	340.3	340
70	6.0	0.15	0.21	183.7	184	40	6.0	0.16	0.22	484.8	485
80	6.0	0.14	0.20	252.0	252	45	6.0	0.15	0.21	642.9	643
90	6.0	0.13	0.19	335.7	336	50	6.0	0.14	0.20	833.3	833
100	6.0	0.12	0.18	437.4	437	55	6.0	0.13	0.19	1061.4	1060
110	6.0	0.11	0.17	560.4	560	60	6.0	0.12	0.18	1333.3	1330
120	6.0	0.09	0.15	755.9	756	65	6.0	0.11	0.17	1656.9	1660
130	6.0	0.08	0.14	991.5	991	70	6.0	0.10	0.16	2041.7	2040
						75	6.0	0.09	0.15	2500.0	2500
						80	6.0	0.08	0.14	3047.6	3050
15	8.0	0.40	0.48	3.7	4	10	8.0	0.38	0.46	14.5	14
20	8.0	0.35	0.43	7.3	7	15	8.0	0.37	0.40	37.5	38
30	8.0	0.28	0.36	19.7	20	20	8.0	0.27	0.35	76.3	76
40	8.0	0.23	0.31	40.6	41	25	8.0	0.23	0.31	134.4	134
50	8.0	0.19	0.27	72.9	73	30	8.0	0.20	0.28	214.3	214
60	8.0	0.17	0.25	113.4	113	35	8.0	0.18	0.26	314.1	314
70	8.0	0.15	0.23	167.8	168	40	8.0	0.16	0.24	444.6	444
80	8.0	0.14	0.22	229.1	229	45	8.0	0.15	0.23	587.0	587
90	8.0	0.13	0.21	309.7	304	50	8.0	0.14	0.22	773.6	758
100	8.0	0.12	0.20	393.7	394	55	8.0	0.13	0.21	960.3	960
110	8.0	0.11	0.19	501.5	501	60	8.0	0.12	0.20	1200.0	1200
120	8.0	0.09	0.17	667.0	667	65	8.0	0.11	0.19	1487.5	1480
130	8.0	0.08	0.16	891.7	892	70	8.0	0.10	0.18	1814.8	1810
						75	8.0	0.09	0.17	2205.9	2210

$$f_{maks} = 0,23 \text{ (Berdasarkan tabel 5.3)}$$

$$R_{min} = \frac{40^2}{127(0.01(8\%)+0,23)}$$

$$= 52,934 \text{ m}$$

Tabel 7. Tabel superelevasi

e (%)	$V_d = 20$	$V_d = 30$	$V_d = 40$
	km/h	km/h	km/h
	R (m)	R (m)	R (m)
NC	184	443	784
RC	133	322	571
2.2	119	288	512
2.4	107	261	463
2.6	97	237	421
2.8	88	216	385
3.0	81	199	354
3.2	74	183	326
3.4	68	169	302
3.6	62	156	279
3.8	57	144	259
4.0	52	134	241
4.2	48	124	224
4.4	43	115	208

- a. Superelevasi desain 4,2 % dan Rencana 224 m (Berdasarkan tabel 5.4)
- b. Perhitungan lengkung peralihan (Ls)
  - Ls 1 (*Maximum Relative Gradient*)

$$L_s = \frac{(2,75)^2}{0,7}(1) = 16,50$$

**Tabel 8.** Tabel Ls2

e (%)	V <sub>σ</sub> = 20 km/h		V <sub>σ</sub> = 30 km/h		V <sub>σ</sub> = 40 km/h	
	Number of Lanes Rotated. I					
	1	2	1	2	1	2
L <sub>r</sub> (m)	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>r</sub> (m)
1.5	7	10	7	11	8	12
2.0	9	14	10	14	10	15
2.2	10	15	11	16	11	17
2.4	11	16	12	17	12	19
2.6	12	18	12	19	13	20
2.8	13	19	13	20	14	22
3.0	14	20	14	22	15	23
3.2	14	22	15	23	16	25
3.4	15	23	16	24	17	26
3.6	16	24	17	26	19	28
3.8	17	26	18	27	20	29
4.0	18	27	19	29	21	31
4.2	19	28	20	30	22	32
4.4	20	30	21	32	23	34
4.6	21	31	22	33	24	35
4.8	22	32	23	35	25	37
5.0	23	34	24	36	26	39
5.2	23	35	25	37	27	40
5.4	24	36	26	39	28	42
5.6	25	38	27	40	29	43
5.8	26	39	28	42	30	45
6.0	27	41	29	43	31	46
6.2	28	42	30	45	32	48
6.4	29	43	31	46	33	49
6.6	30	45	32	48	34	51
6.8	31	46	33	49	35	52
7.0	31	47	34	50	36	54
7.2	32	49	35	52	37	56
7.4	33	50	36	53	38	57
7.6	34	51	36	55	39	59
7.8	35	53	37	56	40	60
8.0	36	54	38	58	41	62
8.2	37	55	39	59	42	63
8.4	38	57	40	60	43	65

- Ls 2 (Berdasarkan tabel 5.5)  
Ls = 22
- Ls 3 (*Gradual Attainment of Lateral Acceleration*)

$$L_{smin} = 0,0214 \frac{40^3}{224 \times 1,2} = 5,10$$

- Ls 4 (Ls Min)

$$L_{smin} = \sqrt{24 (0,20 )224} = 32,79$$

- Ls Max

$$L_{smin} = \sqrt{24 (1 )224} = 73,32$$

Digunakan nilai Ls yaitu 73 m.

- c. Perhitungan Lc, Δc dan øs
  - ø<sub>s</sub> =  $\frac{73 \times 360}{2 \times 224 \times 2\pi} = 9,336$  m
  - Δc = 52,644 – 2 (9,336) = 33,972 m
  - Lc =  $\frac{33,972 \times \pi \times 224}{180} = 132,814$  m

Syarat tikungan S-C-S

$$L_c > 20$$

$$132,814 > 20 \text{ (OK)}$$

- d. Perhitungan besar tikungan

$$X_c = 73(1 - \frac{73^3}{40 \times 224^2}) = 72,806 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{73^2}{6 \times 224} = 3,965 \text{ m}$$

$$P = 3,965 - 224 (1 - \cos 9,336) = 0,998 \text{ m}$$

$$K = 72,806 - 224 \sin 9,336 = 36,467 \text{ m}$$

$$T_s = (224 + 0,998) \tan (1/2 \times 52,644) + 36,467 = 147,776 \text{ m}$$

$$E_s = \frac{224 + 0,998}{\cos (\frac{1}{2} \times 52,644)} - 224 = 27,025 \text{ m}$$

$$L_{total} = 132,814 + (2 \times 73) = 278,814 \text{ m}$$

$$2 \times T_s > L_{total}$$

$$2 \times 147,776 > 278,814$$

$$295,551 \text{ m} > 278,814 \text{ m (OK)}$$

Tikungan S-C-S dapat digunakan.

- 5. Perhitungan Alinyemen Horizontal pada Tikungan PI 2

Klasifikasi Jalan :

$$V_r = 40 \text{ km/jam}$$

$$e_{maks} = 8 \%$$

$$e_n = 2 \%$$

Lebar lajur 2 x 2,75 m

$$f_{maks} = 0,23 \text{ (Berdasarkan tabel 5.3)}$$

$$R_{min} = \frac{40^2}{127(0,01(8\%)+ 0,23)} = 52,934 \text{ m}$$

$$R_r = 259 \text{ (Berdasarkan tabel)}$$

Superelevasi desain 3,8 % (Berdasarkan Tabel 5.4)

- b. Perhitungan lengkung peralihan (Ls)

- Ls 1 (*Maximum Relative Gradient*)

$$L_s = \frac{(2,75)^2}{0,7}(1) = 7,857 \text{ m}$$

- Ls 3 (*Gradual Attainment of Lateral Acceleration*)

$$L_{smin} = 0,0214 \frac{40^3}{259 \times 1,2} = 4,41 \text{ m}$$

- Ls 4 (Ls Min)



$$L_{smin} = \sqrt{24 (0,20 )259}$$

$$= 32,79$$

- Ls Max

$$L_{smin} = \sqrt{24 (1 )259}$$

$$= 78,841 \text{ m}$$

Digunakan nilai Ls yaitu 70 m, tikungan *full circle* tidak terdapat lengkung peralihan (Ls) maka Ls yang ada hanya Ls fiktif.

c. Perhitungan Tc, Lc dan Ec

$$Tc = 259 \times \tan \frac{1}{2} 56,177$$

$$= 138,226 \text{ m}$$

$$Lc = \frac{56,177 \times \pi \times 259}{180}$$

$$= 253,943 \text{ m}$$

$$Ec = 736,739 \times \tan \frac{1}{4} \times 146,177$$

$$= 34,577 \text{ m}$$

$$L_{total} = 253,943 \text{ m (Lc)}$$

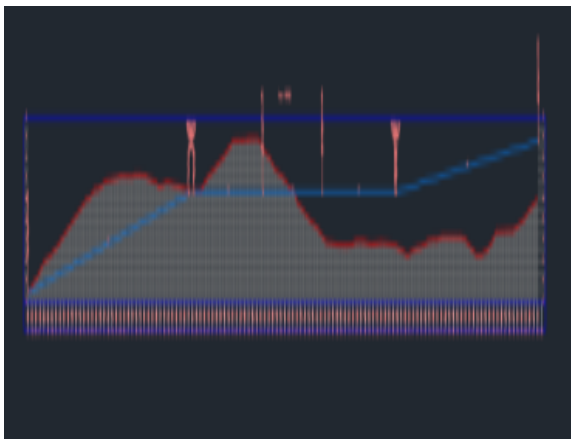
Syarat-syarat tikungan *full circle*

- 2 Tc > Lc

276,453 m > 253,943 m (Tikungan full circle dapat digunakan)

#### 4.8 Alinyemen Vertikal (Profil Memanjang)

Berikut gambar profil memanjang yang telah diolah pada Autocad Civil 3D.



Gambar 24. Profil Memanjang

#### 4.9 Perhitungan Alinyemen Vertikal

1. Perhitungan stationing tikungan pertama metode AAHSTO

$$TS = \text{Sta A} + d1 - TS1$$

$$= 0 + 1002,93 - 147,776$$

$$= 0 + 845,76$$

$$SC = \text{Sta TS} + LS$$

$$= (0 + 845,76) + 73$$

$$= 0 + 918,76$$

$$CS = \text{Sta SC} + LC$$

$$= (0 + 918,76) + 132,814$$

$$= 1 + 066,36$$

$$ST = \text{Sta CS} + LS$$

$$= (1 + 066,36) + 73$$

$$= 1 + 139,36$$

$$Ltr 1 = TS - Ltr$$

$$= (0 + 845,76) - 73$$

$$= 0 + 813,942$$

$$Ltr 2 = ST + Ltr$$

$$= (1 + 139,36) + 73$$

$$= 1 + 171,178$$

2. Perhitungan stationing tikungan kedua metode AAHSTO

$$TC = \text{Sta ST} + d2 - TS1 - TC$$

$$= (1 + 139,36) + 675,414 - 147,776 - 138,226$$

$$= 1 + 536,94$$

$$CT = \text{Sta TC} + Lc$$

$$= (1 + 536,94) + 253,934$$

$$= 1 + 762,77$$

$$TC' = \text{Sta TC} - Ls \text{ desain}$$

$$= (1 + 536,94) - 70$$

$$= 1 + 466,94$$

$$CT' = \text{Sta CT} + Ls \text{ desain}$$

$$= (1 + 762,77) + 70$$

$$= 1 + 832,77$$

$$STA B = \text{Sta CT} + d3 - TC$$

$$= (1 + 832,77) + 899,045 - 138,226$$

$$= 2 + 541,16$$

Tabel 9. Stationing

TITIK	Stationing	
A	0+000,000	
Tikungan 1 (SCS)	Ltr 1	0+813,942
	TS	0+845,760
	SC	0+918,760
	CS	1+066,360
	ST	1+139,360
	Ltr 2	1+171,178
Tikungan 2 (FC)	TC'	1+466,940
	TC	1+536,940
	CT	1+762,770
	CT'	1+832,770
B	2+541,160	

**Tabel 10.** Titik potong vertikal

Segmen	Tikungan	Stasioning	Elevasi	Gradien	Gradien Max	Cek Gradien	Panjang Kelandaian	Y
1		0+000,000	45	1,21%	5%	OK	813,942	9,8
		0+813,942	54,81					
2	SCS	1+171,178	54,81	0,00%	5%	OK	357,236	0,0
		1+466,940	54,81					
4	FC	1+832,770	54,81	0,00%	5%	OK	365,830	0,0
		2+541,160	59,78					
5				0,70%		OK	708,390	5,0

Pada setiap segmen dapat dihitung kelandaian memanjangnya dengan cara rumus berikut :

$$gn = \frac{\text{Elevasi segmen2} - \text{elevasi segmen 1}}{\text{jarak segmen 2} - \text{segmen 1}}$$

$$g1 = \frac{54,81 - 45}{813,942} \times 100\% = 1,21 \%$$

$$g5 = \frac{59,78 - 54,81}{724,690} \times 100\% = 0,70 \%$$

Panjang segmen = Jarak segmen 2- jarak segmen 1

$$= 813,942 - 0$$

$$= 813,942 \text{ m}$$

$$Y = \text{panjang kelandaian} \times \text{gradien}$$

$$= 1,21 \% \times 813,942$$

$$= 9,8$$

Panjang segmen5=Jarak segmen 5- jarak segmen 4

$$= 2543,25 - 1818,560$$

$$= 724,69 \text{ m}$$

$$Y = \text{panjang kelandaian} \times \text{gradien}$$

$$= 0,68 \% \times 724,69$$

$$= 5,0$$

3. Perhitungan panjang lengkung cembung

$$= - 445, 947 \text{ m}$$

$$Lv = A \times K$$

$$= 1,205 \times 4$$

$$= 4,821 \text{ m}$$

$$\text{Diambil } Lv = 4,821 \text{ m}$$

Jarak pandang menyiap

$$S = 140 \text{ m (Berdasarkan tabel 9)}$$

$$K = 23 \text{ (Berdasarkan tabel 9)}$$

$$L = 2S - \frac{864}{A}$$

$$= 2 \times 140 - \frac{864}{1,21}$$

$$= - 436, 866 \text{ m}$$

$$Lv = A \times K$$

$$= 1,21 \times 23$$

$$= 27,721 \text{ m}$$

Diambil Desain  $Lv = 28$

4. Perhitungan panjang lengkung cekung

Jarak pandang lampu depan

$$S = 50 \text{ m (Berdasarkan tabel 9)}$$

$$Lv = AS / 120 + 3.5 S$$

$$= 2 \times (50 \times 50) / (120 + 3,5 \times 50)$$

$$= 5,789 \text{ m}$$

Kenyamanan Pengendara

$$Lv = \frac{A(VxV)}{395}$$

$$= \frac{0,68\% \times (40 \times 40)}{395}$$

$$= 2, 767 \text{ m}$$

Kontrol desain

$$K = 9 \text{ (Berdasarkan tabel 9)}$$

$$Lv = A \times K$$

$$= 0,68\% \times 9$$

$$= 6,147 \text{ m}$$

$$\text{Diambil desain } Lv = 7 \text{ m}$$

**Tabel 11.** Ketentuan jarak pandang henti

Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Metric	
		Rate of Vertical Curvature, $K^a$	
		Calculated	Design
20	20	2.1	3
30	35	5.1	6
40	50	8.5	9
50	65	12.2	13
60	85	17.3	18
70	105	22.6	23
80	130	29.4	30
90	160	37.6	38
100	185	44.6	45
110	220	54.4	55
120	250	62.8	63
130	285	72.7	73

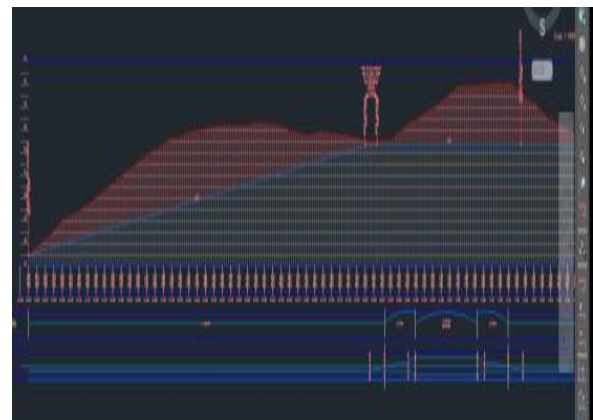
Jarak pandang henti

$$S = 50 \text{ m (Berdasarkan tabel 9)}$$

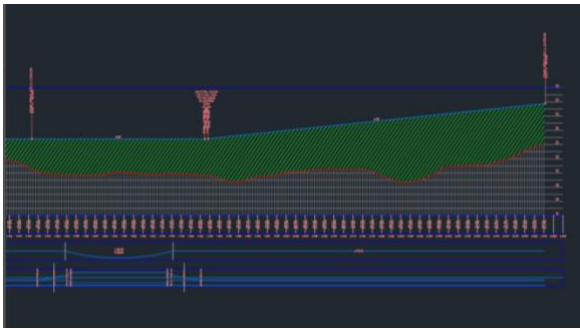
$$K = 4 \text{ (Berdasarkan tabel 9)}$$

$$L = 2S - \frac{658}{A}$$

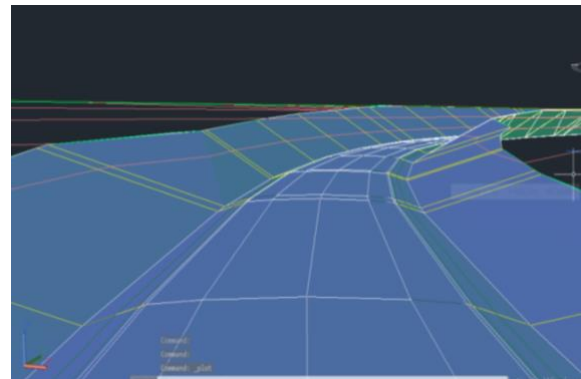
$$= 2 \times 50 - \frac{658}{1,21}$$



Gambar 25. Profil memanjang pada cembung 1



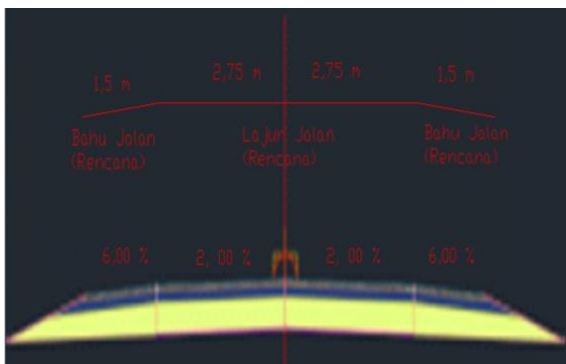
Gambar 26. Profil memanjang pada cekung 1



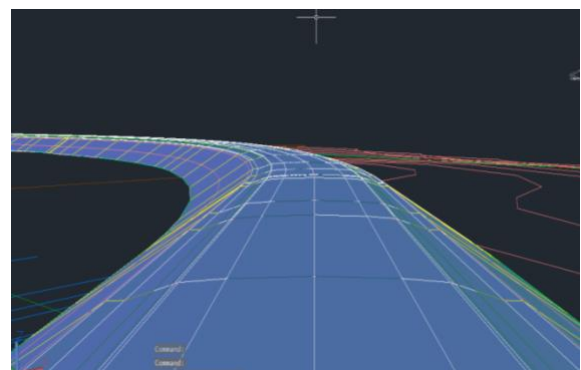
Gambar 29. Visualisasi 3D pada tikungan S-C-S

#### 4.10 Assembly atau Tipikal Jalan

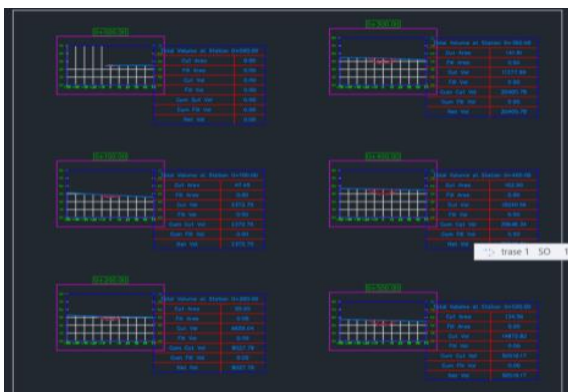
*Assembly* atau tipikal jalan merupakan model potongan melintang jalan yang telah direncanakan dari lebar lajur, lebar bahu dan kemiringan jalan [9]. Berikut gambar potongan melintang jalan yang telah direncanakan



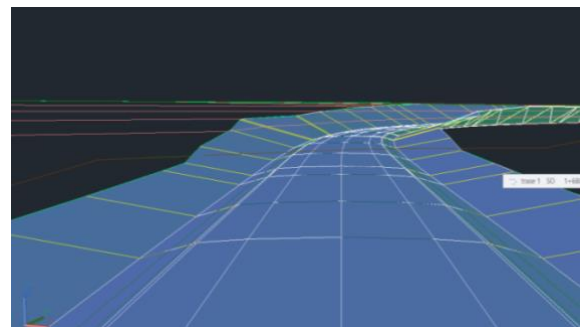
Gambar 27. Tampilan potongan melintang jalan



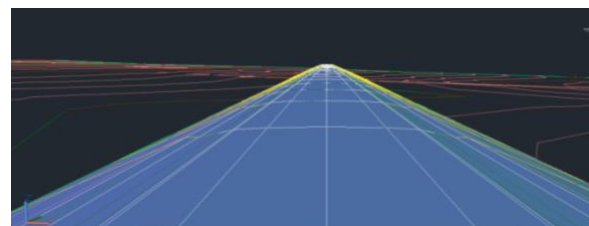
Gambar 30. Visualisasi 3D pada tikungan F-C



Gambar 28. Potongan melintang jalan beserta nilai volume galian dan timbunan

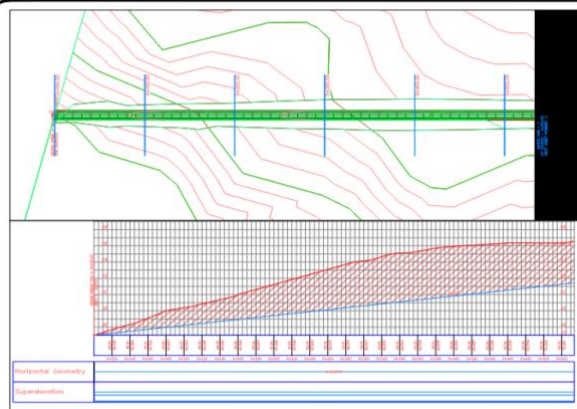


Gambar 31. Visualisasi 3D pada stasiun 0+800.00

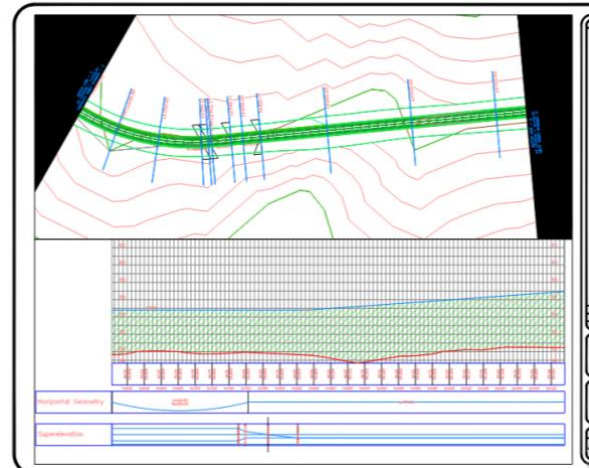


Gambar 32. Visualisasi 3D pada stasiun 1+850.00

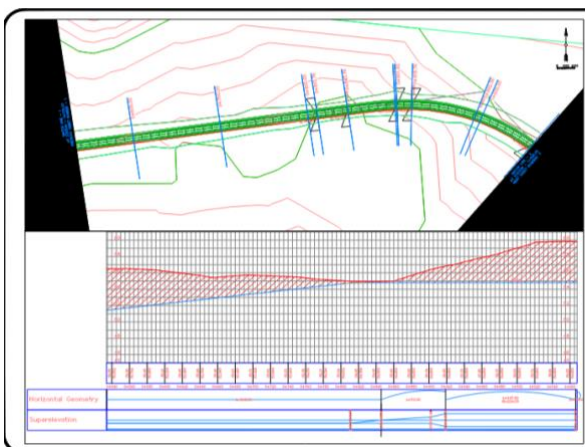




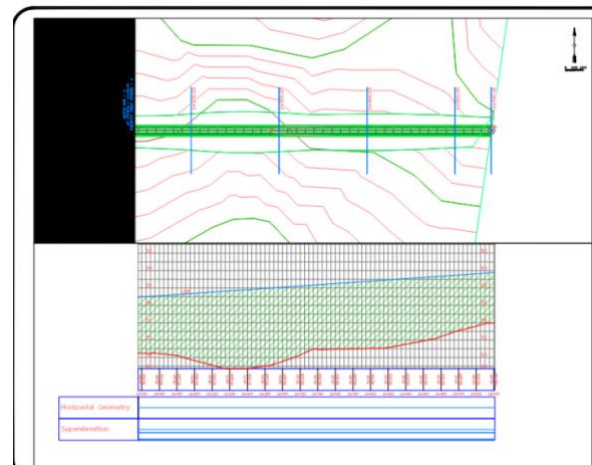
Gambar 33. Gambar rencana 1-1



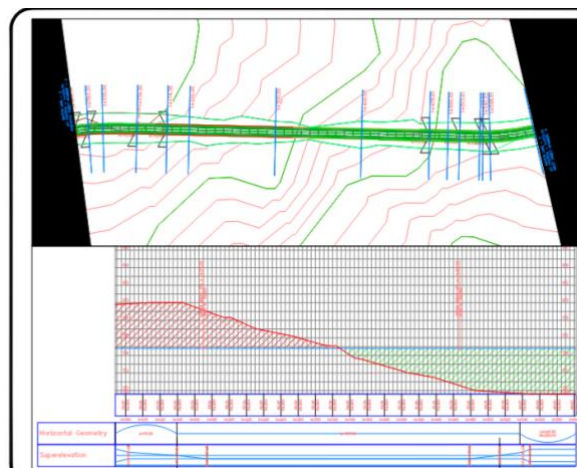
Gambar 36. Gambar rencana 1-4



Gambar 34. Gambar rencana 1-2



Gambar 37. Gambar rencana 1-5



Gambar 35. Gambar rencana 1-3

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Dalam hasil penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada survei fotogrametri dan *real time kinematic* pada lokasi penelitian yaitu di jalan Manduhara - jalan lingkaran luar Mahar Mahar dengan luas area 168 ha, drone dengan merk *DJI Mavic Air 1* sebagai penunjang fotogrametri dan GPS Geodetik *Hi-Target V60 RTK* yang digunakan sebagai untuk menunjang survei *real time kinematic*. Selain itu, beberapa hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.
  - a. *Benchmark* pada lokasi penelitian hanya berdasarkan letak titik alat geodetik didirikan dan diambil koordinat

- benchmarknya* selama 10 detik yang kemudian hasilnya di rata-ratakan.
- b. Penyebaran GCP (*Ground Control Point*) dengan alat GPS Geodetik sebanyak 10 titik yang menyebar di wilayah Jalan Manduhara – Jalan lingkaran luar Mahir Mahar. Sistem titik Koordinat yang digunakan adalah sistem koordinat WGS84 UTM Zone 49S.
  - c. Fotogrametri menggunakan Drone *Dji Mavic Air* dengan tinggi terbang 100 m dan *overlap* sebesar 70%. Foto yang dihasilkan berjumlah 1835 foto.
  - d. Pengolahan foto udara menggunakan *software Agisoft Metashape Professional* meliputi beberapa tahap yaitu, *Import foto, Align Photo, Input GCP, Build Mesh, Build Texture, Build DEM* dan *Build Orthophoto*.
  - e. Pengolahan peta kontur menggunakan *software ArcMap 10.4*. Yang sebelumnya berupa DEM yang diolah menjadi peta kontur.
2. Ketentuan perencanaan trase jalan di jalan manduhara dan jalan lingkaran luar mahir mahar menggunakan *software Autocad Civil 3D* dengan peraturan desain *A Policy on Geometric Design of Highway and Street 2011* yaitu sebagai berikut:
- a. Klasifikasi jalan adalah jalan khusus dikarenakan berada di wilayah perumahan dengan kecepatan rencana 40 km/jam. Total panjang jalan yang direncanakan sepanjang 2,5 km, lebar jalan 2 x 2,75 m dengan kemiringan melintang jalan 4,20 %, dan alinyemen vertikal dengan kelandaian sebesar 1,91%. Lebar bahu 2 x 1,5 m dengan kemiringan melintang bahu jalan sebesar 6%.
  - b. Alinyemen horizontal direncanakan sebanyak 2 tikungan yaitu tikungan tipe S-C-S (*Spiral Circle Spiral*) dan FC (*Full Circle*). Tipe tikungan SCS sebanyak 1 tikungan dan FC sebanyak 1 tikungan.
  - c. Volume galian tanah dan timbunan sebesar 85.644,34 m<sup>3</sup> dan 105.839,24 m<sup>3</sup>.

## 5.2 Saran

Setelah penelitian ini dilaksanakan maka beberapa saran yang mungkin dapat berguna untuk penelitian selanjutnya adalah

- a. Gunakan *drone* keluaran tahun terbaru agar kemampuan *drone* lebih mumpuni terutama dalam mengambil foto-foto udara, ketahanan daya untuk beroperasi lebih lama dan penjelajahan area lebih jauh.
- b. Lakukan pengambilan foto udara secara bertahap dan diusahakan pengambilan foto udara pada hari yang cukup cerah dan cuaca yang baik agar *drone* tidak mengalami panas berlebih.
- c. Pada proses pengolahan foto udara sebaiknya menggunakan PC/Komputer atau Laptop dengan spesifikasi yang tinggi.
- d. Penempatan titik GCP harus tersebar secara merata dan berada pada lokasi yang mudah diidentifikasi.

## Daftar Pustaka

- [1] AASHTO, 2011. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, D.C, 2011.
- [2] Silvia Sukirman. 1994. Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan. Bandung : Nova, 1994.
- [3] Hendarsin, S. L. 2000, Perencanaan Teknik Jalan Raya. Politeknik Negeri Bandung. Bandung, 2000.
- [4] Prastyanto, C. A.; Kartika, A.A.G; Buana C. 2006. Modul Ajar Kuliah Rekayasa Jalan Raya. Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan ITS, Surabaya, 2006.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997, *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1997.
- [6] Badan Pertahanan Nasional Republik Indonesia (BPN-RI)2006. Mapping of soil, especially topographic mapping, 2006.
- [7] Ishak Devietzondimara. 2017. Perencanaan Geometrik Jalan Dengan Menggunakan Autocad Land Desktop 2009 Pada Ruas Jalan Aminweri – Yendoker Sta 0+000 – Sta 10+500 KM, 2017.
- [8] Ratna Putri Hidayati. 2016. Perencanaan Geometrik dan Perencanaan Perkerasan Lentur Menggunakan Metode AAHSTO'93 Pada Jalan Desa Munjungan ke Desa Karanggandu Kabupaten Trenggalek, 2016.
- [9] Eka Prasetyaningrum Budi Utami. 2010. Perencanaan Geometrik Jalan Ruas Jalan Drono – Nganom Kecamatan Ngadirojo Kabupaten Wonogiri, 2016.