

**VISUALISASI 3D JALAN DARI FOTO UDARA (UAV) DENGAN
KAITAN ASPEK GEOMETRIK JALAN RAYA**
(Studi Kasus :Jl. Ikan Tombro - Jl. Perusahaan Malang Kota)

Skripsi



Disusun Oleh :

HELMY MUKTI WIJAYA

11.25.019

**JURUSAN TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2015**

REPUBLIC OF THE PHILIPPINES
DEPARTMENT OF EDUCATION
BUREAU OF TECHNICAL EDUCATION

1964

DEPARTMENT OF EDUCATION
BUREAU OF TECHNICAL EDUCATION
1964

DEPARTMENT OF EDUCATION
BUREAU OF TECHNICAL EDUCATION
1964

LEMBAR PERSETUJUAN

VISUALISASI 3D JALAN DARI FOTO UDARA (UAV) DENGAN KAITAN ASPEK GEOMETRIK JALAN RAYA

(Studi Kasus :Jl. Ikan Tombro - Jl. Perusahaan Malang Kota)

SKRIPSI

Oleh :

HELMY MUKTI WIJAYA

11.25.019

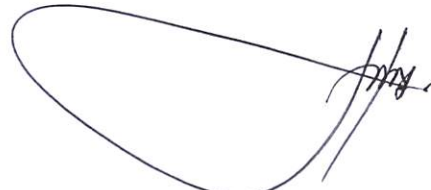
Menyetujui,

Dosen Pembimbing Utama



(M. Edwin Tjahjadi, ST. MGeom, Sc.Ph.D)

Dosen Pembimbing Pendamping



(Hery Purwanto, ST., MSc)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1



(M. Edwin Tjahjadi, ST.MGeom.Sc.Ph.D)



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SEMINAR HASIL SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : HELMY MUKTI WIJAYA
NIM : 11.25.019
JURUSAN : TEKNIK GEODESI
JUDUL : VISUALISASI 3D JALAN DARI FOTO UDARA (UAV) DENGAN
KAITAN ASPEK GEOMETRIK JALAN RAYA

Telah Dipertahankan di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi Jenjang

Strata 1 (S-1)

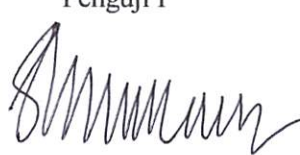
Pada Hari : Sabtu
Tanggal : 8 Agustus 2015
Dengan nilai : (Angka)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua


(M. Edwin Tjahjadi, ST.MGeom.Sc.Ph.D)

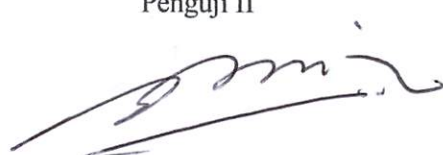
Penguji I


(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Dosen Pendamping


(M. Edwin Tjahjadi, ST.MGeom.Sc.Ph.D)

Penguji II


(Ir. Jasmani, M.Kom)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Helmy Mukti Wijaya
NIM : 1125019
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul :

“ VISUALISASI 3D JALAN DARI FOTO UDARA (UAV) DENGAN KAITAN ASPEK GEOMETRIK JALAN RAYA “

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan menjiplak atau menduplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, 20 Agustus 2015

Yang membuat pernyataan



Helmy Mukti Wijaya

NIM : 1125019

VISUALISASI 3D JALAN DARI FOTO UDARA (UAV) DENGAN KAITAN ASPEK GEOMETRIK JALAN RAYA

Studi Kasus : Jl. Ikan Tombro – Jl. Perusahaan Kota Malang

Helmy Mukti Wijaya 1125019

Dosen Pembimbing I : M. Edwin Tjahjadi, ST., MGeom., Sc.Ph.D.

Dosen Pembimbing II : Hery Purwanto, ST., MSc.

Abstraksi

Pemetaan topografi berbasis fotogrametri menjadi solusi tepat untuk pemetaan skala besar, didukung adanya teknologi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dan kombinasi teknologi GPS menjadikan Foto Udara Format Kecil (FUFK) semakin banyak digunakan. Dalam studi kasus berikut pemanfaatan foto udara digunakan untuk perencanaan teknis geometrik jalan alternatif lintas kota berdasarkan ketentuan Bina Marga. Untuk perencanaan teknis tersebut dibutuhkan data DTM dan foto udara 1:5000. Data DTM akan menghasilkan kontur dengan interval 1m yang digunakan untuk menenukan hitungan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal

Kelemahan data foto udara hanya menghasilkan *Digital Surface Model (DSM)* dimana seluruh bangunan dan pohon juga dijadikan sebagai informasi ketinggian, sehingga untuk menghasilkan *smooth bare earth* atau (DTM) dari DSM yang dihasilkan foto udara, maka diperlukan proses *filtering* untuk mereduksi ketinggian yang tidak diperlukan. Data DTM dan kontur merupakan sumber data primer yang akan digunakan sebagai permodelan 3D geometrik jalan raya, dan untuk menentukan sepsifikasi lebar jumlah jalur dan lajur jalan dibutuhkan data sekunder dari Lalulintas Harian Rata rata (LHR)

Kata kunci : foto udara, DTM, DSM, kontur, jalan raya

Abstract

The topographic mapping based on photogrammetric may be the right solution for the large-scale mapping. UAV's (Unmanned Aerial Vehicles) in combination with GPS technology with the Small Format Aerial Photo are increasingly used. In this case of studies, the aerial photographs data is used for technical planning of highway geometric under the provisions of Bina Marga. For the technical planning, the requierement data are DTM and aerial photographs (1:5000) of scale. DTM Data will generate contours at 1m of interval, which is used to determine of horizontal alignment and vertical alignment.

The weakness of aerial photographs data is only generate Digital Surface Model (DSM), where all the buildings and trees also serve as altitude information. To produce a smooth bare earth or (DTM) from DSM, it is necessary filtering process to reduce the height which is not required. DTM and contour is a source of primary data to be used 3D modeling of geometric highway and the road specification number of lanes and lane of road is determined by secondary data from (Traffic Daily average).

Keywords : aerial photography, DTM, DSM, contours, roads

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Visualisasi 3D Jalan Dari Foto Udara (*UAV*) Dengan Kaitan Aspek Geometrik Jalan Raya” guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik program studi Teknik Geodesi pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua yang mendukung penuh atas materi dan ketulusan hati
2. Bapak Edwin Tjahjadi, ST., M.Geom., Sc.Ph.D. Pembimbing I sekaligus merangkap Ketua Jurusan yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Hery Purwanto, ST., MSc selaku dosen pembimbing II
4. Serta teman teman yang mendukung atas bantuan informasi sumber referensi buku

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Malang, 20 Agustus2015

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Lembar Pernyataan.....	iii
Halaman Motto dan Persembahan.....	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	2
I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
I.4 Batasan Penelitian	3
I.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
II.1 Kajian Pustaka	5
II.2 Klasifikasi Jalan.....	5
II.2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan	5
II.2.2 Klasifikasi menurut kelas jalan.....	5
II.2.3 Klasifikasi menurut medan jalan	6
II.3 Kriteria Perencanaan.....	6
II.3.1 Volume Lalu Lintas Rencana	6

II.3.2 Kecepatan Rencana.....	7
II.4 Bagian Bagian Jalan	7
II.4.1 Dimensi Jalan	7
II.5 Penampang Melintang	9
II.5.1 Komposisi Penampang Melintang.....	9
II.5.2 Jalur Lalu Lintas	10
II.5.3 Lajur.....	11
II.5.4 Bahu jalan	12
II.5.5 Median	13
II.5.6 Jarak Pandang Henti (Jh).....	14
II.5.7 Jarak Pandang Mendahului (Jd)	15
II.6 Alinemen Horisontal.....	16
II.6.1 Bentuk Tikungan Lingkaran / Circle (FC)	17
II.6.2 Bentuk Tikungan Spiral – Circle . Spiral	18
II.6.3 Bentuk Tikungan Spiral – Spiral (S.S).....	20
II.6.4 Superelevasi	21
II.6.5 Tikungan Gabungan	22
II.6.6 Tikungan Gabungan Searah.....	23
II.6.7 Tikungan Gabungan Berbalik.....	23
II.7 Alinemen Vertikal	24
II.7.1 Landai Maksimum	24
II.7.2 Panjang Kritis Suatu Kelandaian	25
II.7.3 Lengkung Vertikal	25
II.7.4 Lengkung Vertikal Cembung	26

II.7.5 Lengkung Vertikal Cekung	27
II.8 Fotogrametri	28
II.8.1 Unmanned Aerial Vehicle	31
II.8.2 Rencana Terbang	34
II.8.3 Titik Kontrol untuk Foto Udara	36
II.8.4 Triangulasi Udara	38
II.8.5 Digital Terrain Model (DTM)	40
II.8.6 Aplikasi DTM Dalam Pembuatan Garis Kontur	41
II.8.7 Filtering	42
II.9 Sistem GPS (Global Positioning System)	44
II.9.1 Metode. Metode Penentuan Posisi Dengan GPS	46
II.9.2 Metode Penentuan Posisi Absolut	47
II.9.3 Perhitungan SOF (Strength of Figure)	49
II.9.4 Metode Penentuan Posisi Diferensial	49
II.9.5 Metode Penentuan Posisi Statik	51
II.9.6 Metode Penentuan Posisi Kinematik	52
II.9.7 Metode Survei Statik Singkat (Rapid Static)	53
II.9.8 Metode Survei Pseudo Kinematik	54
II.9.9 Metode Survei Stop and Go	56
BAB III METODE PENELITIAN	58
III.1 Tahap Penyusunan Skripsi	58
III.2 Pelaksanaan Survey	60
III.2.1 Persiapan	60
III.2.2 Orientasi Lapangan	62

III.2.3 Titik Referensi dan Pemasangan Benchmark (BM) dan Premark	62
III.2.4 Pengukuran Titik Kontrol BM	64
III.2.5 Pengukuran Ground Control Point.....	64
III.3 Pelaksanaan Survey.....	65
III.3.1 Pengukuran BM dengan GPS Geodetik (Metode Statik).....	65
III.3.2 Pengukuran GCP (Metode RTK)	66
III.3.3 Tahapan Proses Foto Udara.....	66
III.4 Proses Pengolahan Data	71
III.4.1 Pengolahan Data GPS	71
III.4.2 Proses Pengolahan Data Software GeoGenius.....	75
III.4.3 Pengolahan Data Foto	86
III.4.4 Filtering Slope Based (SAGA GIS)	101
III.4.5 Remove Noisy Data (Surfer 9).....	106
III.4.6 Desain Geometrik Jalan (Autocad LD 2009).....	109
III.5 Perencanaan Geometrik Jalan	110
III.5.1 Identifikasi Masalah	110
III.5.2 Pengumpulan Data	111
III.6 Desain 3D Geometrik Jalan (Google Sketchup)	114
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	119
IV.1 Pengukuran BM Metode Statik.....	119
IV.1.1 Strength of Figure (SoF)	120
IV.2 Pengukuran GCP Metode RTK.....	121
IV.3 Hasil Foto Udara nirawak	122
IV.3.1 Skala Foto Rata . Rata.....	122

IV.3.2 Orthophoto	122
IV.3.3 Hasil Filtering DSM Menjadi DTM.....	122
IV.3.4 Hasil Kontur DTM.....	123
IV.4 Perhitungan Kurva Horisontal (Full Circle).....	125
IV.4.1 Kurva Horisontal 0+172.52.....	125
IV.4.2 Kurva Horisontal STA 0+360.37	126
IV.4.3 Kurva Horisontal STA 0+764.72	127
IV.4.4 Kurva Horisontal STA 0+908.87	128
IV.4.5 Kurva Horisontal STA 1+129	129
IV.4.6 Kurva Horisontal STA 1+216.28	130
IV.4.7 Kurva Horisontal STA 1+433.59	131
IV.4.8 Kurva Horisontal STA 1+705.33	132
IV.4.9 Kurva Horisontal STA 1+865.25	133
IV.4.10 Kurva Horisontal STA 3+101.87	134
IV.5 Jenis Tikungan	135
IV.5.1 Tikungan STA 1+350 s.d 1+450.....	135
IV.5.2 Tikungan STA 1+075 s.d 1+375.....	135
IV.6 Perhitungan Kurva Vertikal	136
IV.6.1 Kurva Vertikal STA 0+160 s.d 0+240 (Cekung).....	136
IV.6.2 Kurva Vertikal STA 0+360s.d 0+440 (Cekung).....	138
IV.6.3 Kurva Vertikal STA 0+600 s.d 0+720 (Cekung).....	139
IV.6.4 Kurva Vertikal STA 0+720 s.d 0+800 (Cembung).....	140
IV.6.5 Kurva Vertikal STA 1+160s.d 1+240 (Cekung).....	142
IV.6.6 Kurva Vertikal STA 1+320s.d 1+400 (Cekung).....	143

IV.6.7 Kurva Vertikal STA 2+040 s.d 2.120 (Cekung)	144
IV.6.8 Kurva Vertikal STA 1+560s.d 1+640 (Cekung).....	145
IV.6.9 Kurva Vertikal STA 2+280s.d 2+400 (Cembung).....	146
IV.6.10 Kurva Vertikal STA 2+680s.d 2+760 (Cekung).....	148
IV.6.11 Kurva Vertikal STA 2+960 s.d 3+040 (Cembung).....	149
IV.7 Potongan Melintang dan Desain Badan Jalan	150
IV.8 Hasil Building 3D (Google Sketchup)	152
BAB V PENUTUP	155
V.1 Kesimpulan.....	155
V.2 Saran	156
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian.Bagian Jalan	9
Gambar 2.2 Penampang Jalan Kolektor Primer	10
Gambar 2.3 Penampang Jalan Arteri Sekunder	10
Gambar 2.4 Penampang Jalan Lokal Sekunder	10
Gambar 2.5 Kemiringan melintang jalan normal	12
Gambar 2.6 Bahu Jalan	13
Gambar 2.7 Median direndahkan dan ditinggikan	14
Gambar 2.8. Komponen Full Circle (FC)	17
Gambar 2.9 Komponen lengkung peralihan.....	18
Gambar 2.10 Komponen S.S.....	21
Gambar 2. 11 Pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SCS	21
Gambar 2.12 Pencapaian superelevasi pada tikungan tipe FC.....	22
Gambar 2.13 Tikungan gabungan	23
Gambar 2.14 Tikungan gabungan sisipan garis lurus	23
Gambar 2.15 Tikungan gabungan	23
Gambar 2.16 Tikungan gabungan berbalik, $R_1 < R_2$	23
Gambar 2.17 Tikungan gabungan berbalik dengan sisipan garis lurus.....	23
Gambar 2.18 Tikungan gabungan berbalik dengan sisipan spiral.....	24
Gambar 2.19 Lengkung vertikal (1).....	25
Gambar 2.20 Lengkung vertikal (2).....	27
Gambar 2.21 Lengkung vertikal (3).....	27
Gambar 2.22 Jarak sinar lampu besar dari kendaraan untuk $J_h < L$	27
Gambar 2.23 Jarak sinar lampu besar dari kendaraan untuk $J_h > L$	28

Gambar 2.24 Diagram alir proses pembuatan DEM secara otomatis	31
Gambar 2.25 Bentuk model UAV	33
Gambar 2.26 Desain sebaran titik kontrol pada area pemetaan	36
Gambar 2.27 Desain tanda buatan untuk pre-marking.....	38
Gambar 2.28 Diagram alir prinsip dasar triangulasi udara	39
Gambar 2.29 Kondisi kesegarisan.....	40
Gambar 2.30 Ilustrasi titik diskrit pada DTM	41
Gambar 2.31 perbedaan antara DSM dengan DTM.....	41
Gambar 2.32 Diference DSM – DTM.....	43
Gambar 2.33 Ilustrasi metode moving average.....	44
Gambar 2.34 Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS	45
Gambar 2.35 Metode.metode penentuan posisi dengan GPS	46
Gambar 2.36 Metode penentuan posisi dengan GPS	47
Gambar 2.37 Metode penentuan posisi absolut	48
Gambar 2.38 Perhitungan nilai DOP untuk penentuan posisi secara absolut	49
Gambar 2.39 Metode penentuan posisi diferensial	50
Gambar 2.40 Penentuan posisi titik.titik dengan metode static	52
Gambar 2.41 Penentuan posisi dengan metode kinematic	52
Gambar 2.42 Kombinasi metode survei statik dan statik singkat	54
Gambar 2.43 Metode survei statik, statik singkat, dan pseudo kinematic	54
Gambar 2.44 Metode survei penentuan posisi pseudo kinematic	55
Gambar 2.45 Metode penentuan posisi stop and go.....	56
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Penelitian.....	59
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian	60

Gambar 3.3 Perangkat Penelitian	61
Gambar 3.4 Bentuk BM dan CP.....	63
Gambar 3.5 Titik BM dan Premark untuk GCP.....	63
Gambar 3.6 BM Ground control point	64
Gambar 3.7 Survey GPS pada Base ITN003	65
Gambar 3.8 Tampilan Tombol yang Terdapat pada Alat GPS GR5.....	65
Gambar 3.9 Survey GPS lokasi rover BM2	66
Gambar 3.10 Pengukuran premark untuk GCP.....	66
Gambar 3.11 Perencanaan jalur terbang software mission planner	68
Gambar 3.12 Ground control point	69
Gambar 3.13 Dokumentasi pemotretan udara.....	70
Gambar 3.14. Hasil foto udara	70
Gambar 3.15 Jaringan dengan 15 baseline.....	74
Gambar 3.16 Jaringan dengan 21 baseline.....	75
Gambar 3.17 Desktop dan icon geogenius.....	75
Gambar 3.18 Tampilan awal software Geogenius	75
Gambar 3.19 Tampilan menu project.....	76
Gambar 3.20 Kotak dialog select system	76
Gambar 3.21 Kotak dialog system editor.....	76
Gambar 3.22 Kotak dialog system editor.....	77
Gambar 3.23 Kotak dialog system editor	77
Gambar 3.24 Kotak dialog system editor.....	77
Gambar 3.25 Kotak dialog system editor.....	78
Gambar 3.26 Tampilan menu project.....	78

Gambar 3.27 Kotak dialog select system	78
Gambar 3.28 Tampilan menu project.....	79
Gambar 3.29 Kotak dialog insert files into project	79
Gambar 3.30 Proses add to project.....	79
Gambar 3.31 Tampilan data base	79
Gambar 3.35 Hasil insert file data base dan rover pada software geogenius.....	80
Gambar 3.34 Tampilan data rover.....	80
Gambar 3.33 Proses add to project.....	80
Gambar 3.32 Kotak dialog insert files into project	80
Gambar 3.36 Tampilan titik pada software geogenius.....	81
Gambar 3.37 Tampilan kotak dialog property point	81
Gambar 3.38 Kotak dialog property point control	81
Gambar 3.39 Proses marge point	82
Gambar 3.40 Kotak dialog marge point	82
Gambar 3.41 Hasil proses marge poin pada titik BM01	82
Gambar 3.42 Tampilan software geogenius.....	83
Gambar 3.43 Kotak dialog processing options.settings	83
Gambar 3.44 Kotak dialog processing options	83
Gambar 3.45 Tampilan menu process pada software geogenius	84
Gambar 3.46 Hasil process project pada software geogenius	84
Gambar 3.47 Tampilan menu adjust pada geogenius	84
Gambar 3.48 Tampilan kotak dialog adjustment settings	85
Gambar 3.49 Tampilan menu adjust pada software geogenius.....	85
Gambar 3.50 Report hasil adjust (free)	85

Gambar 3.51 Tampilan menu adjust pada software geogenius	86
Gambar 3.52 Reorthasil adjust (biased)	86
Gambar 3.53 Tampilan Program Agisoft PhotoScan Professional	87
Gambar 3.54 Tampilan Program Agisoft PhotoScan Professional	87
Gambar 3.55 Tampilan Jendela PhotoScan Preference - General.....	88
Gambar 3.56 Tampilan Jendela PhotoScan Preference . OpenCL.....	88
Gambar 3.57 Tampilan Menu Workflow – Add Photos	89
Gambar 3.58 Tampilan Tebel Image pada Jendela Ground Control.....	89
Gambar 3.59 Tampilan Jendela Ground Control Setting	90
Gambar 3.60 Tampilan Jendela Align Photos.....	90
Gambar 3.61 Tampilan Processing in progress.....	90
Gambar 3.61 Tampilan point cloud hasil proses align photo.....	91
Gambar 3.62 Menubat Workflow – Build Geometry	91
Gambar 3.63 Tampilan Jendela Build Geometry	92
Gambar 3.64 Tampilan Shaded Geometry	92
Gambar 3.65 Tampilan Solid Geometry	93
Gambar 3.66 Tampilan create marker	93
Gambar 3.67 Tampilan Jendela Import CSV	94
Gambar 3.68 Tampilan Tabel GCP Jendela Ground Kontrol	94
Gambar 3.69 Tampilan Jendela Ground Kontrol Setings	95
Gambar 3.70 Tampilan Ground Control	95
Gambar 3.71 Point Marker GCP	96
Gambar 3.72 Tampilan jendela build geometry	96
Gambar 3.73 Tampilan Jendela build texture	97

Gambar 3.74 Tampilan Menubar File - Export Orthophoto	97
Gambar 3.75 Tampilan jendela export orthophoto	98
Gambar 3.76 Tampilan jendela save orthophoto	98
Gambar 3.77 Tampilan Orthophoto Mosaik	99
Gambar 3.78 Tampilan Menubar File – Export DEM	99
Gambar 3.79 Tampilan Jendela Export DEM	100
Gambar 3.80 Tampilan Jendela Save Export DEM	100
Gambar 3.81 Tampilan DSM.....	101
Gambar 3.82 import point cloud from text file	102
Gambar 3.83 import point cloud from text file	103
Gambar 3.84 Gap closing.....	103
Gambar 3.85 Shading.....	104
Gambar 3.86 Point Cloud to Grid (Lowest Z)	104
Gambar 3.87 Removing non.ground cells.....	104
Gambar 3.88 Hasil dari filtering DSM.....	105
Gambar 3.89 Grid Difference.....	105
Gambar 3.90 Hasil export koordinat DTM	106
Gambar 3.91 import data koordinat DTM	106
Gambar 3.92 Data import options	107
Gambar 3.93 Output Grid.....	107
Gambar 3.94 Hasil kontur dari DTM	107
Gambar 3.95 digital filtering.....	108
Gambar 3.96 Hasil Kontur dari digital filtering DTM	108
Gambar 3.97 Save to dxf.....	109

Gambar 3.98 setting awal.....	109
Gambar 3.99 import contour from dxf.....	110
Gambar 3.100 Data topografi dari hasil foto udara.....	111
Gambar 3.101 Rencana Jalan	112
Gambar 3.102 Open dialog box	114
Gambar 3.103 built terrain	115
Gambar 3.104 Create terrain	115
Gambar 3.105 desain from centerline	116
Gambar 3.106 setting parameter instant road.....	116
Gambar 3.107 Exposure Instant Road.....	117
Gambar 3.108 Thru Paint.....	117
Gambar 3.109 Choose Image.....	118
Gambar 3.110 scaling texture.....	118
Gambar 4.1 titik orde 4 ITN003.....	119
Gambar 4.2 Jaringan dengan 15 baseline.....	120
Gambar 4.3 Hasil Orthophoto	122
Gambar 4.4 Perbedaan DSM dan DTM	123
Gambar 4.5 Perbedaan hasil kontur DTM setelah proses filtering	124
Gambar 4.6 Hasil DEM pada DSM dan DTM.....	124
Gambar 4.7 Komponen Full Circle (FC) STA 0+172.52.....	125
Gambar 4.8 Komponen Full Circle (FC) STA 0+360.37.....	126
Gambar 4.9 Komponen Full Circle (FC) STA 0+764.72.....	127
Gambar 4.10 Komponen Full Circle (FC) STA 0+908.87.....	128
Gambar 4.11 Komponen Full Circle (FC) STA 1+129.....	129

Gambar 4.12 Komponen Full Circle (FC) STA 1+216.28.....	130
Gambar 4.13 Komponen Full Circle (FC) STA 1+433.59.....	131
Gambar 4.14 Komponen Full Circle (FC) STA 1+705.33.....	132
Gambar 4.15 Komponen Full Circle (FC) STA 1+865.25.....	133
Gambar 4.16 Komponen Full Circle (FC) STA 3+101.87.....	134
Gambar 4.17 Tikungan gabungan berbalik.....	135
Gambar 4.18 Tikungan gabung berbalik.....	135
Gambar 4.19 Desain kurva vertikal STA 0+160 s.d 0+240.....	136
Gambar 4.20 Desain kurva vertikal STA 0+360 s.d 0+440.....	138
Gambar 4.21 Desain kurva vertikal STA 0+600 s.d 0+720.....	139
Gambar 4.22 Desain kurva vertikal STA 0+720 s.d 0+800.....	140
Gambar 4.23 Desain kurva vertikal STA 1+160 s.d 1+240.....	142
Gambar 4.24 Desain kurva vertikal STA 1+320s.d 1+400.....	143
Gambar 4.25 Desain kurva vertikal STA 2+040 s.d 2.120.....	144
Gambar 4.26 Desain kurva vertikal STA 1+560 s.d 1+640.....	145
Gambar 4.27 Desain kurva vertikal STA 2+280 s.d 2+400.....	146
Gambar 4.28 Desain kurva vertikal STA 2+680 s.d 2+760.....	148
Gambar 4.29 Desain kurva vertikal STA 2+960 s.d 3+040.....	149
Gambar 4.30 Desain badan jalan normal.....	150
Gambar 4.31 Rumija dan rumaja.....	151
Gambar 4.32 Desain badan jalan pada daerah cut.....	151
Gambar 4.33 Desain badan jalan pada daerah fill.....	152
Gambar 4.34 Desain perkerasan dan type saluran.....	152
Gambar 4.35 Area bundaran tugu pesawat suhat.....	152

Gambar 4.36 Alinyemen horizontal 0+172.52.....	153
Gambar 4.37 Tikungan gabungan bebalik	153
Gambar 4.38 Tikungan gabungan	154
Gambar 4.39 Desain 3D Badan Jalan	154

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut kelas jalan	6
Tabel 2.2 Klasifikasi menurut medanjalan.....	6
Tabel 2.3 faktor.Kdan faktor.Fyang sesuai dengan VLHR.....	7
Tabel 2.4 Kecepatan Rencana	7
Tabel 2.5 Dimensi Jalan BWP Malang Utara	9
Tabel 2.6 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu jalan	11
Tabel 2.7 Lebar Lajur Jalan Ideal.....	12
Tabel 2.8 Lebar minimum median	14
Tabel 2.9 Jarak pandang henti minimum	15
Tabel 2.10 Panjang jarak pandang mendahului berdasarkan VR.....	16
Tabel 2.11 Panjang bagian lurus maksimum.....	17
Tabel 2.12 Jari.jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan	17
Tabel 2.13 Panjang lengkung peralihan (Ls) dan superelvasi (Le).....	20
Tabel 2.14 Kelandaian maksimum yang diijinkan.....	25
Tabel 2.15 Panjang kritis (m).....	25
Tabel 2.16 Ketentuan tinggi untuk jenis jarak pandang.....	26
Tabel 2.17 Metode.metode penentuan posisi dengan GPS	46
Tabel 2.18 Efek dari proses pengurangan data.....	50
Tabel 3.1 Daftar koordinat rencana proyek.....	60
Tabel 3.2 Kebutuhan Data dan Peta	62
Tabel 3.3 Spesifikasi kamera Sony DSC.RX100.....	67
Tabel 3.4 Spesifikasi UAV.....	67

Tabel 3.5 Rencana terbang	67
Tabel 3.6 Matriks A	72
Tabel 3.7 Matriks AT	72
Tabel 3.6 Matriks ATA	72
Tabel 3.8 Matriks ATA	72
Tabel 3.9 Matriks (ATA).1	73
Tabel 3.10 Parameter SAGA GIS	102
Tabel 3.11 Bench Mark Point	112
Tabel 3.12 Data LHR Jl. Soekarno Hatta	112
Tabel 3.13 Data LHR Jl. Terusan Borobudur	113
Tabel 3.14 Data LHR Jl. Jend. Ahmad Yani.....	113
Tabel 4.1 Hasil Koordinat Akhir	119
Tabel 4.2 Adjusted Points in WGS84	119
Tabel 4.3 Koordinat Ground Control Point.....	121
Tabel 4.4 starting point.....	153
Tabel 4.5 Alinyemen horizontal (1)	153
Tabel 4.6 Detail lokasi tikungan.....	154
Tabel 4.7 Detail lokasi tikungan.....	154

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kota Malang memiliki posisi yang cukup strategis di Propinsi Jawa Timur yaitu sebagai kota terbesar kedua setelah Kota Surabaya dan mempunyai perkembangan yang cepat. Hal tersebut diharapkan mampu menarik wilayah sekitarnya dalam pemerataan pembangunan. Menurut RTRW Nasional, Kota Malang termasuk dalam Pusat Kegiatan Nasional (PKN). Kota Malang terdiri dari lima kecamatan meliputi Kecamatan Klojen, Kecamatan Lowokwaru, Kecamatan Blimbing, Kecamatan Kedungkandang dan Kecamatan Sukun. Berdasarkan perkembangan jumlah penduduk dan semakin meningkatnya volume kegiatan pemerintahan dan pembangunan di wilayah Kota Malang, maka untuk memperlancar pelaksanaan tugas-tugas di bidang pemerintahan dan pembangunan serta meningkatkan pelayanan terhadap masyarakat, dipandang perlu dilakukan pemekaran terhadap Kecamatan dan Kelurahan yang sudah ada. (Hasil Rencana, 2013:1)

Titik Kemacetan di utara kota Malang yaitu di sepanjang jalan utama mulai dari Pasar Lawang, Pasar Singosari, Jl Raya Mondoroko, Pertigaan Bentoel, Fly Over Arjosari sampai Pertigaan Masjid Sabillah, kemudian arah jalur Soekarno Hatta . Jembatan Kembar Brawijaya. Dani (2013) menyatakan "...Kemacetan ini terjadi tiap hari pada jam sibuk utamanya pagi jam 06.30-09.00 kadang lebih dan sore jam 15.00-18.00, ditambah Hari Jumat dan Sabtu Sore (Arah ke Malang) dan Minggu Sore (arah ke Surabaya). Untuk mengatasi kemacetan tersebut dapat disiasati dengan membangun jalur alternatif lintas kota yang berada di titik rawan kemacetan tersebut, mulai dari tugu pesawat Jl. Soekarno.Hatta menuju arah Jl. Perusahaan kemudian tembus kearah pertigaan Jl. Karangploso (Pabrik Rokok Bentoel), dengan harapan titik kemacetan terparah akan menjadi berkurang dengan dibuatnya jalur alternatif lintas kota tersebut...".

Sebagai pedoman dalam menyelenggarakan tata ruang wilayah kota Malang seperti yang termaksud pada Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan, maka pemerintah daerah mengeluarkan Peraturan Daerah Kota

Malang Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Malang Tahun 2010.2030. Berdasarkan penyusunan review rencana rinci tata ruang kota malang (BWP Malang Utara) tentang rencana pengembangan jaringan jalan Rencana jalan kolektor sekunder II di BWP Malang Utara adalah pengembangan jalan kolektor sekunder I meliputi Jalan Sudimoro . Jalan Ikan Tombro . Jalan Ikan Tombro Timur, Jalan Sudimoro . Jalan Ikan Lumba.Lumba, Jalan Bungur . Jalan Bungur (Tengah) . Jalan Melati, Jalan Bungur . Jalan Bungur (Tengah) . Jalan Mawar . Jalan Sarangan, Jalan Bungur . Jalan Bungur (Tengah) . Jalan Mawar . Jalan Sarangan . Jalan Tawangmangu . Jalan Kaliurang dan Jalan Veteran serta pengembangan jalan tembus menuju Karangploso dikembangkan di Jalan Sudimoro . Jalan Ikan Tombro. (Hasil Rencana, 2013:1)

Prinsip penentuan geometrik jalan raya ditentukan oleh Lalu lintas Harian Rata – rata (LHR) dan kondisi topografi tanah yang ada pada area proyek dan wilayah sekitarnya, dengan kondisi LHR yang *overload* pada area tertentu maka harus dilakukan pengalihan dan rekayasa jalan dengan menentukan geometriknya, sedangkan geometrik jalan juga ditentukan dari kondisi topografi tanah. Ada berbagai macam survei pemetaan topografi yang dapat dilakukan, metode survei pemetaan tersebut adalah survei terestris, fotogrametri dengan *UAV*, fotogrametri dengan pesawat berawak, dan citra satelit atau penginderaan jauh. Setiap metode survey pemetaan yang dilakukan memiliki kelebihan dan kekurangan masing.masing. Semakin besar area cakupan (*coverage area*), semakin kecil resolusi yang dihasilkan. Sehingga pemilihan metode pemetaan yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan luas area yang ingin dipetakan serta spesifikasi proyek.

I.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada dapat dirumuskan beberapa masalah, yaitu:

1. Bagaimana hasil foto udara mampu menghasilkan data topografi yang baik sesuai dengan ketentuan Bina Marga untuk *standart* perencanaan geometrik jalan raya.
2. Bagaimana foto udara memberikan hasil DTM untuk permodelan 3D

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Menghasilkan DTM terbaik sebagai hasil topografi untuk perencanaan geometrik jalan yang sesuai dengan standart Bina Marga.
2. Mengetahui apakah peta orthofoto hasil pemetaan dengan fotogrametri UAV mampu menghasilkan pembesaran skala peta yaitu 1:5000, sesuai dengan ketentuan peta dasar topografi versi Bina Marga.
3. Menghasilkan visualisasi 3D jalan dengan acuan aspek geometriknya.

I.4 Batasan Penelitian

Agar pembahasan penelitian ini tidak menyimpang dari apa yang telah dirumuskan, maka penulis merasa perlu untuk memberikan batasan.batasan. Batasan.batasan penelitian ini adalah :

1. Daerah yang dilakukan penelitian yakni Area Tugu Pesawat Jl. Soekarno.Hatta – Jl. Ikan Tombro – Jl Perusahaan.
2. Objek dalam penelitian ini adalah hasil *orthophoto* dan DTM dari fotogrametri nirawak menggunakan kamera non metrik
3. Data acuan *Premark* dan BM dilakukan dengan survey GPS
4. Standar ketelitian planimetrik sesuai dengan ketentuan pada skala foto 1:5,000

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan skripsi yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang studi skripsi atau skripsi, tujuan yang diharapkan, ruang lingkup masalah, batasan batasan dalam pembahasan skripsi, metodologi studi, dan sistematika penulisan.

BAB 2 DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan tentang tata cara dalam perencanaan geometrik jalan raya, pemetaan menggunakan metode fotogrametri berbasis *UAV*, serta teknis perencanaan sesuai dengan Bina Marga dan dinas tata ruang kota.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang bagaimana kajian ini dilakukan. Sebagai kajian ilmiah maka kebenaran fakta merupakan keharusan, menjelaskan tentang instrumen yang digunakan, serta teknik teknik pengujian kebenarannya.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menampilkan hasil dari kegiatan yang dilakukan berupa orthofoto dan DTM, kemudian mengekstrasi kedalam bentuk data kontur yang kemudian akan digunakan sebagai dasar acuan pembuatan geometrik jalan raya sesuai dengan ketentuan bina marga dan dinas tata ruang kota. Hasil akhir berupa permodelan 3D yang tervisualisasi pada google earth yang terferensikan dalam koordinat global.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan yang didapatkan dari skripsi dan saran saran seperlunya sebagai rekomendasi kajian selanjutnya.

BAB II

DASAR TEORI

II.1 Kajian Pustaka

Hasil foto udara dari wahana nir. awak dapat diproses dengan fotogrametri digital untuk produksi berbagai jenis data spasial seperti citra mosaik wilayah perkotaan, model elevasi digital, dan peta foto. Hasil pemrosesan data juga dapat digunakan untuk keperluan pengukuran bentuk, dimensi dan volume suatu obyek yang terekam dalam citra foto udaranya (Rokhmana , 2010).

Peta topografi berkontur yang akan menjadi peta dasar perencanaan jalan, dengan skala tidak lebih kecil dari 1:10.000 (skala yang lain misalnya 1:2.500 dan 1:5.000). Perbedaan tinggi setiap garis kontur disarankan tidak lebih 5 meter (Bina Marga, 1997)

II.2 Klasifikasi Jalan

II.2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

- a. Jalan Arteri : Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri.ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata.rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b. Jalan Kolektor : Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri.ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata.rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan Lokal : Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri.ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata.rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi. (Bina Marga,1997)

II.2.2 Klasifikasi menurut kelas jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton, (Silvia,1999) Klasifikasi dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut kelas jalan, Pasal 11, Silvia (1999)

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	

II.2.3 Klasifikasi menurut medan jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi menurut medan jalan, Silvia (1999)

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 .25
3	Pegunungan	G	> 25

Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan, perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

II.3 Kriteria Perencanaan

II.3.1 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari. Volume Jam Rencana (VJR) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus:

$$VJR = VLRH \times \frac{K}{F} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- K = (disebut faktor K), adalah faktor volume lalu lintas jam sibuk, dan
- F = (disebut faktor F), adalah faktor variasi tingkat lalu lintas ¼ jam dalam satu jam.

VJR = digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan.

Tabel 2.3 faktor.K dan faktor.F yang sesuai dengan VLHR.nya, *Bina Marga (1997)*

VLHR	FAKTOR.K (%)	FAKTOR.F (%)
> 50.000	4.6	0,9.1
30.000.50.000	6.8	0,8.1
10.000.30.000	6.8	0,8.1
5.000 .10.000	8.10	1,6.0,8
1.000 .5000	10.12	0,6.0,8
<1.000	12.16	<0,6

II.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana, V_R , pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan.kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. V_R untuk masing masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.4. Untuk kondisi medan yang sulit, V_R suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.4 Kecepatan Rencana, V_R , *Bina Marga (1997)*

Fungsi	Kecamatan Rencana, V_R Km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70.120	60.80	40.70
Kolektor	60.90	50.60	30.50
Lokal	40.70	30.50	20.30

II.4 Bagian Bagian Jalan

II.4.1 Dimensi Jalan

Dalam Pasal 33 Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan, dijelaskan bahwa bagian.bagian jalan meliputi Ruang Manfaat Jalan (Rumaja), Ruang Milik Jalan (Rumija), dan Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja). Ruang Manfaat Jalan meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamannya. Ruang Milik Jalan (Rumaja) meliputi ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja) merupakan ruang tertentu di luar ruang milik jalan yang ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan.

1. Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

Dalam Pasal 34 Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan, dijelaskan bahwa :

- a. Meliputi badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengamanannya.
- b. Merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi dan kedalaman tertentu yang ditetapkan oleh penyelenggara jalan yang bersangkutan berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri.
- c. Hanya diperuntukkan bagi median, perkerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar (hanya diperuntukkan bagi lalu lintas pejalan kaki), lereng, ambang pengaman, timbunan dan galian, gorong.gorong, perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap lainnya.

2. Ruang Milik Jalan (Rumija)

Dalam Pasal 39 Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan, dijelaskan bahwa :

- a. Terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan.
- b. Ruang Milik Jalan (Rumija) merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, kedalaman dan tinggi tertentu.
- c. Ruang Milik Jalan (Rumija) diperuntukkan bagi Ruang Manfaat Jalan (Rumaja), pelebaran jalan dan penambahan jalur lalu lintas di masa akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan.
- d. Sejalur tanah tertentu dapat dimanfaatkan sebagai Ruang Terbuka Hijau yang berfungsi sebagai lansekap jalan.
- e. Penggunaan ruang terbuka pada ruang milik jalan untuk Ruang Terbuka Hijau dimungkinkan selama belum dimanfaatkan untuk keperluan Ruang Manfaat Jalan (Rumaja).

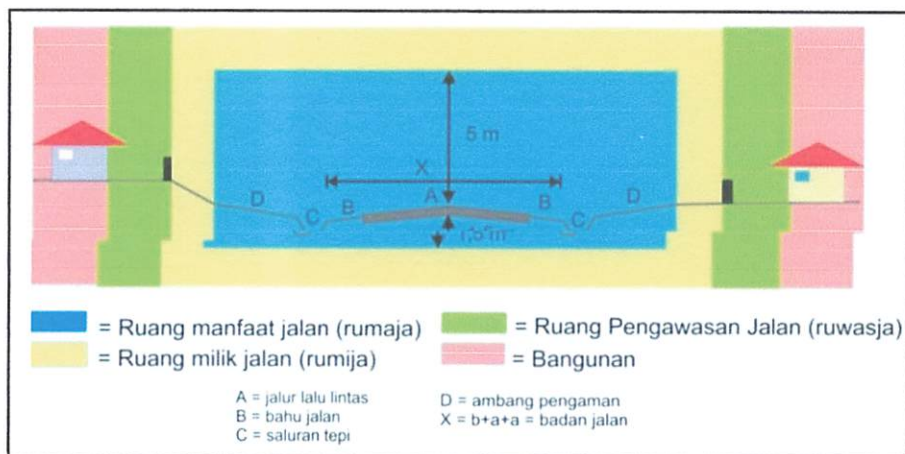
3. Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Dalam Pasal 44 Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan, dijelaskan bahwa :

- a. Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja) merupakan ruang tertentu di luar Ruang Milik Jalan (Rumija) yang penggunaannya ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan.

- b. Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja) diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan serta pengamanan fungsi jalan.
- c. Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja) merupakan ruang sepanjang jalan di luar ruang milik jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu.
- d. Dalam hal Ruang Milik Jalan (Rumija) tidak cukup luas, lebar Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja) ditentukan dari tepi badan jalan.

Berdasarkan ketentuan di atas, maka bagian-bagian jalan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Bagian.Bagian Jalan

Tabel 2.5 Dimensi Jalan BWP Malang Utara (Hasil Rencana, 2013)

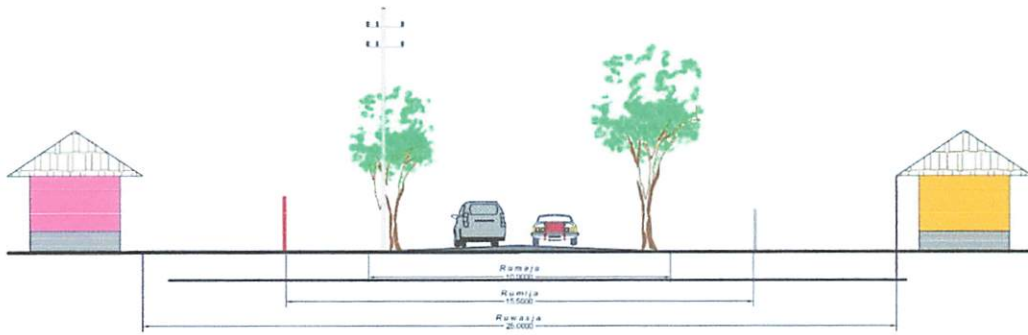
HIERARKHI JALAN	RUMAJA (M)	RUMIJA (M)	RUWASJA (M)
Arteri Sekunder	9	15	25
Kolektor Primer	10	15,5	25
Lokal Sekunder	6	10	18

II.5 Penampang Melintang

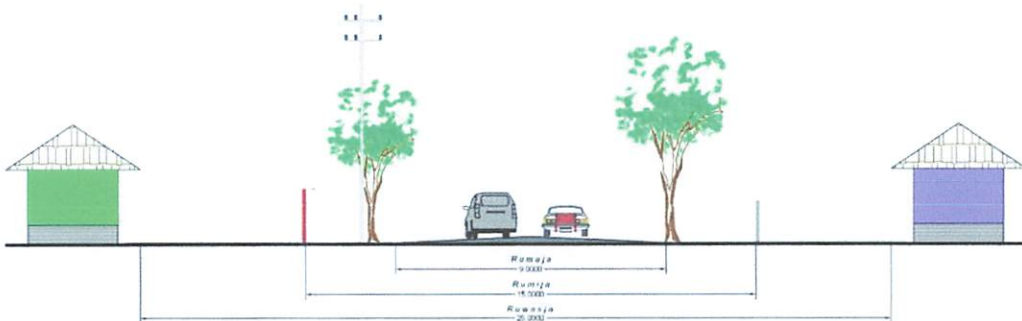
II.5.1 Komposisi Penampang Melintang

Penampang melintang jalan terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut (lihat Gambar 2.2 dan Gambar 2.3) :

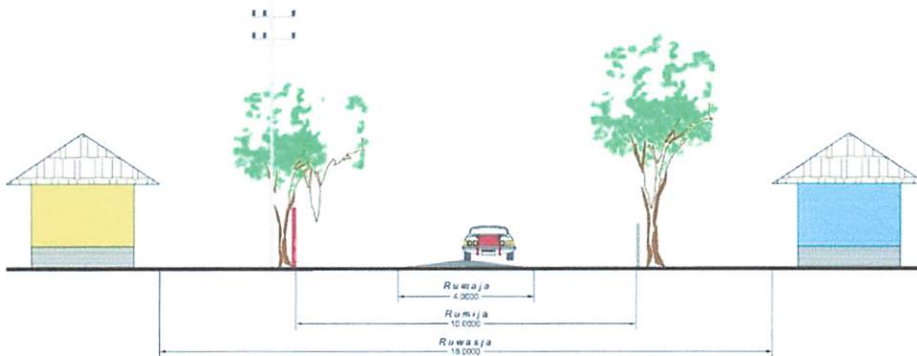
- 1) Jalur lalu lintas;
- 2) Median dan jalur tepian (kalau ada);
- 3) Bahu;
- 4) Jalur pejalan kaki;
- 5) Selokan; dan Lereng.



Gambar 2.2 Penampang Jalan Kolektor Primer



Gambar 2.3 Penampang Jalan Arteri Sekunder



Gambar 2.4 Penampang Jalan Lokal Sekunder

II.5.2 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. (Bina Marga,1997) Batas jalur lalu lintas dapat berupa:

- a. Median;
- b. Bahu;
- c. Trotoar;
- d. Pulau jalan; dan Separator.

Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur, jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe :

- (1) 1 jalur.2 lajur.2 arah (2/2 TB)
- (2) 1 jalur.2 lajur.1 arah (2/1 TB)
- (3) 2 jalur.4 lajur.2 arah (4/2 B)
- (4) 2 jalur.n lajur.2 arah (n/2 B)

Keterangan:

n = jumlah lajur.

TB = tidak terbagi.

B = terbagi

Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya. Tabel 2.6 menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR.nya. Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya. Lebar jalur minimum adalah 4.5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan.

Tabel 2.6 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu jalan, *Silvia (1999)*

VLHR (smp/hari)	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)
<3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000.10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001.25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**	**
>25.000	2x3,5 ^{*)}	2,5	2x7,0 ^{*)}	2,0	2x3,5 ^{*)}	2,0	**	**

Keterangan:

**)= Mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 jalur terbagi masing – masing $n \times 3,5$ m, di mana n= Jumlah lajur per jalur

. = Tidak ditentukan

II.5.3 Lajur

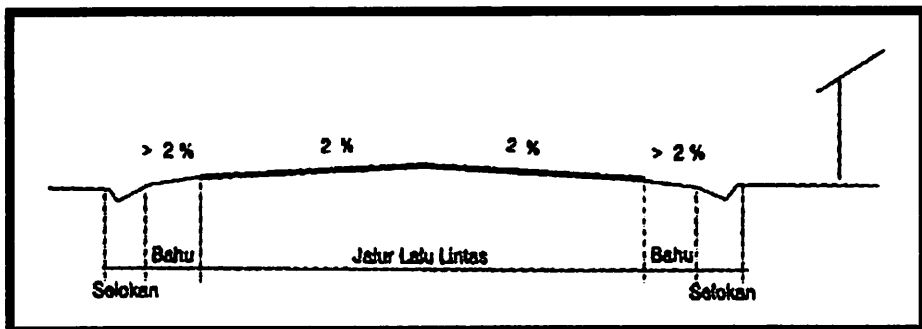
Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam Tabel 11.8. Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, di mana untuk suatu ruas

jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0.80. Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal sebagai berikut (lihat Gambar 11.14):

- (1) 2.3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton;
- (2) 4.5% untuk perkerasan kerikil

Tabel 2.7 Lebar Lajur Jalan Ideal, *Silvia (1997)*

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00



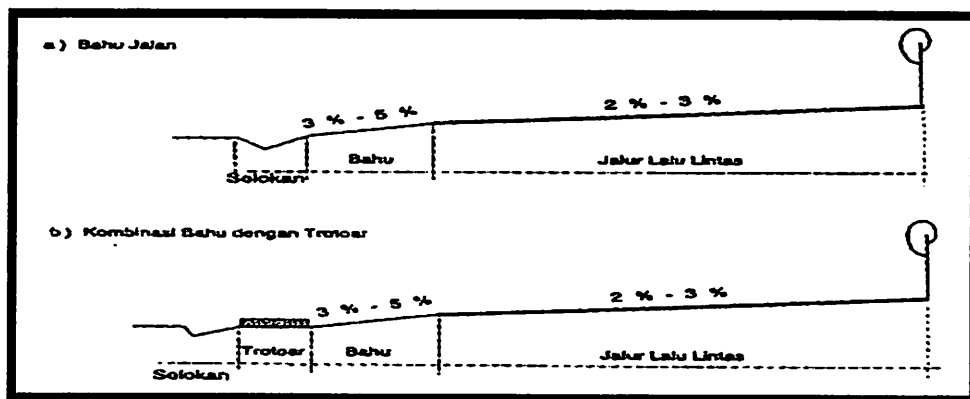
Gambar 2.5 Kemiringan melintang jalan normal, *Bina Marga (1997)*

II.5.4 Bahu jalan

Bahu Jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras (lihat Gambar 2.5). Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut:

- (1) lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parker darurat;
- (2) ruang bebas samping bagi lalu lintas; dan
- (3) penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas.

Kemiringan bahu jalan normal antara 3-5% dan lebar bahu jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.5.



Gambar 2.6 Bahu Jalan, Silvia (1999)

II.5.5 Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Fungsi median adalah untuk :

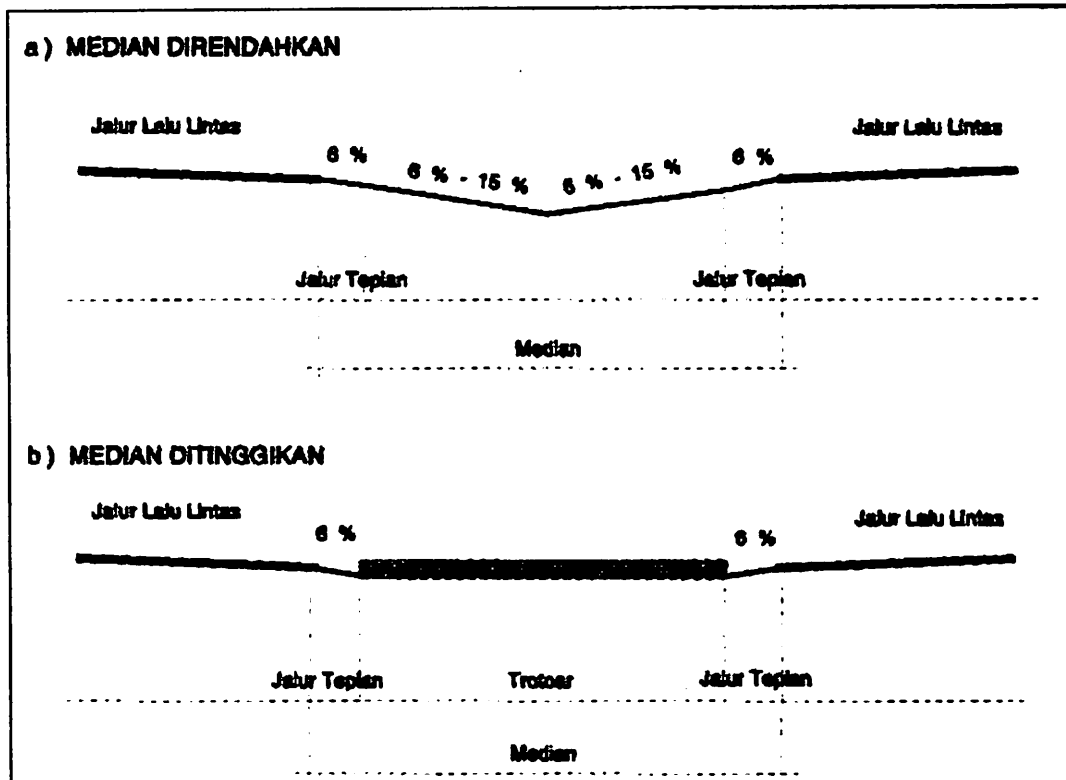
- (1) Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah;
- (2) Uang lapak tunggu penyeberang jalan;
- (3) Penempatan fasilitas jalan;
- (4) Tempat prasarana kerja sementara;
- (5) Penghijauan;
- (6) Tempat berhenti darurat (jika cukup luas);
- (7) Cadangan lajur (jika cukup luas); dan
- (8) Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan.

Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median, median dapat dibedakan atas (lihat Gambar 2.6). Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25.0,50 meter dan bangunan pemisah jalur, ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 2.7. Perencanaan median yang lebih rinci mengacu pada Standart Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Maret 1992

- (1) Median drendahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang drendahkan.
- (2) Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan.

Tabel 2.8 Lebar minimum median, *Bina Marga (1997)*

Bentuk median	Lebar minimum (m)
Median ditinggikan	2,0
Median direndahkan	7,0

Gambar 2.7 Median direndahkan dan ditinggikan, *Bina Marga (1997)*

II.5.6 Jarak Pandang Henti (J_h)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi ketentuan J_h . Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm, yang diukur dari permukaan jalan. Jarak pandang henti (J_h) terdiri dari dua elemen jarak yaitu:

1. Jarak Tanggap (J_{ht})

Jarak tanggap (J_{ht}) adalah jarak yang ditentukan oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

2. Jarak Pengereman (J_{hr})

Jarak pengereman (J_{hr}) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti (J_h) dalam satuan meter dapat dihitung dengan rumus :

$$J_h = J_{ht} + J_{hr} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$J_h = \frac{V_R}{3.6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3.6}\right)^2}{2 g f_p} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = percepatan grafitasi, ditetapkan 9,8 m/det²

f_p = koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,28 – 0,45 (menurut AASHTO), f_p akan semakin kecil jika kecepatan (V_R) semakin tinggi dan sebaliknya (menurut Bina Marga, $f_p = 0,35 - 0,55$).

Persamaan 43 dapat disederhanakan menjadi:

1. Untuk jalan datar

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{V_R^2}{254 f_p} \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$J_h = 0,278 V_R T + \frac{V_R^2}{254 (f_p \pm L)} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

L = landai jalan dalam % dibagi 100

Tabel 2.9 Jarak pandang henti minimum, *Bina Marga (1997)*

V_R km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

II.5.7 Jarak Pandang Mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului (J_d) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan

tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang mendahului (J_d) diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.

Dalam satuan meter J_d ditentukan dengan rumus:

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots (2.6)$$

$$d_1 = 0,278 T_1 \left(V_R - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$d_2 = 0,278 V_R T_2 \dots\dots\dots (2.8)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana :

- d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)
- d_2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)
- d_3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m).
- d_4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan.
- T_1 = waktu dalam (detik), $\infty 2,12 + 0,026 V_R$
- T_2 = waktu kendaraan berada di jalur lawan (s) $\infty 6,56 + 0,048 V_R$
- a = percepatan km/jam/s, (km/jam/detik), $\infty 2,052 + 0,0036 V_R$
- m = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang menyiap dan kendaraan yang disiap, (biasanya diambil 10.15 km/jam)

Tabel 2.10 Panjang jarak pandang mendahului berdasarkan V_R , *Bina Marga (1997)*

V_R km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

II.6 Alinemen Horisontal

Alinemen horisontal atau trase suatu jalan adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horisontal. Alinemen horisontal terdiri dari dua jenis bagian jalan, yaitu: *bagian lurus*, dan *bagian lengkung* yang disebut tikungan. Perencanaan geometrik pada bagian lurus harus memenuhi persyaratan jarak pandang henti (J_h) dan jarak pandang mendahului (J_d), yaitu panjang maksimum bagian lurus

yang harus dapat ditempuh oleh kendaraan dalam waktu kurang dari 2,5 menit sesuai dengan kecepatan rencana.

Tabel 2.11 Panjang bagian lurus maksimum

Fungsi Jalan	Datar (m)	Bukit (m)	Gunung (m)
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

Perencanaan geometrik pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan V_R . Ada tiga jenis tikungan yang digunakan, yaitu:

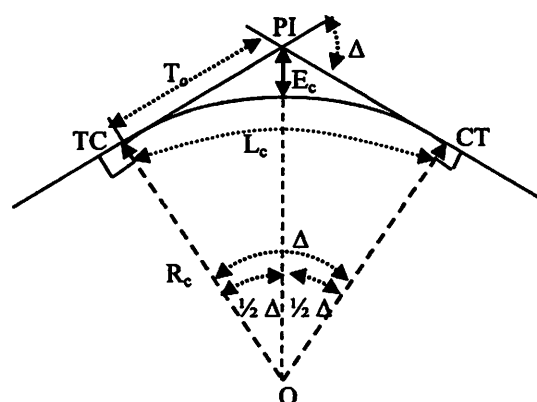
1. Lingkaran (Full Circle = FC)
2. Spiral – Lingkaran – Spiral (Spiral – Circle – Spiral = S.C.S)
3. Spiral – Spiral (S.S)

II.6.1 Bentuk Tikungan Lingkaran / Circle (FC)

FC (*Full Circle*) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari suatu bagian lingkarang saja. Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari – jari (R) besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan super elevasai yang besar. Adapun batasan yang biasa dipakai di Indonesia dimana diperbolehkan menggunakan bentuk circle adalah seperti tercantum pada tabel 6.4

Tabel 2.12 Jari,jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan, *Silvia (1999)*

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60



Gambar 2.8. Komponen Full Circle (FC)

dimana :

Δ = sudut tikungan

O = titik pusat lingkaran

T_c = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau dari PI ke CT

R_c = jari – jari lingkaran

E_c = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

L_c = panjang busur lingkaran

Rumus yang digunakan untuk menentukan harga T_c , E_c , dan L_c adalah:

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.6)$$

$$E_c = R_c (\sec \frac{1}{2} \Delta .1) \dots\dots\dots(2.7)$$

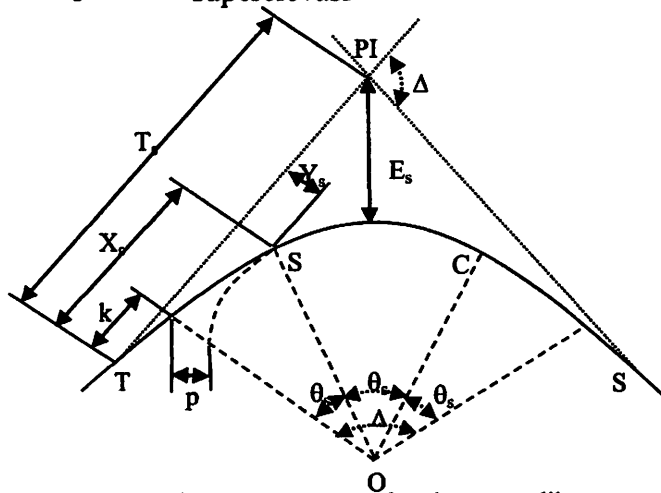
$$L_c = \frac{\Delta 2 \pi R_c}{360^\circ} \dots\dots\dots(2.8)$$

II.6.2 Bentuk Tikungan Spiral – Circle . Spiral

Lengkung spiral merupakan peralihan dari bagian lurus ke bagian circle, yang panjangnya lengkung peralihan (L_s) diperhitungkan berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus modifikasi Short sebagai berikut:

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.9)$$

- dimana:
- L_s = Panjang lengkung spiral
 - V_R = kecepatan rencana
 - R_c = jari – jari busur lingkaran
 - C = perubahan kecepatan, disarankan 0.4 m/det³
 - e = superelevasi



Gambar 2.9 Komponen lengkung peralihan

Keterangan :

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan)

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung

L_s = panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau Cs ke ST)

L_c = panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)

T_s = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST

TS = titik dari tangen ke spiral.

SC = titik dari spiral ke lingkaran

E_s = jarak dari PI ke busur lingkaran.

θ_s = sudut lengkung spiral

R_c = jari-jari lingkaran.

p = pergeseran tangen terhadap spiral

k = absis dari p pada garis tangen spiral

Rumus yang digunakan:

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40R_c^2} \right) \dots\dots\dots(2.11)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R_c} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{R_c} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^2}{40R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.15)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots(2.16)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \dots\dots\dots(2.17)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \dots\dots\dots(2.18)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots(2.19)$$

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S.C.S, tetapi digunakan lengkung S.S, yaitu lengkung yang terdiri dari dua buah lengkung peralihan.

Selain menggunakan rumus 20, untuk tujuan praktis L_s dapat ditetapkan dengan menggunakan tabel 2.12

Tabel 2.13 Panjang lengkung peralihan (L_s) dan panjang pencapaian superelvasi (L_e) untuk jalan 1jalur.2lajur.2arah.

V_R (Km/Jam)	Superelevasi, e(%)									
	2		4		6		8		10	
	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e	L_s	L_e
20										
30										
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	100	10	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	0	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	11	.
120	40	80	55	90	70	110	95	135	0	.

II.6.3 Bentuk Tikungan Spiral – Spiral (S.S)

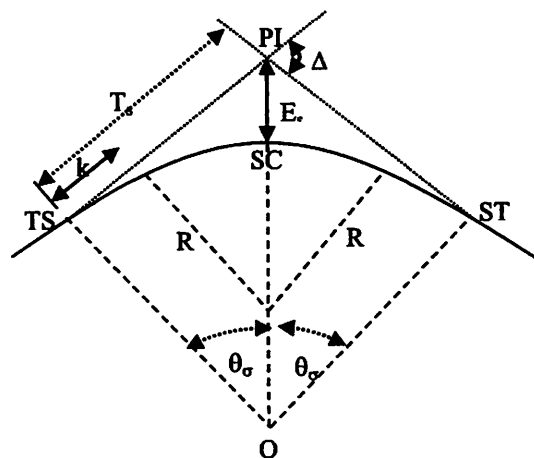
Bentuk tikungan jenis ini dipergunakan pada tikungan yang tajam. Adapun rumus – rumusnya semua sama seperti rumus untuk tikungan S.C.S, hanya yang perlu diingat bahwa:

$$\Delta = 2\theta_s \text{ dan } L_c = 0 \dots\dots\dots(2.18)$$

$$L_{tot} = 2L_s \dots\dots\dots(2.19)$$

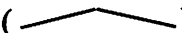
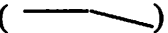

$$L_s = \frac{2\pi R_c}{360^\circ} 2\theta_s$$

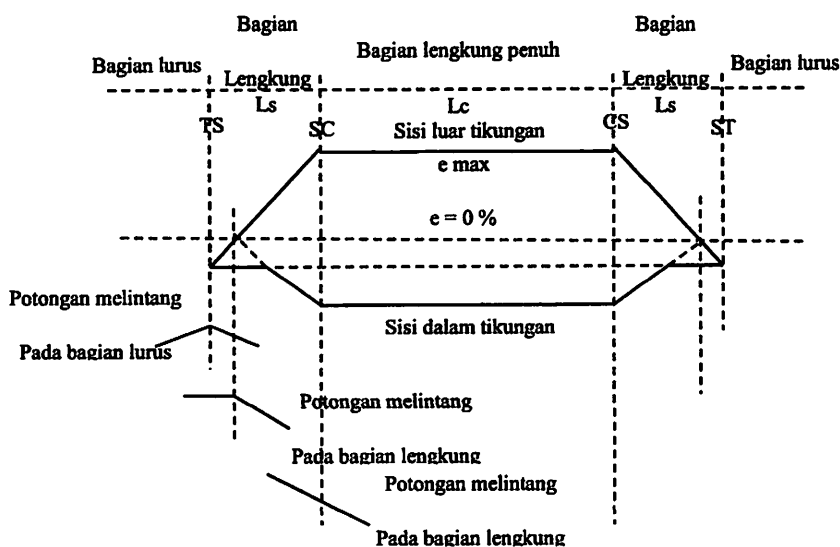
$$= \frac{\theta_s R_c}{28,648} \dots\dots\dots(2.20)$$



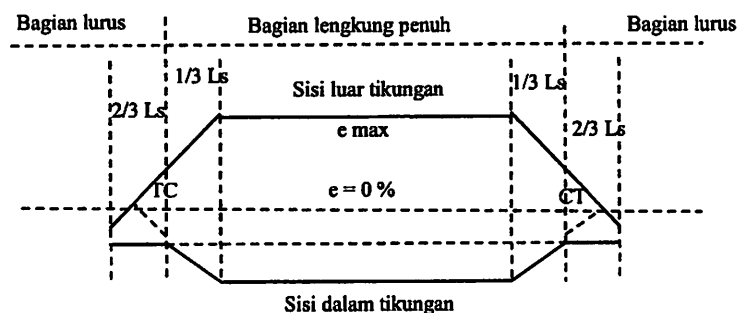
Gambar 2.10 Komponen S.S

II.6.4 Superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan V_r . Nilai maksimum ditetapkan 10%. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke miringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung. Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi diawali dari bentuk normal () sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk () pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh () pada akhir bagian lengkung peralihan (SC). Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$. (Sastrosoegito, 1992)



Gambar 2. 11 Pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SCS



Gambar 2.12 Pencapaian superelevasi pada tikungan tipe FC

Ada tiga cara untuk mendapatkan superelevasi yaitu:

1. Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu
2. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam.
3. Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar.

Pembuatan diagram superelevasi antara cara AASHTO dan cara Bina Marga ada sedikit perbedaan, yaitu:

1. Cara AASHTO, penampang melintang sudah mulai berubah pada titik TS.
2. Cara Bina Marga, penampang melintang pada titik TS masih berupa penampang melintang normal.

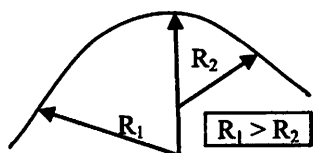
Pelebaran perkerasan ditikungan dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar lajur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan. Penentuan lebar pelebaran jalur di tikungan ditinjau dari elemen. elemen : keluar jalur (off tracking) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan. (Sastrosoegito, 1992)

II.6.5 Tikungan Gabungan

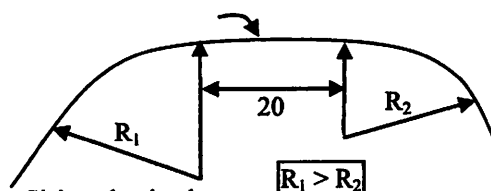
Pada perencanaan alinemen horisontal, kemungkinan akan ditemui perencanaan tikungan gabungan karena kondisi topografi pada route jalan yang akan direncanakan sedemikian rupa sehingga terpaksa (tidak dapat dihindari) harus dilakukan rencana tikungan gabungan, yang terdiri dari tikungan gabungan searah dan tikungan gabungan berbalik. (Azwir, 2012)

II.6.6 Tikungan Gabungan Searah

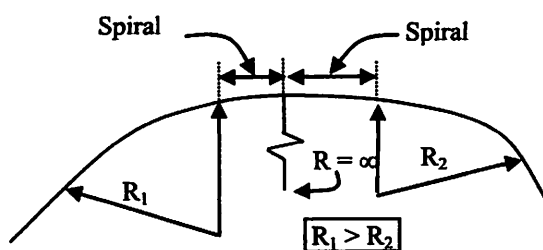
$R_1 > 1,5R_2$ adalah tikungan searah yang harus dihindari, jika terpaksa dibuat tikungan gabungan dari dua busur lingkaran (FC), disarankan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.13 Tikungan gabungan



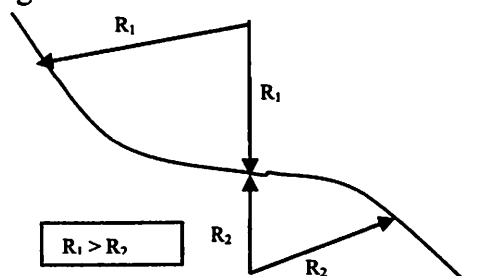
Sisipan bagian lurus
Gambar 2.14 Tikungan gabungan sisipan garis lurus



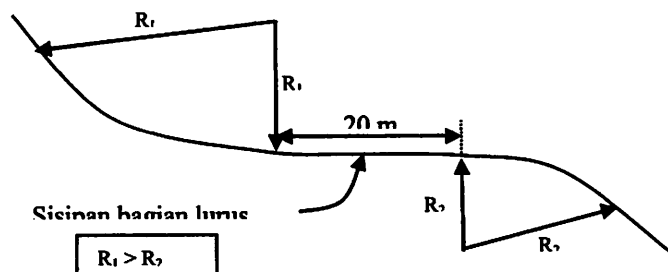
Gambar 2.15 Tikungan gabungan

II.6.7 Tikungan Gabungan Berbalik

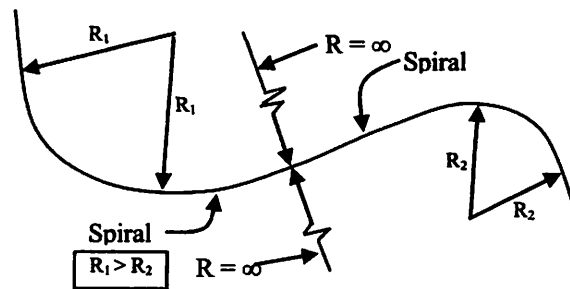
Tikungan gabungan yang berbalik secara tiba-tiba, harus dihindari, karena dalam kondisi ini pengemudi sangat sulit untuk mempertahankan kendaraan pada lajunya. Jika terpaksa dibuat tikungan gabungan dari dua busur lingkaran (FC), disarankan seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.16 Tikungan gabungan berbalik, $R_1 \leq R_2$



Sisipan bagian lurus
Gambar 2.17 Tikungan gabungan berbalik dengan sisipan garis lurus



Gambar 2.18 Tikungan gabungan berbalik dengan sisipan spiral

Tikungan gabungan yang berbalik, akan menemui kesulitan dalam pelaksanaan (konstruksi) kemiringan melintang jalan, terutama pada konstruksi timbunan yang tinggi, tikungan semacam ini sedapat mungkin harus dihindari.

II.7 Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh.

Alinemen vertikal sangat erat hubungannya dengan besarnya biaya pembangunan, biaya penggunaan kendaraan serta jumlah lalu lintas. Kalau pada alinemen horisontal yang merupakan bagian kritis adalah bagian tikungan, maka pada alinemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian yang lurus.

Pada perencanaan alinemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cekung dan lengkung cembung, selain kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian = 0 (datar). (Bina Marga, 1997)

II.7.1 Landai Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya sangat memaksa dan hanya untuk jarak pendek

Tabel 2.14 Kelandaian maksimum yang diijinkan

V_R (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

II.7.2 Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis kelandaian diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh V_R (panjang ini mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam). Lama perjalanan panjang kritis tidak lebih dari satu menit. Bila pertimbangan biaya memaksa, maka panjang kritis dapat dilampaui dengan syarat ada jalur khusus untuk kendaraan berat. (Silvia, 1999)

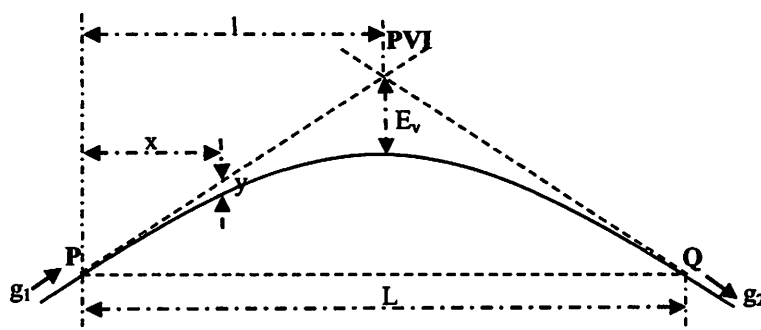
Tabel 2.15 Panjang kritis (m)

Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

II.7.3 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan.. Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Lengkung Cembung
2. Lengkung Cekung



Gambar 2.19 Lengkung vertikal (1)

Rumus yang digunakan untuk lengkung simetris :

$$x = \frac{Lg_1}{g_1 - g_2} = \frac{Lg_1}{A} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$y = \frac{Lg_1^2}{2(g_1 - g_2)} = \frac{Lg_1^2}{2A} \dots\dots\dots(2.22)$$

Untuk : $x = \frac{1}{2} L$ dan $y = E_v$ maka

$$E_v = \frac{AL}{800} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

- x = jarak dari titik P ke titik yang ditinjau pada Sta.
- y = perbedaan elevasi antara titik P dan titik yang ditinjau pada Sta
- L = panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik A dan titik Q.
- g_1 = kelandaian tangen dari titik P
- g_2 = kelandaian tangen dari titik Q
- $A = (g_1 \pm g_2)$ = perbedaan aljabar untuk kelandaian
- E_v = jarak PVI ke lengkung parabola

Kelandaian menaik diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan naik atau menurun ditinjau dari kiri.

II.7.4 Lengkung Vertikal Cembung

Ketentuan tinggi menurut Bina Marga (1997) untuk lengkung cembung adalah

Tabel 2.16 Ketentuan tinggi untuk jenis jarak pandang

Untuk jarak pandang	h_1 (m)	h_2 (m)
	tinggi mata	tinggi obyek
Henti (J_h)	1.05	0.15
Mendahului (J_d)	1.05	1.05

1). Panjang L berdasarkan J_h

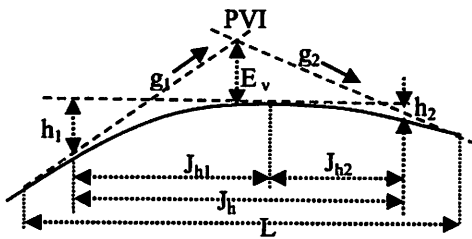
$$J_h < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot J_h^2}{399} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$J_h > L, \text{ maka } L = 2J_h - \frac{399}{A} \dots\dots\dots (2.25)$$

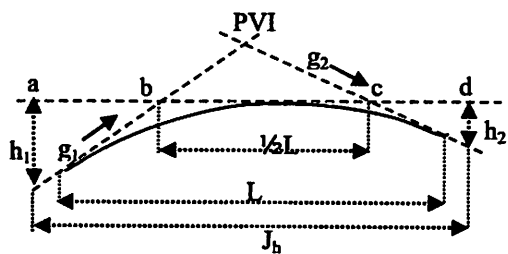
2). Panjang L berdasarkan J_d (Shirley L. Hendarsin, 2000)

$$J_d < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot J_d^2}{840} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$J_d > L, \text{ maka } L = 2J_d - \frac{840}{A} \dots\dots\dots (2.27)$$



Gambar 2.20 Lengkung vertikal (2)



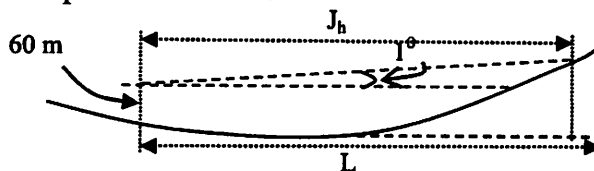
Gambar 2.21 Lengkung vertikal (3)

Panjang lengkung vertikal cembung (L), yang diperoleh dari rumus 2.26 dan 2.27 pada umumnya akan menghasilkan L lebih panjang daripada jika digunakan rumus 2.24 dan 2.25. Untuk penghematan biaya L dapat ditentukan dengan rumus 2.24 dan 2.25 dengan konsekuensi kendaraan pada daerah lengkung cembung tidak dapat mendahului kendaraan di depannya, untuk keamanan dipasang rambu (R9 dan R25). (Bina Marga, 1997)

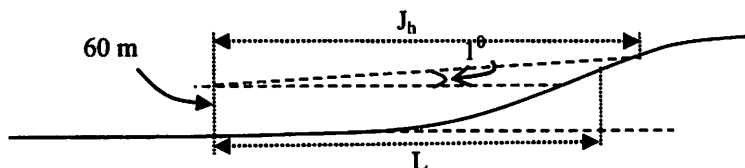
II.7.5 Lengkung Vertikal Cekung

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

- a. Jarak sinar lampu besar dari kendaraan (Gambar 2.22 dan 2.23)
- b. Kenyamanan pengemudi
- c. Ketentuan drainase
- d. Penampilan secara umum



Gambar 2.22 Jarak sinar lampu besar dari kendaraan untuk $J_h < L$



Gambar 2.23 Jarak sinar lampu besar dari kendaraan untuk $J_h > L$

Dengan bentuk gambar 2.22 dan 2.23, yaitu tinggi lampu besar kendaraan = 0.60 m dan sudut bias = i^0 , maka diperoleh hubungan praktis, sebagai berikut:

$$J_h < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3,5 J_h} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$J_h > L, \text{ maka } L = 2J_h - \frac{120 + 3,5 J_h}{A} \dots\dots\dots (2.29)$$

II.8 Fotogrametri

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing mendefinisikan fotogrametri sebagai seni, ilmu, dan teknologi untuk memperoleh informasi terpercaya tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi gambaran fotografik pada pola radiasi tenaga elektromagnetik yang terekam. Fotogrametri mencakup dua bidang yang berbeda, yaitu fotogrametri metrik dan fotogrametri interpretatif (Wolf, 1993). Fotogrametri metrik terdiri dari pengukuran presisi berdasarkan foto dan sumber informasi lainnya untuk menentukan posisi relatif dan absolut dari suatu titik. Hal ini memungkinkan untuk memperoleh informasi jarak, sudut, luas, volume, ketinggian, ukuran dan bentuk dari suatu objek beserta informasi koordinatnya. Pada umumnya fotogrametri metrik diaplikasikan untuk pembuatan peta planimetri dan topografi dari foto udara, dan pembuatan *Digital Elevation Model* serta *digital orthophoto* dari foto *digital*.

Fotogrametri interpretatif mempelajari pengenalan dan identifikasi objek serta menilai arti pentingnya objek tersebut melalui suatu analisis sistematis dan cermat. Fotogrametri interpretatif digunakan secara luas dalam manajemen dan perencanaan. Analisis foto udara secara sistematis biasanya melibatkan pertimbangan terhadap tujuh karakteristik dasar citra foto. Tujuh karakteristik foto tersebut adalah bentuk, ukuran, pola, bayangan, rona, tekstur, dan lokasi. Tugas fundamental dari fotogrametri adalah untuk menemukan hubungan geometri antara gambar dan objek yang terdapat pada foto saat pemotretan

(restitusi fotogrametri). Setelah hubungan geometri ini berhasil ditemukan maka berbagai informasi mengenai objek yang difoto dapat diketahui. Hubungan geometri dapat ditentukan dengan berbagai cara, yang secara umum terbagi menjadi dua yakni, analog dan analitis. Cara analog dilakukan menggunakan komponen optik, mekanik dan elektronik. Sementara cara analitis dilakukan dengan menggunakan pemodelan matematis dan *digital processing*. Dengan perkembangan teknologi komputer yang sangat pesat, saat ini cara analog mulai tergantikan oleh cara analitis sehingga muncul terminologi fotogrametri digital. Kelebihan dari teknik fotogrametri digital ini adalah banyak pekerjaan/operasi yang dahulu dikerjakan secara manual, dapat dikerjakan secara otomatis oleh komputer dan perangkat lunak sehingga lebih hemat waktu dan biaya. (Satya, 2013)

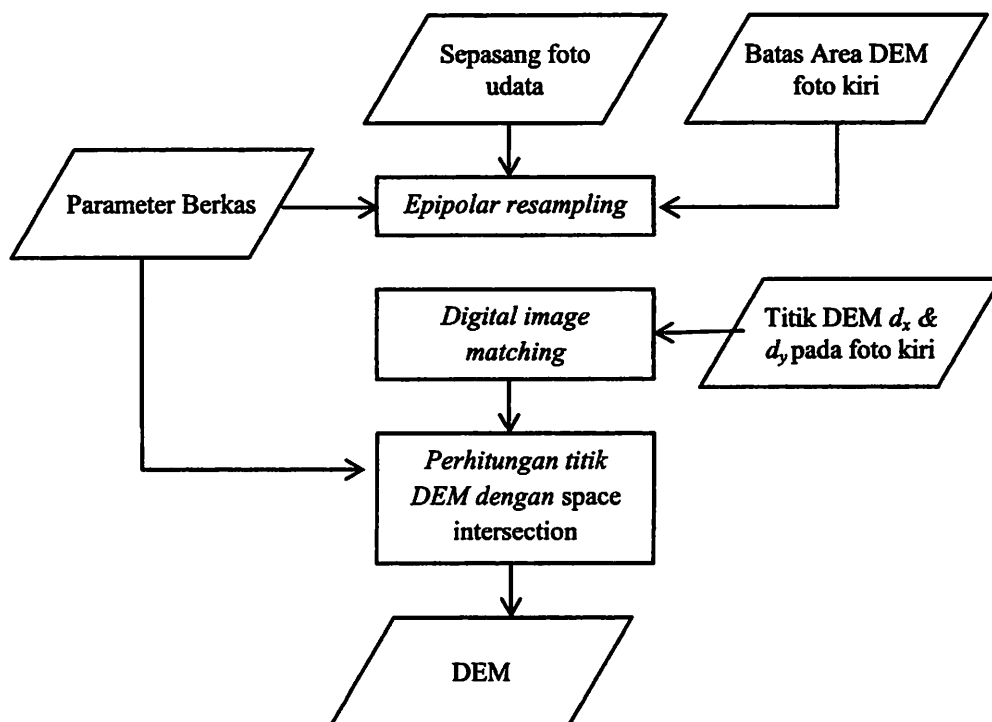
Pada dasarnya prinsip teknik fotogrametri digital sama dengan teknik fotogrametri analog, hanya saja perbedaannya terletak pada data masukan berupa foto dalam format digital dan sebagian besar pekerjaan pengolahannya dilakukan secara otomatis dengan bantuan komputer dan perangkat lunak. Penggunaan foto dalam bentuk digital akan menawarkan beragam keuntungan dalam pengolahan karena sebagian besar pekerjaan yang dulu dilakukan secara manual, kini bisa dilakukan secara otomatis. Perkembangan fotogrametri digital sangat bergantung terhadap perkembangan perangkat keras komputer, sistem pencitraan digital (kamera/sensor) dan perangkat lunak pengolahannya. Beberapa contoh hasil teknik fotogrametri digital adalah ortofoto digital dan pembuatan DEM secara otomatis. Prosedur orientasi dalam, relatif dan absolut pada teknik fotogrametri digital berbeda dengan fotogrametri analog. Orientasi dalam adalah merekonstruksi geometri foto sehingga sama dengan geometri kamera pada saat pemotretan udara

. Prosedur orientasi dalam (terutama ketika penitikan *fiducial mark*) pada fotogrametri digital dapat dilakukan secara manual dengan pengamatan langsung oleh operator dan secara otomatis melalui pendekatan terhadap lokasi *fiducial mark* menggunakan metode *pattern.matching*. Dengan membandingkan antara gambar lokasi standar dari *fiducial mark (template)* dengan foto yang akan ditentukan lokasi *fiducial mark* nya. Setelah semua titik *fiducial mark* berhasil ditentukan, dapat dilakukan perhitungan transformasi dua dimensi untuk menghubungkan

koordinat foto (baris dan kolom) dengan sistem sumbu *fiducial*.

Orientasi relatif adalah pembentukan model 3D relatif dengan sistem koordinat sembarang (relatif) dengan cara mempertemukan/memotongkan enam berkas sinar dari foto kiri dan foto kanan. Prosedur orientasi relatif pada fotogrametri digital dilakukan dengan cara *automatic image matching* untuk mendapatkan lokasi pendekatan terhadap titik standar Von Gruber. Yakni dengan mengambil sebagian *subarrays* dari foto kiri dimana terdapat lokasi *pass point* pada *subarrays* tersebut dan membandingkannya dengan *subarrays* yang sama pada foto kanan. Setelah jumlah *pass point* yang ditemukan mencukupi (setidaknya enam titik), maka proses orientasi relatif dapat dilakukan. Tingkat akurasi dari orientasi relatif dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah *pass point* sehingga memberikan redundansi yang lebih baik bagi proses perataan. Hasil dari orientasi relatif adalah model 3D dari objek pemotretan dalam sistem koordinat relatif. Orientasi absolut adalah transformasi sistem koordinat relatif pada model 3D ke sistem koordinat tanah dengan melakukan *scaling* dan *levelling*. (Prahasta, 2008)

Prosedur orientasi absolut dilakukan setelah proses triangulasi udara dilakukan. Karena dari proses triangulasi udara dihasilkan parameter . parameter orientasi luar yang diperlukan. Untuk selanjutnya koordinat tanah dapat dihitung dengan menggunakan interseksi prinsip keseгарisan (*intersection by colinearity*). Teknik fotogrametri digital memungkinkan untuk melakukan pembuatan DEM secara otomatis dengan cara *auto.correlation*. Tahapan awal dari proses pembuatan DEM ini adalah sepasang foto udara di normalisasi kedalam bidang epipolar (*epipolar resampling*) kemudian sekumpulan/sebagian titik (grid) dari foto kiri diambil dan dicocokkan dengan titik yang sesuai pada foto kanan. Selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien korelasi terhadap nilai *digital number* tiap piksel dari foto yang bersangkutan di sepanjang bidang epipolar. Apabila nilai korelasinya mencapai ambang batas (*threshold*) pada suatu lokasi tertentu maka perhitungan titik DEM diterima. Diagram alir dari proses ini dapat dilihat pada Gambar 2.24.



Gambar 2.24 Diagram alir proses pembuatan DEM secara otomatis

Sistem otomatis ini menggunakan keahlian visual komputer untuk menirukan tugas seorang *operator* dalam menentukan tinggi permukaan tanah dengan cara menyamakan dua foto stereo. Metode otomatis dalam pembuatan DEM dapat dikatakan sebagai metode yang cepat dan relatif tidak mahal. Namun gagal untuk diterapkan pada area yang rumit seperti perkotaan dan hutan serta area homogen seperti gurun. Karena DEM yang dihasilkan secara otomatis merupakan representasi tinggi dari kanopi pohon, atap gedung dan objek lainnya yang bukan merupakan tinggi permukaan tanah sesungguhnya atau dapat dikatakan sebagai DSM (*Digital Surface Model*). Tetapi masalah tersebut dapat diatasi dengan menggunakan kemampuan interpretasi manusia. Sehingga proses

manual editing dari hasil DSM otomatis sangat diperlukan, agar dapat dihasilkan DTM (*Digital Terrain Model*) yang merepresentasikan permukaan bumi sebenarnya. Selain menggunakan proses *manual editing*, proses *filtering* secara otomatis dapat diterapkan pada DSM agar dapat direduksi menjadi DTM. (Prahasta, 2008)

II.8.1 Unmanned Aerial Vehicle

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dapat diartikan sebagai wahana udara

bermotor tanpa awak yang dapat digunakan berulang kali (Eisenbei, 2009). Wahana udara ini dikontrol dari jarak jauh dengan sistem kendali otomatis (*autopilot*), manual ataupun kombinasi dari kedua sistem tersebut. Jika dibandingkan dengan pesawat berawak maka sangat jelas bahwa perbedaan utama antara kedua sistem tersebut adalah bahwa pada UAV tidak ada pilot yang secara fisik berada di dalam pesawat. Kelebihan utama dari UAV dibandingkan dengan pesawat berawak adalah bahwa UAV dapat digunakan pada situasi dengan resiko tinggi tanpa perlu membahayakan nyawa manusia, pada area yang tidak dapat diakses dan terbang pada ketinggian rendah dibawah awan sehingga foto yang dihasilkan terbebas dari awan. Selain itu, salah satu faktor lain kelebihan UAV adalah biaya. Harga perangkat UAV dan biaya operasionalnya jauh lebih murah jika dibandingkan dengan pesawat berawak. Dengan diimplementasikannya perangkat GPS/INS unit navigasi maupun stabilisasi memungkinkan kegiatan penerbangan yang presisi (sesuai dengan rencana terbang) sekaligus menjamin terpenuhinya cakupan area dan *overlap* foto yang diinginkan.

Keterbatasan dari UAV dibatasi oleh dimensi dari UAV itu sendiri. Karena dimensi UAV yang kecil membatasi kemampuan beban muatan yang dapat dibawa. Sehingga biasanya digunakan sensor atau perangkat kamera yang beratnya ringan berupa kamera format kecil. Kamera format kecil ini tentunya bukan perangkat kamera dengan sensor yang dirancang untuk melakukan pemotretan udara secara akurat, sehingga menghasilkan kualitas gambar yang lebih rendah baik dari sisi resolusi, stabilitas dan tingkat akurasi. Selain itu daya jelajah dan tinggi terbang UAV juga terbatas karena kemampuan mesinnya yang memang tidak dirancang untuk terbang jarak jauh dan tinggi. Berdasarkan jenis sayap penggerak yang digunakan (*wing*) UAV terbagi menjadi dua jenis yakni *fixed wing* UAV dan *rotary wing* UAV. Pada UAV tipe *fixed wing* gaya angkat keatas didapat dari pergerakan kedepan menembus udara, bukan berdasarkan pergerakan sayap seperti burung. Tenaga penggerak pesawat untuk melaju ini didapat dari mesin baling.baling (*propeller*). Model UAV tipe *fixed wing* bentuknya seperti pesawat pada umumnya yang memiliki bentang sayap yang tetap (tidak dapat bergerak). Sementara *rotary wing* dikenal juga sebagai model helikopter atau model wahana *vertikal takeoff and landing* (VTOL). Tipe ini

sendiri dapat diklasifikasikan lebih jauh lagi menjadi tipe *single.*, *double.*, *quad.* dan *multi.rotor* berdasarkan jumlah mesin penggerak (*rotor*) yang digunakan. Pada model helikopter tipe mesin penggerak yang digunakan adalah *single.rotor*. Dengan motor utama yang memberikan gaya angkat keatas untuk terbang dan tenaga pendorong kedepan serta motor ekor (*tail rotor*) yang digunakan untuk bergerak miring kesamping kanan.kiri. (Nurdiansyah, 2011)

Kelebihan UAV tipe *rotary wing* dibandingkan dengan *fixed wing* adalah kemampuan manuver yang lebih fleksibel, bisa diterbangkan lebih dekat ke objek pemotretan dan menggunakan sistem VTOL sehingga tidak membutuhkan landasan (area yang luas dan panjang) untuk *take.off* dan *landing*. Sementara kelebihan *fixed wing* dibandingkan dengan *rotary wing* adalah kemampuan daya jelajahnya lebih jauh dan mampu mencakup area yang lebih luas serta lebih stabil saat terbang diudara. Berdasarkan jenis sumber tenaga yang digunakan, UAV terbagi menjadi UAV bertenaga bensin (bahan bakar fosil) dan UAV bertenaga baterai. Perbandingan bentuk model UAV *fixed wing* dan *rotary wing* dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.25 Bentuk model UAV *rotary wing* (kiri) dan *fixed wing* (kanan)

Terminologi fotogrametri UAV berkembang seiring dengan maraknya pemanfaatan UAV di bidang pemetaan. Fotogrametri UAV dijabarkan sebagai *platform* pengukuran fotogrametri, yang dikendalikan dari jarak jauh, secara semi.otomatis atau otomatis, tanpa ada pilot yang duduk di dalam wahana udara tersebut (Eisenbei, 2009). *Platform* ini dilengkapi dengan sistem pengukuran fotogrametri yang biasanya berupa kamera digital ukuran kecil ataupun sedang, kamera thermal atau inframerah, sistem LiDAR atau kombinasi dari keseluruhan

sistem tersebut. Fotogrametri UAV dapat dikatakan sebagai teknik pengukuran terbaru dalam fotogrametri dan bisa dipertimbangkan untuk menjadi alternatif yang rendah biaya dari teknik fotogrametri klasik dengan pesawat berawak.

II.8.2 Rencana Terbang

Pembuatan rencana terbang dilakukan sebelum pemotretan udara dilakukan, agar hasil pemotretan dapat memenuhi kebutuhan pengguna. Dari perencanaan terbang ini akan dihasilkan desain jalur terbang pesawat yang menunjukkan dimana saja foto akan diambil. Perencanaan terbang sangat bergantung kepada beberapa hal seperti :

- ✓ Spesifikasi kamera, seperti panjang fokus, *shutter speed*, resolusi dan hal lainnya yang berkaitan dengan teknis kamera yang akan digunakan.
- ✓ Spesifikasi pesawat, yaitu kemampuan pesawat yang akan digunakan untuk pemotretan seperti daya jelajah, kecepatan, tinggi terbang dan kemampuan mengangkut beban.
- ✓ Spesifikasi pemotretan udara, yaitu ketentuan . ketentuan yang dibuat untuk memenuhi kebutuhan pengguna nantinya. Seperti skala foto, *overlap*, *sidelap*, luas area pemotretan dan lainnya.

Keberhasilan dari pelaksanaan pemotretan udara sangat bergantung pada tahap perencanaan ini, dengan perencanaan yang baik maka akan memberikan hasil yang baik. Untuk mendesain jalur terbang, terdapat beberapa parameter dan formula hitungan yang diperlukan. Formula hitungan tersebut dijelaskan dibawah ini dan dapat ditemukan di berbagai literatur yang berkaitan dengan fotogrametri.

Skala Foto :

$$skala = \frac{f}{H} \dots\dots\dots(2.30)$$

dimana :

f merupakan panjang fokus dari kamera dan *H* merupakan tinggi terbang pesawat. Rumus ini dapat pula digunakan untuk menghitung tinggi terbang pesawat yang diinginkan jika kita mengetahui skala foto yang diinginkan dan panjang fokus kamera yang digunakan.

Resolusi Foto :

$$Resolusi = \frac{H}{f \times pixelsize \ y} \dots\dots\dots(2.31)$$

dimana :

H merupakan tinggi terbang pesawat, f adalah panjang fokus dari kamera dan $pixel \ size \ y$ adalah ukuran $pixel$ dari sensor pada kamera yang digunakan pada sumbu y .

Lebar *footprint* :

$$Lebar \ Footprint = \frac{CMOS \ Width}{f} \times H \dots\dots\dots(2.32)$$

dimana :

$CMOS \ Width$ adalah panjang ukuran sensor pada kamera yang digunakan, f adalah panjang fokus kamera dan H adalah tinggi terbang pesawat.

Tinggi *footprint* :

$$Tinggi \ Footprint = \frac{CMOS \ Height}{f} \times H \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana :

$CMOS \ Height$ adalah lebar ukuran sensor pada kamera yang digunakan, f adalah panjang fokus kamera dan H adalah tinggi terbang pesawat.

Area Overlap :

$$Area \ overlap = \% \ overlap \times Tinggi \ footprint \dots\dots\dots(2.34)$$

dimana :

$\% \ overlap$ adalah besar *overlap* yang diinginkan misalnya 60 % atau 80 %.

Area *sidelap* :

$$Area \ sidelap = \% \ sidelap \times Lebar \ footprint \dots\dots\dots(2.35)$$

dimana :

$\% \ sidelap$ adalah besar *sidelap* yang diinginkan misalnya 60 % atau 80 %

Jarak antara dua jalur terbang :

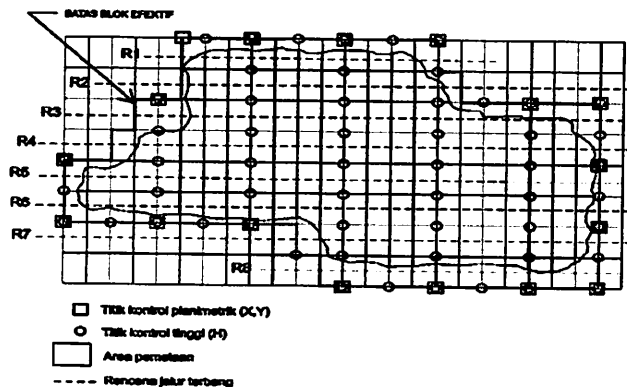
$$W = Lebar \ footprint \times (100\% - \%sidelap) \dots\dots\dots(2.36)$$

Basis Udara

$$B = \text{Tinggi footprint} \times (100\% - \% \text{overlap}) \dots\dots\dots(2.37)$$

II.8.3 Titik Kontrol untuk Foto Udara

Kontrol fotogrametri terdiri dari beberapa titik yang posisinya ruang objeknya diketahui dalam suatu sistem koordinat referensi dan gambarnya dapat diidentifikasi pada foto. Dalam fotogrametri, ruang objek adalah permukaan tanah. Adanya titik kontrol pada foto udara memberikan cara untuk melakukan orientasi atau menemukan hubungan geometri antara foto udara dengan permukaan tanah. Tingka akurasi dari produk fotogrametri tidak dapat lebih baik daripada akurasi titik kontrol yang digunakan, sehingga akurasi titik kontrol yang digunakan sangat penting. Kualitas titik kontrol yang buruk akan menghasilkan produk fotogrametri yang buruk. Biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan titik kontrol dalam proyek pekerjaan fotogrametri pun cukup besar, dapat mencapai 10%.50% dari total anggaran proyek. (Satya, 2013) Ilustrasi sebaran titik kontrol horisontal dan vertikal dapat dilihat pada Gambar 2.26 dibawah ini.



Gambar 2.26 Desain sebaran titik kontrol pada area pemetaan

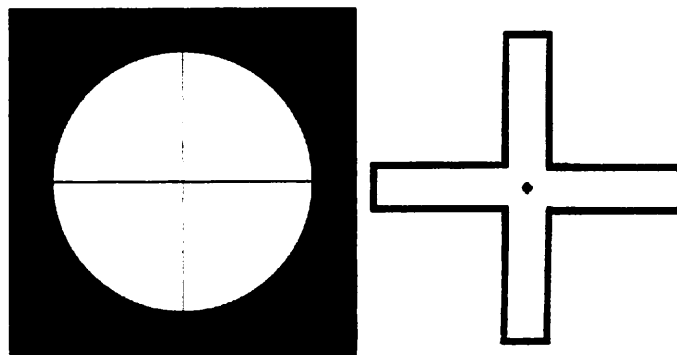
Pada umumnya untuk mendapatkan hasil yang baik pada pengolahan fotogrametri digunakan titik kontrol yang jumlahnya berlebih (*redundant*). Secara praktis setiap stereomodel yang diorientasikan di plotter harus memiliki minimal tiga titik kontrol horisontal dan empat titik kontrol vertikal. Titik kontrol horisontal sebaiknya terletak pada keliling (perimeter) batas daerah pemetaan. Jarak antara titik kontrol horisontal disebut *bridging distance horisontal* (i_{ho}) dengan satuan basis model (b). Titik kontrol vertikal berupa jalur titik tinggi yang tegak lurus arah terbang pada awal dan akhir jalur terbang serta beberapa jalur

diantaranya. Titik kontrol vertikal sebaiknya terletak pada area *sidelap* dan perimeter. Jarak antara titik kontrol vertikal disebut *bridging distance vertikal* (i_{ve}) dengan satuan basis model (b). Untuk menghitung besaran basis model dapat digunakan rumus (2.37)

Jumlah dari titik kontrol yang diperlukan untuk melakukan triangulasi udara sangat beragam, tergantung pada bentuk dan ukuran dari area yang dipetakan, tingkat akurasi yang diinginkan dan peralatan serta personel yang dimiliki. Semakin banyak titik kontrol dan semakin padat jaringan titik kontrol yang digunakan akan menghasilkan akurasi titik kontrol minor yang lebih baik. Pembuatan titik kontrol untuk fotogrametri pada umumnya dilakukan dengan dua cara yakni, *photopoint* dan *pre.marking*. Pada *photopoint*, survey pengukuran koordinat titik kontrol dilakukan setelah pemotretan udara dan telah didapatkan hasil foto udara. Pemilihan titik kontrol yang akan digunakan, dilakukan dengan mengamati foto udara hasil pemotretan, gambar objek yang akan digunakan untuk *photopoint* harus memenuhi beberapa persyaratan seperti tajam, jelas, dapat diidentifikasi pada foto lainnya dan terletak pada lokasi sebaran titik kontrol yang diinginkan.

Objek yang biasa digunakan untuk titik kontrol pada *photopoint* adalah perpotongan trotoar, perpotongan jalan, tepian gedung, tepian pagar, dan lainnya. Sebaiknya hindari pemilihan titik di area terbuka dan luas seperti perbukitan rumput atau ladang, karena akan mempersulit pada pengamatan stereoskopik. Pengamatan yang teliti harus dilakukan dalam pemilihan objek untuk *photopoint* ini agar objek tersebut tidak berada pada area yang tertutup bayangan. *Pre.marking* dilakukan sebelum pemotretan udara dengan cara memasang tanda buatan (*artificial target*) dan mengukur koordinat dari tanda buatan tersebut (survey GPS). Gambar tanda artifisial ini harus tampak pada foto udara yang dipotret nantinya. *Pre.marking* biasanya digunakan pada area dimana tidak terdapat titik natural untuk *photopoint*. Target buatan yang digunakan pada *pre.marking* digunakan untuk mengontrol pekerjaan fotogrametri yang paling presisi dan memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan *photopoint*. Namun penggunaan target buatan ini memiliki beberapa kekurangan seperti diperlukannya kerja dan biaya ekstra untuk pemasangan target, dan target tidak boleh dipindahkan sebelum dilakukan pemotretan sehingga sebaiknya pemotretan udara dilakukan

sesegera mungkin setelah tanda buatan dipasang. Bentuk target buatan yang digunakan sebaiknya simetris yang memungkinkan titik tengah target buatan tersebut dapat diidentifikasi seperti bentuk lingkaran dan silang (*cross*). Ukuran dari target buatan tergantung pada skala foto yang digunakan, namun harus dipastikan bahwa ukuran target yang digunakan akan dapat diidentifikasi pada foto. Warna yang sebaiknya digunakan pada target buatan sebaiknya kontras dengan tanah seperti warna putih. Beberapa contoh gambar desain target buatan yang biasa digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.6.

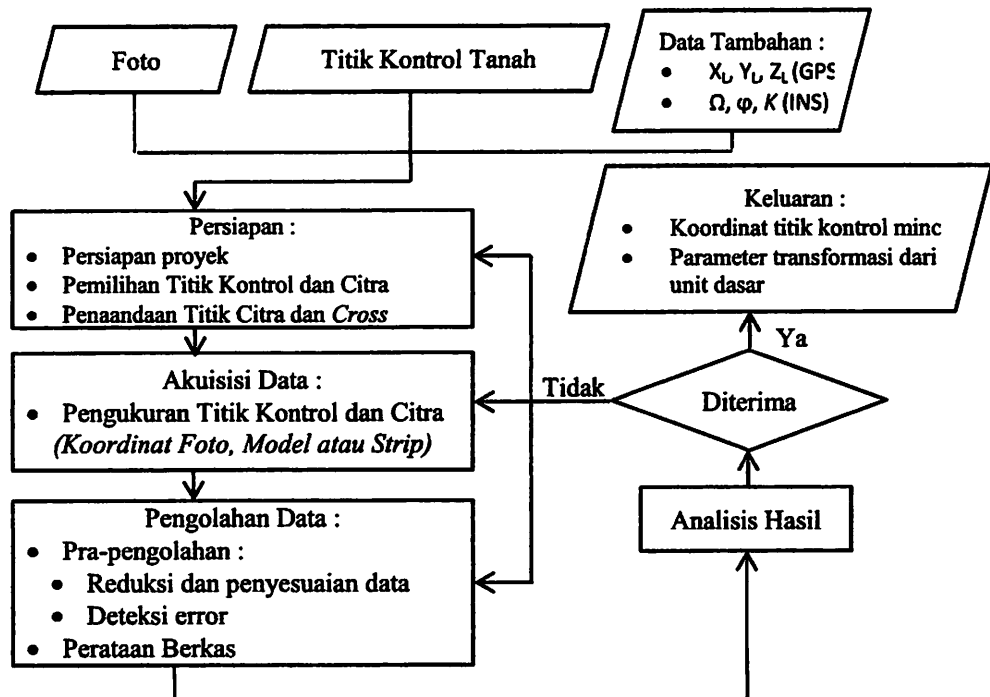


Gambar 2.27 Desain tanda buatan untuk *pre-marking*

II.8.4 Triangulasi Udara

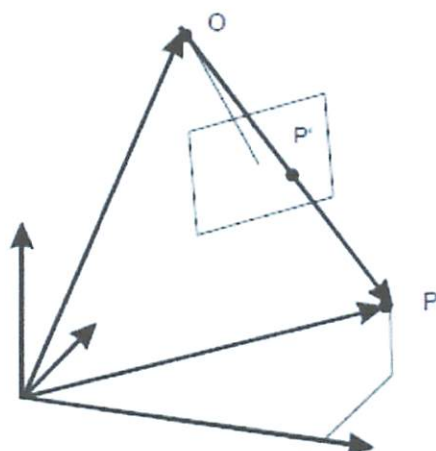
Triangulasi udara adalah penentuan posisi dengan media foto udara, lebih lanjut lagi dikatakan sebagai proses penentuan koordinat tanah dari titik . titik di lapangan dan di foto berdasarkan pengukuran pada unit dasar fotogrametri melalui proses transformasi koordinat secara simultan dari sistem koordinat fotografik ke sistem koordinat tanah sehingga titik . titik yang sekawan akan memiliki koordinat yang sama. Unit dasar fotogrametri yang digunakan dalam triangulasi udara adalah berkas, model dan strip. Dalam kegiatan pemetaan dengan metode fotogrametri, triangulasi udara merupakan suatu tahapan kegiatan yang sangat krusial, karena merupakan langkah awal dalam kegiatan pengolahan foto udara. Triangulasi udara dilakukan untuk memperbanyak titik kontrol tanah yang diperlukan dalam proses pengolahan fotogrametri. Karena jumlah titik kontrol tanah yang dihasilkan dari pengukuran lapangan (survey GPS) terbatas dan hanya terdapat pada beberapa foto udara, sementara untuk melakukan restitusi foto stereo diperlukan minimal empat titik kontrol tanah (X,Y,Z) pada

setiap foto udara. Triangulasi udara dilakukan untuk memenuhi kebutuhan titik kontrol tanah tersebut sehingga mampu menghemat biaya dan waktu jika dibandingkan dengan pengadaan titik kontrol tanah melalui survey terestris



Gambar 2.28 Diagram alir prinsip dasar triangulasi udara

Berdasarkan unit dasar fotogrametri, perataan blok terbagi menjadi tiga yakni *strip adjustment* untuk unit dasar strip, *block adjustment by independent model* untuk unit dasar model dan *bundle block adjustment* untuk unit dasar berkas. Pada *strip adjustment*, sistem koordinat strip dapat dibuat dengan perhitungan dari koordinat model berdasarkan koordinat foto dan transformasi dari model yang saling berbatasan secara bersama . sama (Jacobsen, Block Adjustment). Perataan blok pada model independen berdasar pada koordinat model termasuk koordinat model dari pusat proyeksi. Model matematis dari perataan ini adalah transformasi keserupaan (*similarity transformation*) secara simultan dari model . model tersebut yang terikat oleh titik ikat kepada titik kontrol. Sementara itu, model matematis perataan blok berkas (*bundle block adjustment*) menggunakan persamaan kesegarisan (*colinenarity*). Prinsip kesegarisan adalah kondisi dimana titik pusat proyeksi, titik pada foto dan titik pada tanah (*ground*) terletak pada satu garis sejajar seperti yang tampak pada Gambar 2.29



Gambar 2.29 Kondisi kesejarisan, Jacobsen (1992)

Dimana O adalah pusat titik proyeksi, P' adalah titik pada foto dan P adalah titik pada tanah. Fungsi dari persamaan kesejarisan (*collinearity equation*) sebagai berikut

$$x_a = x_o - f \frac{m_{11}(X_A - X_L) + m_{12}(Y_A - Y_L) + m_{13}(Z_A - Z_L)}{m_{31}(X_A - X_L) + m_{32}(Y_A - Y_L) + m_{33}(Z_A - Z_L)} \dots\dots\dots(2.38)$$

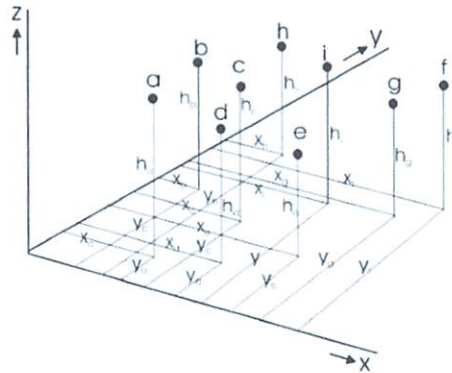
$$y_a = y_o - f \frac{m_{21}(X_A - X_L) + m_{22}(Y_A - Y_L) + m_{23}(Z_A - Z_L)}{m_{31}(X_A - X_L) + m_{32}(Y_A - Y_L) + m_{33}(Z_A - Z_L)} \dots\dots\dots(2.39)$$

Pada persamaan kesejarisan koordinat foto (x_a, y_a) sebagai fungsi orientasi dalam (f, x_o, y_o) dan orientasi luar ($\omega, \phi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$) dan koordinat ruang objek (X_A, Y_A, Z_A). Istilah perataan blok berkas berdasarkan fakta bahwa sinar dari pusat proyeksi ke titik foto membangun/membentuk berkas. berkas sinar yang merupakan informasi original yang digunakan pada fotogrametri. Perataan blok berkas dilakukan dengan menggunakan koordinat foto dan memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode *block adjustment* yang lain (Jacobsen, Block Adjustment). Beberapa koreksi tambahan dapat diberikan untuk meningkatkan hasil perataan seperti *self calibration* dan posisi koordinat dari pusat proyeksi.

II.8.5 Digital Terrain Model (DTM)

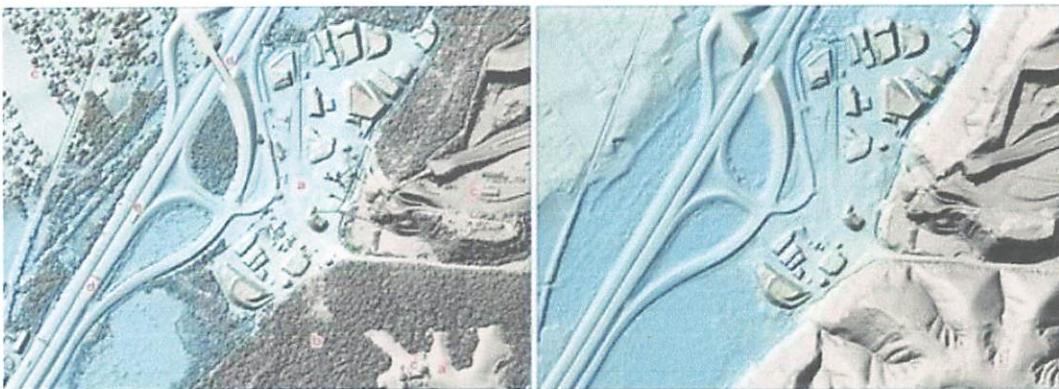
Definisi dari *Digital Terrain Model* (DTM) adalah representasi *digital* (numerik) dari permukaan tanah (Li, Zhu, & Gold, 2005) atau lebih jelasnya didefinisikan sebagai representasi diskrit dari suatu permukaan topografi atau

koleksi dari titik.titik diskrit (x_i, y_i, z_i) dalam sistem koordinat ruang yang merepresentasikan permukaan fisik tiga dimensi (Dipokusumo, 2010). Ilustrasi titik diskrit pada DTM dapat dilihat pada Gambar 2.30



Gambar 2.30 Ilustrasi titik diskrit pada DTM, Dipokusumo (2010)

Berbeda dengan DTM, DSM (*Digital Surface Model*) merupakan representasi permukaan bumi beserta objek di atasnya yang bukan termasuk permukaan bumi seperti bangunan dan vegetasi (Wicaksono, 2013). Secara visual, perbedaan antara DTM dan DSM dapat dilihat pada Gambar 2.31.



Gambar 2.31 Perbedaan antara DSM (kiri) dengan DTM (kanan)

II.8.6 Aplikasi DTM Dalam Pembuatan Garis Kontur

Sampai sekarang garis kontur merupakan salah satu teknik yang paling sering digunakan untuk menampilkan relief suatu permukaan. Kontur merupakan suatu isopleth yang menghubungkan titik.titik yang memiliki nilai ketinggian yang sama (Mertotaroeno, 2009). Selain itu kontur juga dapat merepresentasikan permukaan secara 3 dimensi dan digunakan untuk mengambil segala informasi kuantitatif (nilai ketinggian) dari tampilan suatu relief. Karena data DTM memiliki informasi digital mengenai nilai ketinggian, maka dengan bantuan dari

perangkat lunak pada komputer informasi tersebut dapat diolah untuk menghasilkan kontur.

II.8.7 Filtering

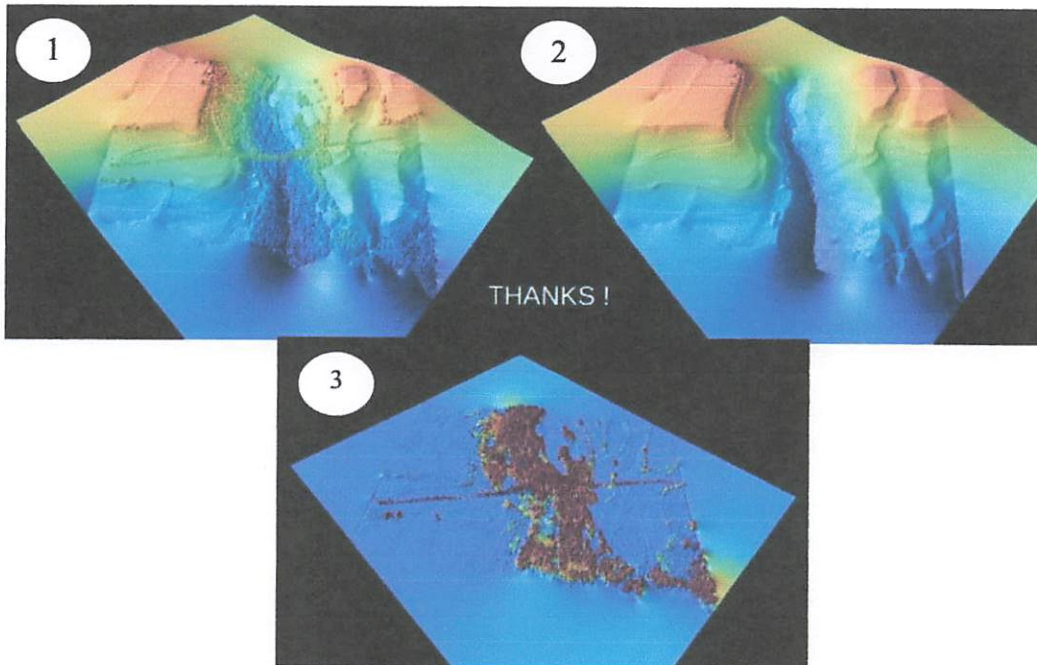
Salah satu kelemahan dalam produksi DEM secara otomatis adalah adanya objek yang bukan merupakan bentang alam seperti bangunan, pohon dan lainnya dalam DEM tersebut. Sehingga DEM yang dihasilkan bukan merupakan representasi dari tinggi permukaan tanah sebenarnya. Sehingga diperlukan tahapan reduksi data atau *filtering* untuk menghilangkan tinggi objek tersebut (Wicaksono, 2013). Terdapat dua metode *filtering* yang dapat digunakan, yaitu *slope base filtering* dan *metode moving average*

a) *Slope Base Filtering*

Pendekatan Filter diimplementasikan dengan "DTM Filter (berbasis kemiringan)" modul didasarkan pada konsep yang dijelaskan oleh Vosselman (2000). Hal ini diasumsikan bahwa ketinggian besar Perbedaan antara dua sel jaringan di dekatnya tidak mungkin disebabkan oleh lereng curam dimedan. Menghapus sel non.tanah bahwa sel lebih tinggi bisa menjadi meningkat sel tanah dengan jarak yang lebih besar antara dua sel. Oleh karena itu filter mendefinisikan perbedaan ketinggian diterima antara dua sel sebagai fungsi dari jarak antara sel.sel. Sel pusat diklasifikasikan sebagai tanah jika tidak ada sel lainnya dalam radius pencarian kernel dengan perbedaan ketinggian lebih besar dari diperbolehkan maksimum perbedaan tinggi pada setiap jarak.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa kemiringan sudut (s) dan merupakan perbedaan ketinggian antar titik di area tertentu (medan). Penyaringan mendefinisikan perbedaan ketinggian yang dapat diterima antara dua titik tinggi sebagai fungsi dari jarak antara titik.titik. Titik sentral diklasifikasikan sebagai tanah jika tidak ada titik lain dalam radius pencarian dengan perbedaan ketinggian lebih besar dari perbedaan tinggi maksimum yang diperbolehkan pada setiap jarak. Jari.jari atau radius (r) juga harus diperhitungkan yaitu harus setengah dari ukuran terbesar dari objek yang dihapus (Wichman, 2012). Kedua parameter ini memiliki

pengaruh besar pada hasil penyaringan untuk menemukan pengaturan nilai parameter yang tepat. Tujuan dari pengaturan parameter ini untuk mempertahankan titik tinggi tanah sebanyak mungkin, dengan menghapus semua titik non.ground.



Gambar 2.32 (1. DSM, , 2 DTM, 3. Diference DSM – DTM)

b) *Metode Moving Average*

Metode *moving average* adalah salah satu dari interpolasi metode yang memberikan rata-rata tertimbang sekitarnya menunjuk ke titik output. Bobot perhitungan didasarkan pada fungsi tertentu, yang biasanya jauh. Kapan poin lebih dekat ke titik output, mereka memiliki pengaruh yang lebih pada nilai. Fungsi diimplementasikan sedemikian rupa untuk mengabaikan poin lebih lanjut untuk mempercepat waktu komputasi. itu algoritma dapat dijelaskan oleh dua langkah utama. (Maleika, 2014)

✓ Langkah 1.

Untuk semua poin output, menjauhkan semua sekitarnya poin dihitung untuk menentukan bobot mereka. Ada dua metrik jarak utama yang digunakan pada kasus ini:

$$\text{Jarak terbalik : Bobot} = \frac{1}{d^m} - 1 \dots \dots \dots (2.40)$$

$$\text{Penurunan linier : Bobot} = 1 - d^m \dots \dots \dots (2.41)$$

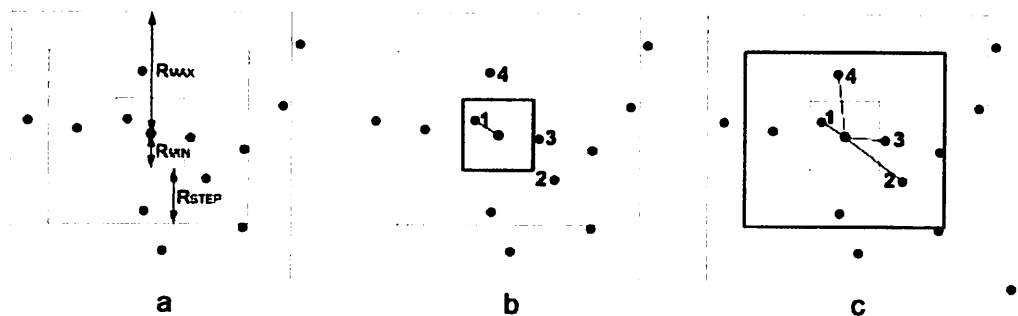
di mana d adalah jarak relatif antara titik dan titik output (dihitung sebagai $\frac{D}{D_0}$, dimana D_0 adalah *Euclidean Distance*, dan D *Limiting Distance*). yaitu jari-jari lingkaran pembatasan area pencarian), dan n adalah eksponen berat.

✓ Langkah 2.

Untuk semua poin output, nilai-nilai dihitung sebagai penjumlahan produk dari bobot dan nilai-nilai poin dibagi oleh jumlah bobot, juga disebut rata-rata tertimbang:

$$\text{output value} = \frac{\sum(w_i \cdot \text{val}_i)}{\sum w_i} \dots \dots \dots (2.42)$$

di mana w_i adalah berat untuk point i , dan val_i adalah nilai dari titik i . Perangkat lunak GIS terdapat misalnya Surfer 9.0), *moving average* menggunakan metode rata-rata yang diimplementasikan sehingga untuk menetapkan nilai ke poin dengan rata-rata data di dalam tetap area pencarian (didefinisikan oleh pengguna). Ada juga pilihan untuk menentukan jumlah minimum tetangga dalam area pencarian, yang memungkinkan menghitung nilai titik. jika tidak, titik simpul diatur sebagai kosong.



Gambar 2.33 Ilustrasi metode moving average, Maleika (2014)

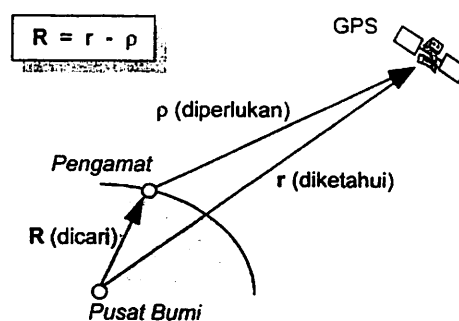
II.9 Sistem GPS (Global Positioning System)

Pada dasarnya konsep penentuan posisi dengan GPS adalah *resection* (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Secara vektor, prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS diperlihatkan pada gambar dibawah Dalam hal ini, parameter yang akan ditentukan adalah vektor posisi geosentrik pengamat (R). Untuk itu, karena vektor posisi geosentrik satelit GPS (

r) telah diketahui, maka yang perlu ditentukan adalah vektor posisi toposentris satelit terhadap pengamat (p).

Pada pengamatan dengan GPS, yang dapat diukur hanyalah jarak antara pengamat dengan satelit dan bukan vektornya. Oleh karena itu, rumus yang tercantum pada gambar dibawah tidak dapat diterapkan. Untuk mengatasi hal ini, penentuan posisi pengamat dilakukan melalui pengamatan terhadap beberapa satelit sekaligus secara simultan, dan tidak hanya terhadap satu satelit. Pada operasionalisasinya, prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS, tergantung pada mekanisme implementasinya, dapat diklasifikasikan atas beberapa metode penentuan posisi.

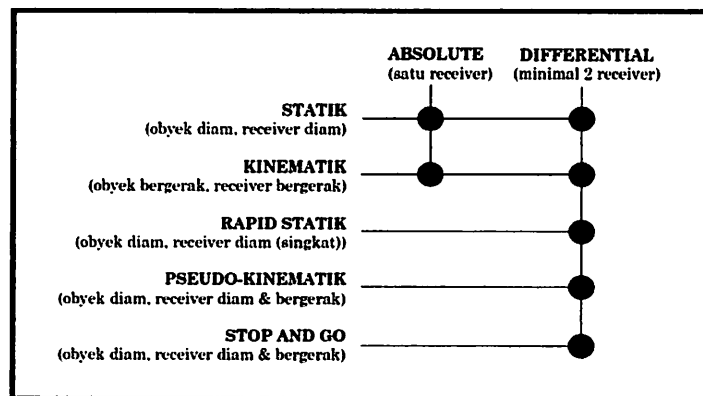
Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi tiga dimensi (X,Y,Z ataupun ϕ, λ, h) yang dinyatakan dalam datum WGS (*World Geodetic System*) 1984 (*Abidin, 2001* dalam *Hasanuddin Z. Abidin dkk, 2011*). Dengan GPS, titik yang akan ditentukan posisinya dapat diam (*static positioning*) ataupun bergerak (*kinematic positioning*). Posisi titik dapat ditentukan dengan menggunakan satu *receiver* GPS terhadap pusat bumi dengan menggunakan metode penentuan posisi absolut, ataupun terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (*stasion referensi*) dengan menggunakan metode *diferensial* (*relatif*) yang menggunakan minimal dua *receiver* GPS.



Gambar 2.34 Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS (pendekatan vektor)

Disamping itu, GPS dapat memberikan posisi secara instan (*real time*) ataupun sudah pengamatan setelah data pengamatannya diproses secara lebih ekstensif (*post processing*) yang biasanya dilakukan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih baik. Secara umum dikenal beberapa metode dan sistem

penentuan posisi dengan GPS. Dari beragam metode penentuan posisi tersebut, metode survei GPS secara umum dapat didefinisikan sebagai proses penentuan koordinat dari sejumlah titik terhadap beberapa buah titik yang telah diketahui koordinatnya, dengan menggunakan metode penentuan posisi diferensial serta data pengamatan fase dari sinyal GPS. Pada survei GPS, pengolahan data umumnya dilakukan setelah pengamatan selesai (*post processing*) meskipun dengan berkembangnya sistem RTK (*Real Time Kinematic*), survei GPS secara *real time* juga mulai dapat terealisasi. Abidin (1994)



Gambar 2.35 Metode.metode penentuan posisi dengan GPS

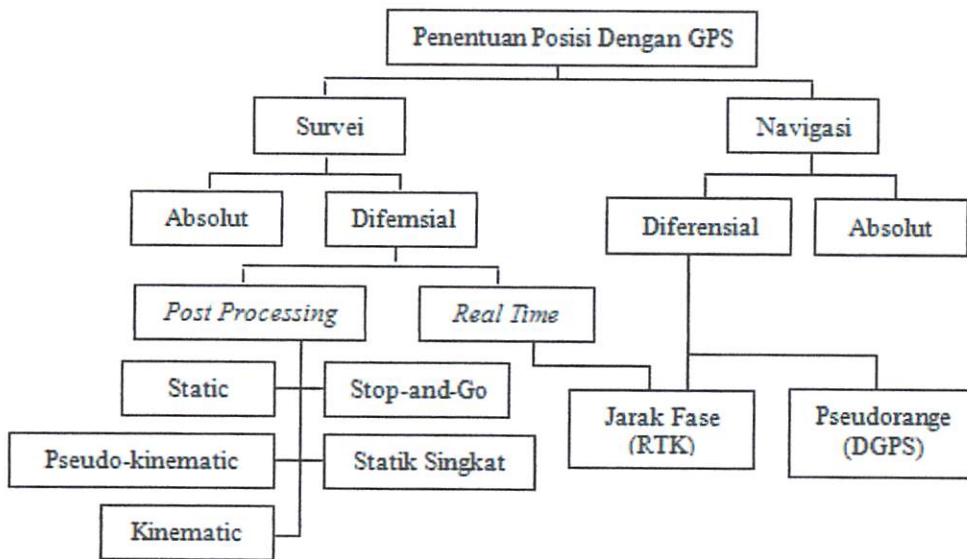
II.9.1 Metode.Metode Penentuan Posisi Dengan GPS

Pada dasarnya, tergantung pada mekanisme pengaplikasiannya, metode penentuan posisi dengan GPS dapat dikelompokkan atas beberapa metode yaitu : *absolute, differential, static, rapid static, pseudo.kinematic, dan stop.go.*

Tabel 2.17 Metode.metode penentuan posisi dengan GPS, Abidin (2006)

Metode	ABSOLUT (menggunakan 1 receiver)	DIFERENSIAL (menggunakan 2 receiver)	Titik	Receiver
STATIC	✓	✓	Diam	Diam
KINEMATIC	✓	✓	Bergerak	Bergerak
RAPID STATIC		✓	Diam	Diam (Singkat)
PSEUDO.KINEMATIC		✓	Diam	Diam dan bergerak
STOP.AND.GO		✓	Diam	Diam dan bergerak

Berdasarkan aplikasinya, metode.metode penentuan posisi dengan GPS juga dapat dibagi atas dua kategori utama, yaitu survei dan navigasi.

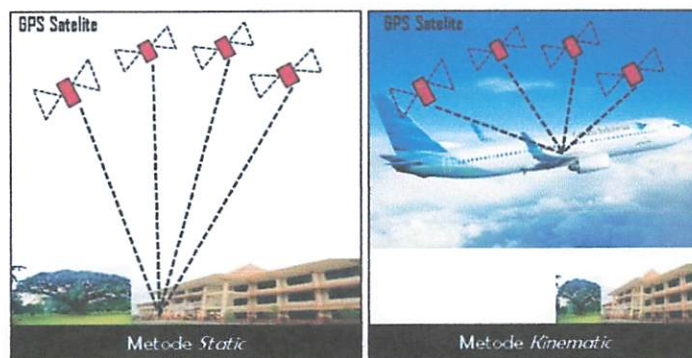


Gambar 2.36 Metode penentuan posisi dengan GPS

II.9.2 Metode Penentuan Posisi Absolut

Penentuan posisi secara *absolut* (*absolute positioning*) adalah metode penentuan posisi yang paling mendasar dari GPS. Bahkan dapat dikatakan bahwa metode ini adalah metode penentuan posisi dengan GPS yang direncanakan pada awalnya oleh pihak militer Amerika untuk memberikan pelayanan navigasi terutama bagi personil dan wahana militer mereka. Berkaitan dengan penentuan posisi secara *absolut*, ada beberapa catatan yang perlu diperhatikan yaitu:

- Metode ini kadang dinamakan juga metode *point positioning* karena penentuan posisi dapat dilakukan per titik tanpa tergantung pada lainnya.
- Posisi ditentukan dalam sistem WGS.84 terhadap pusat massa bumi.
- Prinsip penentuan posisi adalah *resection* dengan jarak ke beberapa satelit secara simultan.
- Aplikasi utama dari metode ini adalah untuk keperluan navigasi atau aplikasi.aplikasi lain yang memerlukan informasi posisi yang tidak perlu terlalu teliti tetapi tersedia secara instan (*real time*), seperti untuk keperluan *reconnaissance* dan *ground truthing*.



Gambar 2.37 Metode penentuan posisi absolut, *Abidin (2006)*

Perlu ditekankan bahwa metode penentuan posisi absolut dengan menggunakan data *pseudorange* pada prinsipnya adalah metode penentuan dasar yang didesain untuk GPS oleh pihak pengelola satelit (DoD, Amerika Serikat). Dalam hal ini, ada dua level ketelitian yang diberikan oleh GPS, yaitu yang dinamakan SPS (*Standard Positioning Service*) dan PPS (*Precise Positioning Service*).

SPS adalah pelayanan standar yang diberikan oleh GPS secara umum kepada siapa saja tanpa dipungut biaya, dengan mengasumsikan penggunaan kode C/A. Sedangkan PPS adalah pelayanan yang dikhususkan untuk pihak Amerika Serikat serta pihak-pihak yang diizinkan, melalui pemakaian kode P yang terdapat pada 2 frekuensi, L 1 dan L2.

Seperti yang sudah diindikasikan sebelumnya, ketelitian posisi yang diperoleh pada penentuan posisi secara absolut dengan *pseudorange* umumnya dikarakterisir sebagai fungsi dari geometri satelit dan ketelitian data *pseudorange*. Umumnya hal ini dapat diformulasikan dengan hubungan berikut :

$$\text{Ketelitian parameter} = \text{DOP} \times \text{Ketelitian Pseudorange}$$

Pada hubungan di atas, DOP (*Dilution of Precision*) adalah bilangan yang digunakan untuk merefleksikan kekuatan geometri dari konstelasi satelit. Nilai DOP yang kecil menunjukkan geometri satelit yang kuat (baik), dan nilai DOP yang besar menunjukkan geometri satelit yang lemah (buruk). Berdasarkan pada parameter yang diestimasi, dikenal beberapa jenis DOP, yaitu : GDOP = *Geometrical DOP* (posisi 3D dan waktu),

- PDOP = *Positional DOP* (posisi 3D),
- HDOP = *Horisontal DOP* (posisi horisontal),
- VDOP = *Vertikal DOP* (tinggi), dan
- TDOP = *Time DOP* (waktu).

$$Q_X = (A^T A)^{-1} \begin{bmatrix} q_{xx} & q_{xy} & q_{xh} & q_{xt} \\ & q_{yy} & q_{yh} & q_{yt} \\ & & q_{hh} & q_{ht} \\ \text{simetri} & & & q_{tt} \end{bmatrix}$$

$$A = \text{Matrik desain dari penentuan posisi}$$

$$\left. \begin{array}{l} GDOP = \sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{hh} + q_{tt}} \\ PDOP = \sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{hh}} \\ HDOP = \sqrt{q_{xx} + q_{yy}} \\ VDOP = \sqrt{q_{hh}} \\ TDOP = \sqrt{q_{tt}} \end{array} \right\}$$

Gambar 2.38 Perhitungan nilai DOP untuk penentuan posisi secara absolut (Abidin,2006)

II.9.3 Perhitungan SOF (Strength of Figure)

Strength of Figure adalah tingkat kekuatan geometrik rangkaian segitiga yang menentukan penyebaran kesalahan (*varian*) dalam perataan jaringan. Kekuatan geometrik jaringan segitiga yang baik dicerminkan oleh SOF yang kecil yang akan menjamin ketelitian meratapada seluruh jaringan. Faktor.faktor yang menentukan SOF pada jaringan segitiga (Nurjati, 2011):

- ❖ SOF (*strength of figure*) tiap segitiga yang menyusun jaringan (yang ideal segitiga sama sisi).
- ❖ Jumlah titik yang diduduki untuk pengukuran sudut.
- ❖ Jumlah sudut dan kondisi sisi dalam perataan jaringan (sebanding dengan jumlah pengamatan).

$$SOF = \frac{\text{Trace} ((A^T . A)^{-1})}{n - u} \dots\dots\dots(2.44)$$

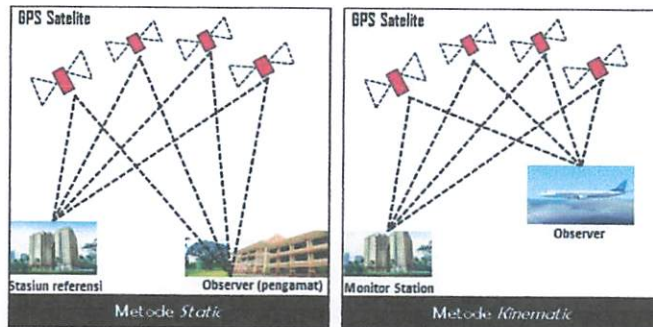
Keterangan :

1. A = Matrik desain
2. n = Jumlah data *baseline*
3. u = Jumlah parameter yang dicari

II.9.4 Metode Penentuan Posisi Diferensial

Ketelitian penentuan posisi secara absolut dapat ditingkatkan dengan menggunakan penentuan posisi secara diferensial (relatif). Pada penentuan posisi

diferensial, posisi suatu titik ditentukan relatif terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (station referensi).



Gambar 2.39 Metode penentuan posisi diferensial, *Abidin (2006)*

Pada metode diferensial, yang kadangkala dinamakan metode penentuan posisi relatif, dengan mengurangi data yang diamati oleh dua *receiver* GPS pada waktu yang bersamaan, maka beberapa jenis kesalahan dan bias dari data dapat dieliminasi atau direduksi. Pengeliminasian dan pereduksian ini akan meningkatkan akurasi dan presisi data, dan selanjutnya akan meningkatkan tingkat akurasi dan presisi posisi yang diperoleh. Pada penentuan posisi diferensial, jenis-jenis kesalahan dan bias yang dapat serta tidak dapat dieliminasi atau direduksi

Tabel 2.18 Efek dari proses pengurangan data (*Abidin,2006*)

Kesalahan dan Bias	Dapat dieliminasi	Dapat direduksi	Tidak dapat dieliminasi/direduksi
<i>jam satelit</i>	✓		
<i>Jam Receiver</i>	✓		
<i>Orbit (Ephemeris)</i>		✓	
<i>Ionosfer</i>		✓	
<i>Troposfer</i>		✓	
<i>Multipath</i>			✓
<i>Noise (Derau)</i>			✓
<i>Selective Availability</i>	✓	✓	

Penentuan posisi secara diferensial adalah metode penentuan posisi yang harus digunakan untuk mendapatkan ketelitian posisi yang relatif tinggi. Ketelitian posisi yang dapat diberikan oleh metode penentuan posisi secara diferensial berkisar dari level mm (dengan data *fase*) sampai level 1.3 meter (dengan data *pseudorange*). Selain itu, penentuan posisi secara diferensial dapat

diaplikasikan secara statik maupun kinematik dengan menggunakan data *pseudorange* dan data *fase*. Aplikasi utama dari metode penentuan posisi diferensial antara lain adalah survei pemetaan, survei geodesi, serta navigasi berketelitian menengah dan tinggi.

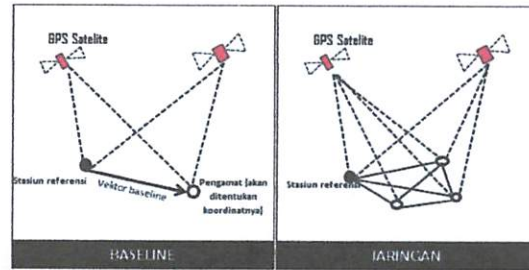
II.9.5 Metode Penentuan Posisi Statik

Penentuan posisi secara statik (*static positioning*) adalah penentuan posisi dari titik.titik yang statik (diam). Penentuan posisi tersebut dapat dilakukan secara absolut maupun diferensial, dengan menggunakan data *pseudorange* dan/atau *fase*. Dibandingkan dengan metode penentuan posisi kinematik, ukuran lebih pada suatu titik pengamatan yang diperoleh dengan metode statik biasanya lebih banyak. Hal ini menyebabkan keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif lebih tinggi (dapat mencapai orde mm sampai cm). Salah satu bentuk implementasi dari metode penentuan posisi statik yang populer adalah survei GPS untuk penentuan koordinat dari titik.titik kontrol untuk keperluan pemetaan ataupun pemantauan fenomena deformasi dan geodinamika.

Pada prinsipnya, survei GPS bertumpu pada metode.metode penentuan posisi statik secara diferensial dengan menggunakan data *fase*. Dalam hal ini pengamatan satelit GPS umumnya dilakukan *baseline per baseline* selama selang waktu tertentu (beberapa puluh menit sampai beberapa jam tergantung tingkat ketelitian yang diinginkan) dalam suatu jaringan (kerangka) dari titik.titik yang akan ditentukan posisinya.

Pada survei dengan GPS, pemrosesan data GPS untuk menentukan koordinat dari titik.titik dalam jaringan umumnya akan mencakup tiga tahapan utama perhitungan, yaitu:

- ❖ Pengolahan data dari setiap *baseline* dalam jaringan.
- ❖ Perataan jaringan yang melibatkan semua *baseline* untuk menentukan koordinat dari titik.titik dalam jaringan, dan
- ❖ Transformasi koordinat titik.titik tersebut dari datum WGS84 ke datum yang diperlukan oleh pengguna.



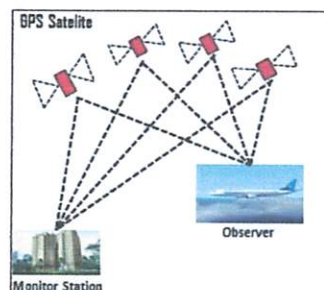
Gambar 2.40 Penentuan posisi titik.titik dengan metode static, *Abidin (2006)*

Pengolahan data dari setiap *baseline* GPS pada dasarnya adalah bertujuan menentukan nilai estimasi vektor *baseline* atau koordinat relatif (dX, dY, dZ). Proses estimasi yang digunakan untuk pengolahan *baseline* umumnya berbasiskan metode kuadrat terkecil (*least.squares*).

II.9.6 Metode Penentuan Posisi Kinematik

Penentuan posisi secara kinematik (*kinematic positioning*) adalah penentuan posisi dari titik.titik yang bergerak dan *receiver* GPS tidak dapat atau tidak mempunyai kesempatan untuk berhenti pada titik.titik tersebut. Hasil penentuan posisi bisa diperlukan saat pengamatan (*real.time*) ataupun sesudah pengamatan (*post.processing*). Untuk *real.time* differential positioning diperlukan komunikasi data antara stasiun referensi dengan *receiver* yang bergerak.

Berdasarkan pada jenis data yang digunakan serta metode penentuan posisi yang digunakan, ketelitian posisi kinematik yang diberikan oleh GPS dapat berkisar dari tingkat rendah (penentuan posisi *absolut* dengan *pseudorange*) sampai tingkat tinggi (penentuan posisi diferensial dengan *fase*). Dari segi aplikasinya, metode kinematik GPS akan bermanfaat untuk navigasi, pemantauan (*surveillance*), *guidance*, fotogrammetri, *airborne gravimetry*, survei hidrografi, dll.



Gambar 2.41 Penentuan posisi dengan metode kinematic, *Abidin (2006)*

II.9.7 Metode Survei Statik Singkat (Rapid Static)

Metode penentuan posisi dengan survei statik singkat (*rapid static*) pada dasarnya adalah survei statik dengan waktu pengamatan yang lebih singkat, yaitu 5 . 20 menit. Prosedur operasional lapangan pada survei statik singkat adalah sama seperti pada survei statik, hanya selang waktu pengamatannya yang lebih singkat. Untuk merealisasikan hal tersebut, metode statik singkat sangat bertumpu pada proses penentuan ambiguitas *fase* secara cepat. Oleh sebab itu disamping memerlukan perangkat lunak yang andal dan canggih, metode statik singkat juga memerlukan geometri pengamatan yang baik, tingkat residu kesalahan dan bias yang relatif rendah, serta lingkungan pengamatan yang relatif tidak menimbulkan *multipath*. Dalam hal ini, penggunaan data dua frekuensi juga akan lebih diharapkan.

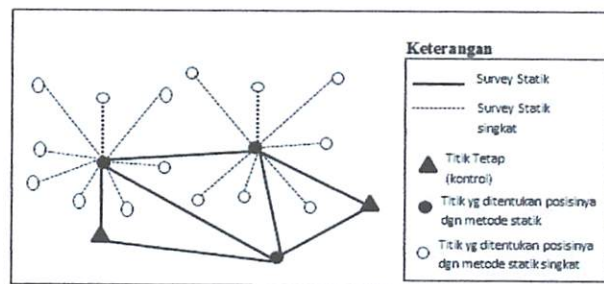
Mengingat persyaratannya yang relatif ketat, metode survei statik singkat umumnya hanya diaplikasikan untuk *baseline* yang relatif pendek (<5 km). Dan seandainya ambiguitas *fase* dapat ditentukan dengan benar, maka ketelitian (relatif) posisi titik yang diperoleh adalah dalam orde centimeter. Aplikasi utama dari metode survei statik singkat adalah pada survei pemetaan (orde tidak terlalu tinggi), densifikasi titik, survei rekayasa, dan lainnya.

Kalau metode statik singkat dibandingkan dengan metode statik dalam penentuan posisi, maka ada beberapa hal yang patut dicatat yaitu:

- ❖ Survei statik singkat mempunyai tingkat produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan survei statik, karena waktu pengamatan satu sesi relatif lebih singkat.
- ❖ Metode survei statik memberikan ketelitian posisi yang relatif lebih baik dibandingkan metode survei statik singkat.
- ❖ Metode survei statik singkat memerlukan *receiver* GPS serta piranti lunak pemroses data yang lebih canggih dan lebih modern.
- ❖ Karena harus memastikan penentuan ambiguitas *fase* secara benar dengan data pengamatan yang relatif lebih sedikit, metode survei statik singkat relatif 'kurang fleksibel' dalam hal spesifikasi pengamatan dibandingkan metode survei statik.

- ❖ Metode survei statik singkat relatif lebih rentan terhadap efek kesalahan dan bias.

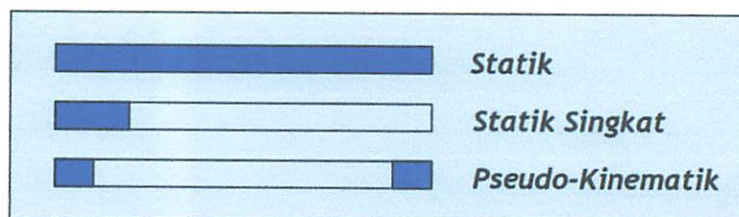
Dalam penentuan koordinat titik.titik kontrol untuk keperluan survei dan pemetaan, skenario yang paling baik adalah dengan menggabungkan metode survei statik dan statik singkat, dimana setiap metode digunakan secara fungsional sesuai dengan karakternya masing.masing. Dalam hal ini survei statik digunakan untuk menentukan koordinat dari titik.titik kontrol yang relatif berjarak, sedangkan survei statik singkat digunakan untuk menentukan koordinat dari titik.titik kontrol yang relatif dekat satu sama lainnya serta berorde ketelitian yang relatif lebih rendah.



Gambar 2.42 Kombinasi metode survei statik dan statik singkat, *Abidin (2006)*

II.9.8 Metode Survei Pseudo Kinematik

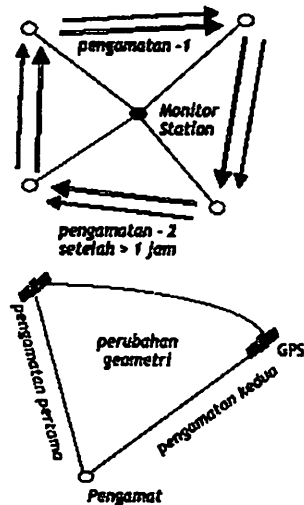
Metode pseudo.kinematik yang kadang disebut juga sebagai metode *intermittent* ataupun metode *reoccupation*, pada dasarnya dapat dilihat sebagai realisasi dari dua metode statik singkat (lama pengamatan beberapa menit) yang dipisahkan oleh selang waktu yang relatif cukup lama (sekitar satu sampai beberapa jam), seperti yang diilustrasikan oleh gambar 2.16.



Gambar 2.43 Metode survei statik, statik singkat, dan pseudo kinematik, *Abidin (2006)*

Pada metode ini, pengamatan dalam dua sesi yang berselang waktu relatif lama dimaksudkan untuk meliputi perubahan geometri yang cukup besar, sehingga

diharapkan dapat mensukseskan penentuan ambiguitas *fase* serta mendapatkan ketelitian posisi yang relatif baik. Dalam hal ini, perhitungan vektor baseline dilakukan dengan menggunakan data gabungan dari dua sesi pengamatan tersebut. Dalam pelaksanaan di lapangan, selang waktu antara dua sesi pengamatan yang singkat tersebut dapat digunakan untuk mengamati *baseline*. *baseline* lainnya.



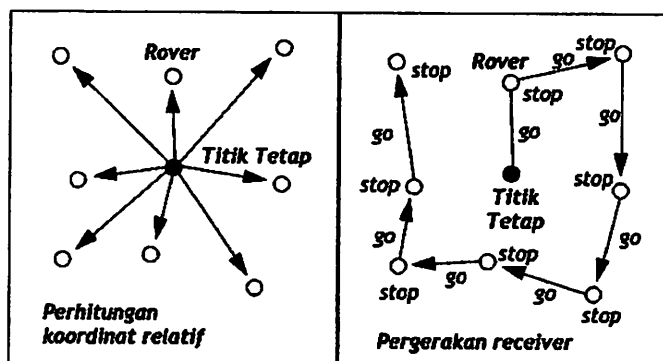
Gambar 2.44 Metode survei penentuan posisi pseudo kinematic, *Abidin (2006)*

Dalam penerapan di lapangan, data pengamatan di antara titik-titik yang akan ditentukan posisinya sebenarnya tidak diperlukan. Oleh sebab itu, *receiver* GPS dapat dimatikan selama pergerakan titik-titik. Perlu diketahui bahwa tidak semua *receiver* GPS mempunyai moda operasional untuk metode pseudo.kinematik, dan tidak semua perangkat lunak komersial GPS mempunyai pilihan untuk mengolah data survei dengan metode ini.

Seperti halnya pada metode statik singkat, metode pseudo.kinematik ini memerlukan satelit geometri yang baik, tingkat bias dan kesalahan data yang relatif rendah, serta lingkungan yang relatif tidak menimbulkan *multipath*. Seandainya ambiguitas *fase* dapat ditentukan dengan benar, maka tingkat ketelitian (relatif) posisi titik yang diperoleh adalah dalam orde centimeter. Patut dicatat di sini bahwa metode pseudo.kinematik ini adalah metode survei dengan waktu pengamatan singkat yang baik untuk digunakan ketika kondisi lapangan maupun pengamatan tidak sesuai untuk penerapan metode statik singkat ataupun metode *stop.and.go*.

II.9.9 Metode Survei Stop and Go

Metode *stop.and.go* adalah salah satu metode survei penentuan posisi titik.titik dengan GPS, yang kadang disebut juga sebagai metode semi.kinematik. Pada metode ini titik.titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak (statik), sedangkan *receiver* GPS bergerak dari titik.titik dimana pada setiap titik nya *receiver* yang bersangkutan diam beberapa saat di titik.titik tersebut.



Gambar 2.45 Metode penentuan posisi stop and go, Abidin (2006)

Metode *stop.and.go* berbasiskan pada penentuan posisi secara diferensial dengan menggunakan data *fase*. Koordinat titik.titik ditentukan relatif terhadap koordinat dari stasiun referensi. Pada metode ini ambiguitas *fase* pada titik awal harus ditentukan sebelum *receiver* GPS bergerak. Hal ini dilakukan dengan melakukan pengamatan satelit yang relatif lebih lama dibandingkan pengamatan pada titik.titik berikutnya. Setelah pengamatan di titik pertama dilakukan dalam waktu yang diperkirakan cukup untuk menentukan ambiguitas *fase* dengan baik (15 . 30 menit), maka selanjutnya *receiver* bergerak menuju titik.titik berikutnya.

Agar harga ambiguitas *fase* yang telah ditentukan dapat dipergunakan dalam perhitungan koordinat titik.titik berikutnya, maka pada metode *stop.and.go* ini selama pergerakan antar titik, *receiver* tidak boleh terputus dalam pengamatan sinyal dari satelit (tidak terjadi *cycle slip*). Seandainya hal ini bisa dilakukan, maka untuk mencapai ketelitian posisi relatif titik dalam orde cm, receiver GPS cukup berhenti sekitar 1 . 2 menit saja di setiap titiknya. Seandainya pada epok tertentu selama pergerakan terjadi *cycle slip*, maka *receiver* harus melakukan inisialisasi kembali untuk kemudian bergerak lagi. Mengingat karakteristiknya tersebut, metode *stop and go* cocok digunakan untuk penentuan posisi dari

titik.titik yang berjarak dekat satu sama lainnya serta berada pada daerah yang terbuka, seperti untuk pemetaan batas.batas sawah serta persil.persil tanah di daerah yang relatif terbuka.

BAB III

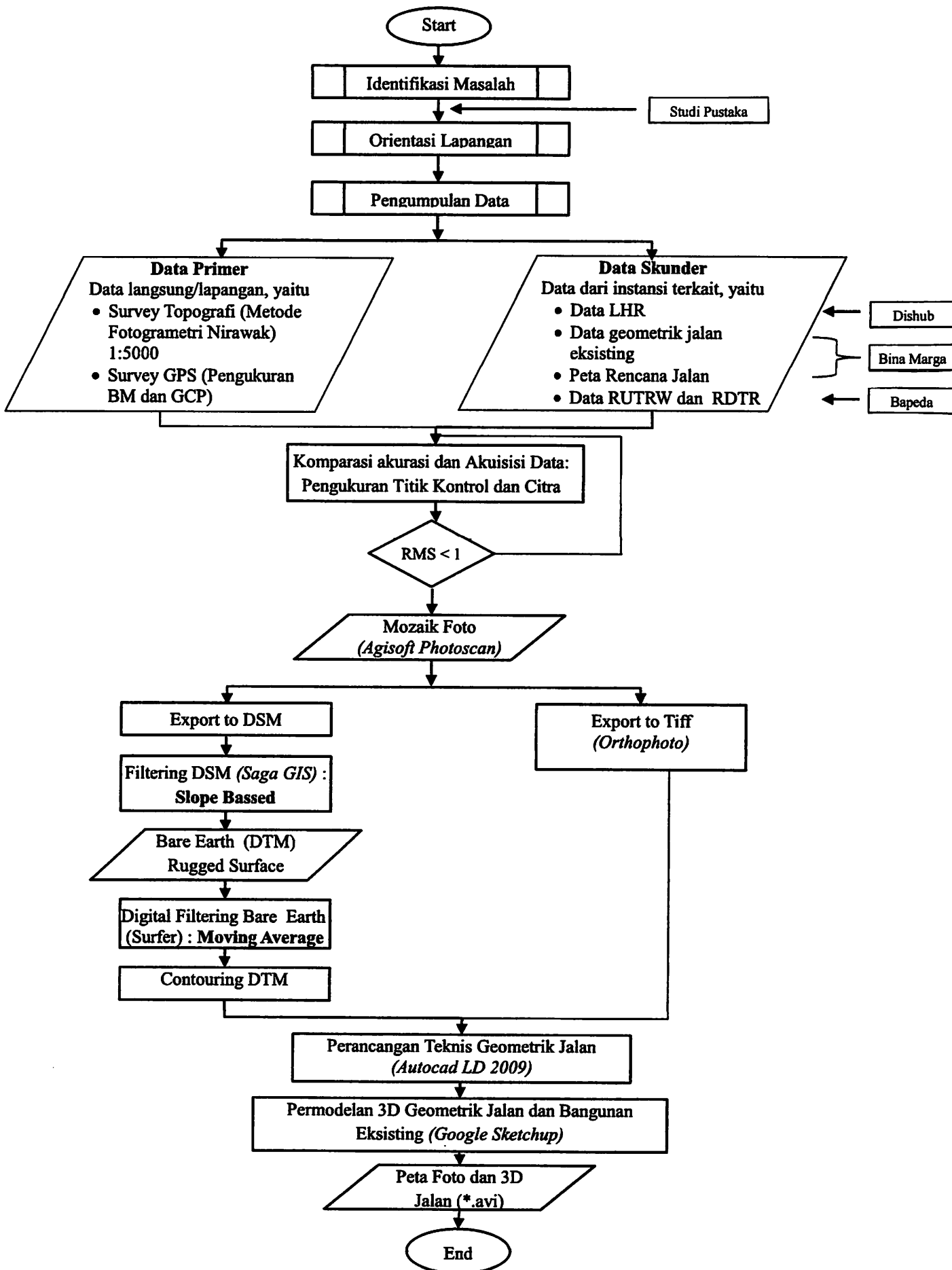
METODE PENELITIAN

III.1 Tahap Penyusunan Skripsi

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum pengumpulan dan pengolahan data, pada tahap ini disusun kegiatan yang harus dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan dalam perencanaan. Untuk membantu dalam proses penyelesaian Skripsi maka perlu dibuat suatu pedoman kerja yang matang, sehingga waktu untuk menyelesaikan laporan dapat terencana dengan baik dan tercapainya sasaran penulisan sesuai dengan bobot persoalan yang diangkat. Agar pekerjaan berjalan efektif maka perlu dibuat suatu pedoman umum, berupa alur kerja yang efisien namun dapat menjawab semua permasalahan yang akan ditinjau. Persiapan awal yang dilakukan untuk menunjang kelancaran penyusunan Skripsi adalah sebagai berikut :

1. Melengkapi persyaratan administrasi Skripsi;
2. Melengkapi studi pustaka berupa pengumpulan materi studi sebagai referensi dalam analisis data dan perancangan desain;
3. Menentukan kebutuhan data sementara;
4. Mendata instansi. instansi yang akan dijadikan nara sumber data;
5. Pengadaan persyaratan administrasi untuk pengumpulan data;
6. Pembuatan proposal penyusunan skripsi;
7. Presentasi data dan rangkuman kerja penyusunan Skripsi;
8. Survey lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi proyek;
Pembuatan jadual rencana penyusunan Skripsi.

Diagram alir Skripsi merupakan suatu kerangka dasar yang membentuk alur kerja dan berfungsi sebagai pedoman umum untuk membantu proses penyusunan Skripsi. Kerangka dan prosedur pengerjaan Skripsi diterangkan dalam diagram alir seperti Gambar 3.1. berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Penelitian

III.2 Pelaksanaan Survey

III.2.1 Persiapan

Persiapan Personil : Kordinator lapangan, Surveyor/Pilot *UAV*, Asisten Surveyor, Tenaga pembantu (Helper)

- Lokasi Penelitian : Penelitian ini dilaksanakan mulai dari lokasi tugu pesawat Jl. Soekarno.Hatta melewati Jl. Ikan Tombro kea rah Jl. Perusahaan (Karanglo) dengan koordinat Lintang dan Bujur sebagai berikut. Lokasi yang akan di foto adalah ±593 ha, lihat gambar 3.2

Tabel 3.1 Daftar koordinat rencana proyek

Point	Latitude (λ)	Longitude (ϕ)
A	7°56'27.32"S	112°37'20.07"E
B	7°56'36.63"S	112°37'56.60"E
C	7°54'32.10"S	112°38'29.35"E
D	7°54'18.42"S	112°37'52.07"E



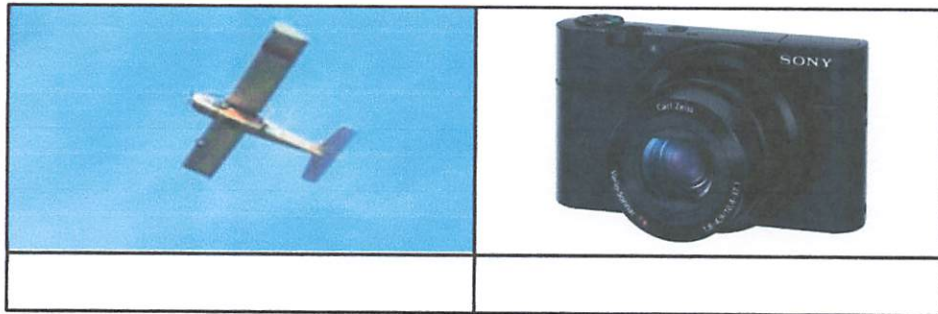
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian

- Alat dan Perangkat lunak

1. Alat Penelitian

- ✓ *UAV Photogrametry (Fixed Wing)*
- ✓ *Telemetry*

- ✓ *Camera Sony DSC.RX100*
- ✓ *Stiker retro (Premark)*
- ✓ *GPS Geodetic GR5 (Topcon)*
- ✓ *Roll meter*
- ✓ *PC/Laptop core i5 2.4GHz, RAM 4GB, GPU Nvidia GT 630M 2GB*



Gambar 3.3 Perangkat Penelitian

2. Perangkat Lunak (*Software*)

- ✓ *Agisoft PhotoScan*
 - ✓ *Google Sketchup 2013*
 - ✓ *Geo Genius*
 - ✓ *Ms. Excel 2010*
 - ✓ *Ms. Word 2010*
 - ✓ *Global Mapper v.13*
 - ✓ *Autocad LD 2009*
 - ✓ *SAGA GIS*
 - ✓ *Surfer*
 - ✓ *Arcgis 10.2.2*
- *Administrasi* : Kordinasi dengan pihak terkait mengenai luasan atau batas daerah yang akan di ukur, serta detail apa saja yang harus diambil atau di tampilkan.
 - *Data Skunder* : Data sekunder yang dari berbagai instansi terkait baik di pusat maupun daerah. Data sekunder tersebut antara lain :

Tabel 3.2 Kebutuhan Data dan Peta

No.	Jenis Data	Sumber
1	Melakukan koordinasi dengan instansi terkait dalam hal pengadaan data.	Instansi Terkait.
2	Studi Terdahulu : □ Identifikasi, Perijinan, dan pengamanan lokasi	Instansi Terkait.
3	Titik.titik referensi yang digunakan.	Orde 4 ITN003
4	Peta rencana proyek dan jalur penerbangan	Google Earth (*.kml)
5	RUTRW dan RDTR.	BAPEDA kota Malang
6	Perencanaan teknis geometrik jalan	Dinas Pekerjaan Umum Kota Malang

III.2.2 Orientasi Lapangan

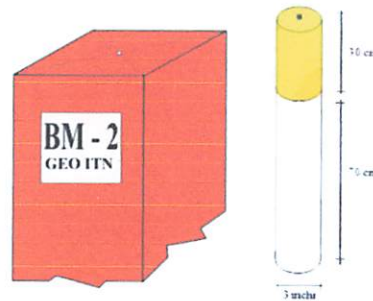
Orientasi lapangan di lakukan sebelum team melakukan pekerjaan pengukuran dan pekerjaan lainya yang masih berkaitan dengan pekerjaan pengukuran. Orientasi lapangan bertujuan mendapatkan gambaran secara umum mengenai lokasi pekerjaan pengukuran sehingga memudahkan perencanaan dan cara yang efektif dalam pengambilan data pengukuran.

III.2.3 Titik Referensi dan Pemasangan Benchmark (BM) dan Premark

Dalam pelaksanaan pengukuran detail, surveyor akan menggunakan titik tetap yang sudah ada sebagai titik acuan. Untuk menunjang hasil kegiatan proyek, dilakukan penambahan benchmark baik berupa BM maupun CP dan peletakan *Premark* di beberapa lokasi untuk menjamin akurasi pengukuran pada saat pelaksanaan konstruksi. (BM dan CP) kerangka dasar pengukuran adalah sebagai berikut :

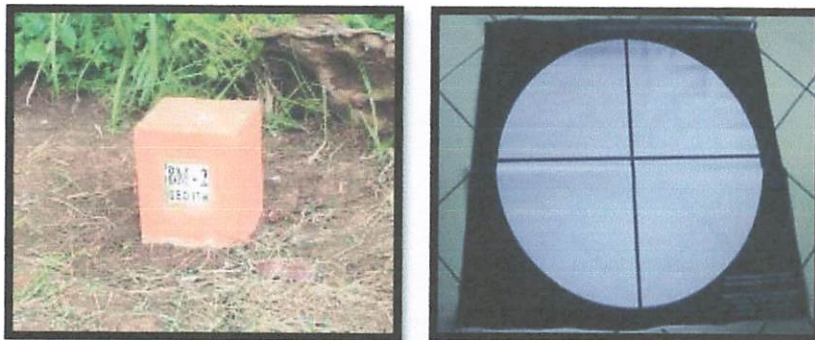
- ❖ Pemasangan *Premark*, BM dan CP dilaksanakan pada jalur.jalur pengukuran sehingga memudahkan pelaksanaan pengukuran.
- ❖ BM, CP dan *Premark* dipasang sebelum pengukuran situasi dilaksanakan.
- ❖ Pilar.pilar tersebut dibuat dari konstruksi beton.
- ❖ BM, CP dan *Premark* tersebut dipasang pada tempat.tempat yang aman, stabil serta mudah ditemukan.

- ❖ Apabila tidak memungkinkan untuk mendapatkan tempat yang stabil, misalnya tanah gembur atau rawa-rawa maka pemasangan BM dan CP tersebut harus di sangga dengan bambu/kayu.



Gambar 3.4 Bentuk BM dan CP

Secara umum lokasi untuk titik GPS dipilih sesuai dengan kebutuhan serta tujuan dari penggunaan titik GPS itu sendiri. *Bench Mark* yang terbuat dari beton paralon 3 inch dengan tinggi 1 meter. BM ini merupakan titik acuan awal untuk keseluruhan titik patok kayu tempat berdiri alat berikutnya. Pengukuran koordinat BM dilakukan dengan pengamatan GPS. BM dicat dengan warna merah/orange.



Gambar 3.5 Titik BM dan *Premark* untuk GCP

Persyaratan penentuan lokasi titik GPS :

- Punya ruang pandang langit yang bebas ke segala arah diatas elevasi 15° .
- Jauh dari obyek. obyek reflektif yang mudah memantulkan sinyal (mencegah terjadinya *multipath*).
- Kondisi dan struktur tanah yang stabil.
- Mudah dicapai.
- Sebaiknya merupakan tanah milik Negara (mencegah kerusakan).
- Titik – titik harus dapat di ikatkan ke minimal satu titik yang telah diketahui koordinatnya, untuk keperluan perhitungan, pendefinisian

datum, serta penjagaan konsistensi dan homogenitas dari datum dan ketelitian titik – titik dalam jaringan.

- Pasang BM dengan kedalaman yang telah ditentukan.

III.2.4 Pengukuran Titik Kontrol BM

Penentuan kerangka kontrol peta adalah salah satu tahapan yang harus dilaksanakan dalam proses pembuatan peta topografi. Adapun kerangka kontrol peta terbagi atas dua macam yaitu : kerangka kontrol horisontal dan kerangka kontrol vertikal. Pada studi kasus ini digunakan pengamatan GPS metode statik singkat dengan menempatkan *base* di ITN003 (orde 4) dan *rover* berada di BM01.BM06.

III.2.5 Pengukuran Ground Control Point

Untuk pengukuran *GCP* digunakan pengukuran GPS metode *Real Time Kinematic (RTK)* untuk di amati koordinat pada *Pre-mark* yang terpasang, hal ini bertujuan untuk mempersingkat waktu pengukuran dengan estimasi waktu yang tidak terlalu lama. Sebaran lokasi titik control pada area pemotretan udara dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.6 BM Ground control point

III.3 Pelaksanaan Survey

III.3.1 Pengukuran BM dengan GPS Geodetik (Metode Statik)

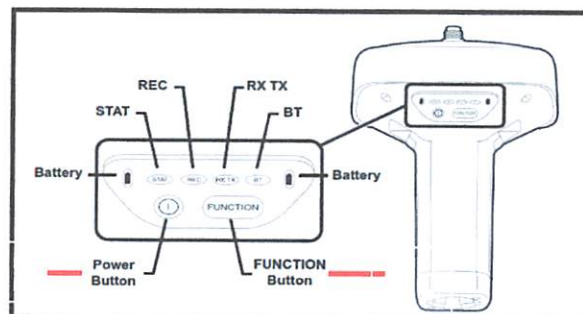
Guna melakukan pengukuran Kerangka Kontrol Horizontal (KKH) dan Kerangka Kontrol Vertikal (KKV) secara bersamaan, maka penentuan titik referensi BM01.BM06 akan digunakan pengamatan metode statik yang diikatkan ke titik referensi orde 4 (ITN003) yang berada di sebelah gedung menwa kampus 1 ITN Malang. Adapun langkah-langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Persiapkan alat yang akan dibawa ke lapangan



Gambar 3.7 Survey GPS pada Base ITN003

2. Kemudian, pergi menuju titik BM yang akan diamati.
3. Dirikan alat di atas BM (*centring* alat terlebih dahulu).
4. Hidupkan alat GPS dengan menekan tombol *power*,



Gambar 3.8 Tampilan Tombol yang Terdapat pada Alat GPS GR5

5. Sebelum menekan tombol *function*, terlebih dahulu pastikan *base* dan *rover* akan hidup bersamaan
6. *Push and hold* tombol *function* pada alat GPS sampai lampu *LED* pada alat GPS berwarna hijau (kedap.kedip).
7. Lakukan pengamatan selama 20 menit.

8. Setelah selesai pengamatan, matikan alat GPS dengan cara *Push and hold* tombol *function* sampai *LED* berwarna hijau mati.
9. Lakukan pengambilan gambar lokasi titik BM dari 4 arah (utara, timur, selatan, barat)
10. Dikemas kembali alat GPS untuk menuju lokasi BM selanjutnya.
11. Setelah semua BM selesai diamati, *download* data yang terekam pada GPS menggunakan *software topconlink*.



Gambar 3.9 Survey GPS lokasi rover BM2

III.3.2 Pengukuran GCP (Metode RTK)

Dalam pengambilan data GCP, penulis menggunakan GPS RTK (*Real Time Kinematic*). Dengan menggunakan GPS RTK (*Real Time Kinematic*), penulis dapat melakukan pengambilan data pada areal terbuka dengan cepat. Hal ini dapat membantu mengestimasi waktu pengukuran.



Gambar 3.10 Pengukuran *premark* untuk GCP

III.3.3 Tahapan Proses Foto Udara

a) Rencana Terbang

Pembuatan rencana terbang dilakukan berdasarkan data spesifikasi kamera yang digunakan, spesifikasi pesawat dan spesifikasi pemotretan udara

(seperti skala foto, *overlap*, *sidelap*, luas area pemotretan). Spesifikasi kamera yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Spesifikasi kamera Sony DSC.RX100

<i>Camera Type</i>	Sony DSC.RX100
<i>Focal length</i>	10 mm
<i>Column</i>	5472
<i>Row</i>	3648
<i>CMOS Width</i>	13.2
<i>CMOS Height</i>	8.8
<i>Pixel Size X</i>	0.0024
<i>Pixel Size Y</i>	0.0024

Sementara itu spesifikasi pesawat atau UAV yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Spesifikasi UAV

<i>Length</i>	1 m
<i>Wingspan</i>	1.58 m
<i>Max take.off weight</i>	5 kg
<i>Payload</i>	1 kg
<i>Take.off speed</i>	60 km/h
<i>Landing speed</i>	60 km/h
<i>Rate if climb</i>	3–5 m/s
<i>Max speed</i>	120 km/h
<i>Ceiling</i>	4.5 km
<i>Endurance of battery</i>	10.20 min

Rencana terbang yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Rencana terbang

<i>Tinggi Terbang</i>	400 m
<i>Duration of Flight</i>	15min
<i>Skala Foto</i>	1:40000
<i>Focal Length</i>	10 mm

Lebar <i>Footprint</i>	528 m
Tinggi <i>Footprint</i>	352 m
<i>Overlap</i>	80%
<i>Sidelap</i>	60%
<i>Ground Speed</i>	36 km/h
<i>Fly Speed</i>	111km/h
<i>Shutter Interval</i>	2.4 sec
<i>Length of Flight Line</i>	4100 m
<i>Number of Flight Line</i>	5
<i>Total Mission Distance</i>	27.9 km

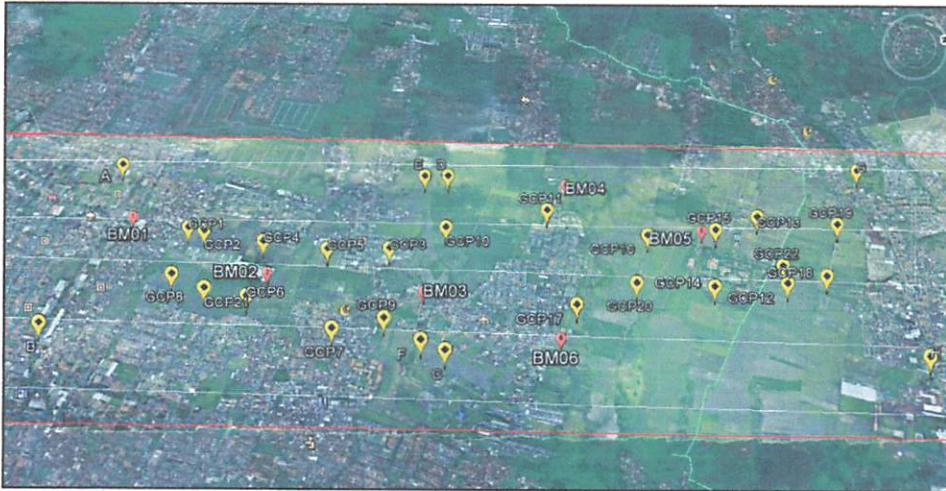
Desain jalur terbang untuk pemotretan udara dapat dilihat pada Gambar 3.1 Secara keseluruhan jumlah jalur terbang adalah 5 jalur. Dengan lokasi *base take.off landing* UAV sebanyak 1 kali yang berlokasi di lapangan belakang kampus 2 ITN Malang. Berikut adalah perencanaan jalur terbang dengan menggunakan software *mission planner* dari ardupilot



Gambar 3.11 Perencanaan jalur terbang *software mission planner*

b) Rencana Titik Kontrol

Rencana titik kontrol foto udara dibuat dengan kerapatan yang dapat terlihat di udara. Jumlah titik kontrol yang harus diukur sebanyak 21 Titik. Sebaran lokasi titik kontrol pada area pemotretan udaran dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.12 Ground control point

Pembuatan titik kontrol dilakukan dengan pemasangan *premark* dengan cara memasang tanda buatan (*artificial target*) dan mengukur koordinat dari tanda buatan tersebut. Pemasangan *premark* harus dilakukan sebelum pemotretan udara dan sebaiknya selang waktu antara pemasangan *premark* dan pemotretan udara tidak terlalu jauh untuk menghindari adanya *premark* yang rusak atau hilang.

c) Pemotretan Udara

Pemotretan udara dilakukan pada tanggal 10 Februari 2015. Pemotretan dilakukan dengan menggunakan UAV tipe *fixed wing* yang dilengkapi kamera non.metrik tipe Sony Sony DSC.RX100. Lokasi *base take.off landing* UAV yang digunakan yakni lapangan belakang kampus 2 ITN Malang, total dilakukan jalur terbang (*run*) sebanyak 5 buah. Tahapan kegiatan pemotretan udara adalah persiapan, pemotretan dan pengecekan foto. Persiapan yang dilakukan sebelum pemotretan udara adalah pengecekan sistem UAV, pemasangan kamera dan *input* jalur terbang ke dalam sistem *autopilot* pesawat. Sebelum UAV melakukan misi pemotretan udara yang sesungguhnya, dilakukan uji terbang untuk mengecek kemungkinan terjadinya permasalahan pada sistem UAV. Setelah UAV siap untuk terbang, pilot menerbangkan UAV hingga ketinggian dan jalur yang ditentukan, kemudian sistem *autopilot* dijalankan dan UAV secara otomatis terbang mengikuti jalur terbangnya dan melakukan pemotretan sesuai rencana terbang. Selama UAV

melakukan misi terbang di udara, *ground control station* mengawasi kondisi pesawat seperti kecepatan, ketinggian, kondisi baterai serta jalur terbangnya. Ketika misi pemotretan udara telah selesai, pilot akan mengambil alih sistem *autopilot* dan membawa pesawat kembali ke lokasi *take.off landing* untuk melakukan pendaratan.

Ketika pesawat telah mendarat, hal pertama yang dilakukan adalah untuk memindahkan data foto udara hasil pemotretan ke komputer, selanjutnya mengecek kondisi baterai kamera, mengisi bahan bakar dan melakukan input jalur terbang untuk misi pemotretan berikutnya. Foto udara yang telah didapat kemudian di cek untuk melihat kualitas gambar (*blur* atau tidak), besarnya *overlap* antar foto, adanya foto yang miring dan kesesuaian antara persebaran foto udara dengan jalur terbang. Dokumentasi kegiatan pemotretan udara dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.13 Dokumentasi pemotretan udara

Berikut adalah contoh pemotretan udara yang cukup rapat *overlap* nya



Gambar 3.14. Hasil foto udara

III.4 Proses Pengolahan Data

III.4.1 Pengolahan Data GPS

a) Perhitungan SOF (*Strength Of Figure*)

Untuk mengetahui kekuatan jaringan yang akan diukur dapat diperoleh dengan perhitungan *SOF (Strength of Figure)*. Pada penelitian ini digunakan 2 skenario jaringan yaitu jaringan dengan 21 *baseline* dan jaringan dengan 15 *baseline*. Kekuatan jaringan sangat penting digunakan untuk mendapatkan hasil data yang maksimal, Pada saat melaksanakan pengukuran yang dilakukan adalah mengambil data koordinat pada patok/BM dengan pengukuran GPS Statik. Patok/BM yang telah dibuat sebelumnya berfungsi sebagai titik pengikat pada saat pengukuran data topografi. Adapun langkah-langkah perhitungan *SOF (Strength of Figure)* 15 *baseline* adalah sebagai berikut:

1. Menyusun matrik L dan X dari jaringan yang direncanakan.

Tabel 3. 3 Matriks L dan X

XITN003 - BM1	
YITN003 - BM1	
ZITN003 - BM1	
XITN003 - BM2	
YITN003 - BM2	
ZITN003 - BM2	
XITN003 - BM3	
YITN003 - BM3	
ZITN003 - BM3	
XITN003 - BM4	
YITN003 - BM4	
ZITN003 - BM4	
XITN003 - BM5	
YITN003 - BM5	
ZITN003 - BM5	
XBM1 - BM2	
YBM1 - BM2	
ZBM1 - BM2	
XBM3 - BM2	
YBM3 - BM2	
ZBM3 - BM2	
XBM3 - BM6	
YBM3 - BM6	
ZBM3 - BM6	
XBM4 - BM1	
YBM4 - BM1	
ZBM4 - BM1	
XBM4 - BM2	
YBM4 - BM2	
ZBM4 - BM2	
XBM4 - BM3	
	XBM1
	YBM1
	ZBM1
	XBM2
	YBM2
	ZBM2
	XBM3
	YBM3
	ZBM3
	XBM4
	YBM4
	ZBM4
	XBM5
	YBM5
	ZBM5
	XBM6
	YBM6
	ZBM6

2. Mencari nilai parameter *Unknown (X)* . $X = (A^T A)^{-1} (A^T L)$

➤ Menyusun matrik A

Tabel 3.6 Matriks A

➤ Menghitung matriks A *transnspose*.

Tabel 3.7 Matriks A^T

➤ Menghitung matriks A^T matriks A

Tabel 3.8 Matriks $A^T A$

- Menghitung matriks $(A^T A)^{-i}$

Tabel 3.9 Matriks $(A^T A)^{-1}$

0.3743	0	0	0.167	0	0	0.129	0	0	0.167	0	0	0.163	0	0	0.146	0	0
0	0.374	0	0	0.167	0	0	0.129	0	0	0.167	0	0	0.163	0	0	0.146	0
0	0	0.374	0	0	0.167	0	0	0.129	0	0	0.167	0	0	0.163	0	0	0.146
0.1674	0	0	0.374	0	0	0.163	0	0	0.167	0	0	0.129	0	0	0.146	0	0
0	0.167	0	0	0.374	0	0	0.163	0	0	0.167	0	0	0.129	0	0	0.146	0
0	0	0.167	0	0	0.374	0	0	0.163	0	0	0.167	0	0	0.129	0	0	0.146
0.1286	0	0	0.163	0	0	0.357	0	0	0.167	0	0	0.185	0	0	0.271	0	0
0	0.129	0	0	0.163	0	0	0.357	0	0	0.167	0	0	0.185	0	0	0.271	0
0	0	0.129	0	0	0.163	0	0	0.357	0	0	0.167	0	0	0.185	0	0	0.271
0.1667	0	0	0.167	0	0	0.167	0	0	0.333	0	0	0.167	0	0	0.167	0	0
0	0.167	0	0	0.167	0	0	0.167	0	0	0.333	0	0	0.167	0	0	0.167	0
0	0	0.167	0	0	0.167	0	0	0.167	0	0	0.333	0	0	0.167	0	0	0.271
0.1631	0	0	0.129	0	0	0.185	0	0	0.167	0	0	0.357	0	0	0.271	0	0
0	0.163	0	0	0.129	0	0	0.185	0	0	0.167	0	0	0.357	0	0	0.271	0
0	0	0.163	0	0	0.129	0	0	0.185	0	0	0.167	0	0	0.357	0	0	0.271
0.1458	0	0	0.146	0	0	0.271	0	0	0.167	0	0	0.271	0	0	0.771	0	0
0	0.146	0	0	0.146	0	0	0.271	0	0	0.167	0	0	0.271	0	0	0.771	0
0	0	0.146	0	0	0.146	0	0	0.271	0	0	0.167	0	0	0.271	0	0	0.8

- Menghitung penjumlahan diagonal matrik $(A^T A)^{-i}$

$$\begin{aligned} \text{Trace } (A^T A)^{-i} &= 0.374+0.374+0.374+0.374+0.374+0.374+0.357+ \\ &\quad 0.357+0.357+0.333+0.333+0.357+0.357+0.357+ \\ &\quad 0.771+0.771+0.8 \\ &= 7.700 \end{aligned}$$

$$\text{Trace } (A^T A)^{-1} = 7.700$$

- Menghitung nilai $n.u$. Dengan n merupakan jumlah matriks L (matriks pengamatan) dan u merupakan jumlah matriks X (matriks *unknown*).

Diketahui: $n = 45$; $u = 18$. Jadi, $n.u = 45.18 = 27$

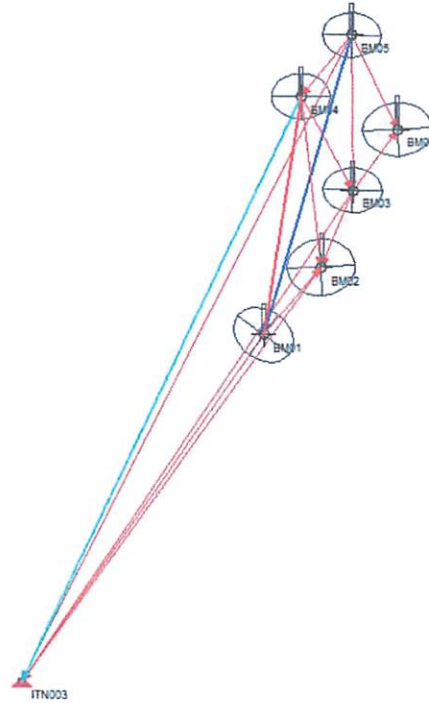
- Menghitung nilai *Strength of Figure* (SoF)

$$SOF = \frac{\text{Trace } (A^T A)^{-i}}{n - u}$$

Jadi, $SOF = 7.700/18 = 0.285$

$$SOF = 0.285$$

- Perhitungan diatas, merupakan perhitungan dengan menggunakan skenario 15 *baseline*, dengan mengabaikan CP Seperti gambar berikut:



Gambar 3.15 Jaringan dengan 15 baseline

Adapun langkah-langkah perhitungan *SOF* (*Strength of Figure*) 21 *baseline* adalah sebagai berikut:

- Menghitung penjumlahan diagonal matriks $(A^T A)^{-1}$

$$\begin{aligned} \text{Trace } (A^T A)^{-1} &= 0.374+0.374+0.374+0.374+0.374+0.374+0.374+0.357+ \\ & 0.357+0.357+0.333+0.333+0.333+0.357+0.357+0.357+ \\ & 0.770+0.770+0.770+1.374+1.374+1.374+1.374+1.374+ \\ & 1.374+1.357+1.357+1.357+1.333+1.333+1.333+1.357+ \\ & 1.357+1.357+1.770+1.770+1.770 \\ & = 33.401 \end{aligned}$$

$$\text{Trace } (A^T A)^{-1} = 33.401$$

- Menghitung nilai $n.u$. Dengan n merupakan jumlah matriks L (matriks pengamatan) dan u merupakan jumlah matriks X (matriks *unknown*).

$$\text{Diketahui: } n = 63; u = 36 . \text{ Jadi, } n.u = 63.36 = 27$$

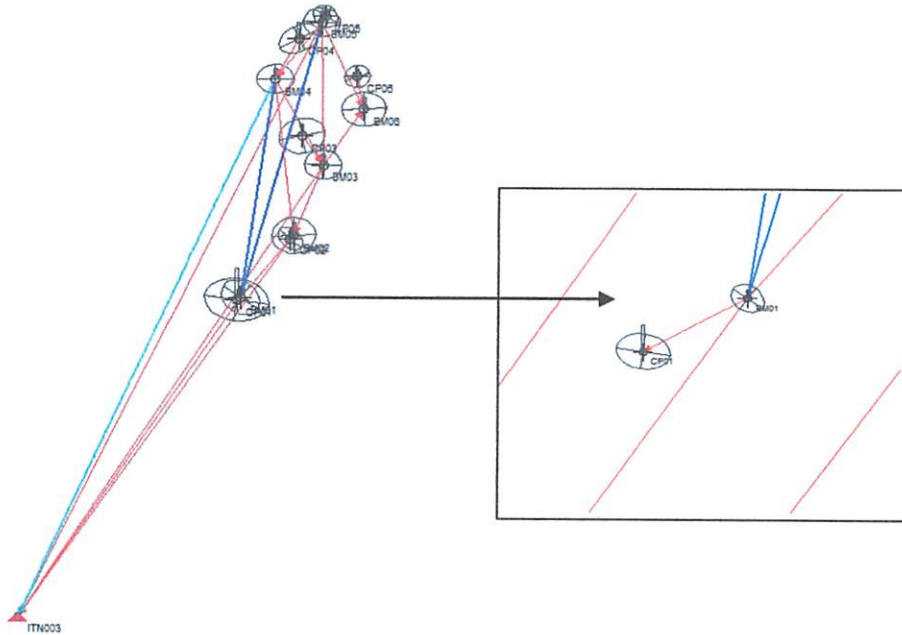
- Menghitung nilai *Strength of Figure* (*SoF*)

$$\text{SOF} = \frac{\text{Trace } (A^T A)^{-1}}{n - u}$$

$$\text{Jadi, } \text{SOF} = 33.401/27 = 1.237$$

$$\text{SOF} = 1.237$$


- Perhitungan diatas, merupakan perhitungan dengan menggunakan skenario 21 *baseline*. Dengan mempertimbangkan CP Seperti gambar berikut:

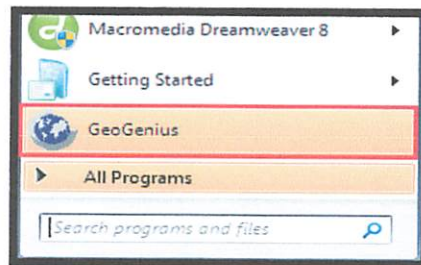


Gambar 3.16 Jaringan dengan 21 baseline

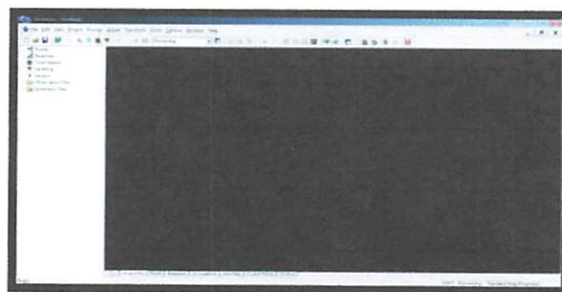
III.4.2 Proses Pengolahan Data *Software GeoGenius*

Adapun langkah-langkah pengolahan data GPS adalah sebagai berikut ;

1. Klik *star* → *icon GeoGenius*, maka akan muncul gambar dialog *geogenius*. 

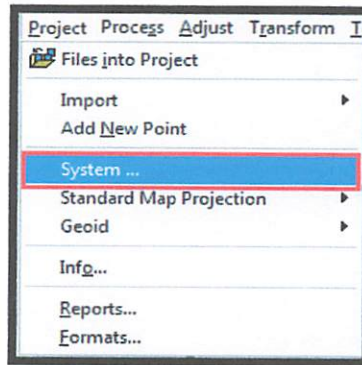


Gambar 3.14 Desktop dan icon *geogenius*



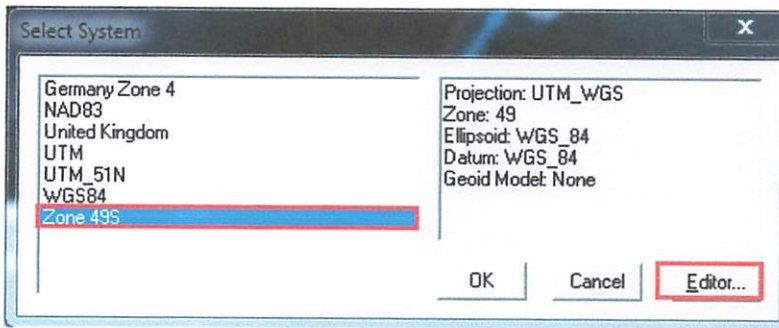
Gambar 3.15 Tampilan awal software *Geogenius*

2. Klik *project* pada *menubar* → *system*.



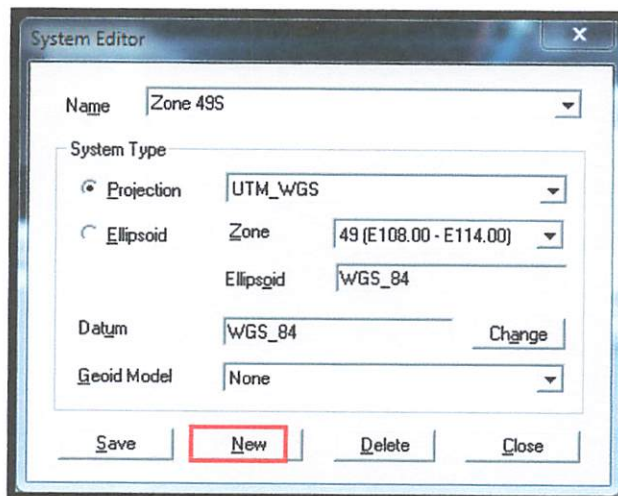
Gambar 3.19 Tampilan *menu project*

3. Klik *editor* pada kotak dialog *select system*.



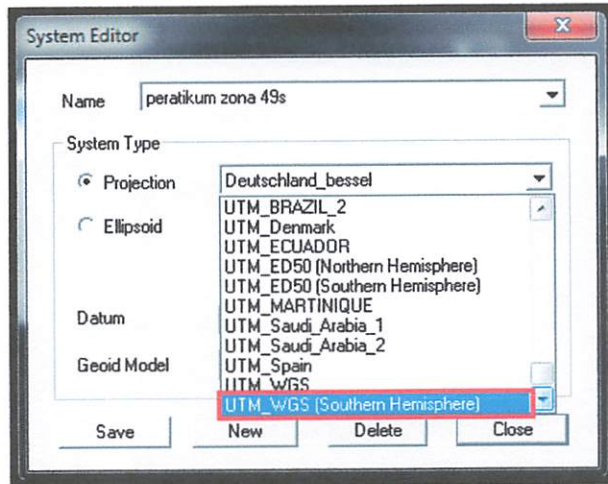
Gambar 3.2016 Kotak dialog *select system*

4. Klik *new* pada kotak dialog *system editor*.

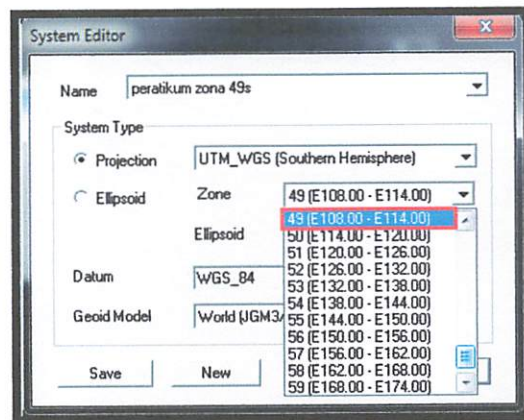


Gambar 3.21 Kotak dialog *system editor*

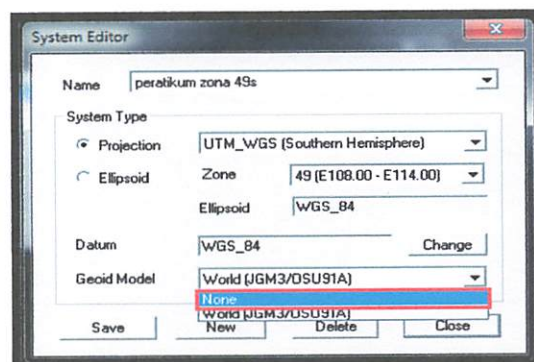
5. Pada *system type* klik *projection* → pilih UTM_WGS (*Southern Hemisphere*).

Gambar 3.22 Kotak dialog *system editor*

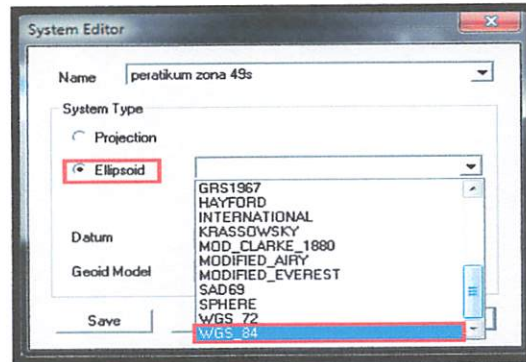
6. Kemudian edit *zone* menjadi 49 (E108.00 – E114.00).

Gambar 3.173 Kotak dialog *system editor*

7. Kemudian edit *geoid model* menjadi *none*.

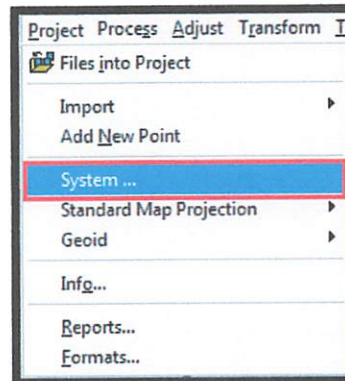
Gambar 3.184 Kotak dialog *system editor*

8. Pada *system type* klik *elipsoid* → pilih WGS_84 → klik *save* → klik *close*.



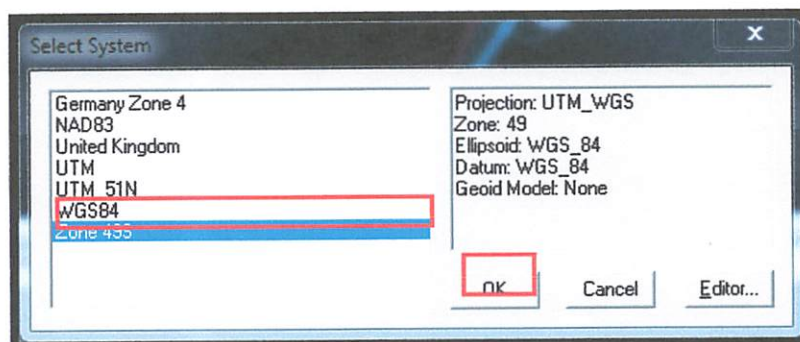
Gambar 3.25 Kotak dialog *system editor*

9. Klik *project* pada *menubar* → pilih *System*.



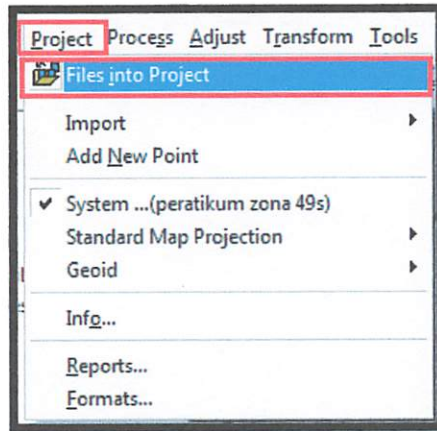
Gambar 3.26 Tampilan *menu project*

10. Pilih *Peratikum zona 49s* → klik *OK*.



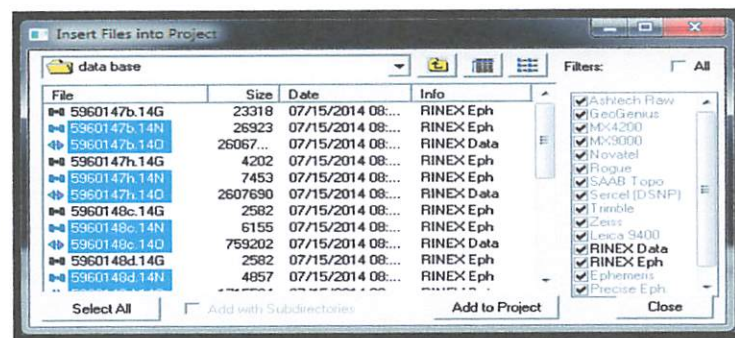
Gambar 3.27 Kotak dialog *select system*

11. Klik *Project* pada *menu bar* → *files into project*.

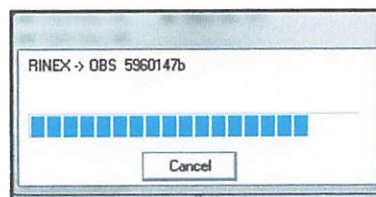


Gambar 3.28 Tampilan menu project

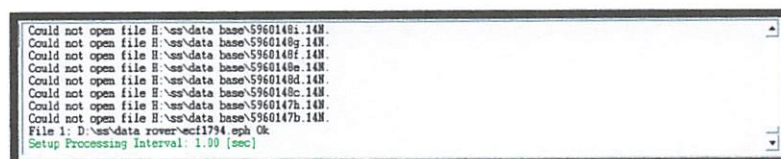
12. Pilih folder yang berisi data hasil proses *convert database* menggunakan *software topconlink* → blok data yang berpasangan atau memiliki data info dengan urutan *RINEX Eph* dan *RINEX Data* → *add project*.



Gambar 3.19 Kotak dialog insert files into project

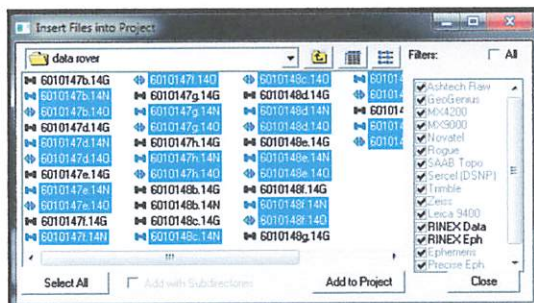


Gambar 3.30 Proses add to project



Gambar 3.3120 Tampilan data base

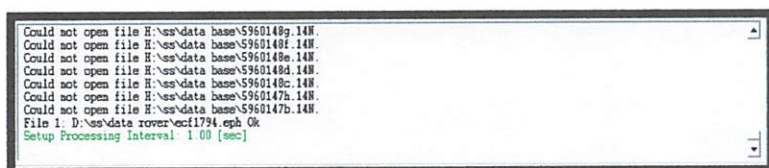
13. Pilih *folder* yang berisi data hasil proses *convert* data *rover* menggunakan *software topconlink* → *blok* data yang berpasangan atau memiliki data info dengan urutan *RINEX Eph* dan *RINEX Data* → *addproject*.



Gambar 3.21 Kotak dialog *insert files into project*

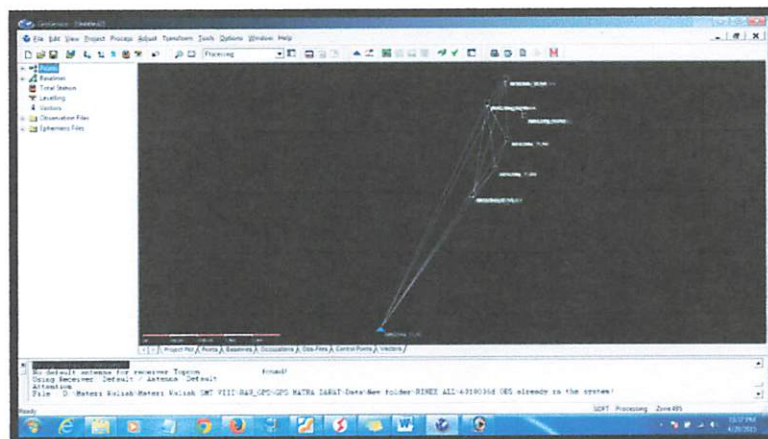


Gambar 3.22 Proses *add to project*



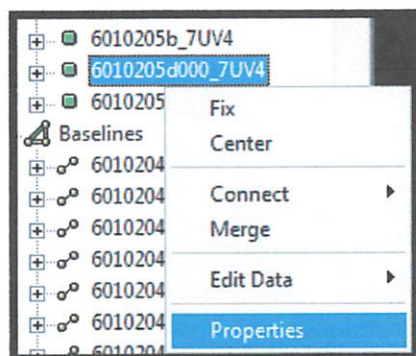
Gambar 3.23 Tampilan *data rover*

14. Hasil *insert file* database dan *rover*.



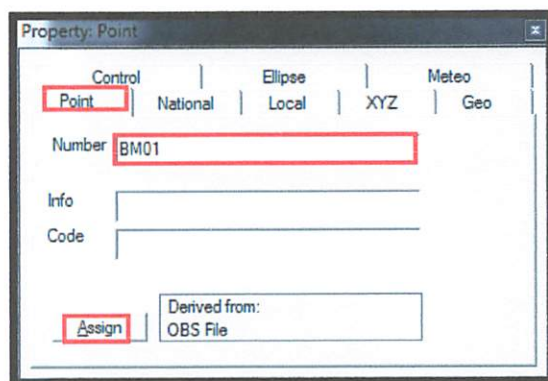
Gambar 3.35 Hasil *insert file* data base dan *rover* pada *software geogenius*

15. Klik nama titik → klik kanan → pilih *properties*.



Gambar 3.24 Tampilan titik pada software geogenius

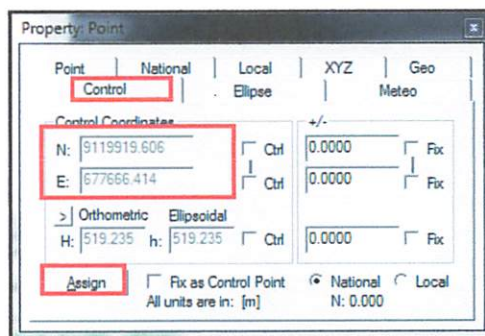
16. Klik *point* → *edite* nama titik menjadi B1 → *Assign*.



Gambar 3.25 Tampilan kotak dialog property point

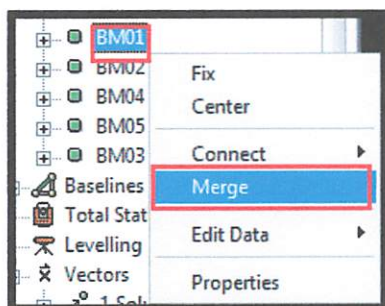
17. Lakukan *edit* nama sampai BM06 dengan mengikuti langkah-langkah seperti pada nomor (16 dan 17).

18. Pada BM ITN003 lakukan proses *transfer to control* dengan cara klik *control* → isikan kolom N dengan angka 9119919.606 dan kolom E dengan 677666.414 → klik *assign*.

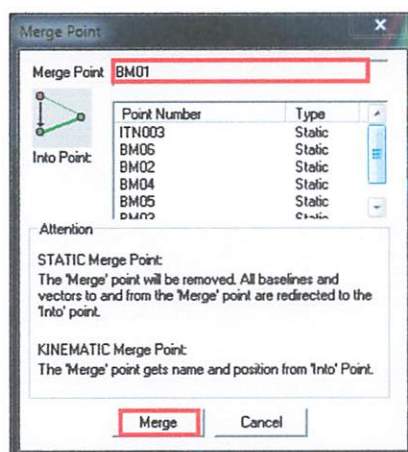


Gambar 3.26 Kotak dialog property point control

19. Lakukan proses *merge* dengan cara klik kanan pada salah satu titik → pilih *merge*, kemudian cari titik/tanda yang sama → klik *merge*.

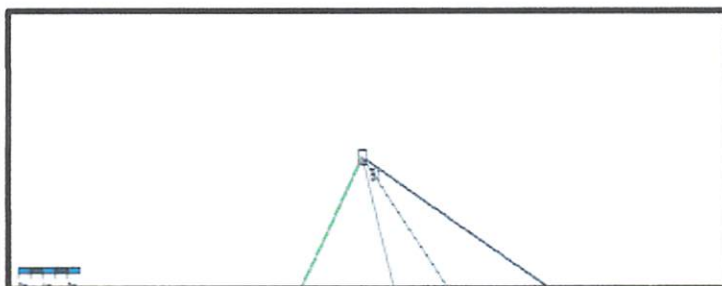


Gambar 3.27 Proses merge point



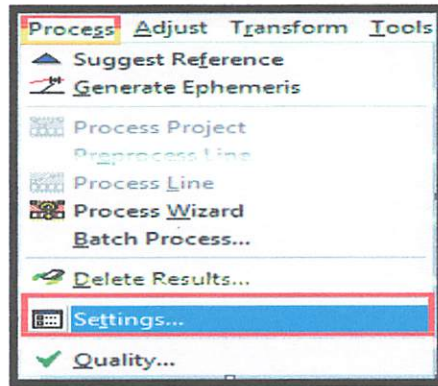
Gambar 3.28 Kotak dialog merge point

20. Maka semua titik.titik BM05 yang sebelumnya tidak beraturan akan menjadi satu titik .



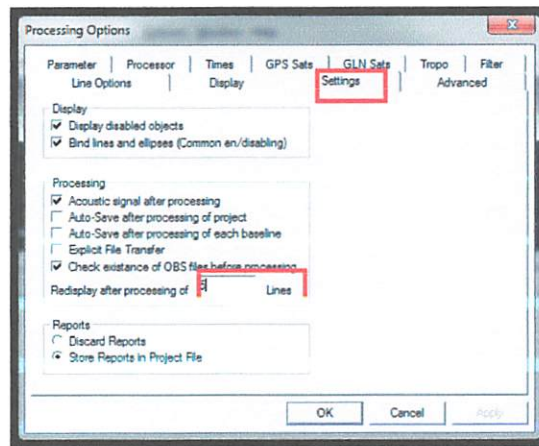
Gambar 3.41 Hasil proses merge poin pada titik BM01

21. Lakukan proses *merge* yang sama untuk ke masing masing BM dengan mengikuti langkah.langkah seperti diatas.
22. Klik *process* → *settings*.



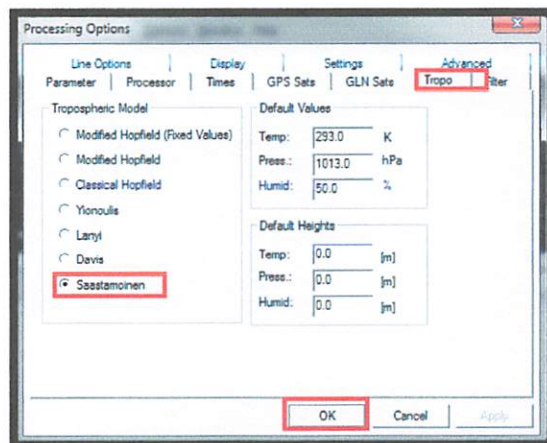
Gambar 3.29 Tampilan software geogenius

23. Klik *settings* → edit *redisplay after processing* menjadi 5 lines.



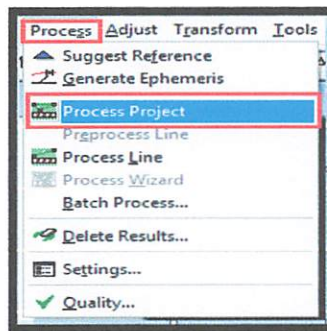
Gambar 3.30 Kotak dialog processing options.settings

24. Klik *tropo* → edit *tropo sphericmodel* menjadi *saastamoinen* → OK.



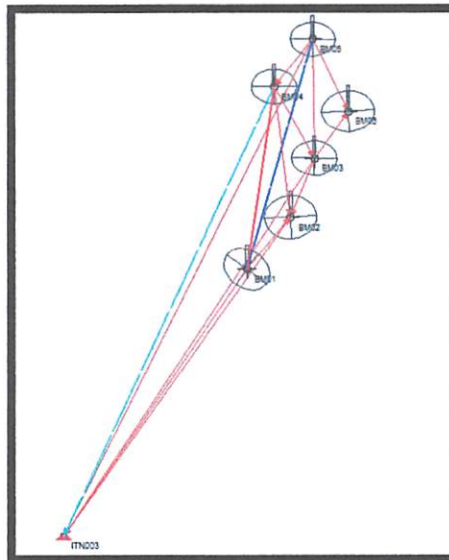
Gambar 3.314 Kotak dialog processing options

25. Klik *process* → pilih *processproject*.



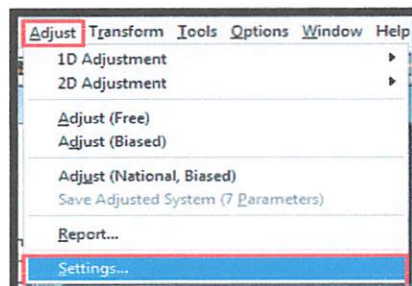
Gambar 3.32 Tampilan menu process pada software geogenius

26. Maka akan muncul hasil *process project* seperti dibawah ini.



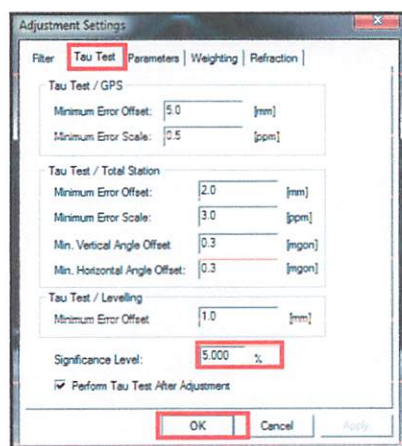
Gambar 3.336 Hasil process project pada software geogenius

27. Klik *adjust* → *settings*.



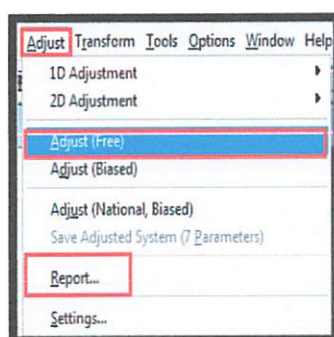
Gambar 3.34 Tampilan menu adjust pada geogenius

28. Edit angka pada *significance level* menjadi 5.000 % → klik *OK*.



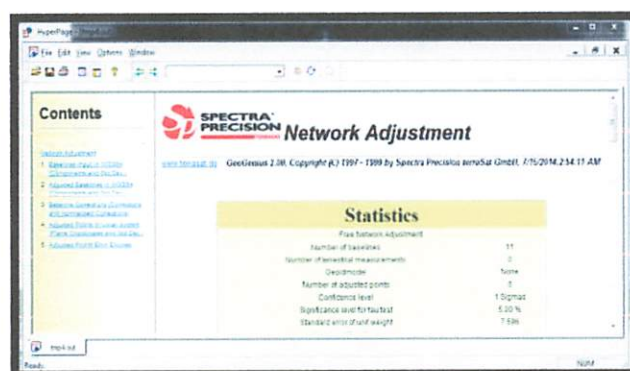
Gambar 3.35 Tampilan kotak dialog adjustment settings

29. Klik *adjust* → pilih *adjust(free)* → pilih *report*.



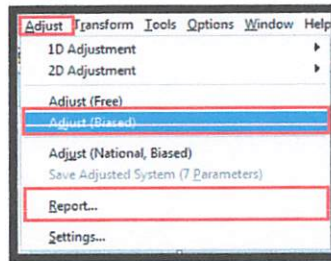
Gambar 3.369 Tampilan menu adjust pada software geogenius

30. Maka akan muncul hasil *reportadjust(free)* seperti dibawah ini.



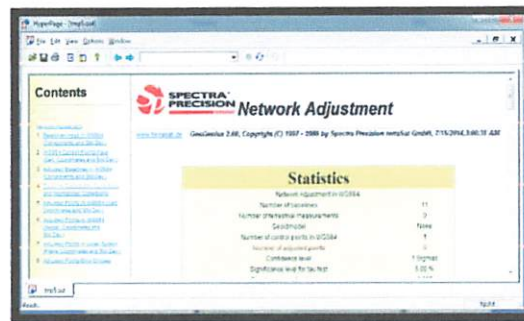
Gambar 3.50 Report hasil adjust (free)

31. Klik *adjust* → pilih *adjust(Biased)* → pilih *report*.



Gambar 3.5137 Tampilan menu adjust pada software geogenius

32. Maka akan muncul hasil *report adjust (Biased)* seperti dibawah ini.



Gambar 3.52 Reporthasil adjust (biased)

III.4.3 Pengolahan Data Foto

a) Persiapan

Tahapan persiapan meliputi :

➤ Persiapan Data

1. Foto Udara UAV Kamera Optis
2. Daftar Koordinat GCP
3. Sketsa Persebaran GCP

➤ Persiapan Perangkat *Hardware*, berupa 1 (satu) unit CPU dengan spesifikasi minimum sebagai berikut :

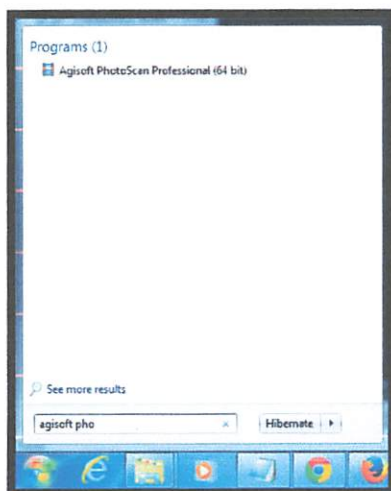
1. Windows XP atau yang terbaru (64 bit)
2. Prosesor ≥ 2.2 GHz
3. RAM ≥ 2 GB

Jumlah foto yang dapat diproses oleh PhotoScan tergantung pada parameter RAM yang digunakan, dengan asumsi bahwa resolusi foto tunggal dari urutan 10 MPx, RAM 2GB sudah cukup untuk membuat model yang didasarkan pada 20 sampai 30 foto. Untuk memproses hingga

200.500 foto, disarankan menggunakan RAM 16GB atau spesifikasi yang lebih baik.

1. Buka Program *Agisoft Photoscan*

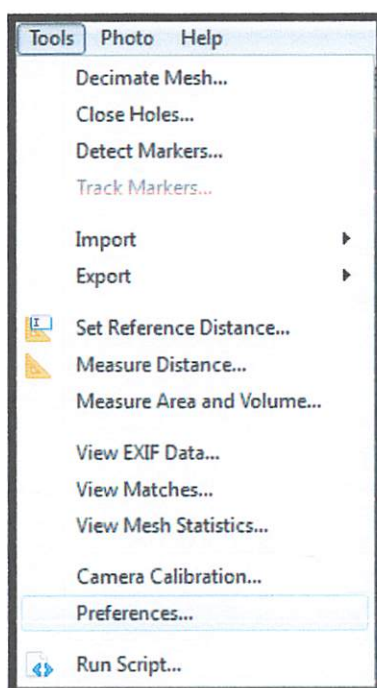
Pada menu *Start* pilih program *Agisoft PhotoScan Professional*



Gambar 3.383 Tampilan Program *Agisoft PhotoScan Professional*

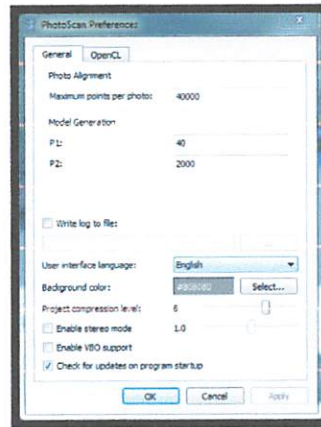
2. Pengaturan Preference *Agisoft Photoscan*

Pada menubar *Tools* → pilih *Preference*



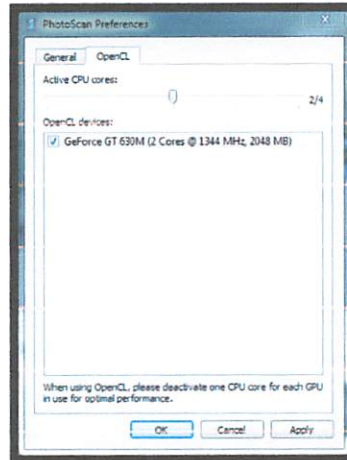
Gambar 3.394 Tampilan Program *Agisoft PhotoScan Professional*

Muncul jendela *Photo Scan Preference* → melakukan pengaturan sesuai kebutuhan. *Check* pada *write log to file* apabila ingin menyimpan log pengolahan ke dalam format text.



Gambar 3.55 Tampilan Jendela *PhotoScan Preference - General*

Kemudian pilih submenu **OpenCL** → lakukan pengaturan sesuai kebutuhan. Apabila menggunakan perangkat OpenCL, maka matikan satu prosesor pada setiap GPU untuk menghasilkan kemampuan prosesor yang optimal.

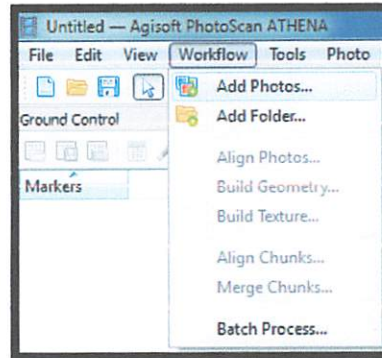


Gambar 3.406 Tampilan Jendela *PhotoScan Preference . OpenCL*

Pada kasus diatas menggunakan **OpenCL device : GeForce GT 630M Cores @1344MHZ 2048 MB**, maka pada **Active CPU cores** menggunakan **24**, artinya 2 (dua) CPU cores yang digunakan dari 4 (empat) CPU cores yang ada. Setelah pengaturan selesai → pilih **Apply** → **OK**.

3. Add Photos

Pilih *Add Photos* pada menubar *Workflow*, kemudian ambil data foto udara yang akan digunakan pada direktori penyimpanan.



Gambar 3.417 Tampilan Menu *Workflow* – *Add Photos*


4. Import EXIF

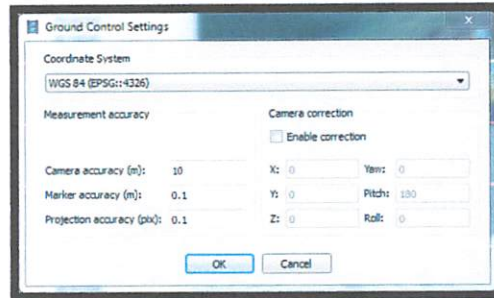
Setelah *Add Photo*, selanjutnya melakukan proses *Import EXIF* yaitu dengan mengambil metadata yang terdapat pada data foto, berupa koordinat kamera atau koordinat pusat foto dalam sistem koordinat tanah. Prosesnya dilakukan dengan cara pilih panel *Import EXIF* pada jendela *Ground Control*, kemudian data koordinat kamera akan muncul di tabel *image* yang terdapat pada jendela *Ground Control* seperti berikut.

*Apabila foto tidak mempunyai metadata koordinat foto, maka proses ini tidak perlu dilakukan, hanya saja membutuhkan titik GCP pada proses transformasi koordinat 3D.

Cameras	X/East	Y/North	Z/Altitude	Error (m)
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07139.JPG	112.632492	-7.908303	938.267081	40.565790
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07140.JPG	112.632439	-7.908645	938.673333	43.779416
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07141.JPG	112.632294	-7.909146	939.157718	37.146317
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07142.JPG	112.632187	-7.909487	940.267081	42.987324
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07143.JPG	112.632050	-7.910007	940.954590	36.693580
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07144.JPG	112.631920	-7.910534	941.063966	30.109387
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07145.JPG	112.631836	-7.910892	940.860841	33.784548
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07146.JPG	112.631699	-7.911416	941.735849	26.608725
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07147.JPG	112.631599	-7.911754	942.298343	30.952623
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07148.JPG	112.631447	-7.912263	942.313965	24.294565
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07149.JPG	112.631348	-7.912612	943.126464	31.697648
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07150.JPG	112.631226	-7.913130	943.798343	24.806989
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07151.JPG	112.631134	-7.913476	943.845214	36.053114
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07152.JPG	112.630974	-7.914035	941.813965	21.576223
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07153.JPG	112.630867	-7.914429	938.360839	38.507029
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07154.JPG	112.630760	-7.914824	936.642089	37.789369
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07155.JPG	112.630661	-7.915217	935.298343	37.587597
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07156.JPG	112.630508	-7.915797	933.845214	20.870228
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07157.JPG	112.630394	-7.916180	934.657718	30.250351
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07158.JPG	112.630280	-7.916571	934.063966	34.367577
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07159.JPG	112.630173	-7.916958	933.563964	38.952006
<input checked="" type="checkbox"/> DSC07160.JPG	112.630020	-7.917541	934.345216	26.159077

Gambar 3.428 Tampilan Tabel *Image* pada Jendela *Ground Control*

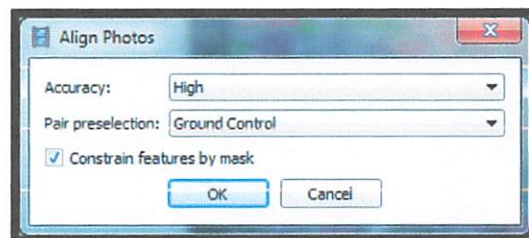
Kemudian melakukan pengaturan *Ground Control*, klik ikon *setting*  →
 Pada *Coordinat System* pilih WGS 84 (EPSG::4326) → *OK*.



Gambar 3.43 Tampilan Jendela *Ground Control Setting*

5. *Align Photo*

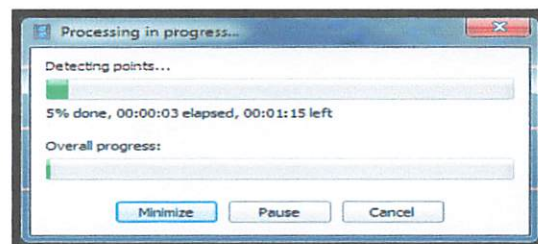
Proses selanjutnya adalah *Align Photo*. Proses ini bertujuan untuk mencari pasangan *tie point* dan penyusunan *orthofoto*. Pada menu *Workflow*, pilih *Align Photos*. Akan muncul jendela *Align Photos*, lakukan pengaturan *Accuracy* sesuai keperluan, pilih *Ground Control* pada pilihan *Pair preselection* dan centang pada *Constrain features by mask*, kemudian klik *OK*.



Gambar 3.6044 Tampilan Jendela *Align Photos*

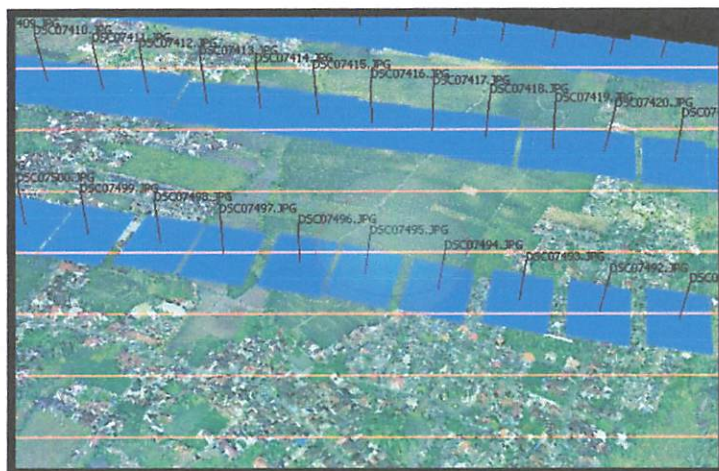
*Apabila foto udara tidak mempunyai meta data koordinat kamera (data EXIF), maka pada *pair selection* : pilih **Generic**, bukan **Ground Control**.

Tunggu proses *mosaic* foto selesai. Lama waktu tergantung kondisi data dan jumlah data.



Gambar 3.6145 Tampilan *Processing in progress*

Tampilan *point cloud* hasil proses *align photo* dapat dilihat pada gambar berikut.



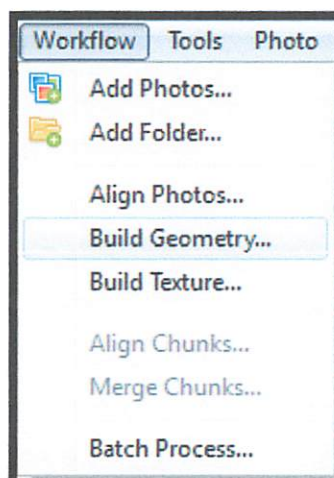
Gambar 3.46 Tampilan *point cloud* hasil proses *align photo*

Proses *align photo* juga melakukan koreksi *geometric*, koreksi *radio metric* atau penyetaraan nilai *spectral*.

6. Build Geometry

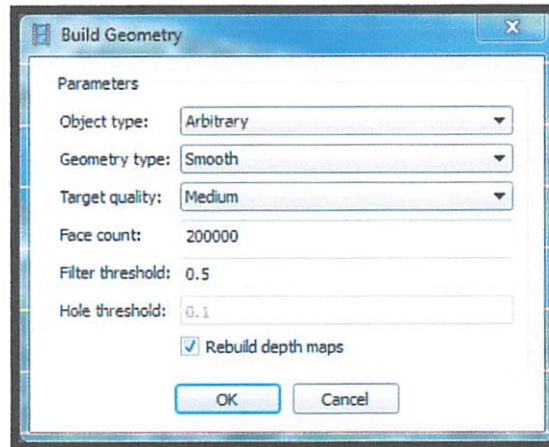
Setelah proses pembentukan *point cloud*, tahap selanjutnya adalah pembuatan model geometri. Pemodelan geometri pada langkah ini hanya berdasarkan data *point cloud* saja. Melakukan proses penyusunan geometri 3D hanya berdasar *point cloud* sebelum menempatkan titik GCP.

Pada menu *Workflow*, Klik ***Build Geometry***.



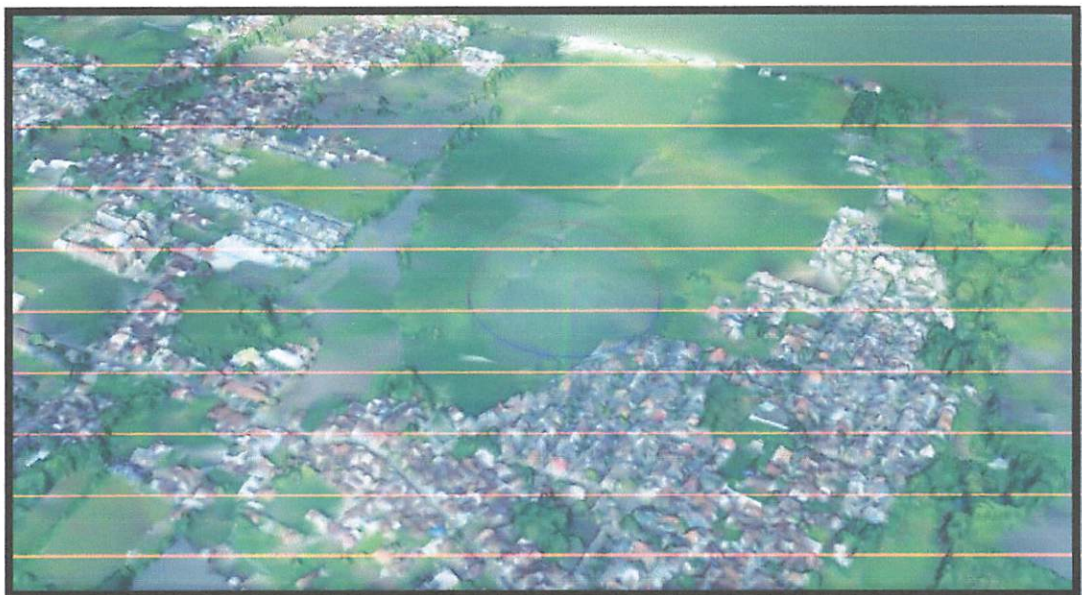
Gambar 3.47 Menubut Workflow – Build Geometry

Maka akan muncul jendela Build Geometry. Lakukan pengaturan Build Geometry, pada *Object type* pilih *Point cloud*, pada *Target Quality* pilih sesuai keperluan kemudian klik *OK*.



Gambar 3.48 Tampilan Jendela *Build Geometry*

Hasil pembentukan geometri telah selesai, untuk melihat hasil pembentukan geometri dapat menge.klik panel *Shaded* dan panel *Solid* pada menubar. Klik panel *Shaded* untuk menampilkan geometri dalam bentuk shaded.



Gambar 3.49 Tampilan *Shaded Geometry*


Klik panel ***Solid*** untuk menampilkan geometri dalam bentuk solid geometri.

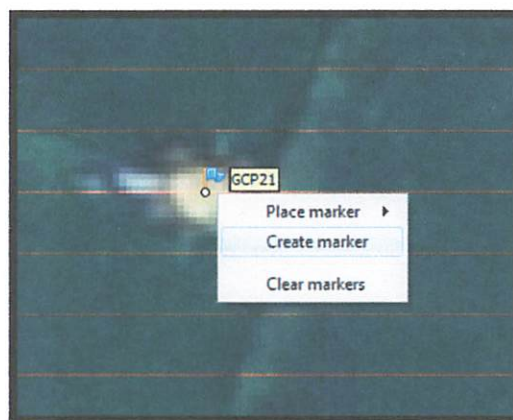


Gambar 3.50 Tampilan *Solid Geometry*

7. Transformasi Koordinat Konform 3D


Pada tahap ini terlebih dahulu dilakukan identifikasi posisi GCP secara tepat dengan memberikan tanda (*marker*) pada tekstur 3D *project*, dapat dilihat pada Gambar 14.

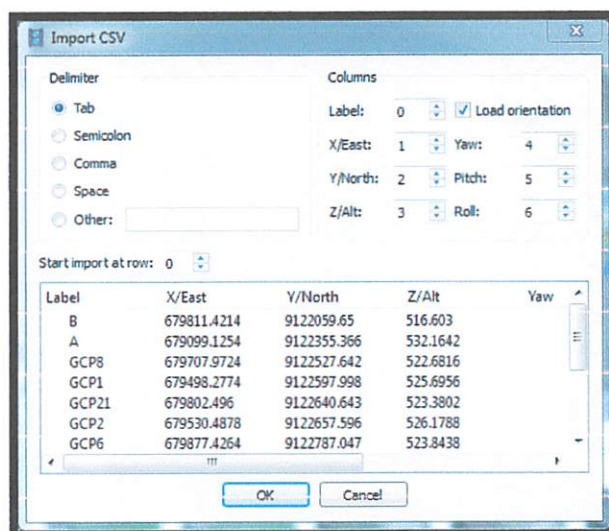
Klik icon  ***Create Marker*** untuk memulai menentukan letak titik kontrol pada foto. Letakan kursor pada lokasi dimana titik kontrol berada, kemudian klik kanan dan pilih ***create marker***.



Gambar 3.51 Tampilan *create marker*

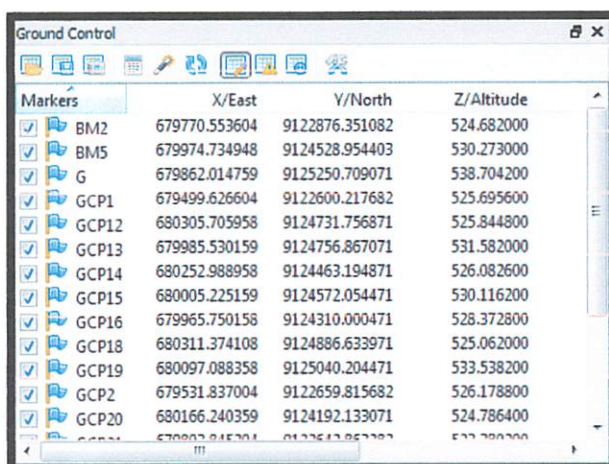
Pada ***Ground Control panel***, masukan nilai koordinat x dan y dan tinggi (z). Melakukan hal serupa untuk semua titik kontrol (GCP) yang digunakan.

Pilih panel *import*  → pilih data GCP pada direktori penyimpanan → Open
→ OK.




Gambar 3.52 Tampilan Jendela Import CSV

Nama Label atau point harus sama dengan nama point pada saat marker, maka nilai koordinat tersebut akan masuk pada tabel ground control seperti berikut.

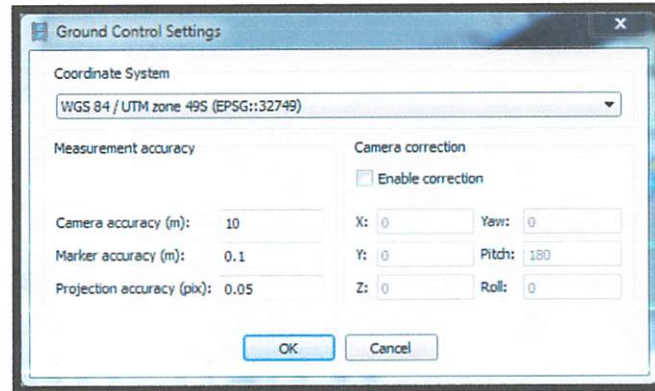


Markers	X/East	Y/North	Z/Altitude
<input checked="" type="checkbox"/> BM2	679770.553604	9122876.351082	524.682000
<input checked="" type="checkbox"/> BM5	679974.734948	9124528.954403	530.273000
<input checked="" type="checkbox"/> G	679862.014759	9125250.709071	538.704200
<input checked="" type="checkbox"/> GCP1	679499.626604	9122600.217682	525.695600
<input checked="" type="checkbox"/> GCP12	680305.705958	9124731.756871	525.844800
<input checked="" type="checkbox"/> GCP13	679985.530159	9124756.867071	531.582000
<input checked="" type="checkbox"/> GCP14	680252.988958	9124463.194871	526.082600
<input checked="" type="checkbox"/> GCP15	680005.225159	9124572.054471	530.116200
<input checked="" type="checkbox"/> GCP16	679965.750158	9124310.000471	528.372800
<input checked="" type="checkbox"/> GCP18	680311.374108	9124886.633971	525.062000
<input checked="" type="checkbox"/> GCP19	680097.088358	9125040.204471	533.538200
<input checked="" type="checkbox"/> GCP2	679531.837004	9122659.815682	526.178800
<input checked="" type="checkbox"/> GCP20	680166.240359	9124192.133071	524.786400

Gambar 3.53 Tampilan Tabel GCP Jendela Ground Control

Karena koordinat GCP merupakan koordinat dengan sistem proyeksi UTM maka lakukan pengaturan Ground Control dengan cara checklist data GCP dan unchecklist data kamera → klik ikon *setting*  → Pada **Coordinat System** pilih WGS 84/UTM Zone 49S → lakukan pengaturan pada marker akurasi :

0.005 (pastikan ketelitian GCP lebih tinggi dibanding ketelitian posisi GPS kamera) → OK.



Gambar 3.549 Tampilan Jendela Ground Control Setings

*Untuk pengolahan data UAV sebaiknya jangan gunakan data EXIF pada proses transformasi 3D, hal tersebut dikarenakan metadata dari UAV (data EXIF) mengandung banyak kesalahan oleh karena itu *unchecked* data kamera yang terdapat pada Jendela *Ground Control* sebelum proses *build geometri* ulang.

Kesalahan (RMSE) dapat dilihat pada halaman tampilan *list* GCP dengan menggeser ke sisi kanan nilai koordinat.

Markers	X/East	Y/North	Z/Altitude	Error (m)	Projections	Error (pix)
<input checked="" type="checkbox"/> GCP13	679985.530159	9124756.867071	531.582000	0.391209	23	0.717
<input checked="" type="checkbox"/> GCP14	680252.988958	9124463.194871	526.082600	0.254867	17	1.097
<input checked="" type="checkbox"/> GCP15	680005.225159	9124572.054471	530.116200	0.196797	13	0.607
<input checked="" type="checkbox"/> GCP16	679965.750158	9124310.000471	528.372800	0.090801	13	0.661
<input checked="" type="checkbox"/> GCP18	680311.374108	9124886.633971	525.062000	0.167135	16	0.614
<input checked="" type="checkbox"/> GCP19	680097.088358	9125040.204471	533.538200	0.200356	18	0.960
<input checked="" type="checkbox"/> GCP2	679531.837004	9122659.815682	526.178800	0.080844	18	0.684
<input checked="" type="checkbox"/> GCP20	680166.240359	9124192.133071	524.786400	0.308884	16	0.910
<input checked="" type="checkbox"/> GCP21	679803.845204	9122642.863282	523.380200	0.247031	19	0.817
<input checked="" type="checkbox"/> GCP22	680227.613758	9124750.576871	527.055800	0.105127	20	0.817
<input checked="" type="checkbox"/> GCP4	679638.409271	9122874.204416	528.429800	0.400302	20	0.894
<input checked="" type="checkbox"/> GCP6	679878.775604	9122789.266882	523.843800	0.110380	19	1.513
<input checked="" type="checkbox"/> GCP8	679709.321604	9122529.862282	522.681600	0.267251	15	0.708
Total Error				0.241296		0.881

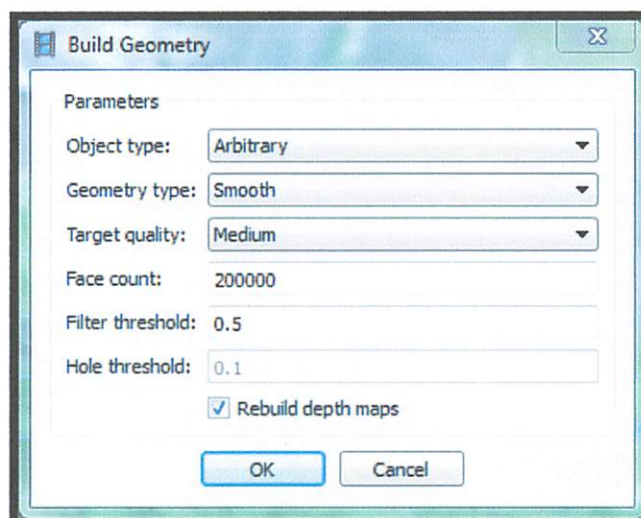
Gambar 3.70 Tampilan Ground Control

Apabila ada *point marker* yang tidak terletak pada posisi seharusnya lakukan *editing* dengan mengklik *icon Edit marker* lalu lakukan pergeseran manual pada *point marker* menuju posisi yang semestinya.



Gambar 3.55 Point Marker GCP

Melakukan proses *Build geometry* untuk pembentukan DSM. Pilih menu *Build geometry* pada *Workflow*. Maka akan muncul jendela Build Geometry, lakukan pengaturan : *Object type : Height field* , *Geometry Type : Smooth*, *Target Quality : Medium*, *face count : 1000000*.

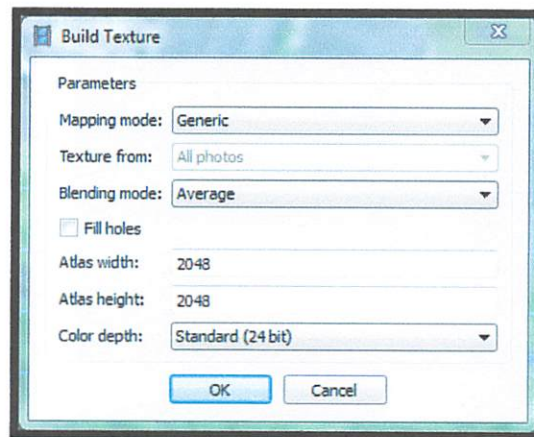


Gambar 3.56 Tampilan jendela *build geometry*

Tunggu proses hingga selesai. Lama waktu tergantung kondisi data dan jumlah data.

8. *Build Texture*

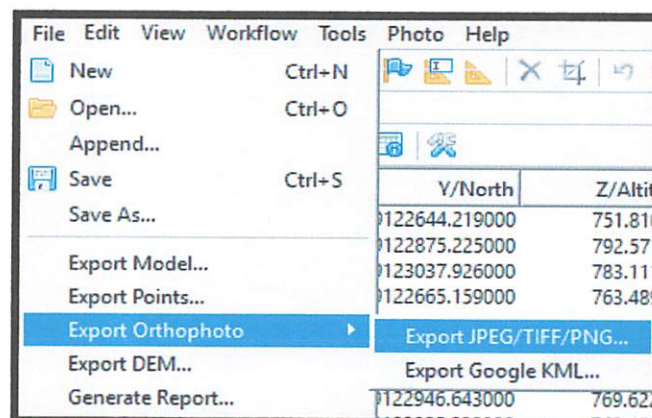
Melakukan proses *Build Texture* pada menu *Workflow*. Pada *Mapping mode* pada pilihan *Orthofoto*. Pilih *Mosaic* pada kolom *Blending mode*. Checklist *Fill holes*, pada *Atlas width* dan *Atlas height* diisikan sesuai keperluan. Kemudian klik *OK*.



Gambar 3.57 Tampilan Jendela *build texture*

9. *Export Orthophoto*

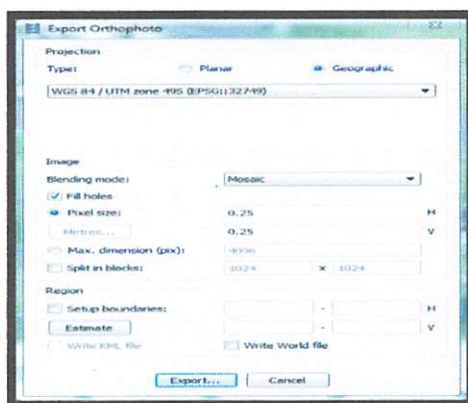
Output orthofoto dapat disimpan dengan memilih menu *File* → *Export Orthophoto* → *Export jpeg/tiff/png*.



Gambar 3.58 Tampilan Menubar File - Export Orthophoto

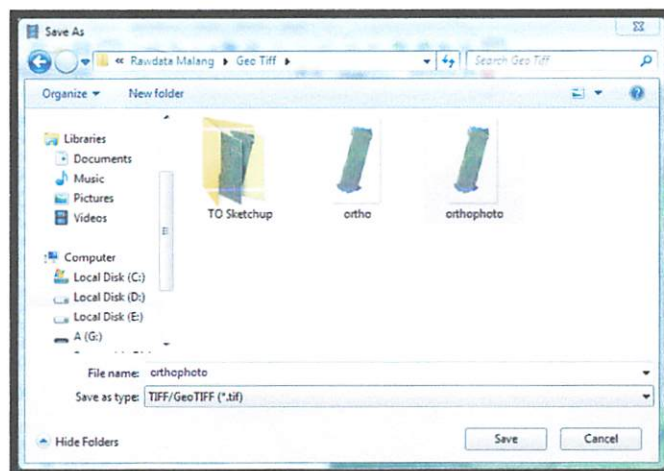
*Orthophoto dapat di export ke format JPEG, TIFF dan PNG serta dapat di export ke dalam format KML. Untuk keperluan penggunaan data mentah untuk proses pengolahan lanjutan dapat di export ke format JPEG/TIFF/PNG. Apabila orthophoto akan digunakan untuk keperluan **publish web**, maka Export Orthophoto dapat langsung ke dalam format Google KML.

Pada *Type* pilih *Geographic*. Pada *Blending mode* pilih *mosaic*. Tentukan resolusi output yang diinginkan dengan klik pada *Metres*, jika tidak diganti maka resolusi akan disesuaikan kondisi foto hasil perekaman UAV. Klik *Export*.

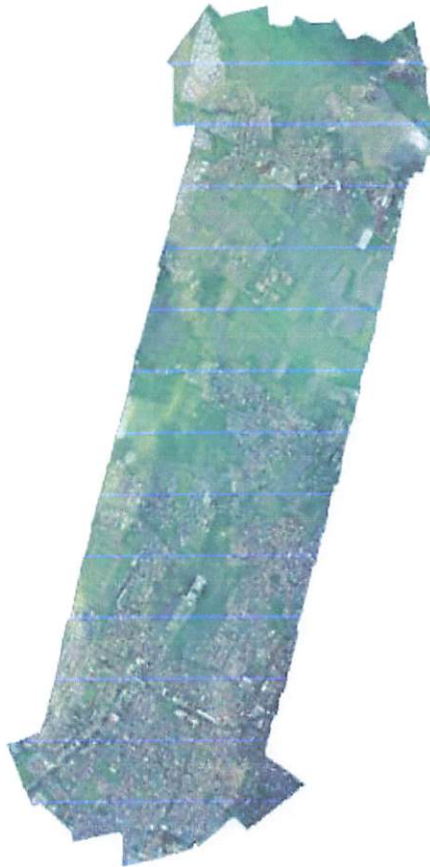


Gambar 3.59 Tampilan jendela *export orthophoto*

Menentukan nama dan direktori untuk menyimpan *orthofoto*. Pada *Save as type* pilih format *orthofoto* yang disimpan sesuai keperluan (*.tif, *.jpg, *.png). Lalu klik *Save*.



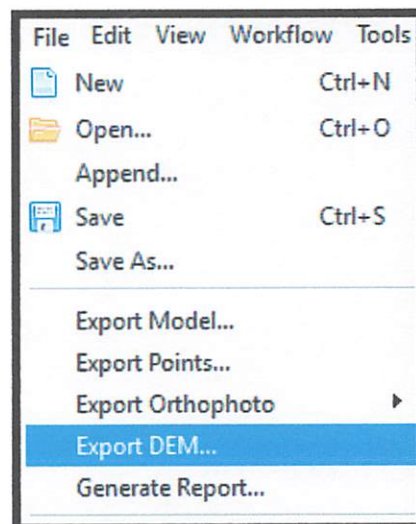
Gambar 3.60 Tampilan jendela *save orthophoto*



Gambar 3.61 Tampilan Orthophoto.Mosaik

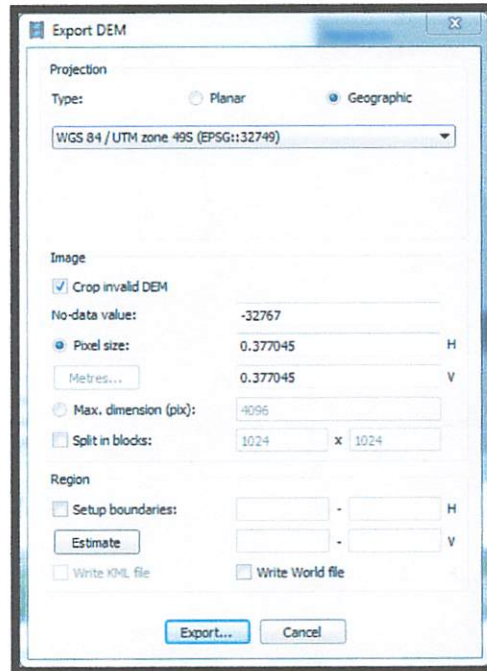
10. *Export DEM*

Export output berupa DEM hampir serupa seperti menyimpan *orthofoto* hanya saja menu yang dipilih adalah menu **File** → **Export DEM**.



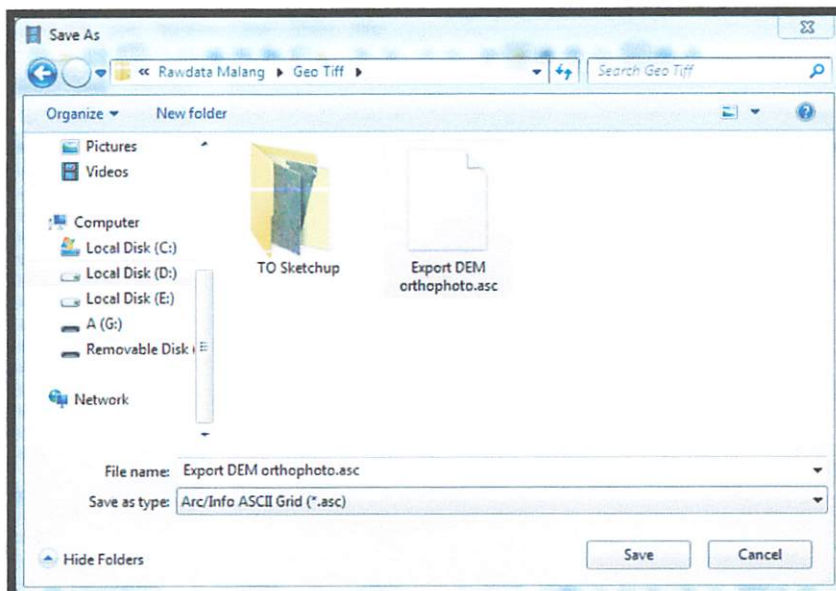
Gambar 3.62 Tampilan Menubar File – Export DEM

Pada *Projection Type* pilih *WGS84/UTM Zone 49S*. Menentukan resolusi DSM atau biarkan sesuai resolusi hasil pengolahan.

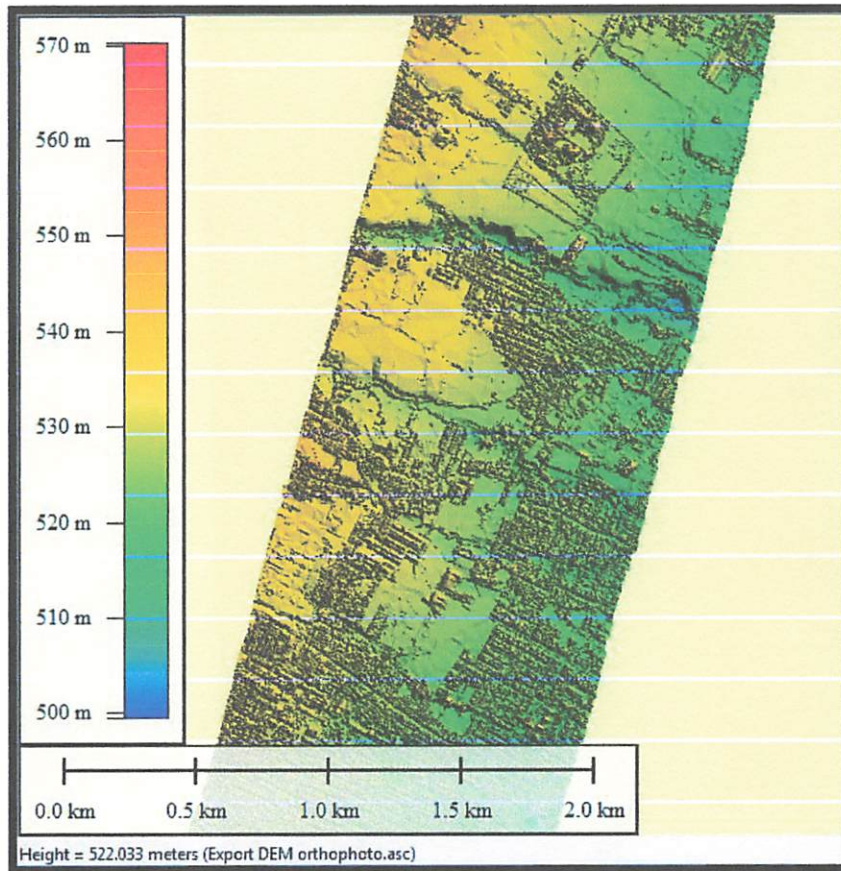


Gambar 3.63 Tampilan Jendela *Export DEM*

Menentukan nama dan direktori untuk menyimpan DEM. Pada *Save as type* pilih format DEM yang disimpan sesuai keperluan (*.tif, *.asc, *.bil, *.xyz). Lalu klik *Save*.



Gambar 3.80 Tampilan Jendela *Save Export DEM*



Gambar 3.64 Tampilan DSM

III.4.4 Filtering Slope Based (SAGA GIS)

Reduksi data DSM menjadi DTM dengan perangkat lunak SAGA.GIS menggunakan modul *DTM Filter* yang terdapat pada perangkat lunak tersebut. Modul *DTM Filter* dapat digunakan untuk melakukan *filter* terhadap *Digital Surface Model* (DSM) dengan mengklasifikasikan setiap cell nya menjadi tanah kosong (*bare earth*) dan *cell* objek (*ground* dan *nonground*). Konsep modul ini dikembangkan oleh dan berdasarkan asumsi bahwa besarnya perbedaan tinggi antara dua cell yang berdekatan diakibatkan oleh curamnya lereng pada permukaan.

Kemungkinan bahwa cell yang letaknya lebih tinggi dapat menjadi *ground point* dikurangi jika jarak antara dua cell diperkecil. Karena itu modul filter ini mendefinisikan perbedaan tinggi yang dapat diterima antara dua cell sebagai fungsi dari jarak antara cell tersebut. Sebuah cell diklasifikasikan sebagai permukaan tanah jika tidak ada cell lain dalam jangkauan radius pencarian kernel

seperti perbedaan tinggi antara cell tersebut lebih tinggi/melewati batas maksimal perbedaan tinggi yang diperbolehkan antara kedua cell tersebut. Perkiraan parameter permukaan lereng digunakan untuk mengubah fungsi filter agar sesuai dengan kondisi keseluruhan lereng pada area studi. Selang kepercayaan dapat juga diterapkan untuk mendeteksi outlier. Tahapan filtering dengan SAGA GIS terdiri dari tiga tahap yakni, melakukan *filtering* dengan modul *DTM Filter*, melakukan fill holes untuk interpolasi DTM (*bare earth*) dengan modul *Close Gap* dan terakhir ekspor data DTM menjadi GeoTIFF elevation data dengan modul GDAL : Export Raster to GeoTIFF.. Tabel 3.8 menunjukkan besar nilai yang diberikan untuk parameter . parameter tersebut.

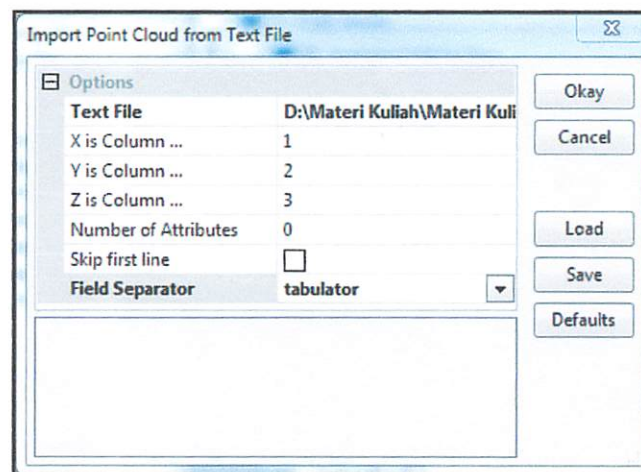
Tabel 3.10 Parameter SAGA GIS

Parameter	Nilai
Search Radius	5
Approx Terrain Slope	30
Tension Threshold	0.1




Langkah – langkah dalam proses *filtering* metode *slope based* dalam software SAGA GIS adalah sebagai berikut

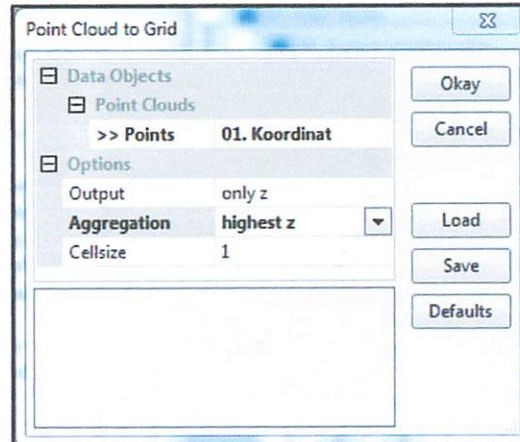
1. *Import Point Clouds*

Pilih  Tools →  Import/Export →  Shapes → Pilih *import point cloud from text file*

Gambar 3.65 *import point cloud from text file*


2. *Point Cloud to Grid (Highest Z)*

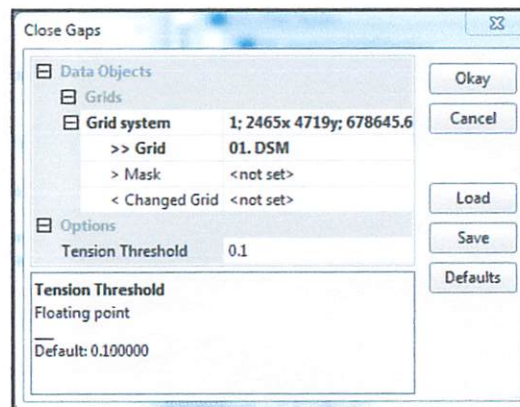
Agar point cloud dapat diolah langkah selanjutnya adalah menjadikan dalam bentuk *grid*, caranya adalah pilih  Tools →  Shapes →  Point Clouds → *Point cloud to grid*



Gambar 3.66 import point cloud from text file

3. *Gap closing*

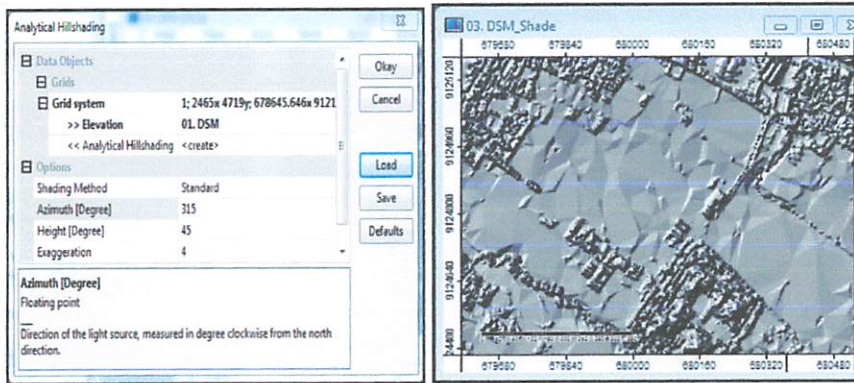
Grid →  Tools → Close Gaps, *Gap closing* dengan metode *Spline Interpolation*



Gambar 3.67 Gap closing


4. *Shading*

Shading digunakan untuk menampilkan model permukaan 3D Terrain Analysis → Lighting, Visibility → Analytical Hillshading

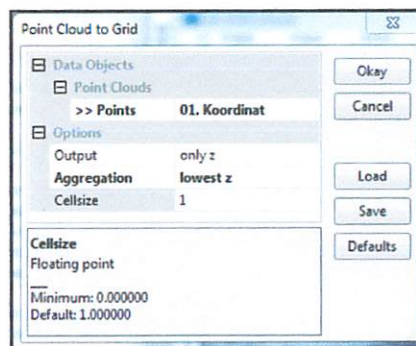


Gambar 3.68 Shading

5. *Point Cloud to Grid (Lowest Z)*

Langkah selanjutnya adalah menjadikan dalam bentuk *grid* dari *point cloud* dengan menyertakan ketinggian terendahnya caranya adalah pilih  Tools →

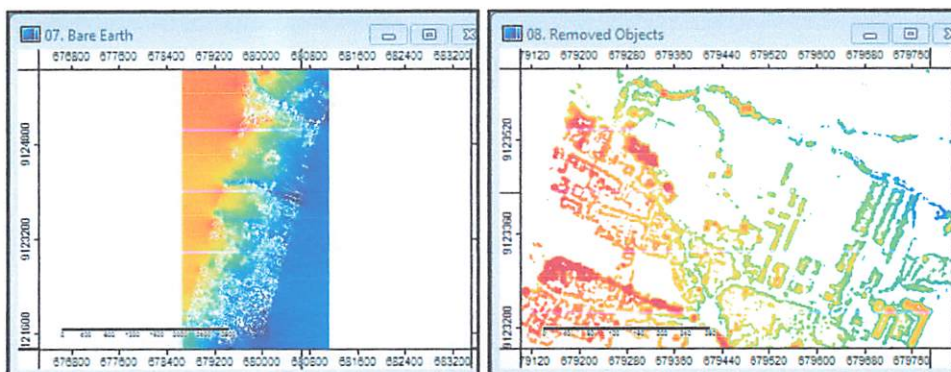
 Shapes →  Point Clouds → *Point cloud to grid*



Gambar 3.69 Point Cloud to Grid (Lowest Z)

6. *Filtering (Slope Based)*

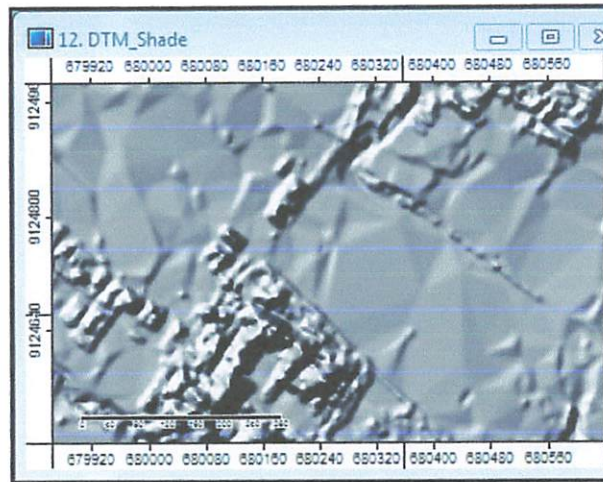
 Grid →  Filter → *DTM Filter, Removing non.ground cells*



Gambar 3.70 Removing non.ground cells

Pendekatan *Filter* diimplementasikan dengan "*DTM Filter (kemiringan.based)*" modul didasarkan pada konsep yang dijelaskan oleh Vosselman (2005). Hal ini

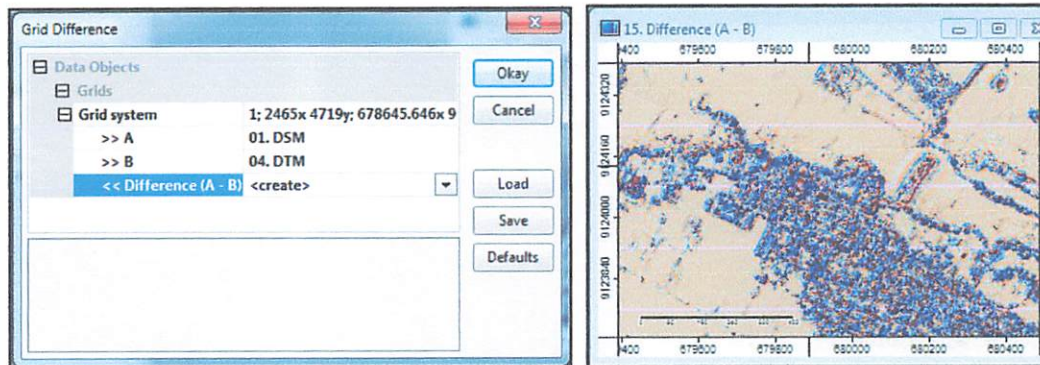
diasumsikan bahwa ketinggian perbedaan besar antara dua sel jaringan di dekatnya tidak mungkin disebabkan oleh lereng curam di medan. Berikut adalah hasil dari *filreing (slop.based)*



Gambar 3.71 Hasil dari filtering DSM

7. Membuat perbedaan DSM – DTM

Grid → Calculus → *Grid Difference: nDSM = DSM – DTM*



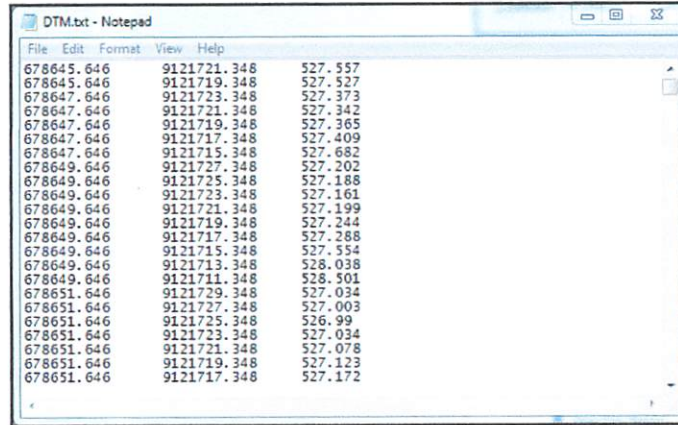
Gambar 3.72 Grid Difference

Hasil diatas menunjukkan perbedaan ketinggian dari *slope based* dari *DSM* (*Digital Surface Model*) menjadi *DTM* (*Digital Terrain Model*). Hasil dari *DTM* (*Slope.based*) dapat kita ekspor dalam bentuk *.tif dan *.xyz caranya adalah

Import/Export → GDAL/OGR → GDAL: Export Raster to GeoTIFF atau dengan cara Import/Export → Grids → Export Grid to XYZ

III.4.5 Remove Noisy Data (Surfer 9)

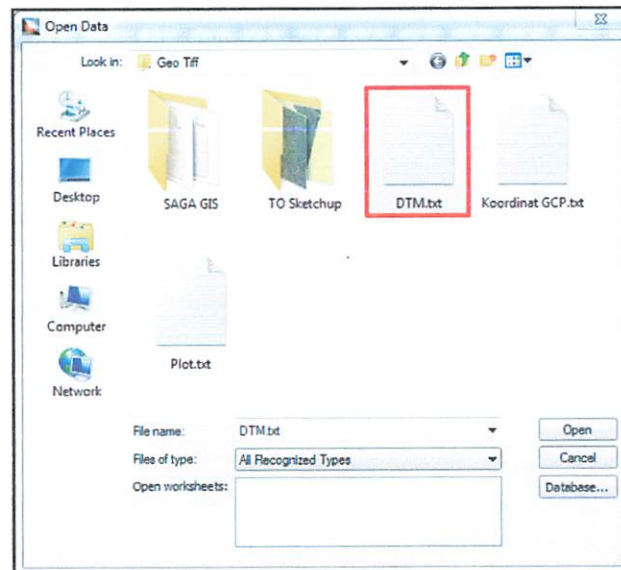
Pada tahap ini *remove noisy data* digunakan untuk menghapus atau *filtering* ketinggian yang masih belum sepenuhnya menjadi *bare earth* (DTM) dari hasil DSM yang di *filter* dengan *software Saga GIS*



Gambar 3.90 Hasil export koordinat DTM

1. *Import Data to Grid*

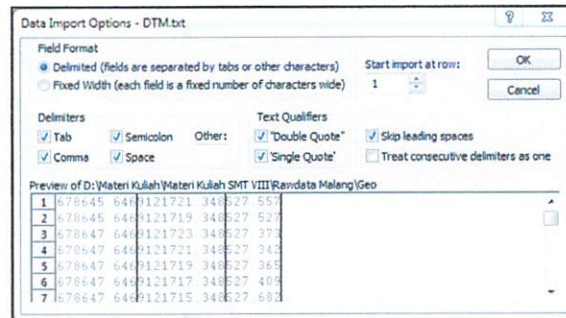
Klik **Grid** → **Data...** → kemudian *load data* koordinat DTM yang telah kita *export* pada *Saga GIS*



Gambar 3.73 import data koordinat DTM

2. *Data Import Options*

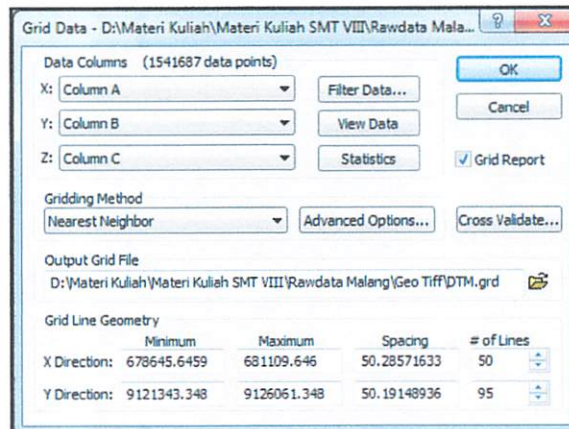
Pada tahap ini pilih data E,N,Z dengan pemisahan data karakter spasi



Gambar 3.74 Data import options


4. Grid Data

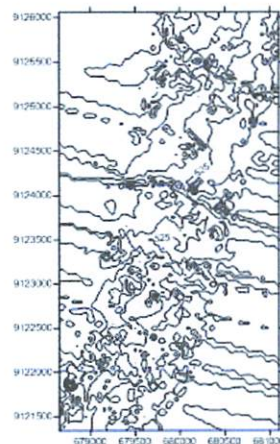
Pilih kolom X → Column A, Y → Column B, dan Z → Column C. Kemudian *Gridding Method* → pilih *Nearest Neighbor*, pilih *Output Grid File* pada folder yang tersedia.



Gambar 3.75 Output Grid

5. New Contour Map

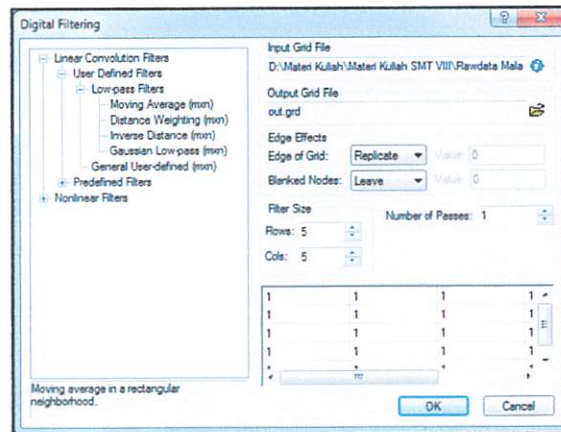
Pada tahap ini hasil yang sudah di *gridding* akan dibuat kontur, caranya adalah klik icon  → kemudian *load* (DTM.grd)



Gambar 3.76 Hasil kontur dari DTM


6. Filtering

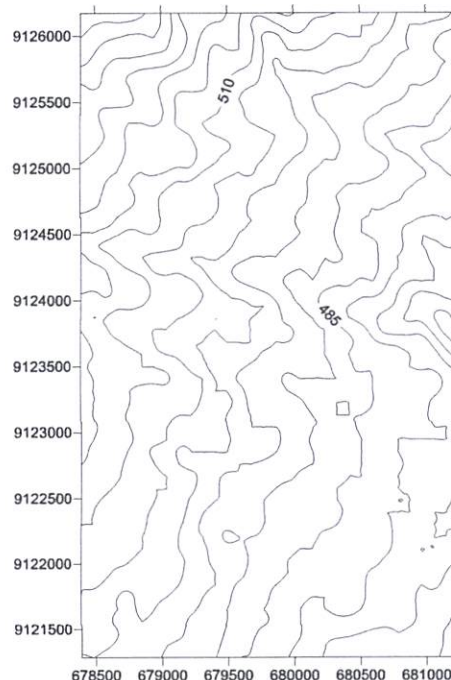
Karena hasil dari kontur DTM masih belum *smooth*, maka dilakukan *digital filtering* dengan metode *low pass filters*, caranya adalah pilih **Grid** → **Filter...** → kemudian pilih hasil *gridding* (DTM.grd) → klik *ok* dan *save* dengan nama (out.grd)



Gambar 3.77 digital filtering

7. Smoothing Contour

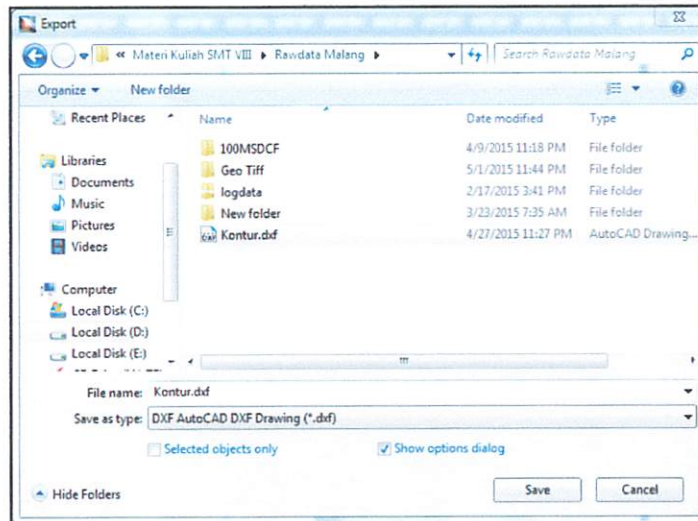
Pada tahap ini hasil yang sudah di *filter* akan dibuat kontur, caranya adalah klik icon  → kemudian *load* (out.grd)



Gambar 3.78 Hasil Kontur dari digital filtering DTM

8. *Export contour to DXF*

Proses selanjutnya adalah mengkonversi hasil kontur kedalam *dxf* format *autocad*. Caranya adalah klik **File** →  **Export...** → kemudian *save* dengan nama *kontur.dxf*



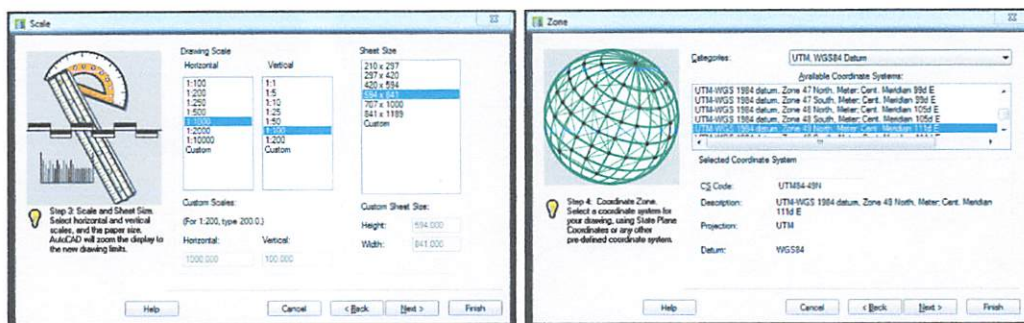
Gambar 3.79 Save to dxf

III.4.6 Desain Geometrik Jalan (Autocad LD 2009)

Dari data (*.dxf) yang telah kita eksport selanjutnya adalah membuat kontur yang berada di area proyek saja untuk mempermudah dalam pemrosesan perencanaan geometrik selanjutnya.

1. *Setting*

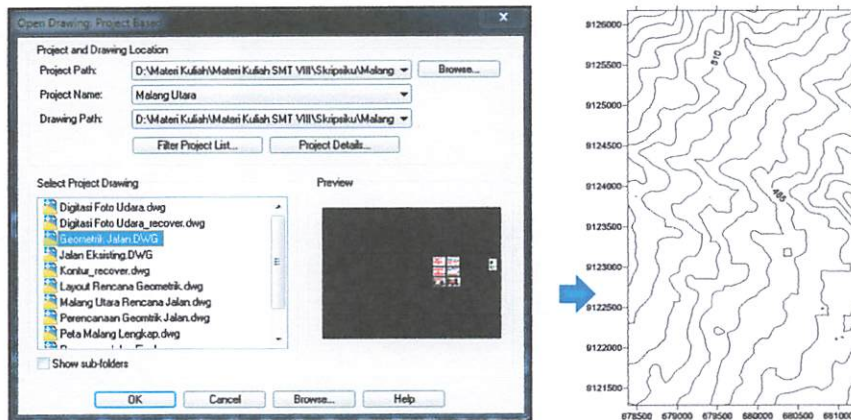
Buka Autocad LD 2009 di desktop, beri nama project sesuai dengan kriteria project → Kemudian atur skala dan proyeksinya. Pilih *Categories (UTM, WGS84 Datum)* → pilih zona 49 South → *Finish*



Gambar 3.80 setting awal

2. *Import DXF/DWG*

Hasil *filtering* dari surfer adalah berupa format dxf, kita bisa membukanya secara langsung atau melalui proses open file



Gambar 3.81 import contour from dxf

III.5 Perencanaan Geometrik Jalan

III.5.1 Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi permasalahan merupakan upaya untuk mengenali permasalahan yang timbul di lokasi studi. Dalam hal ini, permasalahan jalan timbul karena kawasan jalan arteri di Jl. Ahmad Yani – Jl. Karanglo mengalami kemacetan yang cukup parah pada jam tertentu, kemacetan terparah terjadi pada jalan yang menuju arah kota Surabaya. Untuk mengatasi kemacetan tersebut diperlukan rekayasa jalan alternatif, yaitu mengubah jalan lokal pada ruas jl. Ikan Tombro menjadi jalan kolektor sekunder yang menghubungkan ke jalan arteri Jl. Perusahaan. Jalan eksisting ruas jalan ikan tombro masih sempit dan minim bangunan pelengkapannya. Selain itu, jalan eksisting juga sudah mengalami beberapa kerusakan, kerusakan yang terjadi pada jalur lalu lintas tersebut pada umumnya berupa jalan berlubang.

Pada tahap ini, akan dikumpulkan berbagai informasi penting seputar permasalahan yang terjadi di lapangan. Pengamatan dapat dimulai dari pendataan situasi jalan eksisting dengan berbagai aspek permasalahan yang ada. Pengamatan lapangan yang akan dilakukan diantaranya adalah:

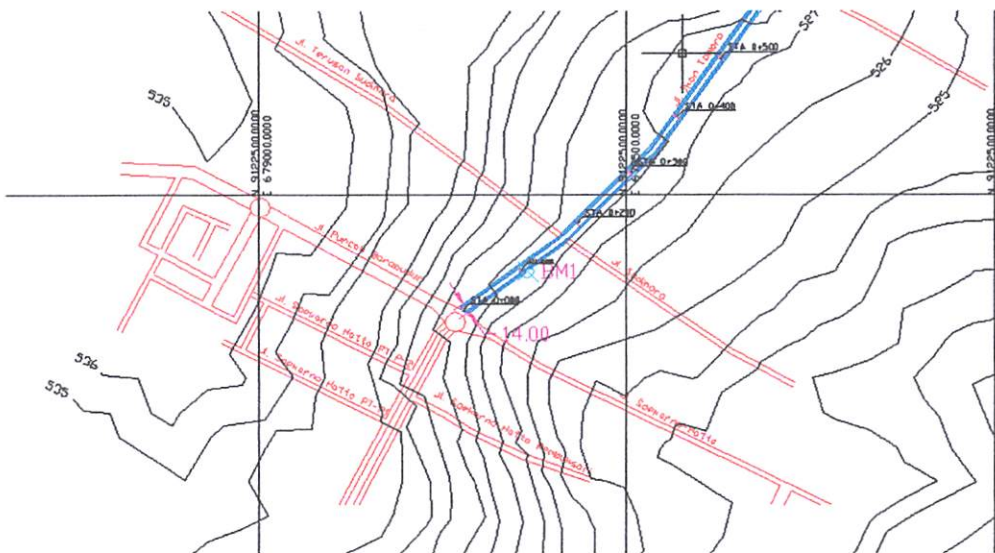
- a) Meninjau dan mengamati arus lalu lintas yang terjadi di lokasi studi
- b) Mengamati kerusakan jalan yang terjadi
- c) Mengamati aspek geometrik jalan.

III.5.2 Pengumpulan Data

Proses pemecahan masalah jalan pada lokasi studi memerlukan analisis yang teliti terhadap data yang dikumpulkan dari setiap parameter yang akan digunakan dalam solusi permasalahan. Penyajian data yang lengkap dan teori yang memadai akan memberikan hasil perencanaan yang baik. Adapun cara pengumpulan data penyusunan skripsi. Berdasarkan sifatnya, sumber data dibagi menjadi 2, yaitu data primer, dan data sekunder. Dalam Perencanaan Peningkatan Ruas Jalan Ikan Tombro – Jl Perusahaan diperlukan sejumlah data sebagai bahan kajian, diantaranya :

a. Data Primer

Yaitu data yang diperoleh melalui survei langsung di lapangan. Data primer digunakan untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya di lapangan atau lokasi proyek yang akan dilaksanakan. Data primer meliputi : Topografi, data geometrik jalan eksisting, dan bangunan pelengkap pada lokasi. dalam studi kasus ini pemetaan topografi detail menggunakan foto udara nirawak.

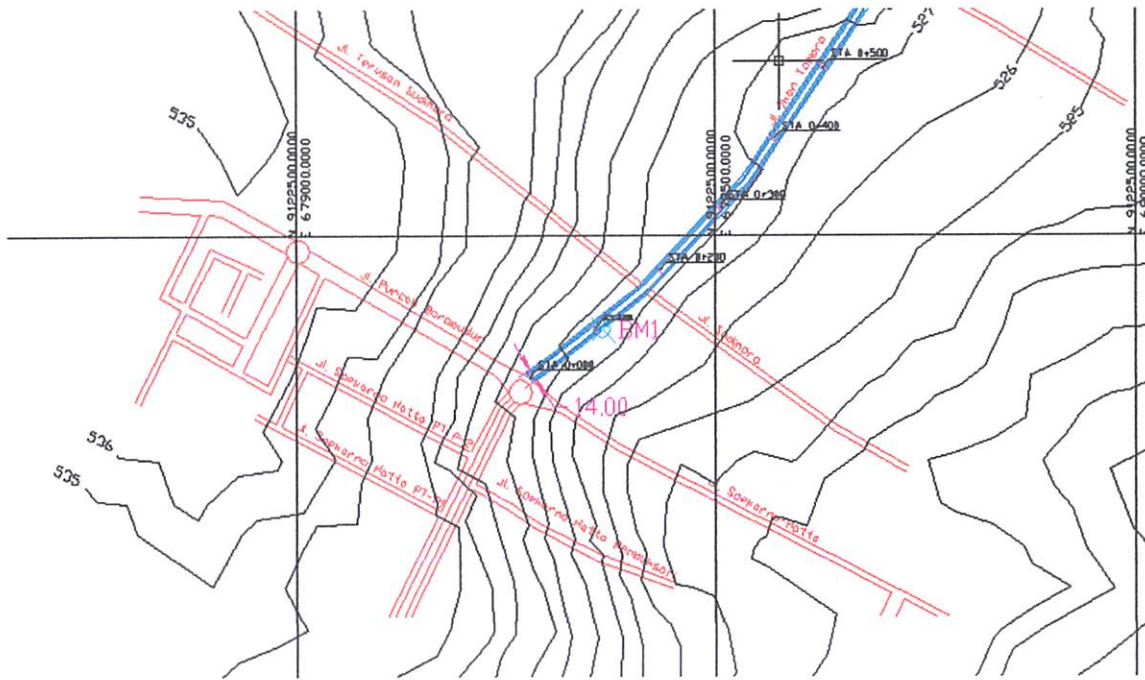


Gambar 3.100 Data topografi dari hasil foto udara

Berikut adalah hasil pemasangan BM pada area lokasi yang tersebar

Tabel 3.11 Bench Mark Point

Point	Easting (m)	Northing (m)	Elev (m)
BM1	679365.078	9122395.218	525.586
BM2	679770.554	9122876.351	524.682
BM3	679991.012	9123423.392	526.992
BM4	679619.781	9124087.043	533.433
BM5	679974.735	9124528.954	530.273
BM6	680304.687	9123856.034	521.320



Gambar 3.82 Rencana Jalan

b) Data Sekunder

Data LHR diperoleh dari Instansi terkait yaitu Dishub Kota Malang tahun 2015

Tabel 3.4 Data LHR Jl. Soekarno Hatta

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan Tiap Jenis	Komposisi Penggunaan Ruang Jalan	
			(smp)	%
1	Sepeda Motor	50,261	12,565	73.04
2	Mobil Pribadi	3,510	3,510	20.40
3	Angkot	1,122	1,122	6.52
4	Bus Mini	.	.	0.00
5	Pick Up/ Box	3	3	0.02
6	Mini Truk	.	.	0.00
7	Bus Besar	.	.	0.00

8	Truk 2 Sumbu	.	.	0.00
9	Truk 3 Sumbu	.	.	0.00
10	Truk Gandeng	.	.	0.00
11	Trailer	.	.	0.00
12	Kend Tak Bermotor	68	4	0.02

Tabel 3.5 Data LHR Jl. Terusan Borobudur

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan Tiap Jenis	Komposisi Penggunaan Ruang Jalan	
			(smp)	%
1	Sepeda Motor	78,032	19,508	34.10
2	Mobil Pribadi	31,932	31,932	55.81
3	Angkot	2,433	2,433	4.25
4	Bus Mini	1,363	1,363	2.38
5	Pick Up/ Box	241	241	0.42
6	Mini Truk	1,279	1,279	2.24
7	Bus Besar	173	173	0.30
8	Truk 2 Sumbu	191	229	0.40
9	Truk 3 Sumbu	13	16	0.03
10	Truk Gandeng	10	12	0.02
11	Trailer	21	25	0.04
12	Kend Tak Bermotor	50	3	0.01

Tabel 3.6 Data LHR Jl. Jend. Ahmad Yani

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan Tiap Jenis	Komposisi Penggunaan Ruang Jalan	
			(smp)	%
1	Sepeda Motor	16,456	4,114	61.47
2	Mobil Pribadi	1,886	1,886	28.18
3	Angkot	678	678	10.13
4	Bus Mini	6	6	0.09
5	Pick Up/ Box	3	3	0.04
6	Mini Truk	4	4	0.06
7	Bus Besar	.	.	0.00
8	Truk 2 Sumbu	.	.	0.00
9	Truk 3 Sumbu	.	.	0.00
10	Truk Gandeng	.	.	0.00
11	Trailer	.	.	0.00
12	Kend Tak Bermotor	34	2	0.03

Dari data LHR diatas Dinas Perhubungan menyatakan terdapat 12 titik kemacetan. Angka lalu lintas harian (LHR) di berbagai kawasan itu sudah diatas

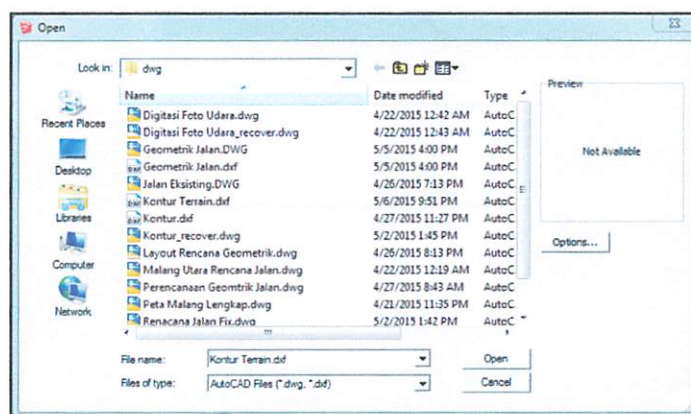
rata.rata normal. Lokasi macet itu tersebar di berbagai kawasan dalam kota pendidikan ini. Yakni salah satunya adalah persimpangan Jalan A Yani (Simpang Borobudur). LHR di kawasan Soekarno Hatta pada jam puncak akan mencapai 3.000 Satuan Mobil Penumpang (SMP) per jam. Padahal pada situasi normal, LHR di kawasan Soekarno Hatta berkisar sekitar 2.500 SMP per jam. LHR di ruas jalan yang mengakses Kota Wisata Batu diprediksi bisa mencapai 3.500 SMP per jam. Angka kemacetan tersebut akan terjadi di kawasan MT Haryono, Jalan Raya Tlogomas, Sengkaling. LHR tertinggi bakal terjadi di kawasan Beji hingga menuju Kota Wisata Batu. Yakni mencapai 4.000 SMP per jam. Angka ini merupakan angka macet. Kondisi tersebut terjadi karena Jalan Raya Beji menampung kendaraan dari kawasan Sengkaling dan Karanglo. Dengan pengalihan jalur ke arah Jl. Ikan Tombro diharapkan mampu memberikan solusi yang maksimal untuk mengatasi daerah rawan kemacetan tersebut.

III.6 Desain 3D Geometrik Jalan (Google Sketchup)

Medan 3D dari gambar peta topografi, kontur sudah ada yaitu berupa dxf (autocad) di *import* ke *google sketchup* untuk dijadikan terrainnya. Setiap garis melingkar adalah kedudukan titik.titik lokasi berketinggian sama, dengan beda tinggi antar garis sama dan tertentu. Buat garis kontur peta ini masih 2D dan garis ketinggiannya hanya berupa tulisan saja.

1. *Import dxf*

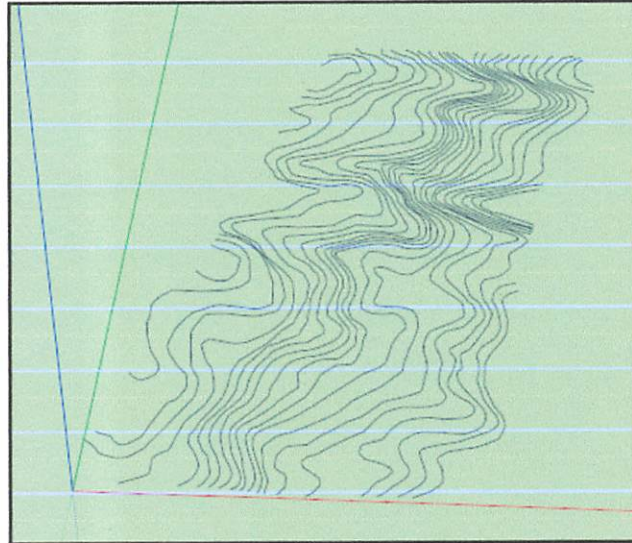
Caranya adalah klik **File** → **Import...** maka akan muncul kotak dialog seperti dibawah ini, *load file dxf*



Gambar 3.83 Open dialog box


2. *Terrain From Contour*

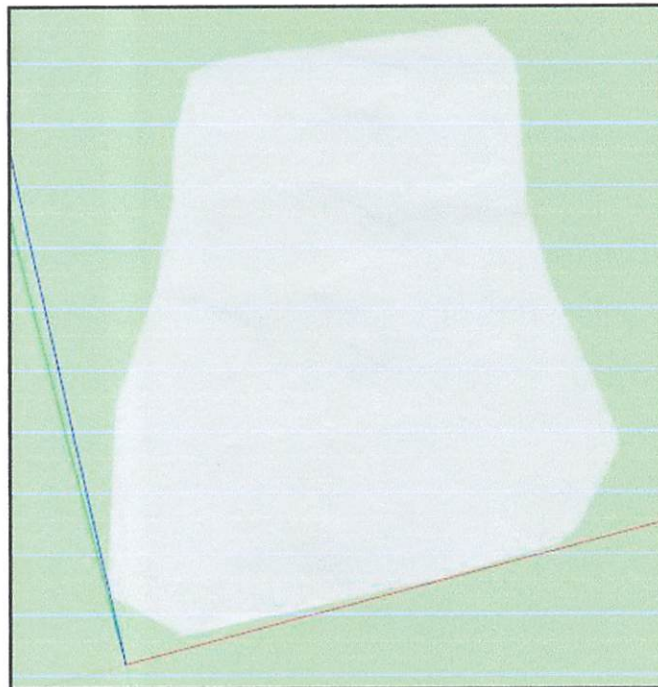
Untuk membuat sebuah terrain dari kontur 2D adalah dengan membuat *sandbox*, kemudian dilakukan *offset* setinggi garis kontur tersebut



Gambar 3.84 built terrain

3. *Membuat Sandbox Terrain*

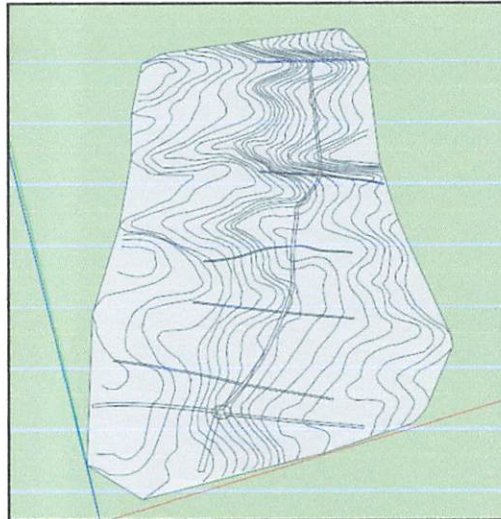
Untuk membuat permukaan tanah caranya klik  → maka otomatis *terrain* akan terbentuk dengan sendirinya



Gambar 3.85 Create terrain

4. *Membuat Desain Jalan Dari Sandbox Terrain*

Untuk membuat desain jalan dari terrain yaitu → **Import...** desain jalan dari file (*.dwg) yang telah dibuat pada autocad, sehingga tampilannya akan seperti gambar dibawah ini, hal ini dimaksudkan untuk membuat *centerline* dari jalan tersebut.



Gambar 3.86 desain from centerline

5. *Membuat Jalan Otomatis Dari Centerline*

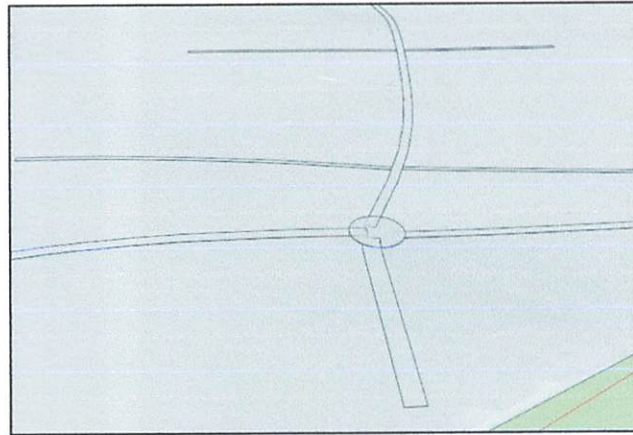
Untuk membuat jalan otomatis pada sandbox diperlukan sebuah *plugin instant road*, menggunakannya cukup mudah yaitu dengan mengisi parameter lebar jalan dan model pembatas jalan, caranya adalah klik **Plugins** → **Instant Road** → **Road from CenterLine** → atur lebar jalan sesuai dengan ketentuan bina marga untuk desain jalan kolektor seperti gambar dibawah ini.

Make Road from Center Line Edge(s) Important: Save Work before running sc...	
Road Width	7.00m
Shoulder Width	0.0m
Make Curb?	no
Edit Additional Parameters?	no
Preview Road Outline?	Make Road - no preview
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	


Gambar 3.87 setting parameter instant road

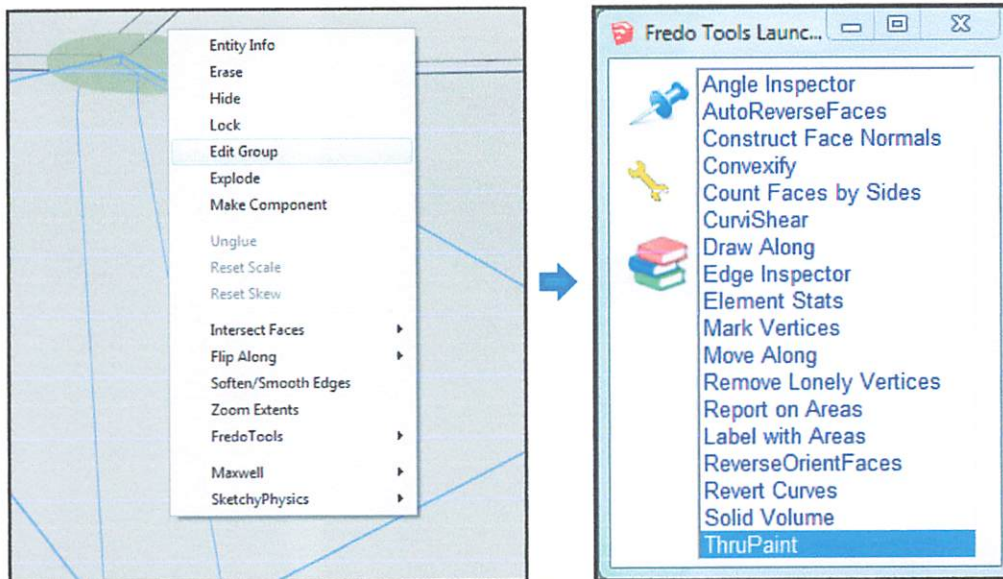
6. Hasil Exposure Road Pada Sandbox

Berikut adalah hasil otomatisasi dari plugin instant road tersebut




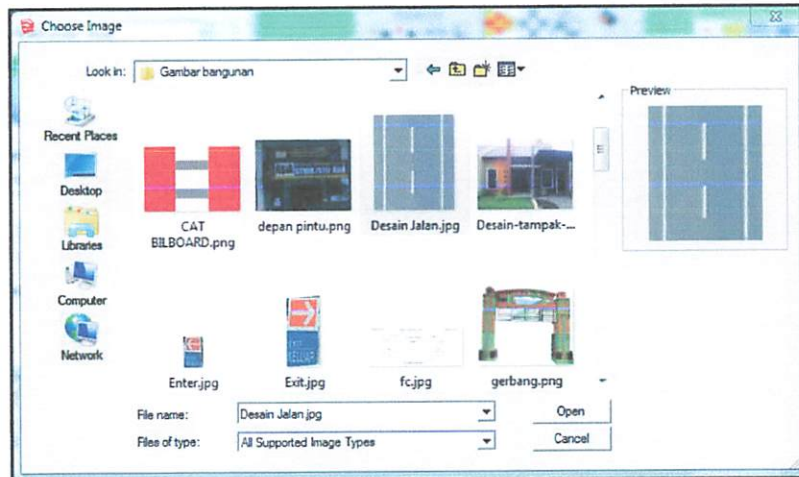
Gambar 3.88 Exposure Instant Road

selanjutnya adalah memberikan *texture* jalan supaya hasil 3D tampak *real*, caranya adalah blok pada jalan tersebut → kemudian *Edit Group* → pilih *face* jalan yang akan diberikan *texture* → kemudi klik icon  → kemudian pilih *Thru Paint*




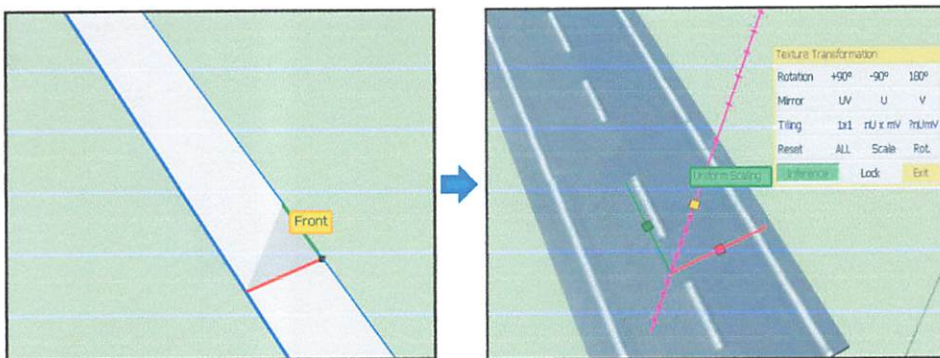
Gambar 3.89 Thru Paint

Pada kotak dialog *materials* → klik icon *create material*  → kemudian load (*.jpg) *texture* jalan yang telah disiapkan sebelumnya.



Gambar 3.90 Choose Image

Setelah itu klik ok → kemudian orientasikan *texture* pada *face* jalan tersebut gunakan icon  untuk memproyeksikan *texture* pada bidang yang tidak mendatar. Atur *Scaling* dan *movement* agar *texture* terlihat rapi



Gambar 3.91 scaling texture

Lakukan pada semua permukaan jalan dan bentuk bangunan 3D lainnya, hal ini dimaksudkan untuk memperindah tampilan visual bentuk 3D tersebut agar tampak menarik disajikan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Pengukuran BM Metode Statik

Pengukuran *GPS* metode statik untuk BM01.BM06 yaitu diikatkan pada titik referensi ITN003 orde 4 yang ada disebelah timur gedung menwa kampus 1 ITN Malang



Gambar 4.1 titik orde 4 ITN003

Dari pengukuran GPS metode statik didapatkan hasil koordinat titik ikat sebagai berikut

Tabel 4.1 Hasil Koordinat Akhir

Point	Easting (m)	Northing (m)	Elev (m)
ITN003	677666.414	9119919.606	522.973
BM1	679365.078	9122395.218	525.586
BM2	679770.554	9122876.351	528.060
BM3	679991.012	9123423.392	526.992
BM4	679619.781	9124087.043	533.873
BM5	679974.735	9124528.954	530.273
BM6	680304.687	9123856.034	521.320

Tabel 4.2 Adjusted Points in WGS84 (*Geographic Coordinates and Std.Dev.*)

Point	Lat [Deg]	Lon [Deg]	ell.H [m]	orth.H [m]	geoid.H [m]	sN [mm]	sE [mm]	sH [mm]
BM01	S7° 56' 10.59273"	E112° 37' 37.85065"	525.586	525.586	0.000	25.7	28.2	74.8
BM02	S7° 55' 54.87963"	E112° 37' 51.02759"	528.060	528.060	0.000	26.4	32.3	83.1
BM03	S7° 55' 37.04479"	E112° 37' 58.15519"	526.992	526.992	0.000	21.4	27.9	71.2
BM04	S7° 55' 15.48983"	E112° 37' 45.94990"	533.873	533.873	0.000	21.1	27.6	71.3
BM05	S7° 55' 01.05993"	E112° 37' 57.48196"	530.273	530.273	0.000	20.9	27.5	74.2
BM06	S7° 55' 22.92180"	E112° 38' 08.34072"	521.320	521.320	0.000	25.1	32.5	81.9
ITN003	S7° 57' 31.37081"	E112° 36' 42.69734"	522.973	522.973	0.000	0.0	0.0	0.0

IV.1 Strength of Figure (SoF)

Hasil perhitungan *SOF* dengan 15 *baseline* didapatkan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan pengukuran 21 *baseline*.

Diketahui $\text{trace} = 7.700$ $n = 45$; $u = 18$

Trace : Penjumlahan diagonal matrik $(A^T A)^i$

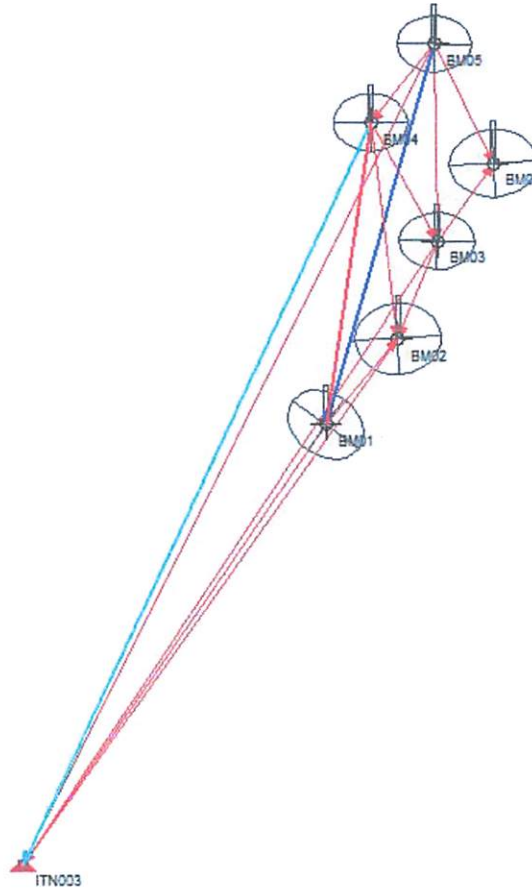
n : Pengamatan

u : Parameter *unknown*

$$\mathbf{SOF} = \frac{\text{Trace} ((A^T \cdot A)^{-1})}{n - u}$$

$$\mathbf{SOF} = 0.285$$

Perhitungan diatas, merupakan perhitungan dengan menggunakan skenario 15 *baseline*, dengan mengabaikan CP seperti gambar berikut:



Gambar 4.2 Jaringan dengan 15 *baseline*

IV.2 Pengukuran GCP Metode RTK

Dalam pengukuran titik control udara atau biasa disebut *Ground Control Point (GCP)*, metode pengukuran yang digunakan adalah *Real Time Kinematic (RTK)*. Pengukuran ini mengikat pada referensi BM02 dan BM04 yang sebelumnya telah diukur dengan metode statik

Tabel 4.3 Koordinat GCP

Point	Northing (m)	Easting (m)	Elevation (m)
B	9122061.870	679812.771	516.603
A	9122357.586	679100.475	532.164
GCP8	9122529.862	679709.322	522.682
GCP1	9122600.218	679499.627	525.696
GCP21	9122642.863	679803.845	523.380
GCP2	9122659.816	679531.837	526.179
GCP6	9122789.267	679878.776	523.844
GCP4	9122874.204	679638.409	528.430
BM2	9122876.351	679770.554	524.682
GCP7	9123070.993	680091.855	522.041
GCP5	9123107.194	679733.716	525.977
GCP9	9123257.421	680092.965	516.671
GCP3	9123335.631	679786.176	525.435
F	9123366.229	680214.557	523.030
C	9123441.008	680276.150	523.382
E	9123541.094	679460.057	526.170
GCP10	9123566.292	679739.958	526.929
D	9123633.062	679483.505	530.705
GCP17	9123948.528	680202.898	515.254
GCP11	9123969.065	679753.844	532.974
BM4	9124087.043	679619.7814	533.433
GCP20	9124192.133	680166.240	524.786
GCP16	9124310.000	679965.750	528.373
GCP14	9124463.195	680252.989	526.083
GCP15	9124572.054	680005.225	530.116
GCP12	9124731.757	680305.706	525.845
GCP22	9124750.577	680227.614	527.056
GCP13	9124756.867	679985.530	531.582
GCP18	9124886.634	680311.374	525.062
GCP19	9125040.204	680097.088	533.538
H	9125074.621	680711.169	523.239
G	9125250.709	679862.015	538.704

IV.3 Hasil Foto Udara nirawak

IV.3.1 Skala Foto Rata . Rata

Skala foto yang dihasilkan adalah

$$\text{skala foto rata rata} = \frac{f}{H_{\text{rata-rata}}}$$

Dimana, $f = 10.4 \text{ mm}$

$H_{\text{rata-rata}} = 483.629 \text{ m}$

Jadi skala foto yang didapatkan adalah = 1: 46502.788 atau digenapkan menjadi 1 : 46,500 untuk mempermudah proses perhitungan.

IV.3.2 Orthophoto

Berikut adalah hasil *orthophoto* yang dibuat pada *software agisoft*

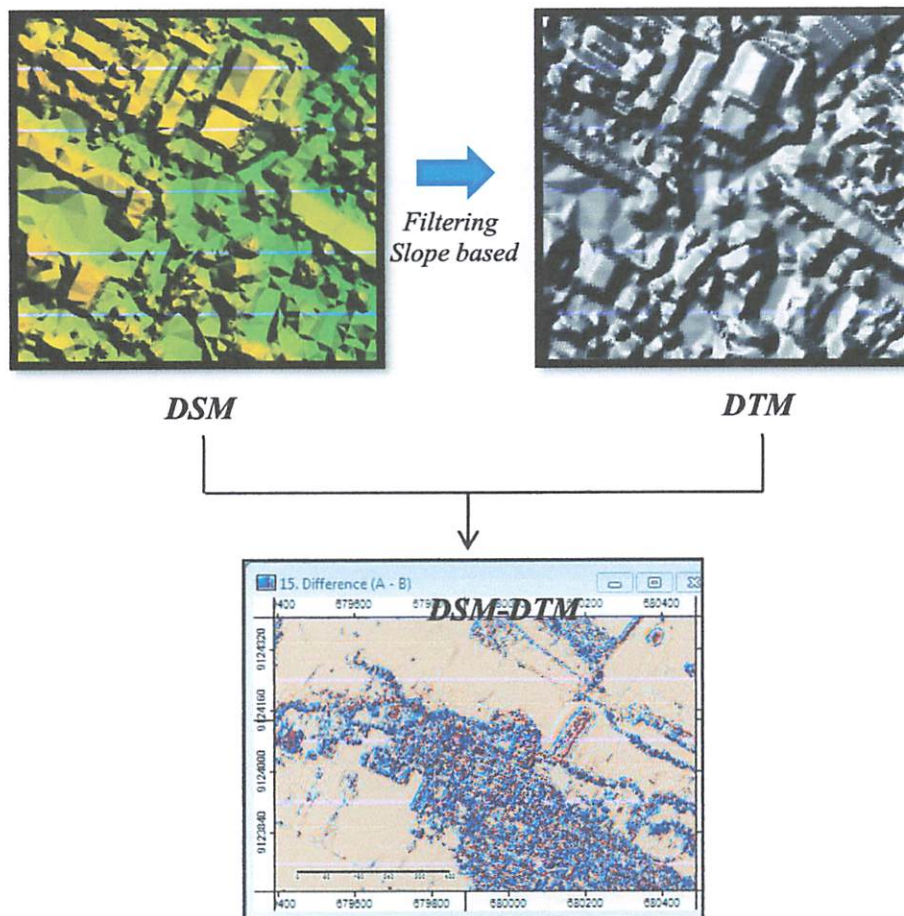


Gambar 4.3 Hasil Orthophoto

IV.3.3 Hasil Filtering *DSM* Menjadi *DTM*

Hasil *DSM* yang dihasilkan dari foto udara tidaklah sempurna untuk dijadikan model permukaan bumi untuk membuat sebuah kontur, maka dari itu harus dilakukan *filtering DSM* gunanya adalah menjadikan *bare earth (DTM)* yang bisa digunakan untuk memuat kontur, namun hasil *DTM* dari *SAGA GIS* masih ada kontur kontur tanah yang tidak masuk akal, karena beberapa hasil

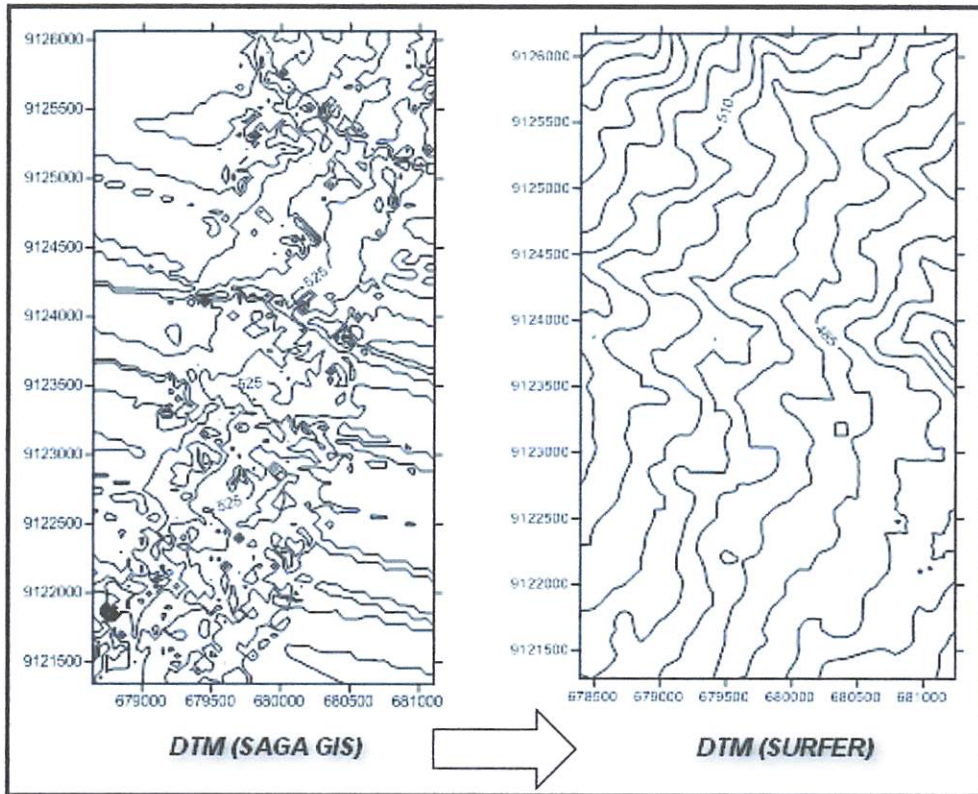
terrain bangunan masih ikut menjadi kontur, untuk mengeliminasi hasil DTM dari SAGA GIS, pada studi kasus ini dilakukan *filtering* tahap II pada *software* surfer dengan metode *moving average*



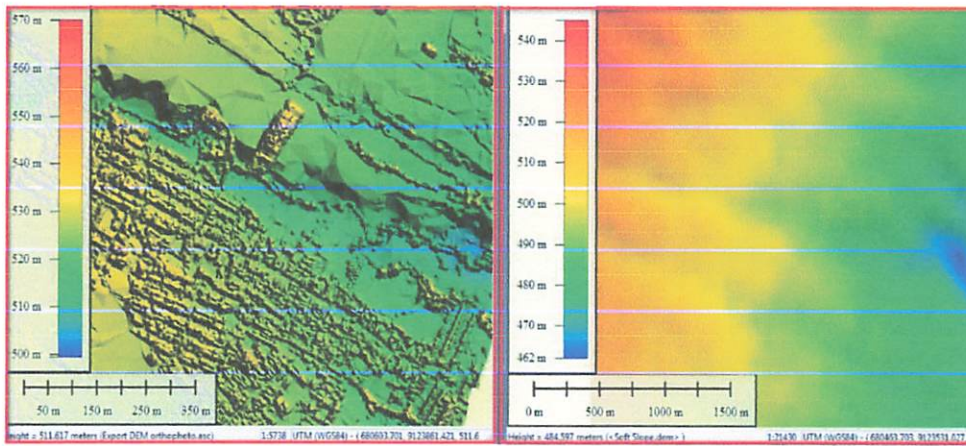
Gambar 4.4 Perbedaan DSM dan DTM

IV.3.4 Hasil Kontur DTM

Dari hasil kontur DTM yang dihasilkan dari SAGA GIS kita *filtering* dengan metode *moving average*. Hal ini digunakan untuk memperhalus kontur yang dihasilkan dari foto udara *nirawak*



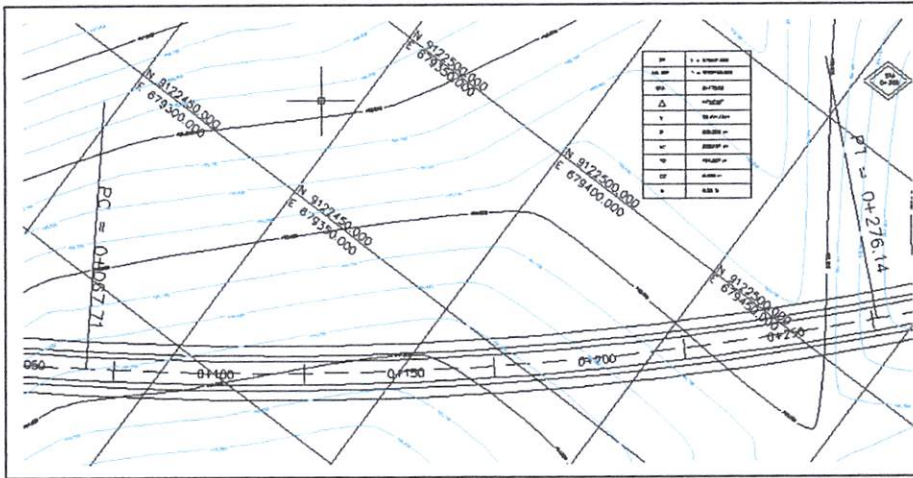
Gambar 4.5 Perbedaan hasil kontur DTM setelah proses filtering



Gambar 4.6 Hasil DEM pada DSM (Kanan) dan DTM (Kiri)

IV.4 Perhitungan Kurva Horizontal (Full Circle)

IV.4.1 Kurva Horizontal 0+172.52



Gambar 4.7 Komponen Full Circle (FC) STA 0+172.52

Rumus yang digunakan untuk menentukan harga T_c , E_c , dan L_c adalah:

$$\Delta = 14^{\circ}55'39''$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

$$R_c = 800 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta 2 \pi R_c}{360^{\circ}}$$

$$= \frac{14^{\circ}55'39'' \times 2 \pi \times 800}{360^{\circ}}$$

$$= 208.427 \text{ m}$$

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 800 \times \tan \frac{1}{2} (14^{\circ}55'39'')$$

$$= 104.807 \text{ m}$$

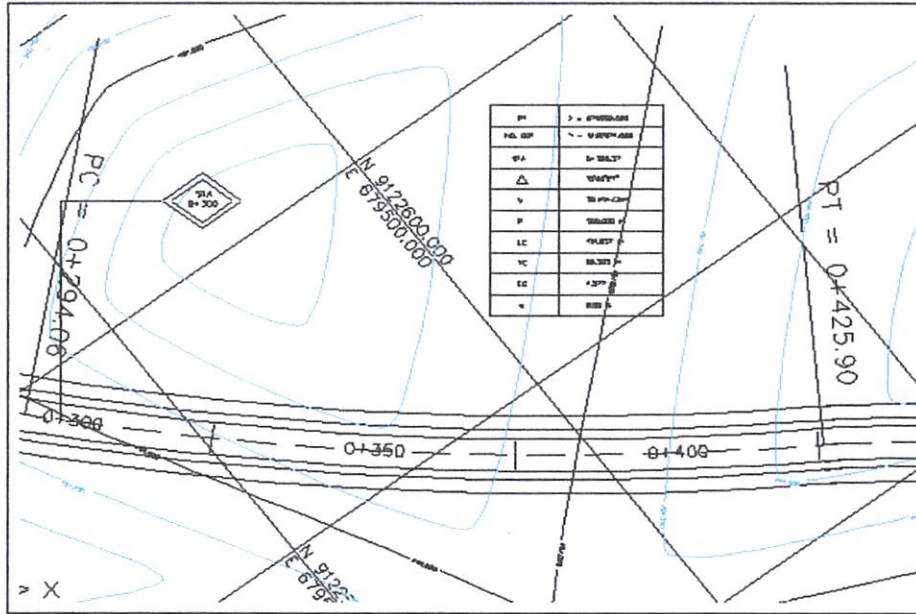
$$E_c = R_c (\sec \frac{1}{2} \Delta - 1)$$

$$= 800 \times (\sec \frac{1}{2} 14^{\circ}55'39'' - 1)$$

$$= 6.836 \text{ m}$$

$$e = 6\%$$

IV.4.2 Kurva Horizontal STA 0+360.37



Gambar 4.8 Komponen Full Circle (FC) STA 0+360.37

Rumus yang digunakan untuk menentukan harga T_c , E_c , dan L_c adalah:

$$\Delta = 15^{\circ}06'27''$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

$$R_c = 500 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360^{\circ}}$$

$$= \frac{15^{\circ}06'27'' \times 2\pi \times 500}{360^{\circ}}$$

$$= 131.837 \text{ m}$$

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 500 \times \tan \frac{1}{2} (15^{\circ}06'27'')$$

$$= 66.303 \text{ m}$$

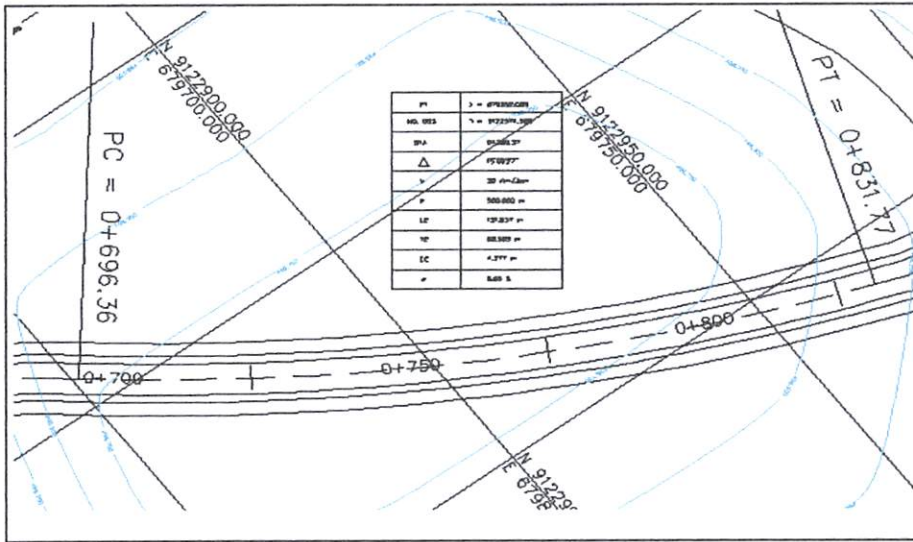
$$E_c = R_c (\sec \frac{1}{2} \Delta - 1)$$

$$= 500 \times (\sec \frac{1}{2} 15^{\circ}06'27'' - 1)$$

$$= 4.377 \text{ m}$$

$$e = 6\%$$

IV.4.3 Kurva Horizontal STA 0+764.72



Gambar 4.9 Komponen Full Circle (FC) STA 0+764.72

Rumus yang digunakan untuk menentukan harga T_c , E_c , dan L_c adalah:

$$\Delta = 19^{\circ}23'44''$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

$$R_c = 400 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360^{\circ}}$$

$$= \frac{19^{\circ}23'44'' \times 2\pi \times 400}{360^{\circ}}$$

$$= 135.406 \text{ m}$$

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 400 \times \tan \frac{1}{2} (19^{\circ}23'44'')$$

$$= 68.357 \text{ m}$$

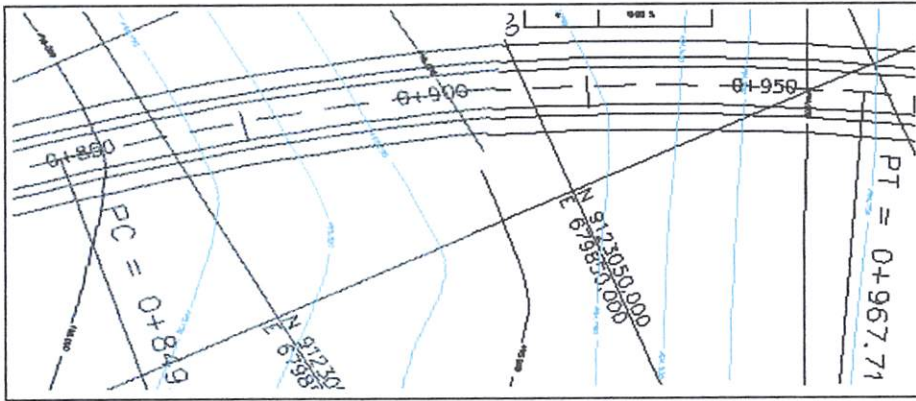
$$E_c = R_c (\sec \frac{1}{2} \Delta - 1)$$

$$= 400 \times (\sec \frac{1}{2} 19^{\circ}23'44'' - 1)$$

$$= 5.799 \text{ m}$$

$$e = 6\%$$

IV.4.4 Kurva Horizontal STA 0+908.87



Gambar 4.10 Komponen Full Circle (FC) STA 0+908.87

Rumus yang digunakan untuk menentukan harga T_c , E_c , dan L_c adalah:

$$\Delta = 16^{\circ}58'57''$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

$$R_c = 400 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360^{\circ}}$$

$$= \frac{16^{\circ}58'57'' \times 2\pi \times 400}{360^{\circ}}$$

$$= 118.560 \text{ m}$$

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 400 \times \tan \frac{1}{2} (16^{\circ}58'57'')$$

$$= 59.718 \text{ m}$$

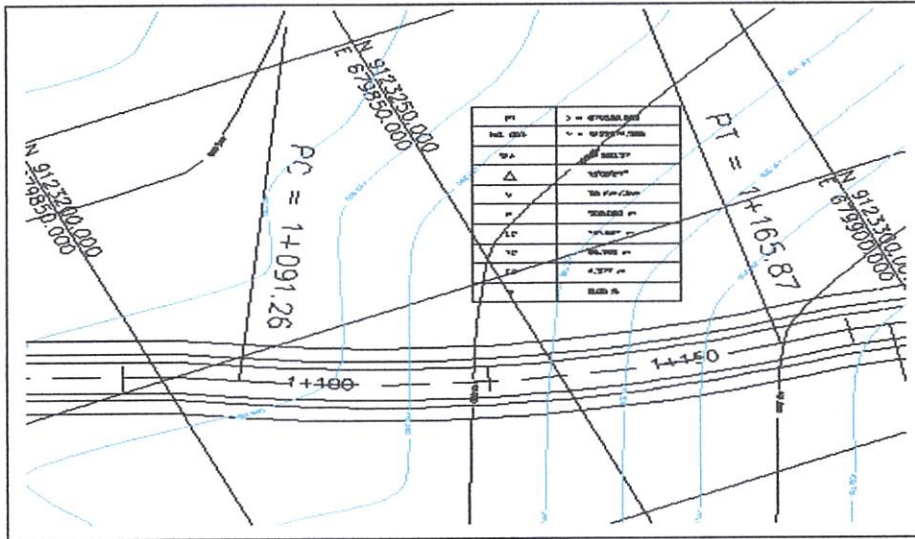
$$E_c = R_c (\sec \frac{1}{2} \Delta - 1)$$

$$= 400 \times (\sec \frac{1}{2} 16^{\circ}58'57'' - 1)$$

$$= 4.433 \text{ m}$$

$$e = 6\%$$

IV.4.5 Kurva Horizontal STA 1+129



Gambar 4.11 Komponen Full Circle (FC) STA 1+129

Rumus yang digunakan untuk menentukan harga T_c , E_c , dan L_c adalah:

$$\Delta = 21^{\circ}22'34''$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

$$R_c = 200 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360^{\circ}}$$

$$= \frac{21^{\circ}22'34'' \times 2\pi \times 200}{360^{\circ}}$$

$$= 74.617 \text{ m}$$

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 200 \times \tan \frac{1}{2} (21^{\circ}22'34'')$$

$$= 37.747 \text{ m}$$

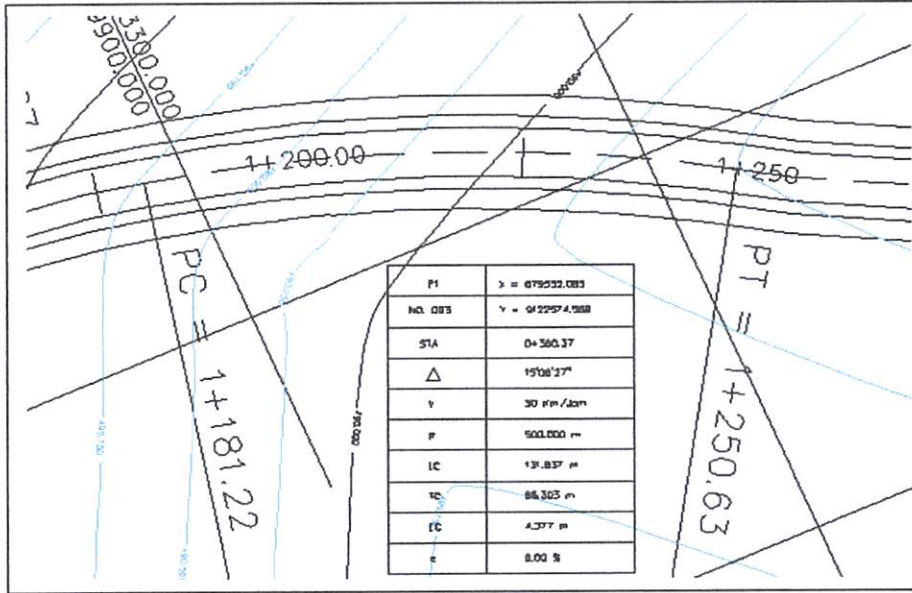
$$E_c = R_c (\sec \frac{1}{2} \Delta - 1)$$

$$= 200 \times (\sec \frac{1}{2} 21^{\circ}22'34'' - 1)$$

$$= 3.531 \text{ m}$$

$$e = 6\%$$

IV.4.6 Kurva Horizontal STA 1+216.28



Gambar 4.12 Komponen Full Circle (FC) STA 1+216.28

Rumus yang digunakan untuk menentukan harga T_c , E_c , dan L_c adalah:

$$\Delta = 19^{\circ}53'00''$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

$$R_c = 200 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360^{\circ}}$$

$$= \frac{19^{\circ}53'00'' \times 2\pi \times 200}{360^{\circ}}$$

$$= 69.406 \text{ m}$$

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 200 \times \tan \frac{1}{2} (19^{\circ}53'00'')$$

$$= 35.056 \text{ m}$$

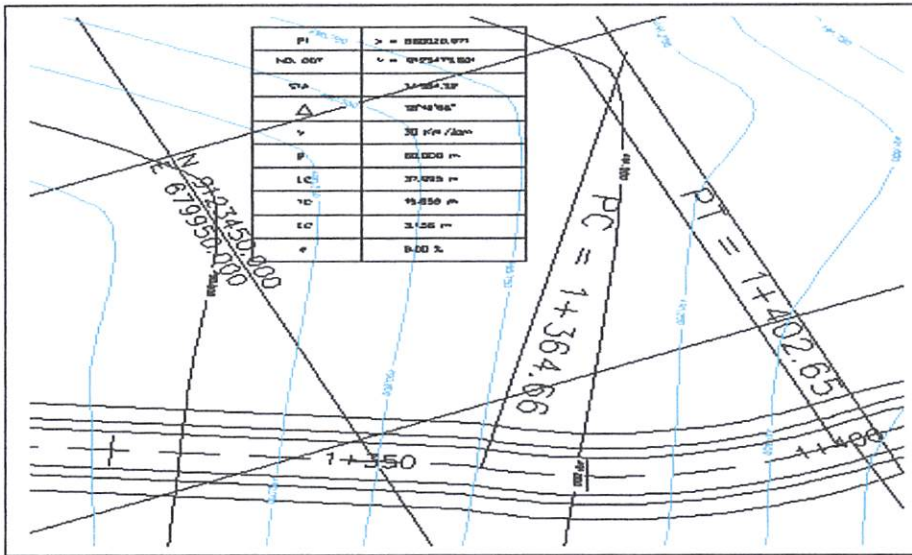
$$E_c = R_c (\sec \frac{1}{2} \Delta - 1)$$

$$= 200 \times (\sec \frac{1}{2} 19^{\circ}53'00'' - 1)$$

$$= 3.049 \text{ m}$$

$$e = 6\%$$

IV.4.7 Kurva Horizontal STA 1+433.59



Gambar 4.13 Komponen Full Circle (FC) STA 1+433.59

Rumus yang digunakan untuk menentukan harga T_c , E_c , dan L_c adalah:

$$\Delta = 52^{\circ}00'20''$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

$$R_c = 60 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360^{\circ}}$$

$$= \frac{52^{\circ}00'20'' \times 2\pi \times 60}{360^{\circ}}$$

$$= 54.460 \text{ m}$$

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 60 \times \tan \frac{1}{2} (52^{\circ}00'20'')$$

$$= 29.268 \text{ m}$$

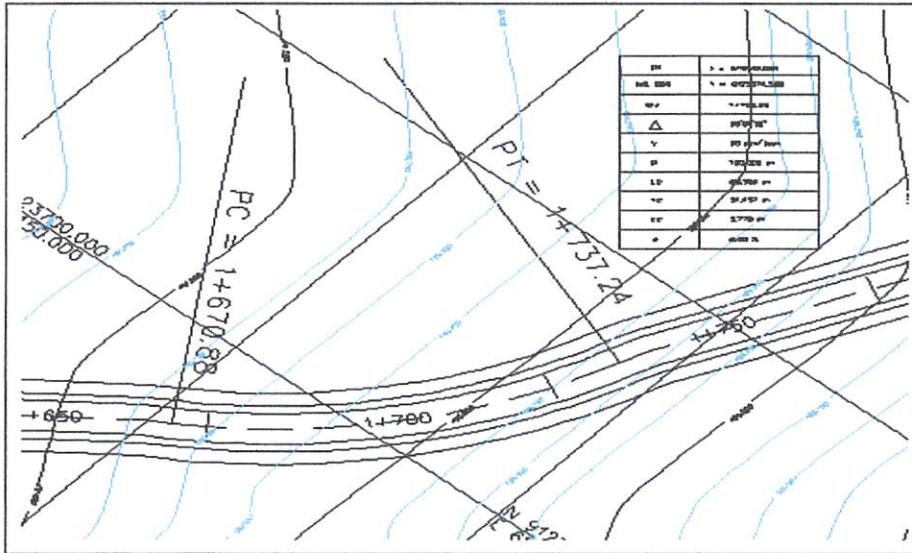
$$E_c = R_c (\sec \frac{1}{2} \Delta - 1)$$

$$= 60 \times (\sec \frac{1}{2} 52^{\circ}00'20'' - 1)$$

$$= 6.758 \text{ m}$$

$$e = 6\%$$

IV.4.8 Kurva Horizontal STA 1+705.33



Gambar 4.14 Komponen Full Circle (FC) STA 1+705.33

Rumus yang digunakan untuk menentukan harga T_c , E_c , dan L_c adalah:

$$\Delta = 38^{\circ}01'30''$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

$$R_c = 100 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360^{\circ}}$$

$$= \frac{38^{\circ}01'30'' \times 2\pi \times 100}{360^{\circ}}$$

$$= 66.366 \text{ m}$$

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 100 \times \tan \frac{1}{2} (38^{\circ}01'30'')$$

$$= 34.457 \text{ m}$$

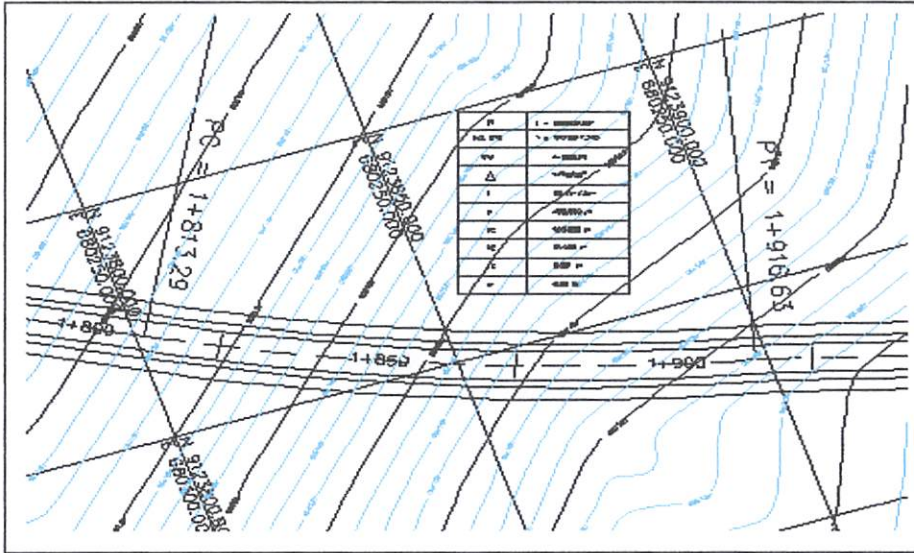
$$E_c = R_c (\sec \frac{1}{2} \Delta - 1)$$

$$= 100 \times (\sec \frac{1}{2} 38^{\circ}01'30'' - 1)$$

$$= 5.770 \text{ m}$$

$$e = 6\%$$

IV.4.9 Kurva Horizontal STA 1+865.25



Gambar 4.15 Komponen Full Circle (FC) STA 1+865.25

Rumus yang digunakan untuk menentukan harga T_c , E_c , dan L_c adalah:

$$\Delta = 14^{\circ}48'08''$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

$$R_c = 400 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360^{\circ}}$$

$$= \frac{14^{\circ}48'08'' \times 2\pi \times 400}{360^{\circ}}$$

$$= 103.339 \text{ m}$$

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 400 \times \tan \frac{1}{2} (14^{\circ}48'08'')$$

$$= 51.959 \text{ m}$$

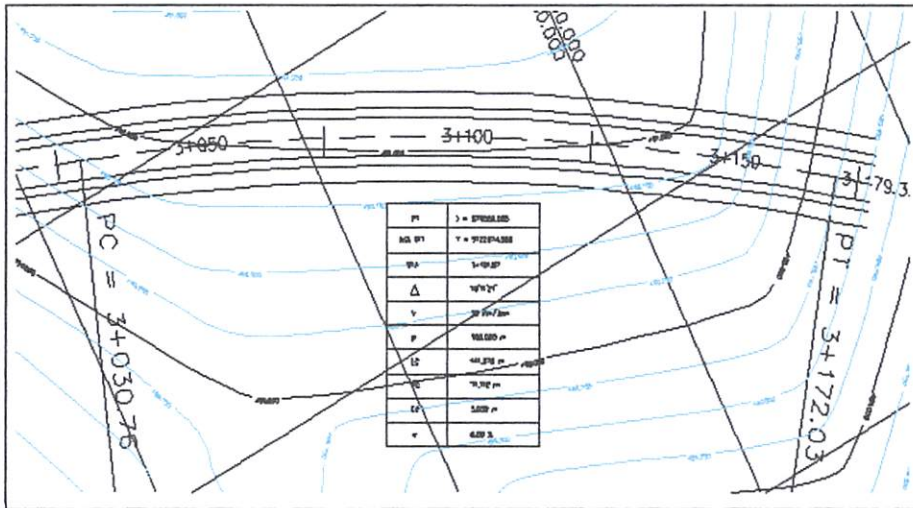
$$E_c = R_c (\sec \frac{1}{2} \Delta - 1)$$

$$= 400 \times (\sec \frac{1}{2} 14^{\circ}48'08'' - 1)$$

$$= 3.361 \text{ m}$$

$$e = 6\%$$

IV.4.10 Kurva Horizontal STA 3+101.87



Gambar 4.16 Komponen Full Circle (FC) STA 3+101.87

Rumus yang digunakan untuk menentukan harga T_c , E_c , dan L_c adalah:

$$\Delta = 16^{\circ}11'21''$$

$$V = 30 \text{ km/jam}$$

$$R_c = 500 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360^{\circ}}$$

$$= \frac{16^{\circ}11'21'' \times 2\pi \times 500}{360^{\circ}}$$

$$= 141.276 \text{ m}$$

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 500 \times \tan \frac{1}{2} (16^{\circ}11'21'')$$

$$= 71.112 \text{ m}$$

$$E_c = R_c (\sec \frac{1}{2} \Delta - 1)$$

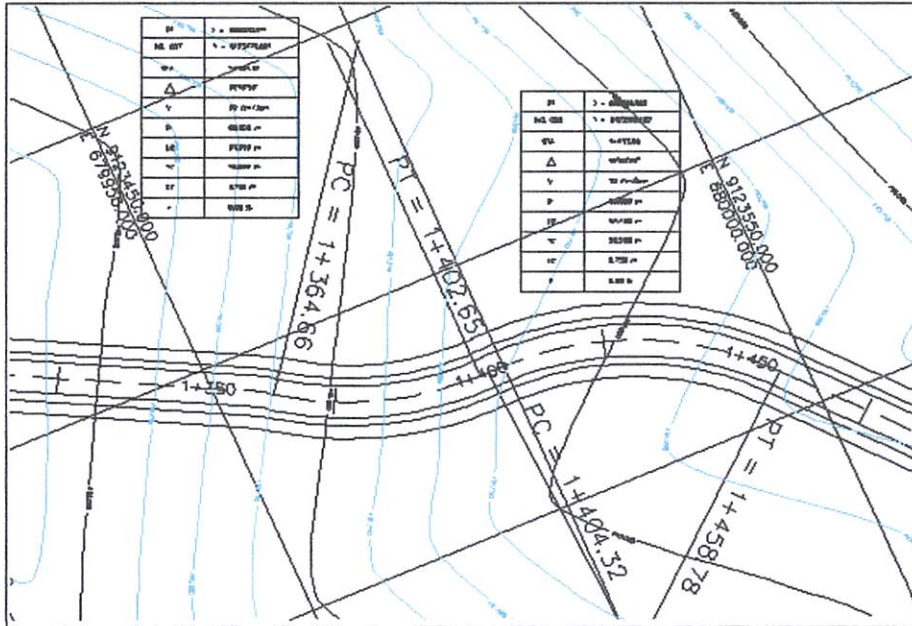
$$= 500 \times (\sec \frac{1}{2} 16^{\circ}11'21'' - 1)$$

$$= 5.032 \text{ m}$$

$$e = 6\%$$

IV.5 Jenis Tikungan

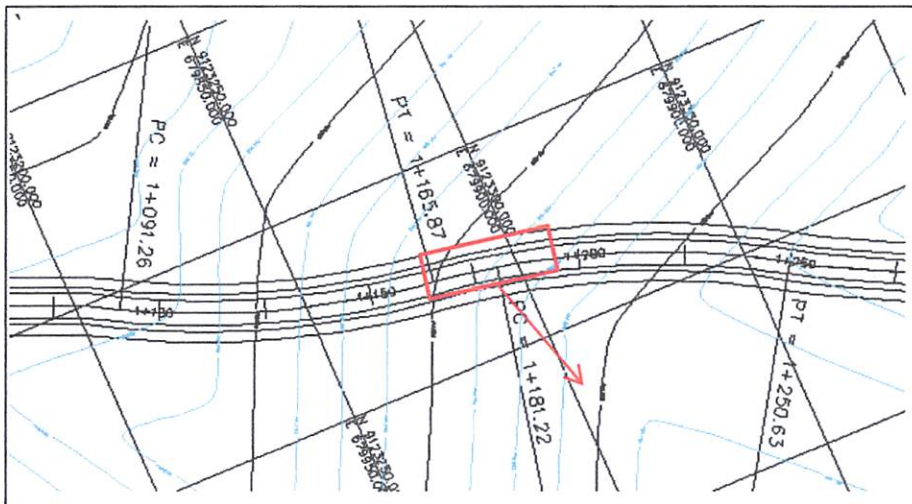
IV.5.1 Tikungan STA 1+350 s.d 1+450



Gambar 4.17 Tikungan gabungan berbalik

Tikungan gabungan berbalik STA 1+350 s.d 1+450

IV.5.2 Tikungan STA 1+075 s.d 1+375



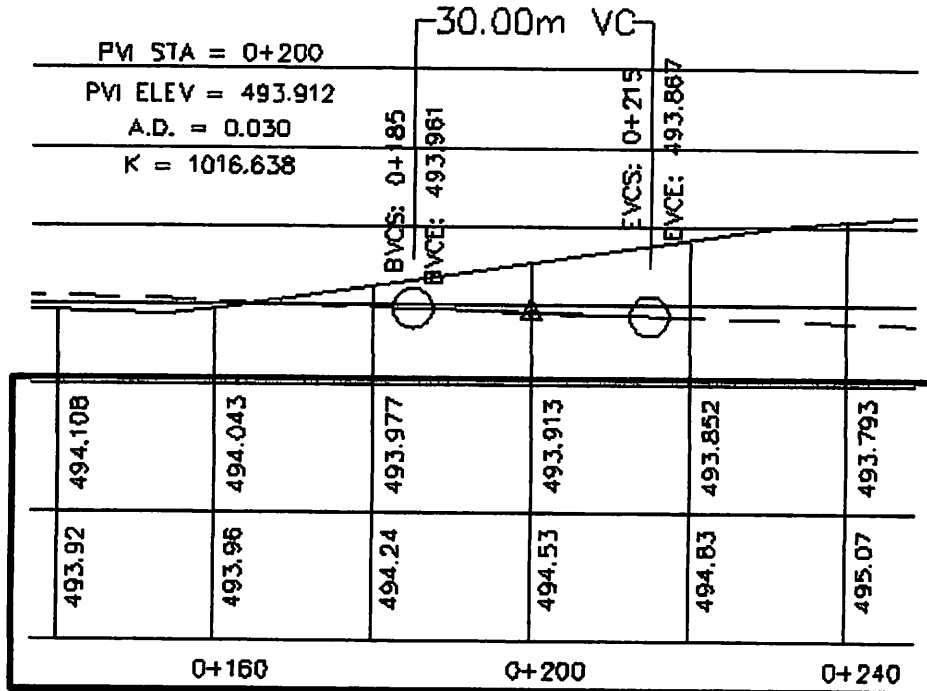
Gambar 4.18 Tikungan gabung berbalik

Tikungan gabungan bebalik dengan sisipan bagian lurus STA 1+075 s.d 1+375

IV.6 Perhitungan Kurva Vertikal

IV.6.1 Kurva Vertikal STA 0+160 s.d 0+240 (Cekung)

Profil Memanjang jalur untuk perencanaan lengkung vertikalnya



Gambar 4.19 Desain kurva vertikal STA 0+160 s.d 0+240

Jalan yang akan direncanakan berupa jalan kolektor pada daerah datar kecepatan rencana $V_R = 30$ Km/jam.

Data data dan ketentuan :

- Dari tabel 2.14. Untuk $V_R = 30$ Km/jam, kelandaian maksimum = 10%
- Dari tabel 2.9. Untuk $V_R = 30$ Km/jam, Jarak pandang henti (J_h) = 27m
- Dari tabel 2.10. Untuk $V_R = 30$ Km/jam, Jarak pandang henti (J_d) = 150m

Perencanaan lengkung vertikal :

a. Menghitung kelandaian rencana.

$$g_1 = \frac{493.912 - 494.043}{40} = -0.327\%, \quad g_2 = \frac{493.793 - 493.912}{40} = -0.298\%$$

b. Mencari Panjang L.

1) Berdasarkan jarak pandangan henti :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 0.325\% + 0.298\% = 0.623\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3.5J_h} = \frac{(0.623) \cdot 27^2}{120 + 3.5(27)} = 2.124m$$

$$J_h < L : 27 < 2.124m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

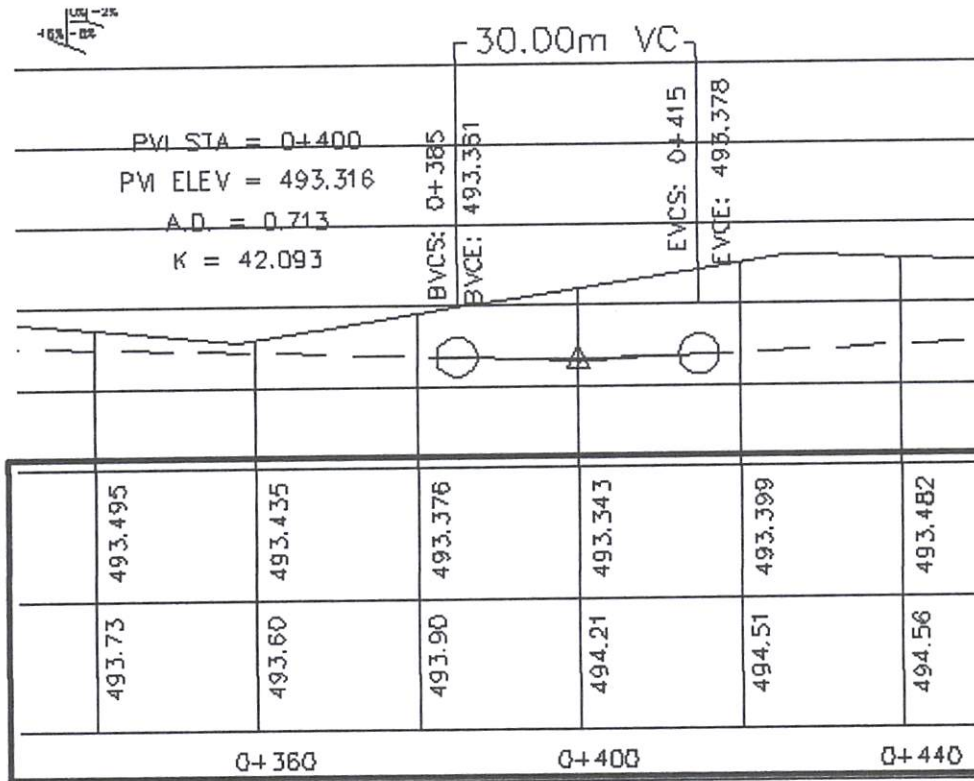
Rumus (2) :

$$L = 2J_h - \frac{120 + 3.5J_h}{A} = 2(27) - \frac{120 + 3.5(27)}{0.623} = -289.2m$$

$$J_h > L : 27 > -289.2m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi panjang L adalah **289.2 m** (turun)

IV.6.2 Kurva Vertikal STA 0+360 s.d 0+440 (Cekung)



Gambar 4.20 Desain kurva vertikal STA 0+360 s.d 0+440

a. Menghitung kelandaian rencana.

$$g_1 = -0.298\%, \quad g_2 = +0.415\%$$

b. Mencari Panjang L.

1) Berdasarkan jarak pandangan henti :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 0.298\% + 0.415\% = 0.713\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3.5J_h} = \frac{(0.713) \cdot 27^2}{120 + 3.5(27)} = 2.423m$$

$$J_h < L : 27 < 2.423m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

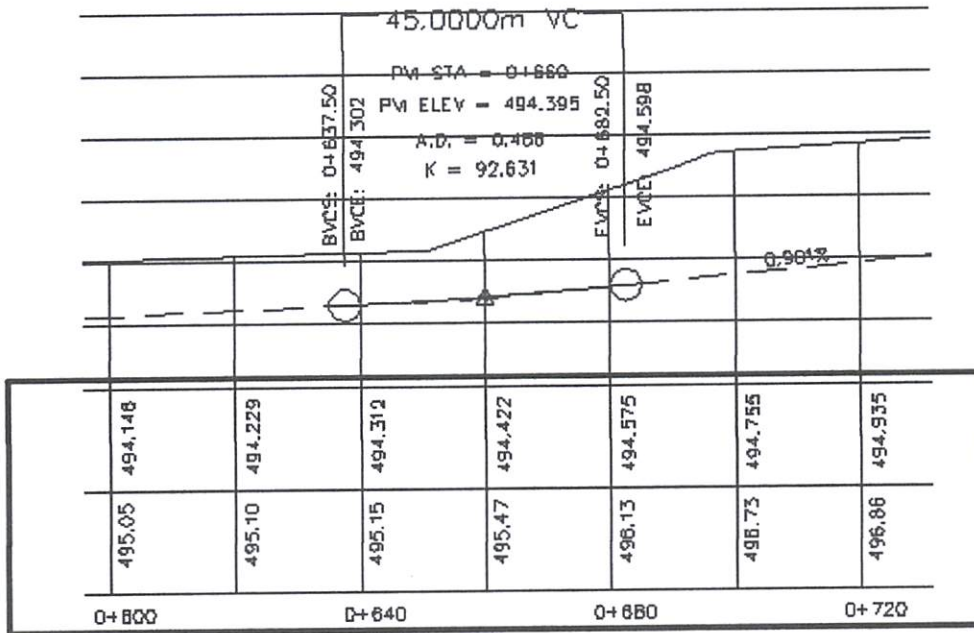
Rumus (2) :

$$L = 2J_h - \frac{120 + 3.5J_h}{A} = 2(27) - \frac{120 + 3.5(27)}{0.713} = -246.8m$$

$$J_h > L : 27 > -246.8m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi panjang L adalah **246.8 m** (turun)

IV.6.3 Kurva Vertikal STA 0+600 s.d 0+720 (Cekung)



Gambar 4.21 Desain kurva vertikal STA 0+600 s.d 0+720

a. Menghitung kelandaian rencana.

$$g_1 = +0.415\%, \quad g_2 = +0.901\%$$

b. Mencari Panjang L.

1) Berdasarkan jarak pandangan henti :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 0.415\% + 0.901\% = 1.316\%$$

$$L = \frac{A.J_h^2}{120 + 3.5J_h} = \frac{(1.316). 27^2}{120 + 3.5(27)} = 4.472m$$

$$J_h < L : 27 < 4.472m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

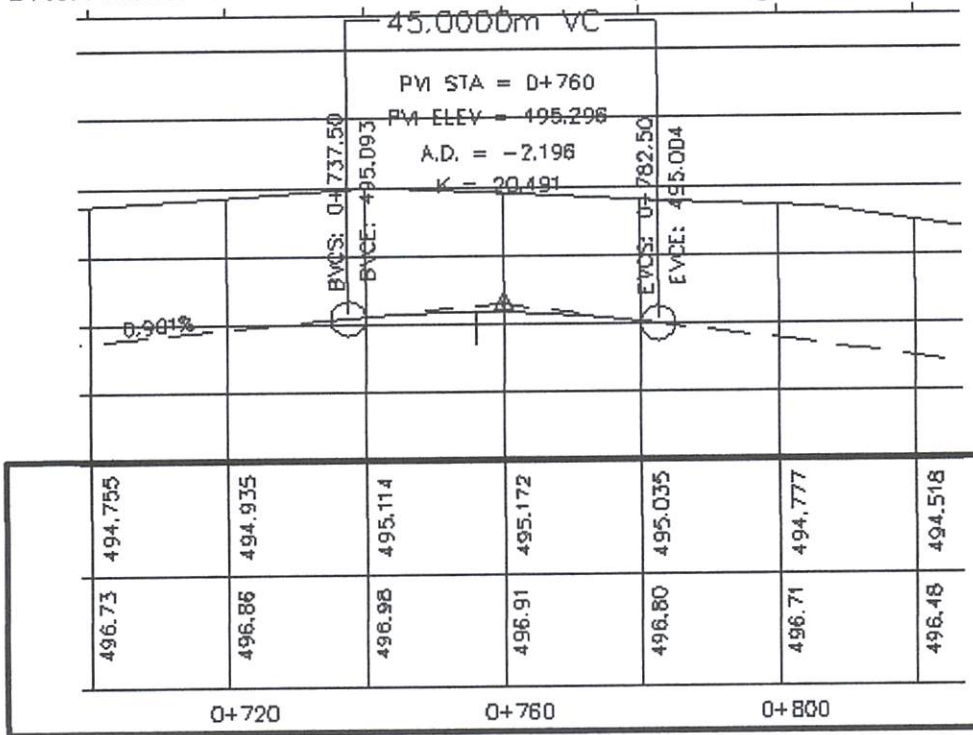
Rumus (2) :

$$L = 2J_h - \frac{120 + 3.5J_h}{A} = 2(27) - \frac{120 + 3.5(27)}{1.316} = -289.2m$$

$$J_h > L : 27 > -108.993m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi panjang L adalah **.108.993 m** (turun)

IV.6.4 Kurva Vertikal STA 0+720 s.d 0+800 (Cembung)



Gambar 4.22 Desain kurva vertikal STA 0+720 s.d 0+800

a. Menghitung kelandaian rencana.

$$g_1 = +0.901\%, \quad g_2 = -1.295\%$$

b. Mencari Panjang L.

1) Berdasarkan jarak pandangan henti :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 0.901\% + 1.295\% = 2.196\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{399} = \frac{(1.316) \cdot 27^2}{399} = 4.012m$$

$$J_h < L : 27 < 4.012m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Rumus (2) :

$$L = 2J_h - \frac{399}{A} = 2(27) - \frac{399}{2.196} = -127.694m$$

$$J_h > L : 27 > -127.694m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

2) Berdasarkan jarak pandangan mendahului :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 0.901\% + 1.295\% = 2.196\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_d^2}{840} = \frac{(1.316) \cdot 150^2}{840} = 58.821m$$

$$J_d < L : 150 < 58.821m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

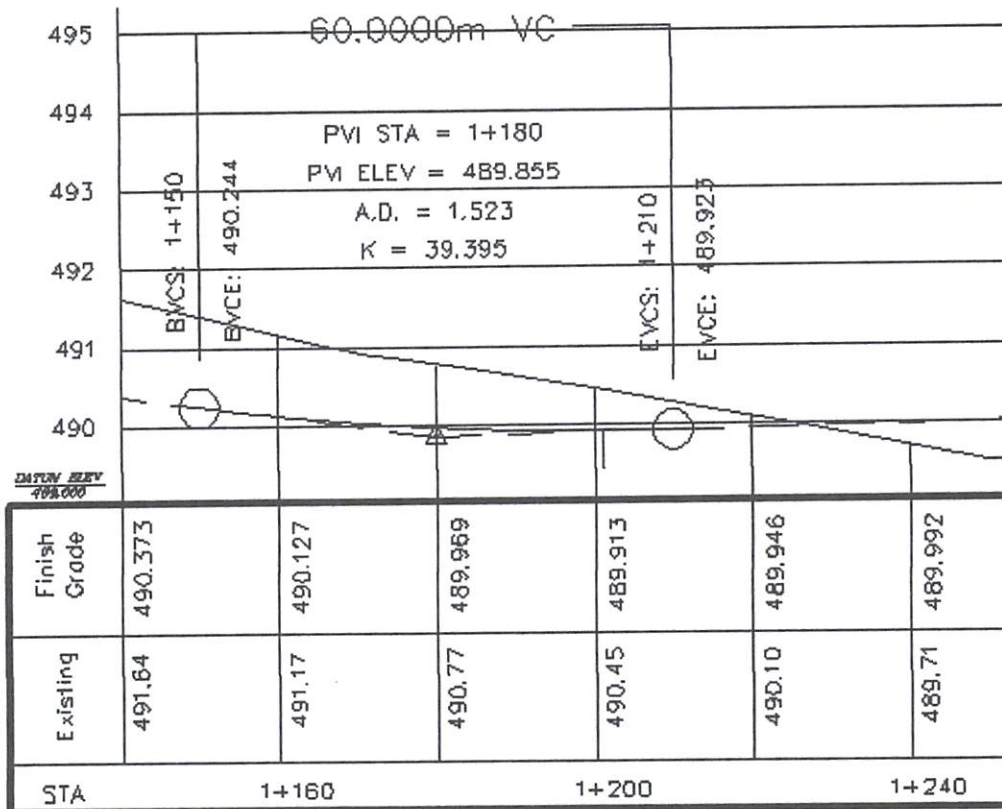
Rumus (2) :

$$L = 2J_d - \frac{840}{A} = 2(150) - \frac{840}{2.196} = -127.694m$$

$$J_d > L : 150 > -82.513m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi panjang L adalah **.127.694 m**(turun)

IV.6.5 Kurva Vertikal STA 1+160 s.d 1+240 (Cekung)



Gambar 4.23 Desain kurva vertikal STA 1+160 s.d 1+240

a. Menghitung kelandaian rencana.

$$g_1 = -1.295\%, \quad g_2 = +0.228\%$$

b. Mencari Panjang L.

1) Berdasarkan jarak pandangan henti :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 1.295\% + 0.228\% = 1.523\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3.5J_h} = \frac{(1.523) \cdot 27^2}{120 + 3.5(27)} = 5.176m$$

$$J_h < L : 27 < 5.176m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

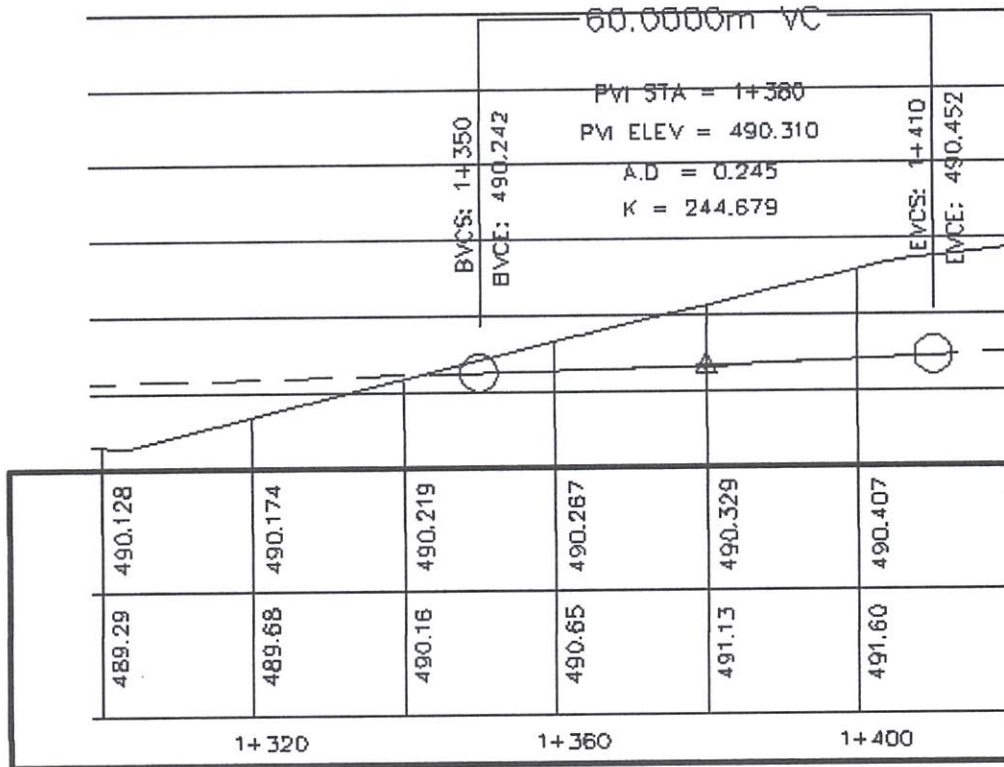
Rumus (2) :

$$L = 2J_h - \frac{120 + 3.5J_h}{A} = 2(27) - \frac{120 + 3.5(27)}{1.523} = -86.84m$$

$$J_h > L : 27 > -86.84m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi panjang L adalah **86.84 m** (turun)

IV.6.6 Kurva Vertikal STA 1+320 s.d 1+400 (Cekung)



Gambar 4.24 Desain kurva vertikal STA 1+320 s.d 1+400

a. Menghitung kelandaian rencana.

$$g_1 = +0.228\%, \quad g_2 = +0.473\%$$

b. Mencari Panjang L.

1) Berdasarkan jarak pandangan henti :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 0.228\% + 0.473 = 0.701\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3.5J_h} = \frac{(0.701) \cdot 27^2}{120 + 3.5(27)} = 2.382m$$

$$J_h < L : 27 < 2.382m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

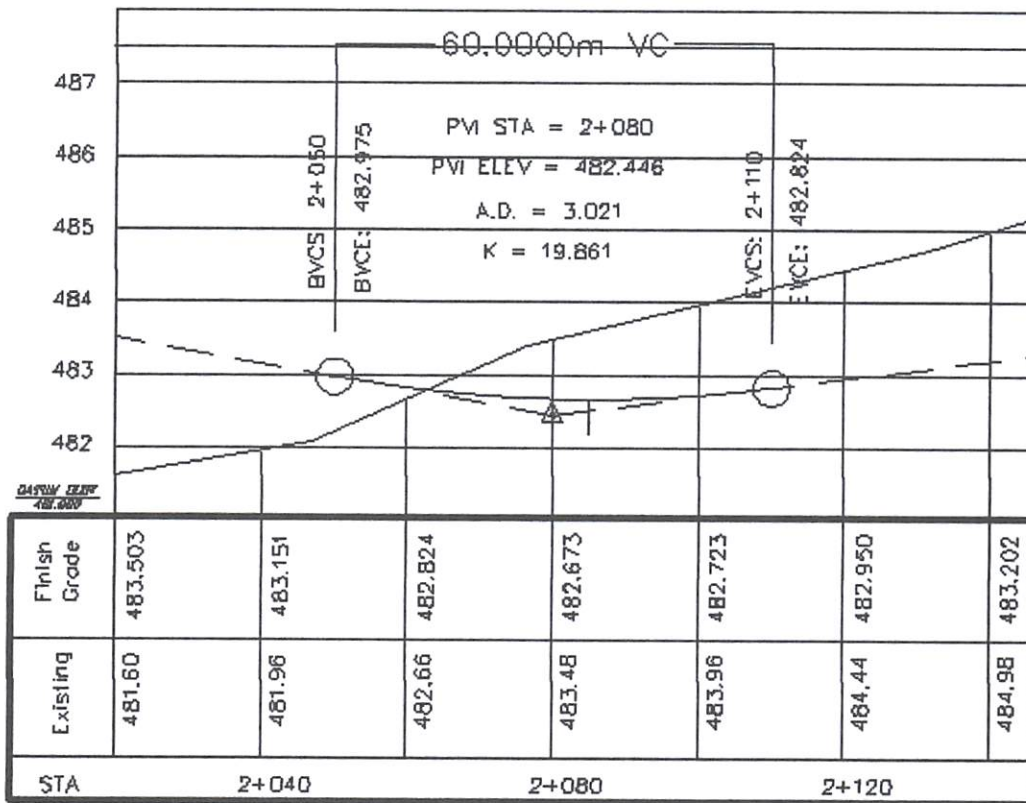
Rumus (2) :

$$L = 2J_h - \frac{120 + 3.5J_h}{A} = 2(27) - \frac{120 + 3.5(27)}{0.701} = -251.991m$$

$$J_h > L : 27 > -251.991m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi panjang L adalah **251.991 m** (turun)

IV.6.7 Kurva Vertikal STA 2+040 s.d 2.120 (Cekung)



Gambar 4.25 Desain kurva vertikal STA 2+040 s.d 2.120

a. Menghitung kelandaian rencana.

$$g_1 = -1.762\%, \quad g_2 = -1.259\%$$

b. Mencari Panjang L.

1) Berdasarkan jarak pandangan henti :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 1.762 + 1.259 = 3.021\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3.5J_h} = \frac{(2.235) \cdot 27^2}{120 + 3.5(27)} = 10.267m$$

$$J_h < L : 27 < 10.267m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

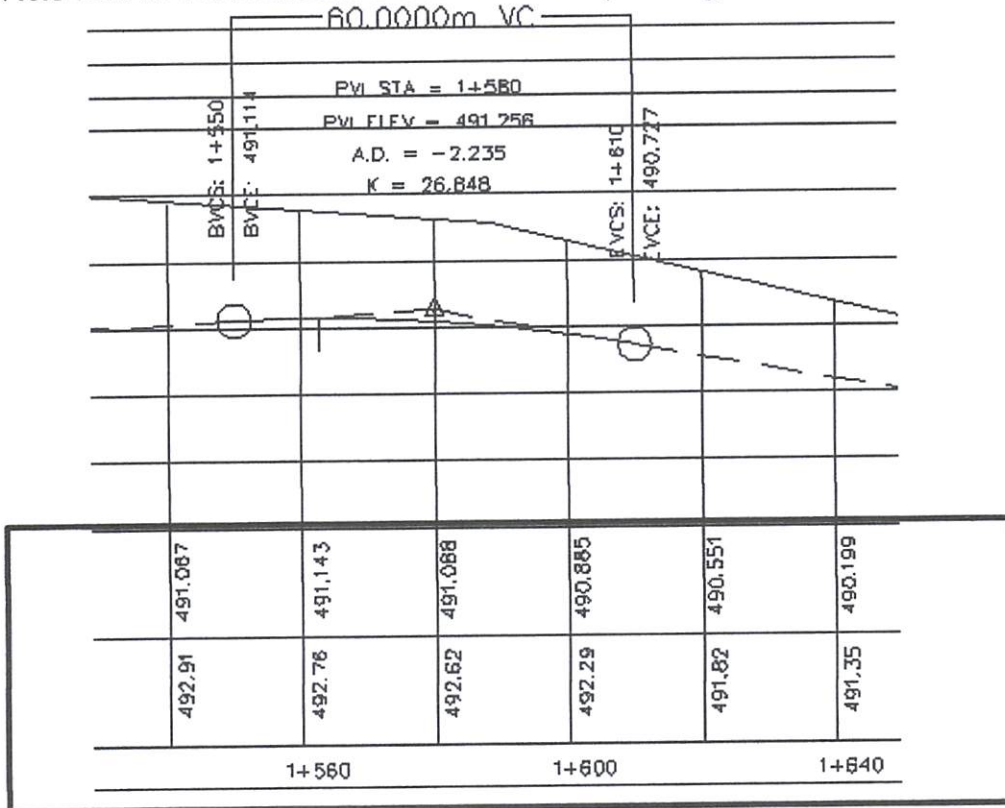
Rumus (2) :

$$L = 2J_h - \frac{120 + 3.5J_h}{A} = 2(27) - \frac{120 + 3.5(27)}{3.021} = -17.00m$$

$$J_h > L : 27 > -17.00m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi panjang L adalah 17.00 m (turun)

IV.6.8 Kurva Vertikal STA 1+560 s.d 1+640 (Cekung)



Gambar 4.26 Desain kurva vertikal STA 1+560 s.d 1+640

a. Menghitung kelandaian rencana.

$$g_1 = +0.473\%, \quad g_2 = -1.762\%$$

b. Mencari Panjang L.

1) Berdasarkan jarak pandangan henti :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 0.473 + 1.762 = 2.235\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3.5J_h} = \frac{(2.235) \cdot 27^2}{120 + 3.5(27)} = 7.59m$$

$$J_h < L : 27 < 7.59m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

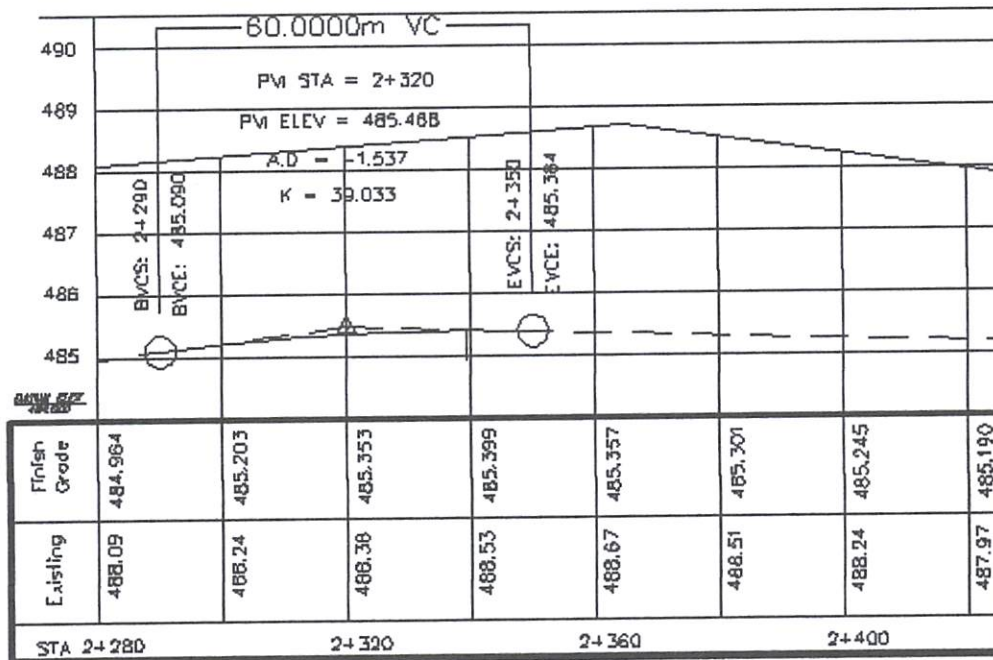
Rumus (2) :

$$L = 2J_h - \frac{120 + 3.5J_h}{A} = 2(27) - \frac{120 + 3.5(27)}{2.235} = -41.973m$$

$$J_h > L : 27 > -41.973m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi panjang L adalah **41.973 m** (turun)

IV.6.9 Kurva Vertikal STA 2+280 s.d 2+400 (Cembung)



Gambar 4.27 Desain kurva vertikal STA 2+280 s.d 2+400

a. Menghitung kelandaian rencana.

$$g_1 = +1.259\%, \quad g_2 = -0.278\%$$

b. Mencari Panjang L.

1) Berdasarkan jarak pandangan henti :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 1.295\% + 0.278 = 1.537\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{399} = \frac{(1.537) \cdot 27^2}{399} = 2.808m$$

$$J_h < L : 27 < 2.808m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Rumus (2) :

$$L = 2 J_h - \frac{399}{A} = 2(27) - \frac{399}{1.537} = -205.597m$$

$$J_h > L : 27 > -205.597m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

2) Berdasarkan jarak pandangan mendahului :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 1.295\% + 0.278 = 1.537\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_d^2}{840} = \frac{(1.537) \cdot 150^2}{840} = 41.169m$$

$$J_d < L : 150 < 41.169m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

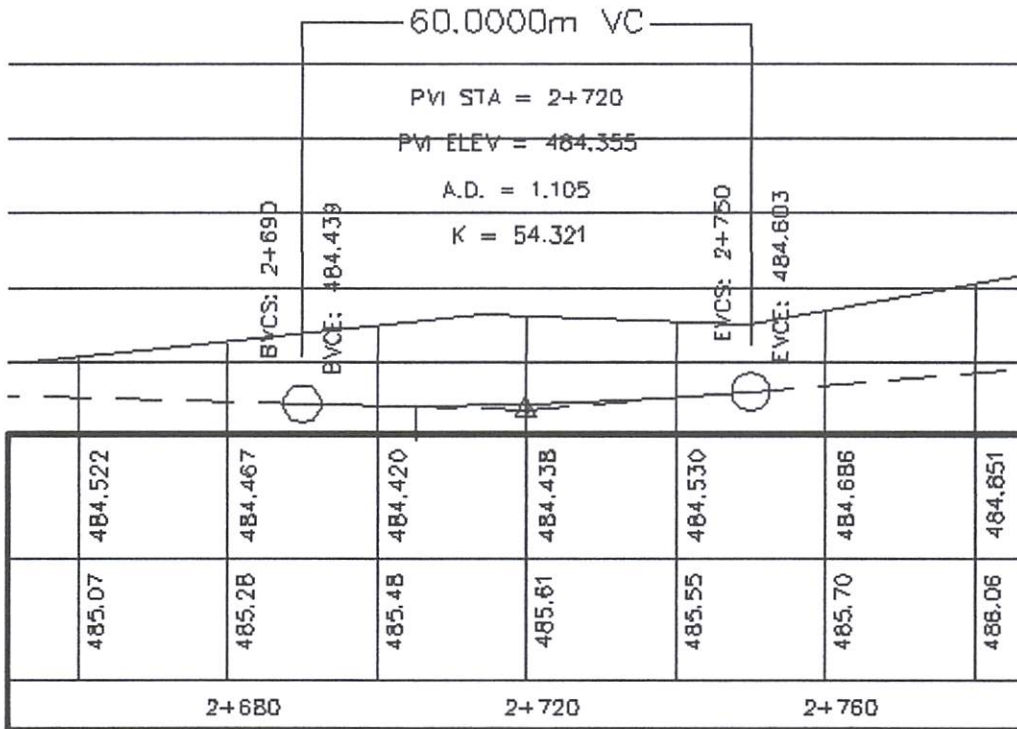
Rumus (2) :

$$L = 2J_d - \frac{840}{A} = 2(150) - \frac{840}{1.537} = -246.519m$$

$$J_d > L : 150 > -246.519m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi panjang L adalah **246.519 m**(turun)

IV.6.10 Kurva Vertikal STA 2+680 s.d 2+760 (Cekung)



Gambar 4.28 Desain kurva vertikal STA 2+680 s.d 2+760

a. Menghitung kelandaian rencana.

$$g_1 = -0.278\%, \quad g_2 = +0.826\%$$

b. Mencari Panjang L.

1) Berdasarkan jarak pandangan henti :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = -0.278\% + 0.826 = 1.104\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3.5J_h} = \frac{(1.104) \cdot 27^2}{120 + 3.5(27)} = 3.752m$$

$$J_h < L : 27 < 3.752m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

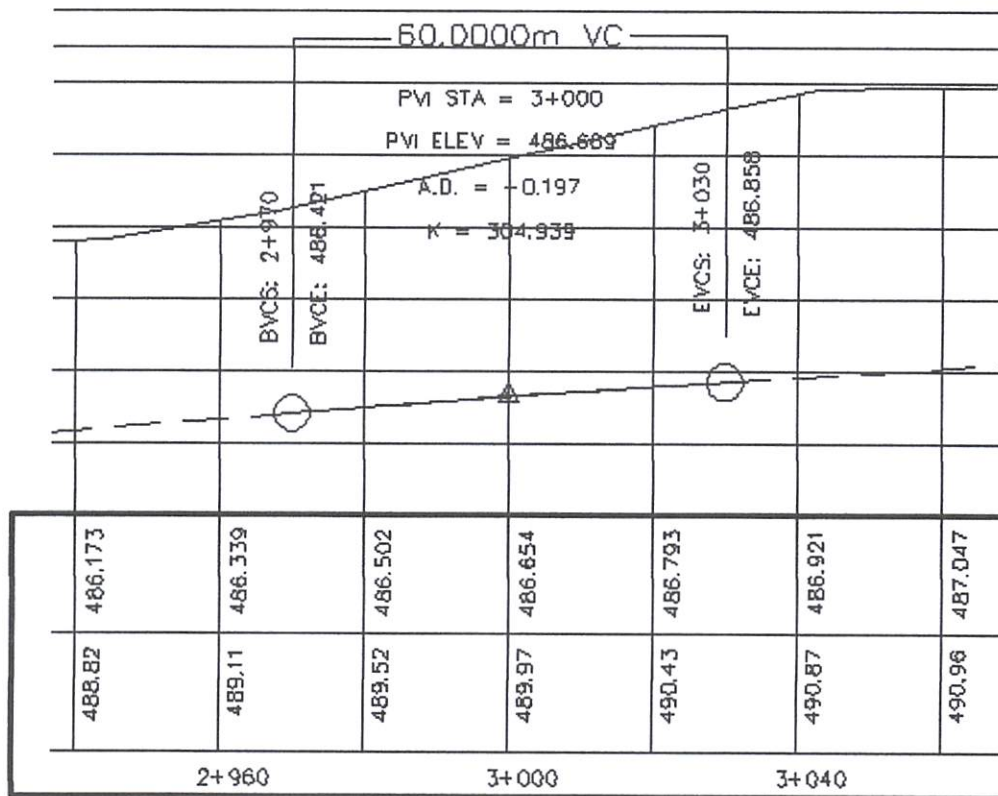
Rumus (2) :

$$L = 2J_h - \frac{120 + 3.5J_h}{A} = 2(27) - \frac{120 + 3.5(27)}{1.104} = -140.293m$$

$$J_h > L : 27 > -140.293m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi panjang L adalah **140.293 m** (turun)

IV.6.11 Kurva Vertikal STA 2+960 s.d 3+040 (Cembung)



Gambar 4.29 Desain kurva vertikal STA 2+960 s.d 3+040

a. Menghitung kelandaian rencana.

$$g_1 = +0.826\%, \quad g_2 = +0.630\%$$

b. Mencari Panjang L.

1) Berdasarkan jarak pandangan henti :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 0.826\% + 0.630 = 1.456\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_h^2}{399} = \frac{(1.456) \cdot 27^2}{399} = 2.660m$$

$$J_h < L : 27 < 2.660m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Rumus (2) :

$$L = 2J_h - \frac{399}{A} = 2(27) - \frac{399}{1.456} = -220.038m$$

$$J_h > L : 27 > -220.038m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

2) Berdasarkan jarak pandangan mendahului :

Rumus (1) :

$$A = g_1 + g_2 = 0.826\% + 0.630 = 1.456\%$$

$$L = \frac{A \cdot J_d^2}{840} = \frac{(1.456) \cdot 150^2}{840} = 39m$$

$$J_d < L : 150 < 41.169m \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Rumus (2) :

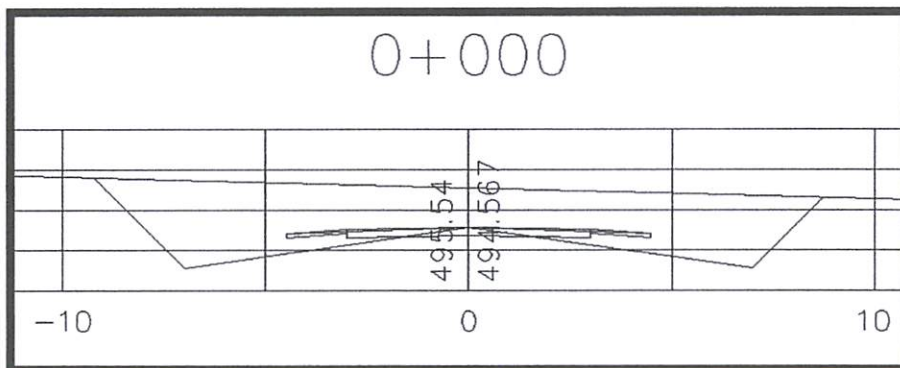
$$L = 2J_d - \frac{840}{A} = 2(150) - \frac{840}{1.456} = -276.923m$$

$$J_d > L : 150 > -276.923m \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi panjang L adalah 276.923 m(turun)

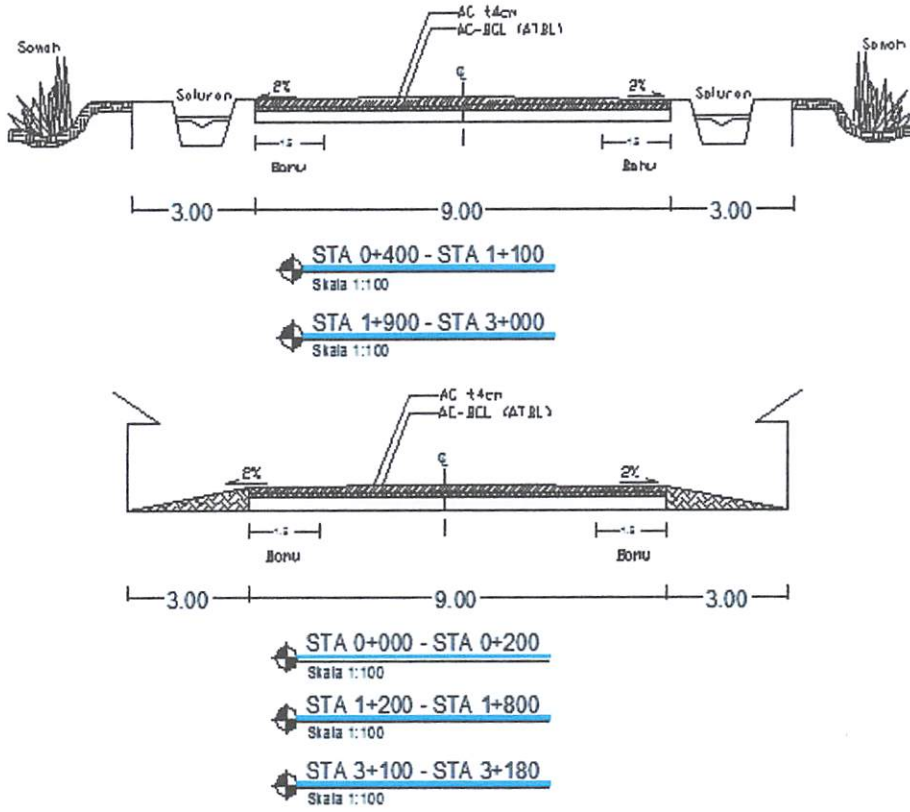
IV.7 Potongan Melintang dan Desain Badan Jalan

Desain Badan jalan digambar dari STA 0+000 s.d STA 3+180, untuk gambar selengkapnya lihat pada lampiran

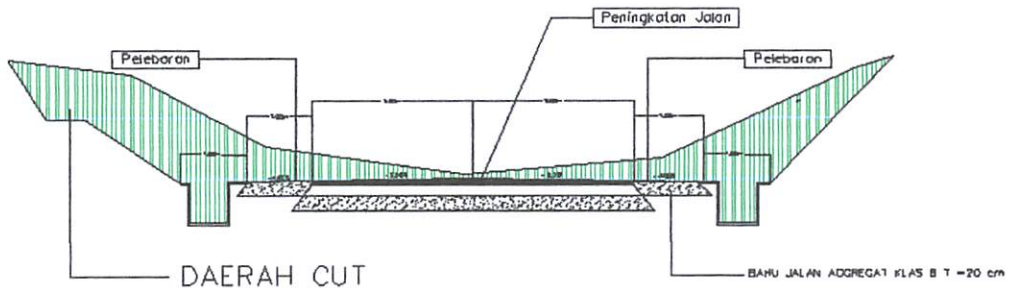


Gambar 4.30 Desain badan jalan normal

Untuk desain badan jalan mengikuti aturan ruang milik jalan (rumija) yaitu 14m, dan ruang manfaat jalan (rumaja) yaitu 9m. Berikut adalah gambarnya selengkapnya

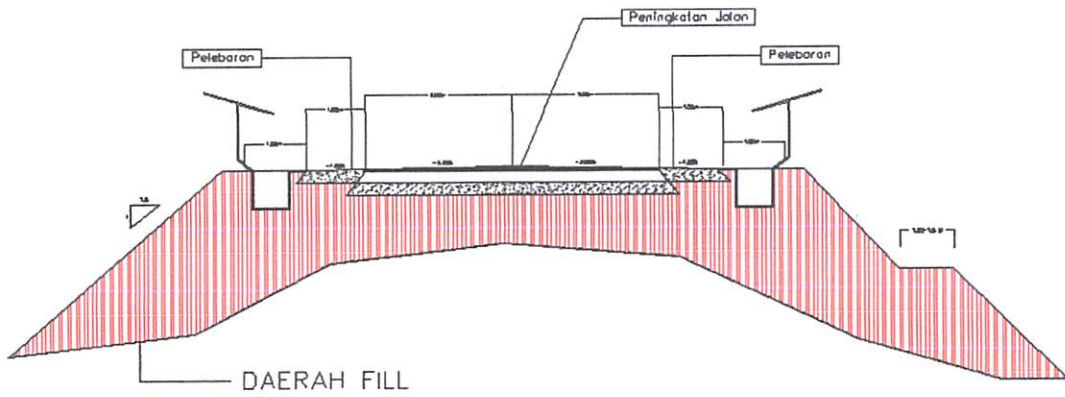


Gambar 4.31 Rumija dan rumaja

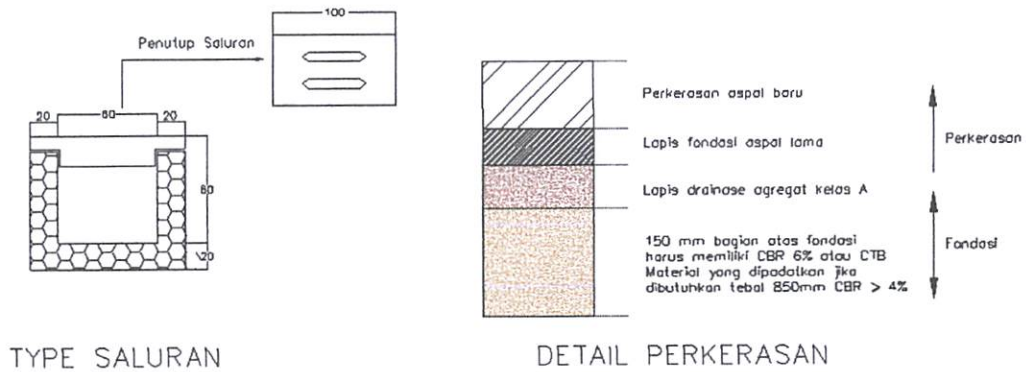


TYPICAL CROSS SECTION DAERAH CUT

Gambar 4.32 Desain badan jalan pada daerah cut



TYPICAL CROSS SECTION DAERAH FILL
 Gambar 4.33 Desain badan jalan pada daerah fill



Gambar 4.34 Desain perkerasan dan type saluran

IV.8 Hasil Building 3D (Google Sketchup)

Berikut adalah hasil kenampakan dari 3D rekayasa jalan dan bangunan eksisting untuk kenampakan starting point STA



Gambar 4.35 Area bundaran tugu pesawat suhat

Tabel 4.4 Starting point

STA 0+000	679278.311, 9122342.003
Lokasi	Tugu pesawat soekarno hatta

Desain 3D perencanaan kurva horizontal pada STA 0+147.33

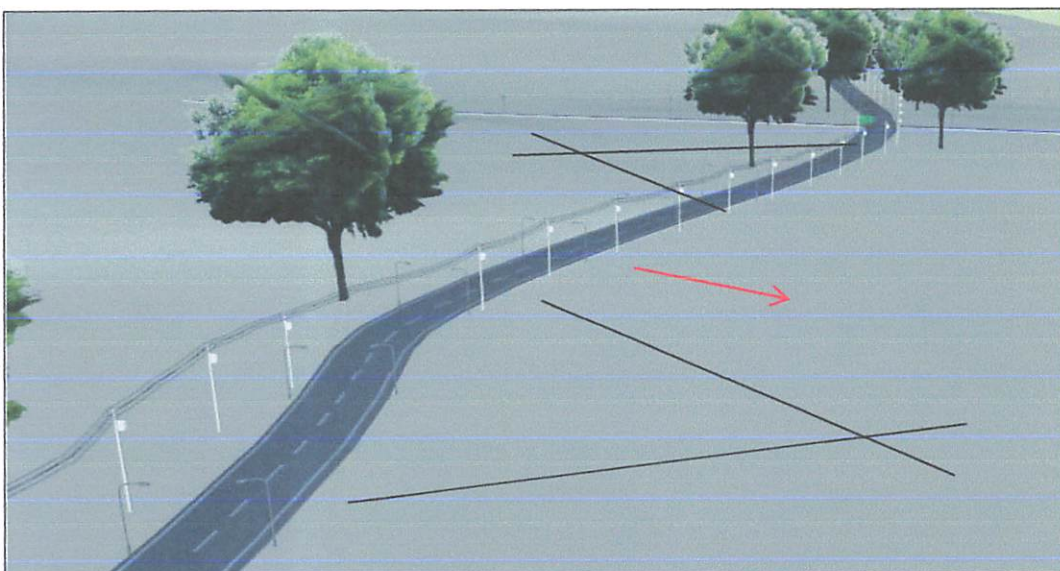


Gambar 4.36 Alinyemen horizontal 0+172.52

Tabel 4.5 Alinyemen horizontal (1)

STA 0+172.52	679421.586, 9122438.069
Lokasi	Persimpangan jalan sudimoro

Desain 3D jenis tikungan gabungan berbalik dengan sisipan lurus pada STA 1+400 s.d 1+800

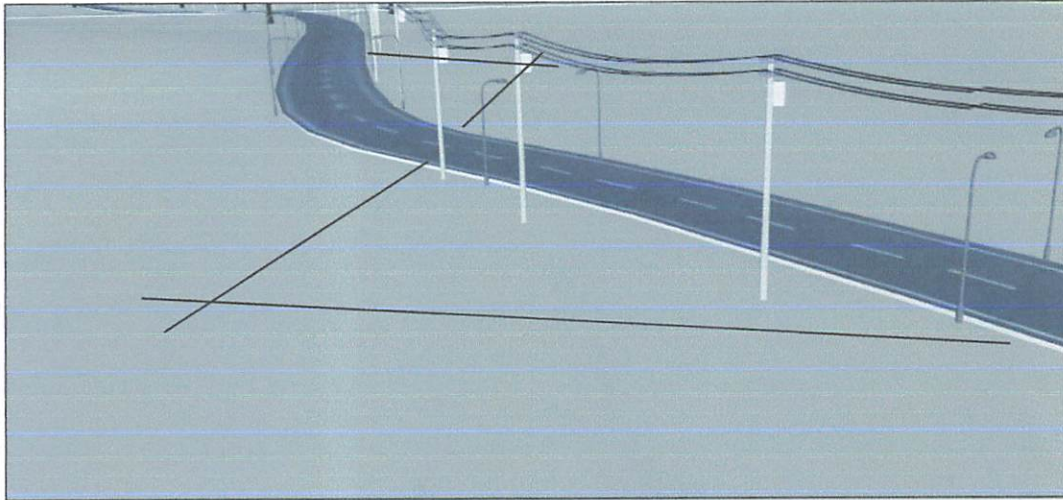


Gambar 4.37 Tikungan gabungan bebalik

Tabel 4.6 Detail lokasi tikungan

Jenis tikungan	Gabungan berbalik
STA 1+400 s.d 1+500	667274.27, 9125425.25,
STA 1+600 s.d 1+800	667546.73, 9125419.41,

Desain 3D jenis tikungan gabungan berbalik pada STA 1+300 s.d 1+500

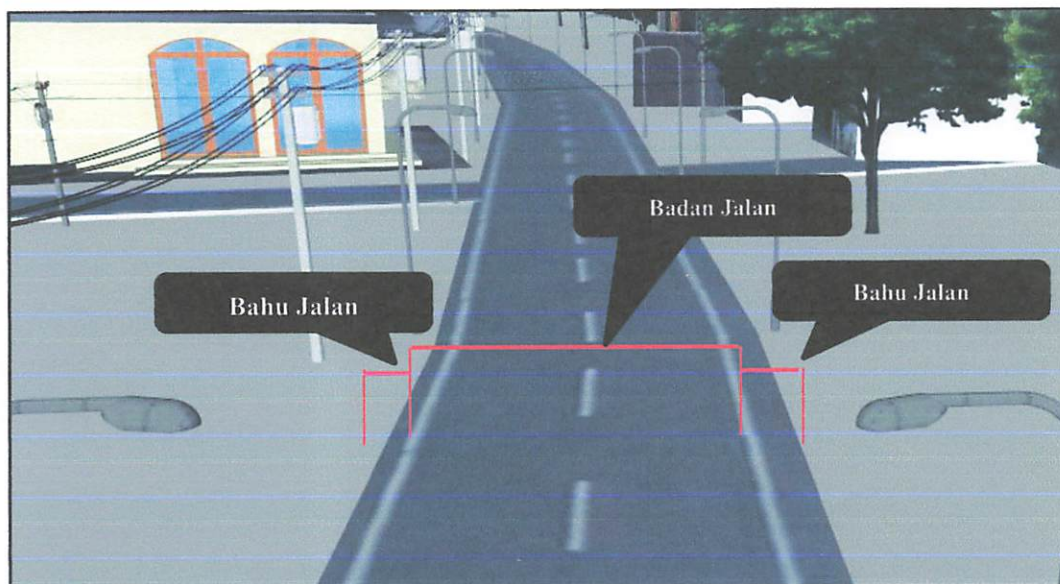


Gambar 4.38 Tikungan gabungan

Tabel 4.7 Detail lokasi tikungan

Jenis tikungan	Gabungan berbalik
STA 1+300 s.d 1+400	667274.27, 9125425.25,
STA 1+400 s.d 1+500	667832.09, 9125472.07,

Hasil perencanaan 3D desain badan jalan



Gambar 4.39 Desain 3D Badan Jalan

BAB V PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Pada penelitian diatas ada beberapa kesimpulan yang dipaparkan yaitu :

- 1) Skala foto yang dihasilkan adalah 1:46,500
- 2) Pembesaran skala foto terhadap skala peta menurut ASPRS (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*) adalah 5 kali. Skala Peta yang dihasilkan adalah 1:9,300 atau 1:10,000) sehingga tidak memenuhi standart bina marga yaitu 1:5,000
- 3) Pada survey GPS, desain jarring kontrol yang terbaik adalah menggunakan skenario *15 baseline*, hal ini terlihat dari hasil hitungan *SOF* yaitu sebesar **0.285** dibandingkan dengan skenario *21 baseline* hanya menghasilkan 1.237
- 4) Kesalahan RMSE dari foto udara, pada penelitian ini dihasilkan total *error* sebesar **0.24 m** dan **0.881 pix**. Kesalahan ini dapat dipengaruhi oleh akurasi pengambilan data GPS pada *Premark* atau *GCP*, pembuatan *Premark* yang tidak standart, sehingga menghasilkan kualitas gambar yang tidak jelas pada foto udara vertikal, dan kesalahan RMSE yang besar dapat juga disebabkan kesalahan manusia (*human error*) pada saat *post processing* di *software agisoft photoscan*
- 5) DTM yang dihasilkan dari *filtering* DSM dengan metode *slope based* pada SAGA GIS masih belum sempurna menjadi *bare earth*, dikarenakan metode ini hanya mereduksi lingkungan sekitar (*environment*) bangunan, sehingga masih menghasilkan residu bangunan
- 6) Jalan Lokal pada BWP Malang Utara yaitu Jl. Ikan tombro akan diperlebar menjadi jalan kolektor sekunder sebesar **9m** (**Badan Jalan 6m dan Bahu Jalan 1.5 ruas kiri dan kanan**), dengan **2 Lajur dan 2 Jalur**, yang bermuara ke jalan arteri (Jl. Perusahaan) sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Malang Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Malang Tahun 2010.2030

V.2 Saran

- 1) Untuk menghasilkan skala foto yang standart perencanaan, hendaknya memperhatikan dan mengatur tinggi terbang atau panjang fokus sebelum melakukan survey, sehingga data yang dihasilkan untuk kebutuhan skala peta yang besar dapat terpenuhi.
- 2) Solusi terbaik untuk menghasilkan DTM yang *smooth* adalah melalui proses *digital filtering* dengan metode *moving average* pada surfer
- 3) Untuk mendapatkan hasil foto udara yang memiliki kerapatan pixel bagus, disarankan menggunakan *Workstation* dengan spesifikasi *hardware CPU, RAM, dan Storage* yang tinggi, tidak direkomendasikan menggunakan *laptop/notebook* dengan spesifikasi rendah.

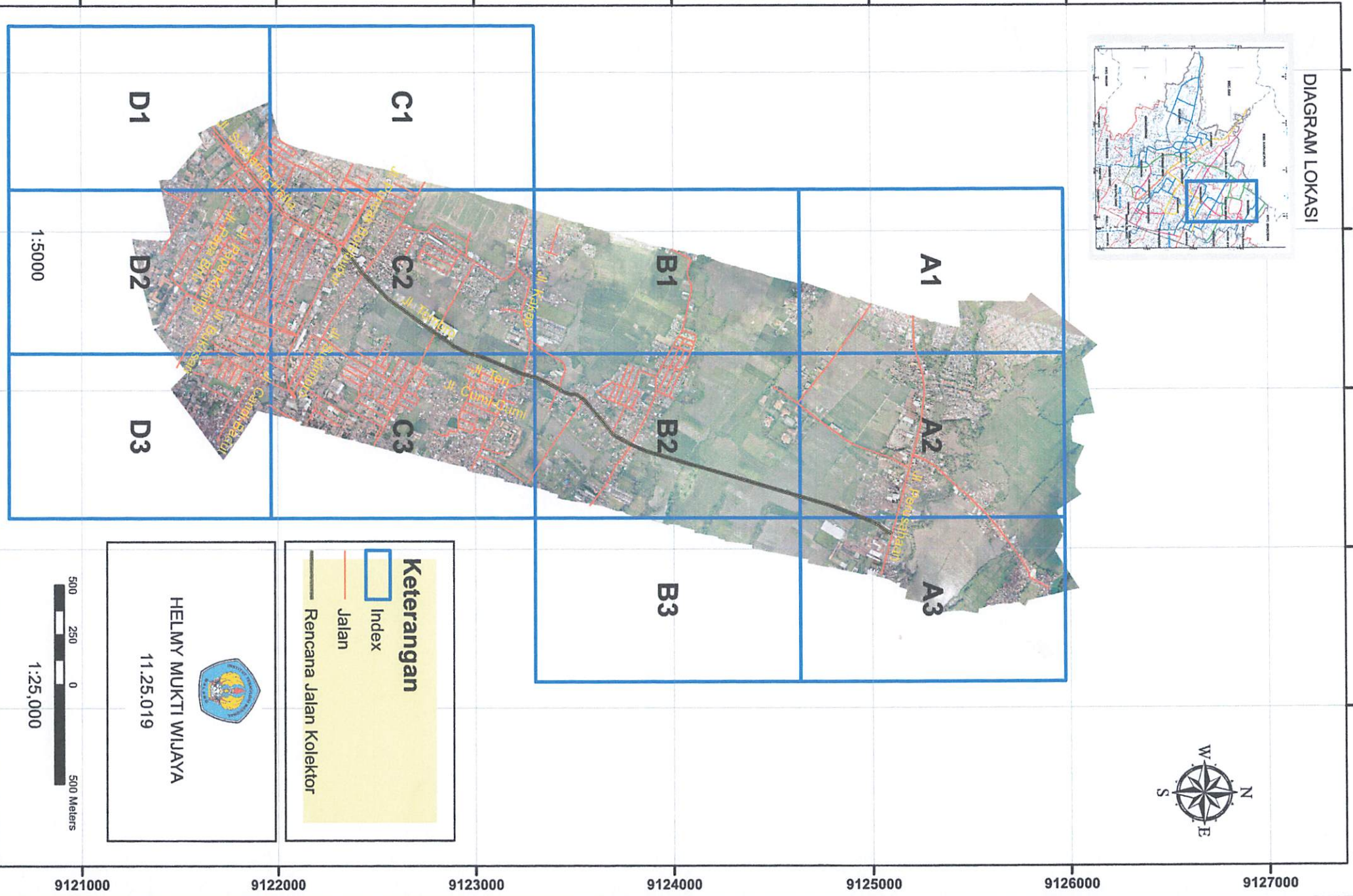
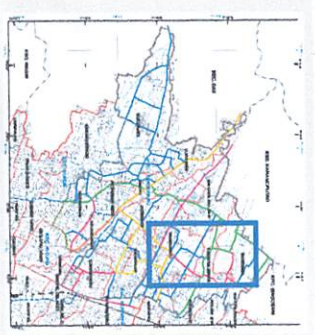
DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. 2006. *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Abidin,H.Z dkk.2011.*Survei Dengan GPS*. Penerbit ITB, Bandung.
- Bina Marga.. 1992. *Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan*. Jakarta : Dinas Pekerjaan Umum
- Bina Marga. 1997. *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya*. Jakarta : Dinas Pekerjaan Umum
- Dipokusumo, B. S. (2010). *DTM dan Interpolasi*. Bandung: ITB.
- Eisenbei, H. (2009). *UAV Photogrammetry*. Zurich: IGP-ETH.
- Hasil Rencana. 2013. *Penyusunan Review Rencana Rinci Tata Ruang Kota Malang (BWP Malang Utara)*. Malang : Pemerintah Kota
- Jacobsen, K. (2001). *New Developments in Digital Elevation Modelling*. Geoinformatics.
- Jacobsen, K. (n.d.). *Block Adjustment*. Hannover: University of Hannover.
- Li, Z., Zhu, Q., & Gold, C. (2005). *Digital Terrain Modeling : Principles and Methodology*. New York: CRC Press.
- Malang, Pemkot. 2013. *Review Rencana Rinci Tata Ruang Kota Malang (BWP Malang Utara)*. Malang : Pemerintah Kota
- Maleika, Wojciech. 2014. *Moving average optimization in digital terrain model generationbased on test multibeam echosounder data*. Springerlink
- Nurdiansyah, Mochamad. 2011. *Perancangan dan Implementasi Kontroler PID untuk Tracking Waypoint pada Sistem Navigasi UAV(Unmanned Aerial Vehicle) Berbasis GPS(Global Positioning System)*. Proceeding Seminar Tugas Akhir : ITS Surabaya
- Nurjati, Chatarina.2011. *Pemanfaatan Citra Satelit Alos hasil Metode Pan-Sharpening untuk Pemetaan Ruang Terbuka Hijau Wilayah Perkotaan Pati*. : ITS Surabaya
- PP. No.43, Pasal 11. 1993. *Prasarana Dan Lalu Lintas Jalan*. Jakarta: Pemerintah Pusat

- Prahasta, E. (2008). *Model Permukaan Dijital*. Bandung: Informatika.
- Rokhmana. C.A. 2010. *The Potential Applications Of Balloon Photogrammetry For Cadastre Mapping*, Proceeding 10th East Asia Surveying Congress
- Satya, Dillan. 2013. *Fotogrametri Berbasis Wahana Udara Tanpa Awak (Unmanned Aerial Vehicle) Untuk Pembuatan Dtm Lanskap Sekitar Sungai Ciliwung Wilayah Ciawi - Jawa Barat*. Bandung : ITB
- Silvia Sukirman. 1999. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung: Nova
- Sithole, G., Vosselman, G..2000.*Filtering of airborne laser scanner data based on segmented point clouds*. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 36, part 3/W19, Enschede, the Netherlands, September 12-14, pp. 66-71.
- Wicaksono, M. B. (2013). *Penurunan Data DTM Menggunakan Data DSM Menggunakan Simple Morphological Filter*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Wolf, P.R. 1974. *Elements of Photogrammetry (with air photo interpretation and remote sensing)*. McGraw, Hill, Kogasuka, Ltd, Tokyo, Sydney

LAMPIRAN A
PETA ORTHOPHOTO

DIAGRAM LOKASI



Keterangan

- Index
- Jalan
- Rencana Jalan Kolektor

HELMY MUKTI WIJAYA
11.25.019



1:25,000

INDEX PETA ORTHOPHOTO KEI. MOJOLANGU - KEL. TASIKMADU

679000

9125000

9125500

679000



679500



679500

9125000

9125500



9125000

9125500

680000

680000

680500

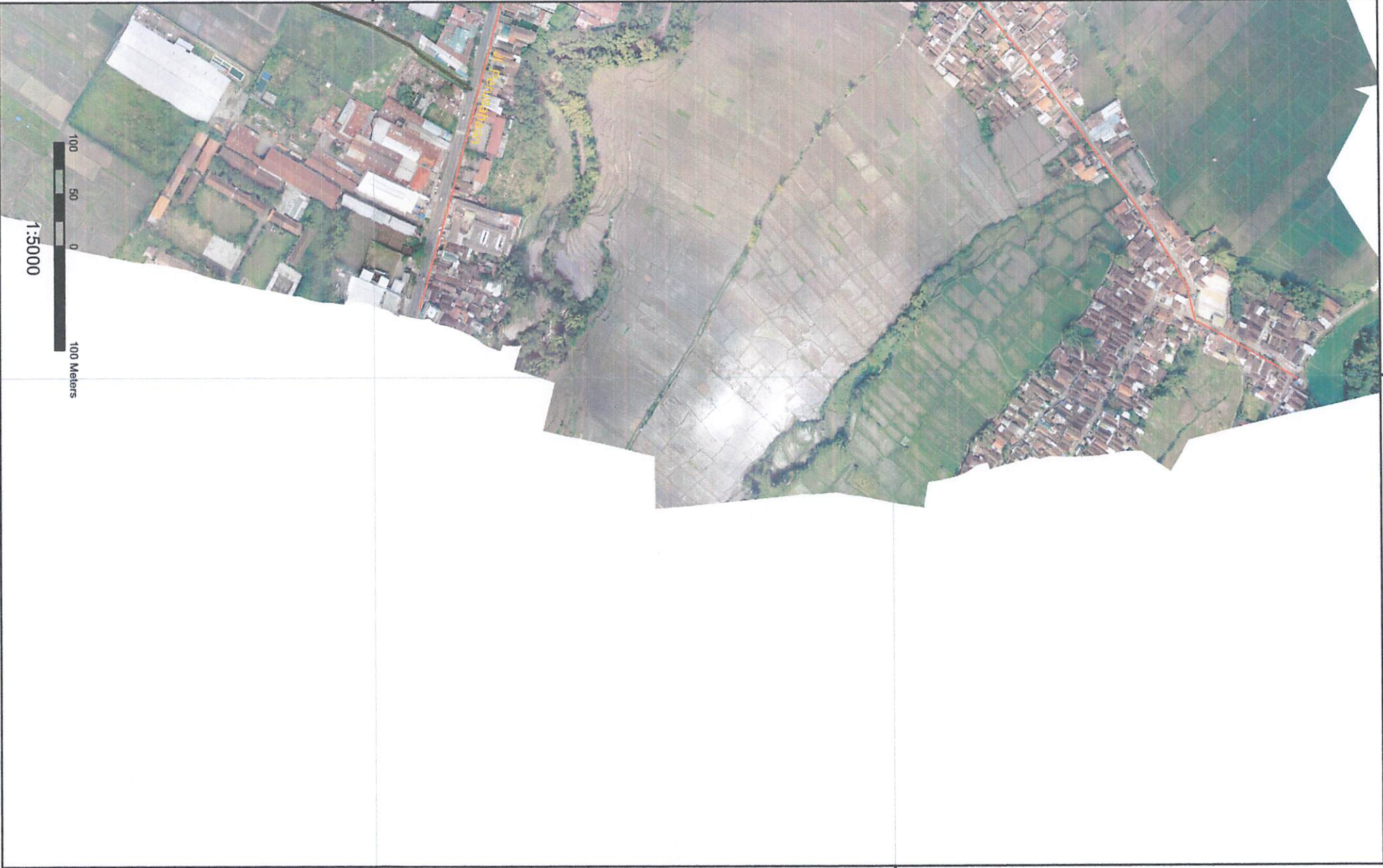
680500

9125000

9125500



A2



9125000

9125500

100
50
0
100 Meters

1:5000

681000

681000

9125000

9125500



A3

679000

679500

679000

9123500

9123500

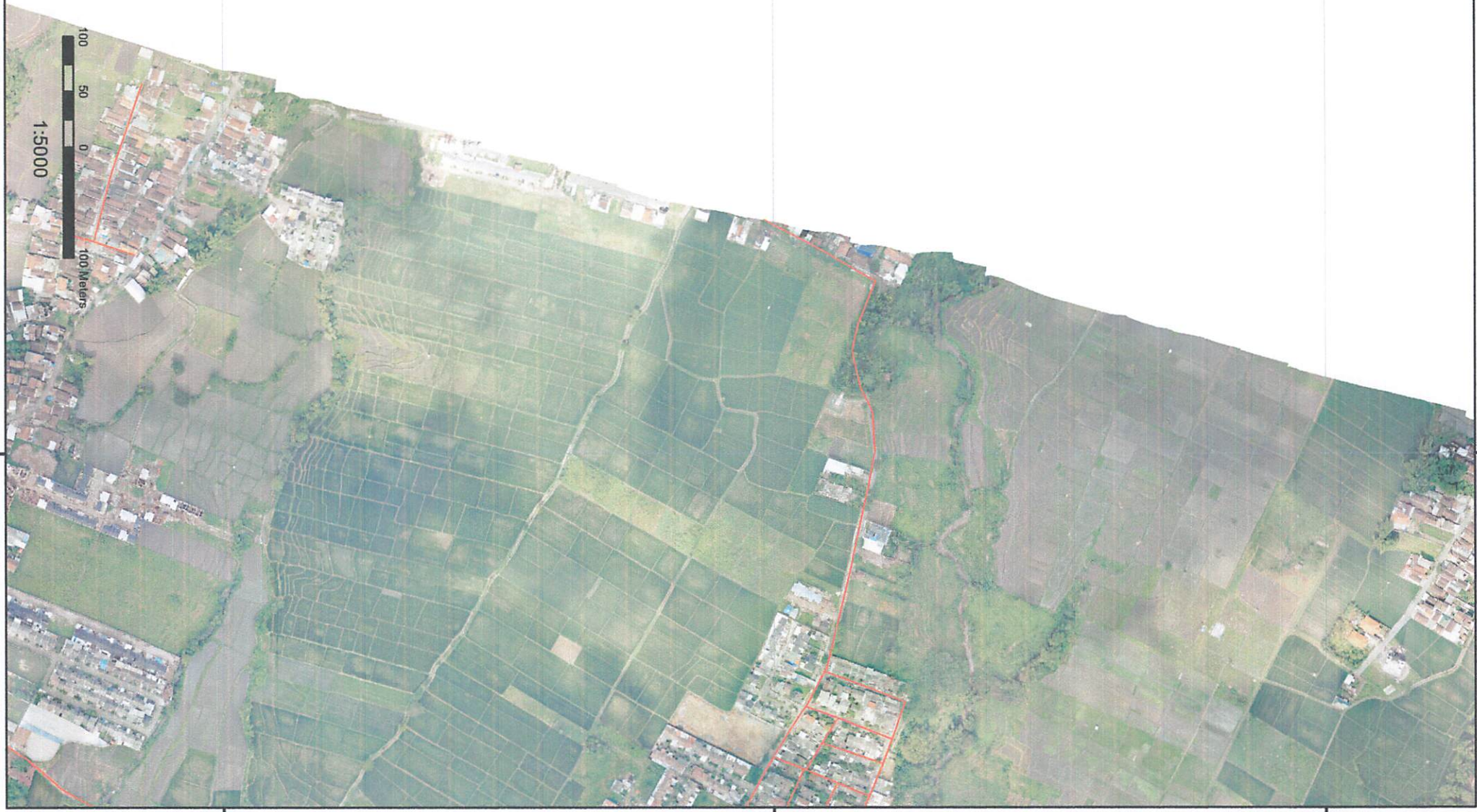
9124000

9124500

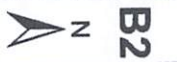
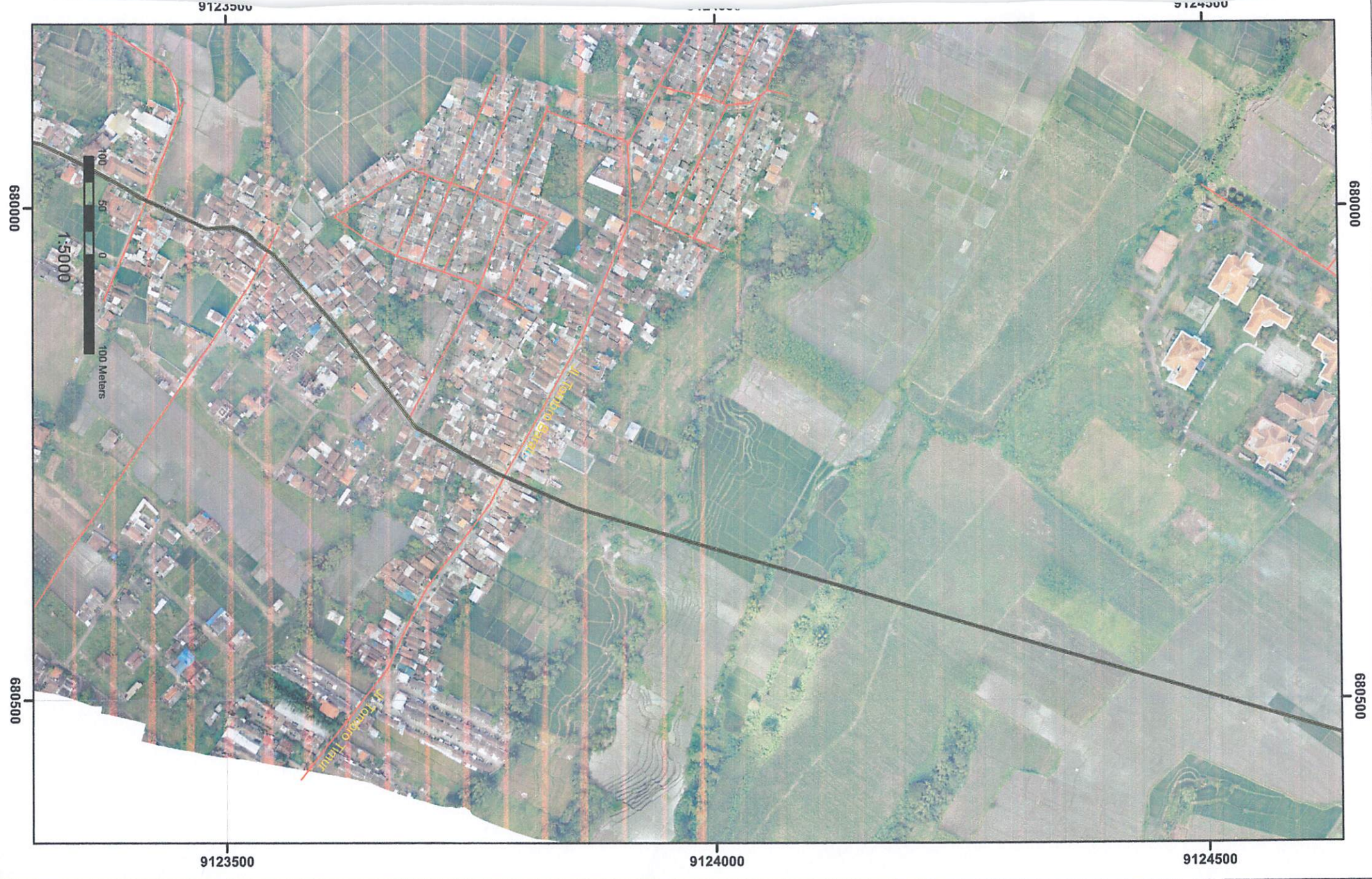
9124500

679000

679500



B1

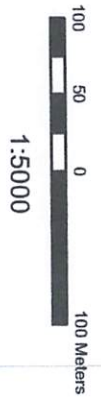
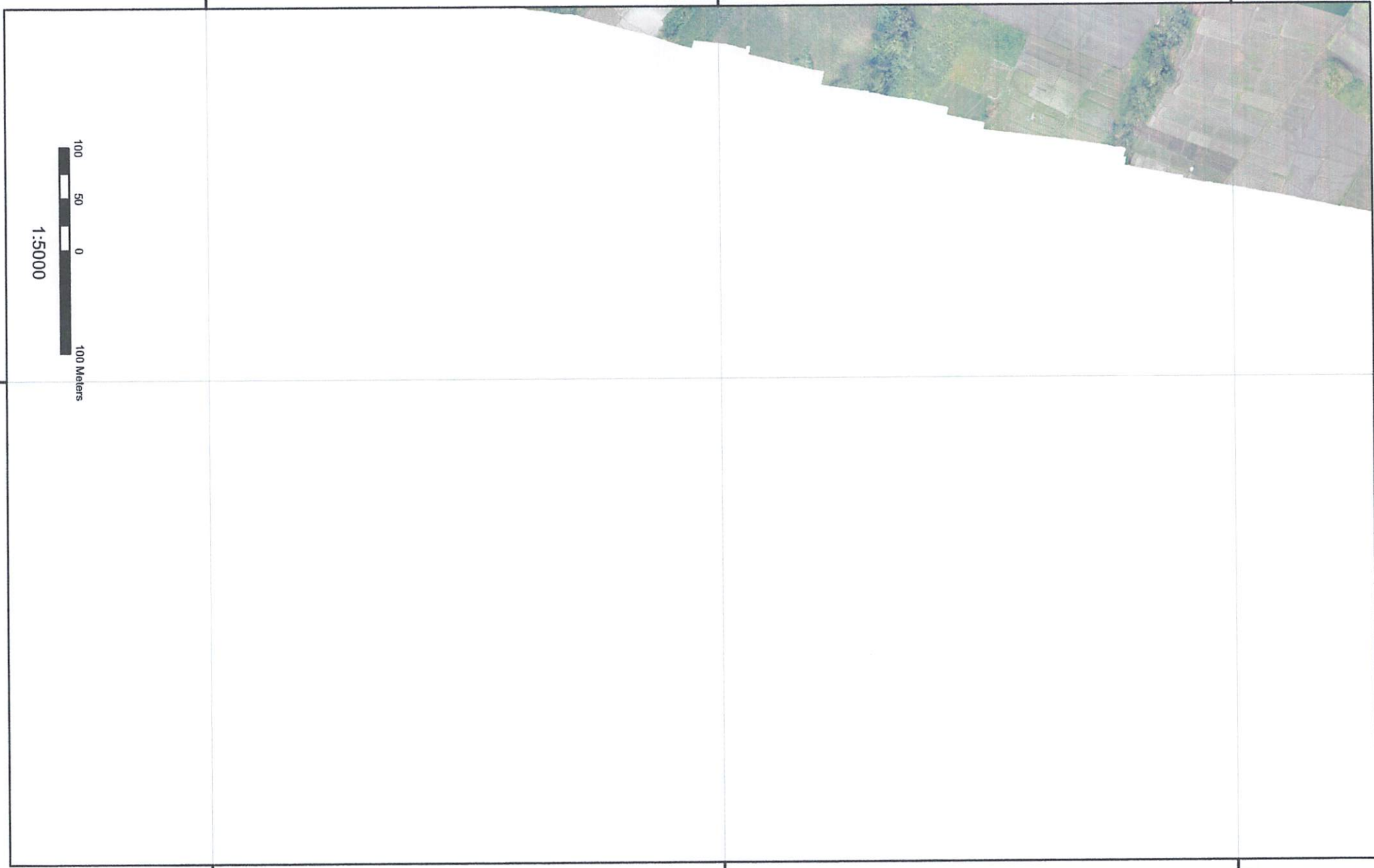


B2

9123500

9124000

9124500



681000

681100

9123500

9124000

9124500



B3

678500



9123000

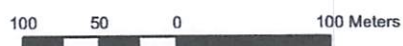
9122500

9122000

9123000

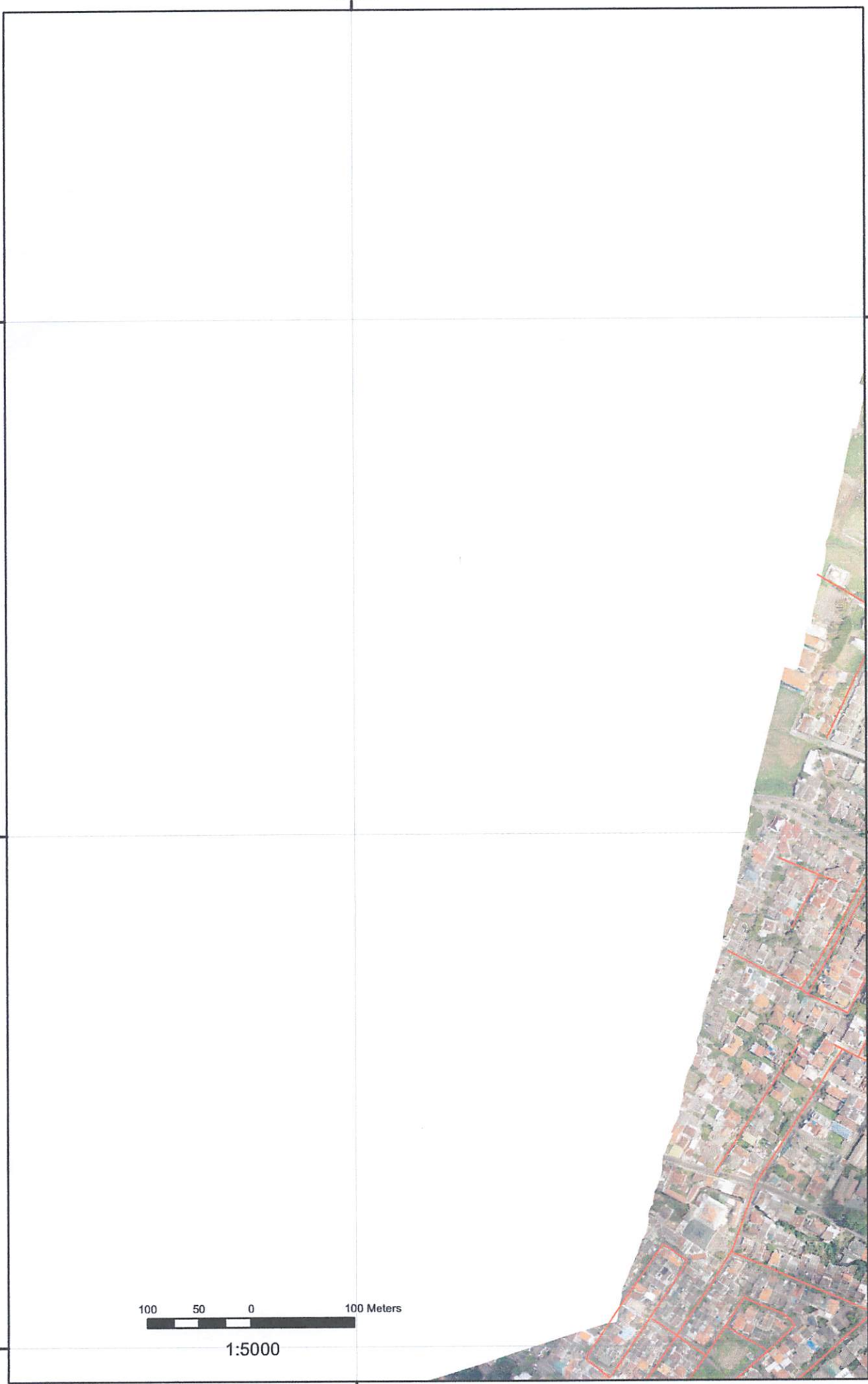
9122500

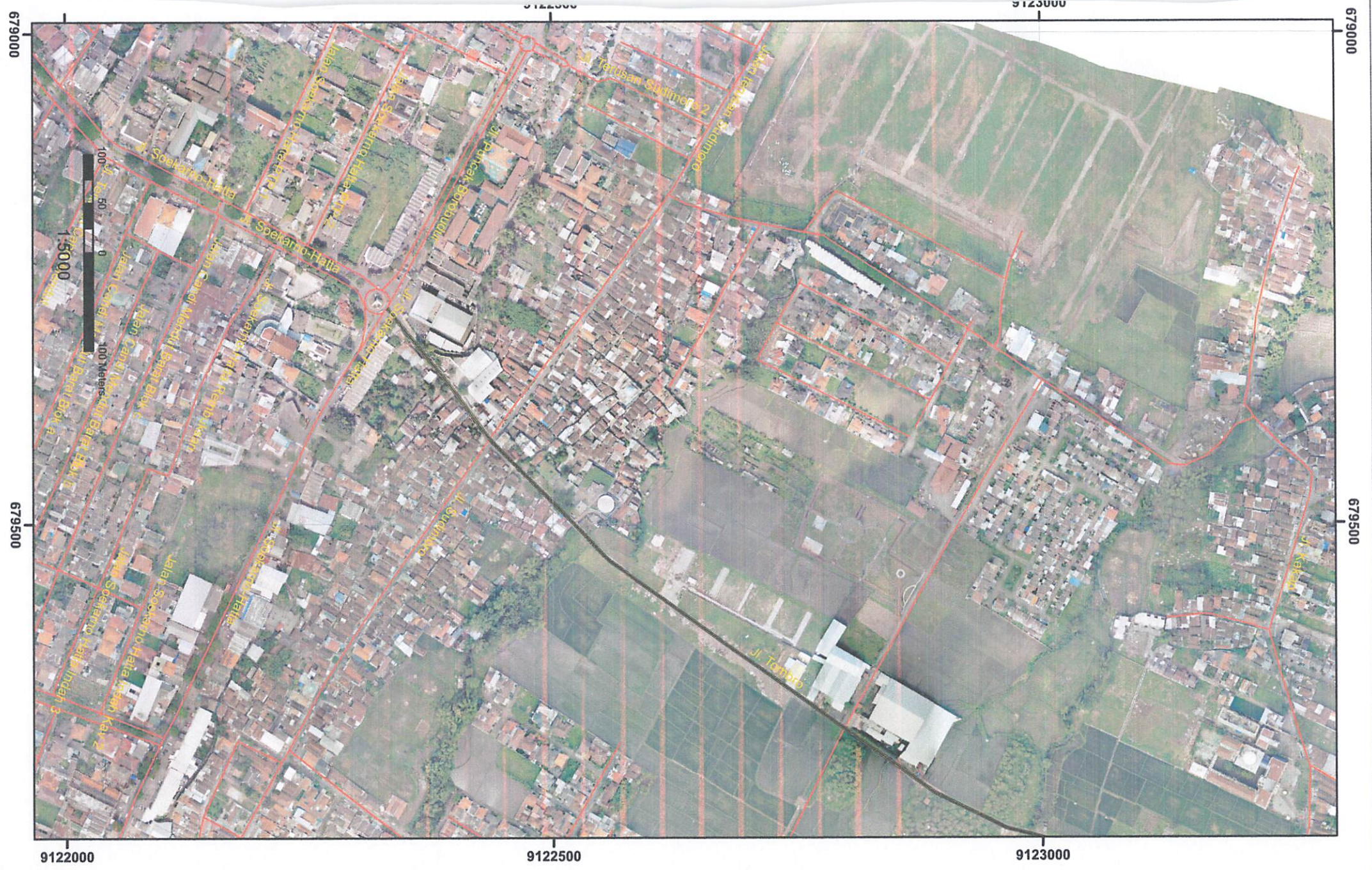
9122000



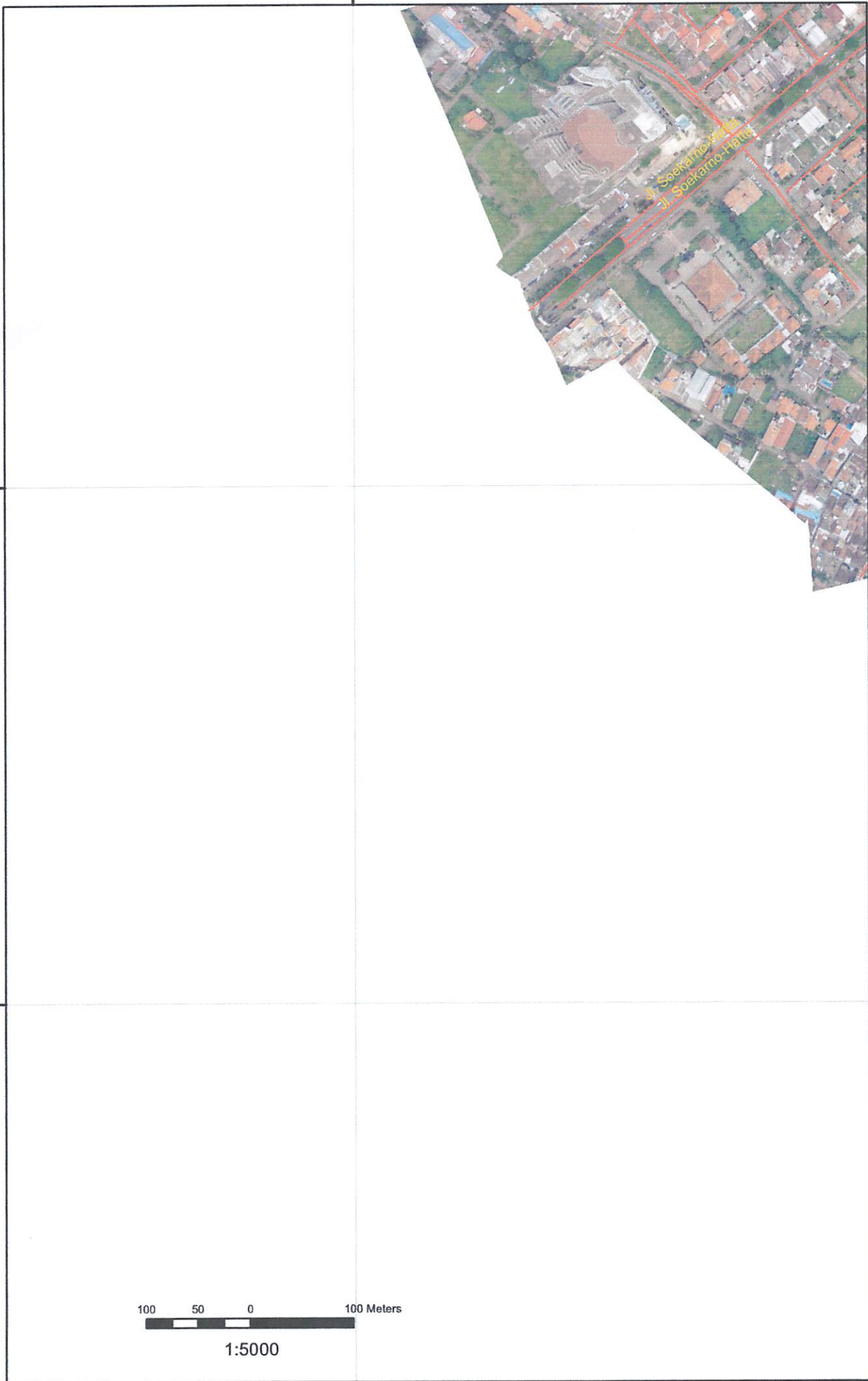
1:5000

678500





678500



D1
N



680000

680500

D3



9121500

9121000

9121500

9121000

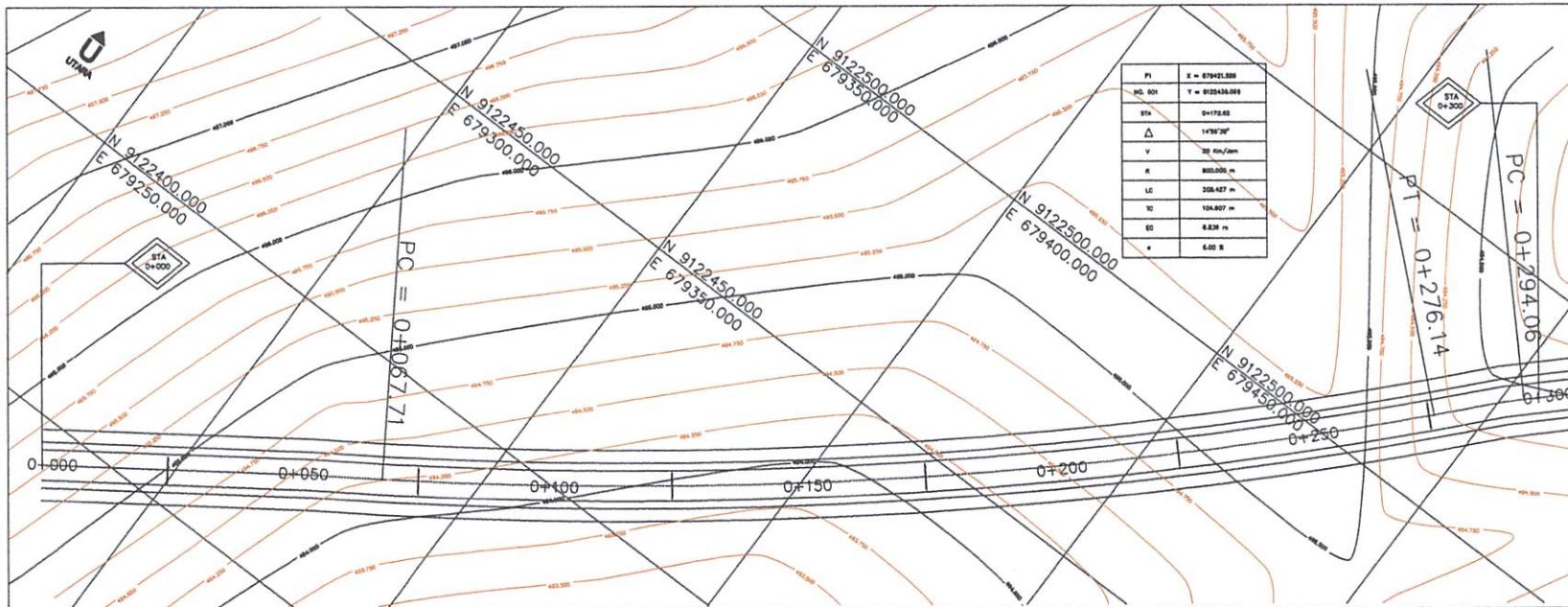
680000

680500



1:5000

LAMPIRAN B
PLAN AND PROFILE



TEKNIK GEODESI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

PROGRAM

PENGEMBANGAN PRASARANA
JALAN LOKAL BAGIAN WILAYAH PERKOTAAN
MALANG UTARA

KEGIATAN

PENINGKATAN JALAN
JL. IKAN TOMBO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI

KECAMATAN LOWOKWARU
KEL. TUNJUNSEKAR - KEL. TASIKMADU

MENGETAHUI / MENYETUJUI

M. EDWIN TJAHJADI ST. M.GEOM. SC.PHD
DOSEN PEMBIMBING I

HERY PURWANTO ST. MSC
DOSEN PEMBIMBING II

DIGAMBAR

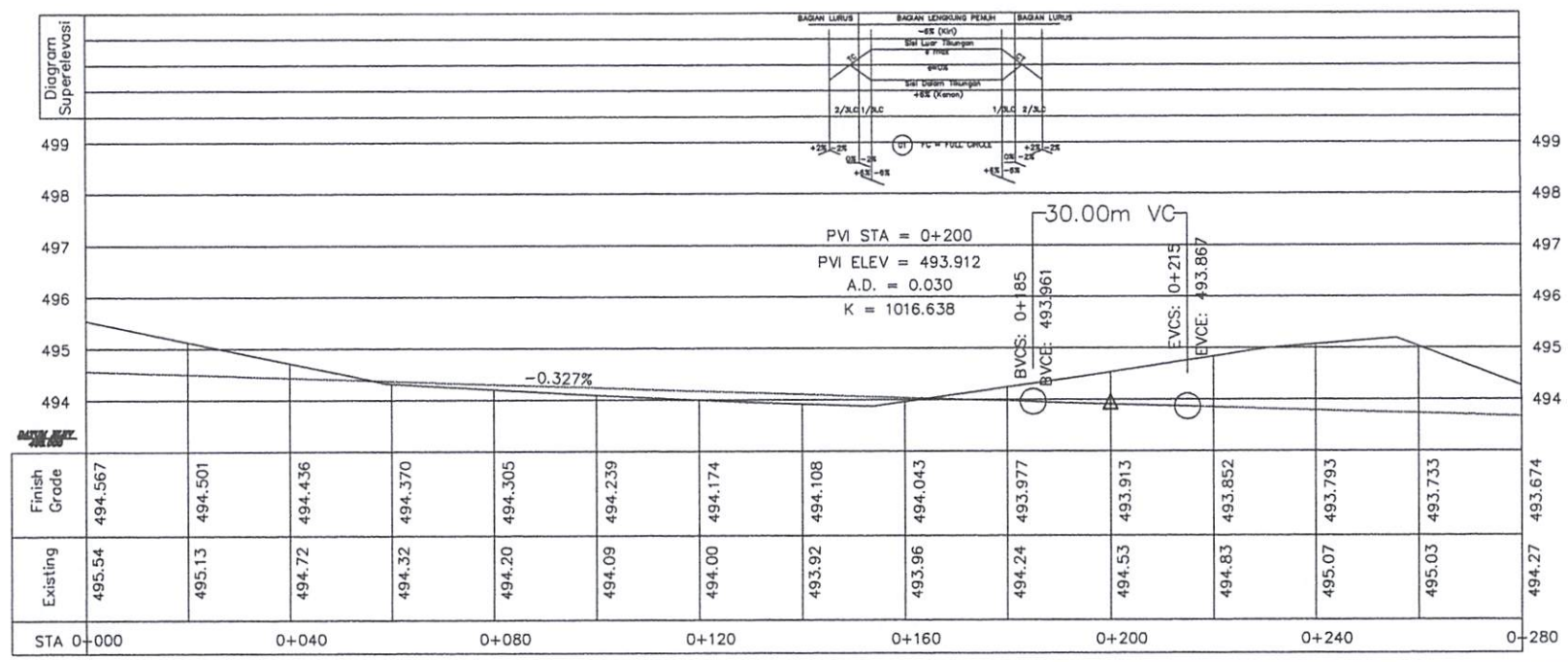
HELMY MUKTI WJAYA
11.25.019

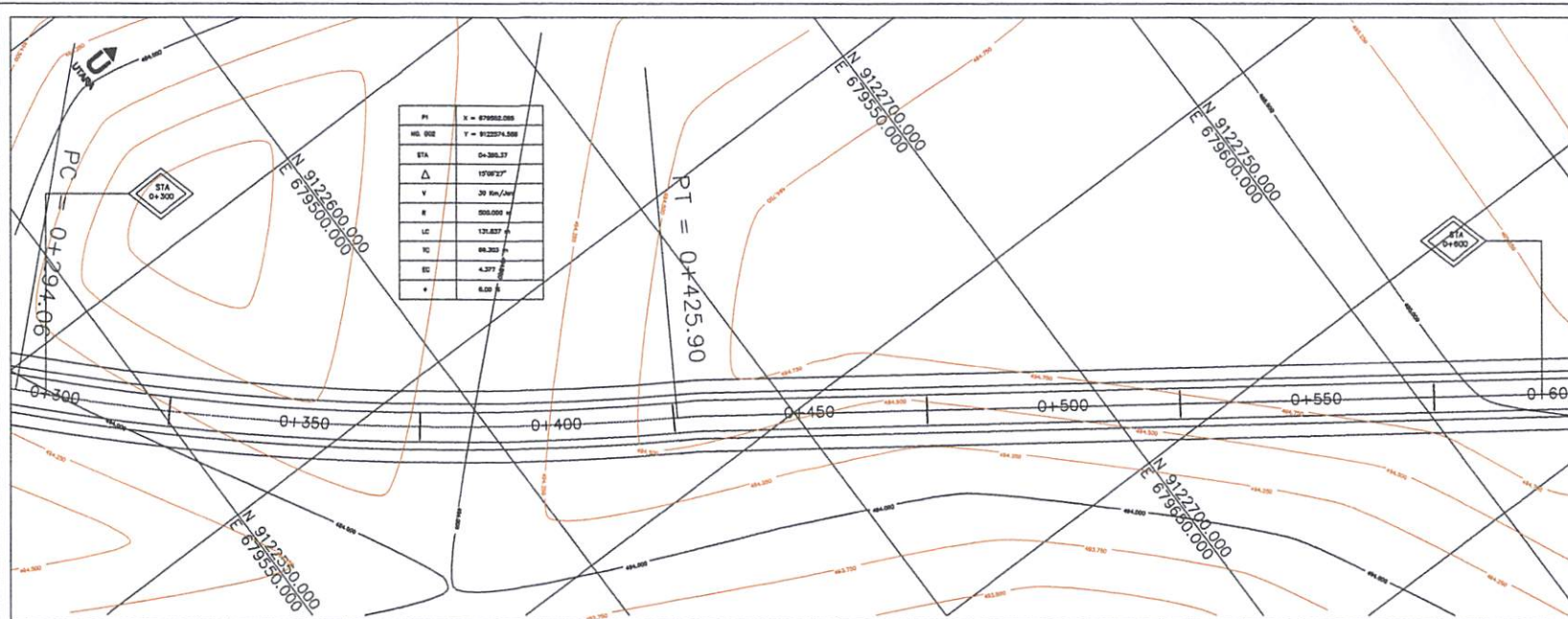
TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
ITN MALANG
2015

JABATAN	NAMA
SURVEYOR	PT. SARANA GEOSPASIAL TERPADU
DIHITUNG	HELMY MUKTI WJAYA

PLAN & PROFILE	SKALA
STA 0+000 - 0+300	

SKALA	NO. LBR	JUMLAH
HOR 1:100 VER 1:100	01	11





PI	X = 879932.088
NO. 002	Y = 8122574.389
STA	0+385.37
Δ	17°0'27"
Y	39 Km/Jam
R	200.000 m
LC	121.827 m
TC	88.263 m
EC	4.371 m
+	8.00 m



TEKNIK GEODESI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

PROGRAM

PENGEMBANGAN PRASARANA
JALAN LOKAL BAGIAN WILAYAH PERKOTAAN
MALANG UTARA

KEGIATAN

PENINGKATAN JALAN
JL. IKAN TOMBRO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI

KECAMATAN LOWOKWARU
KEL. TUNJUNGEKAR - KEL. TASIKMADU

MENGETAHUI / MENYETUJUI

Edu

M. EDWIN TJAHJADI ST. M.GEOM SC.PHD
DOSEN PEMBIMBING I

[Signature]

HERY PURWANTO ST. MSC
DOSEN PEMBIMBING II

DIGAMBAR

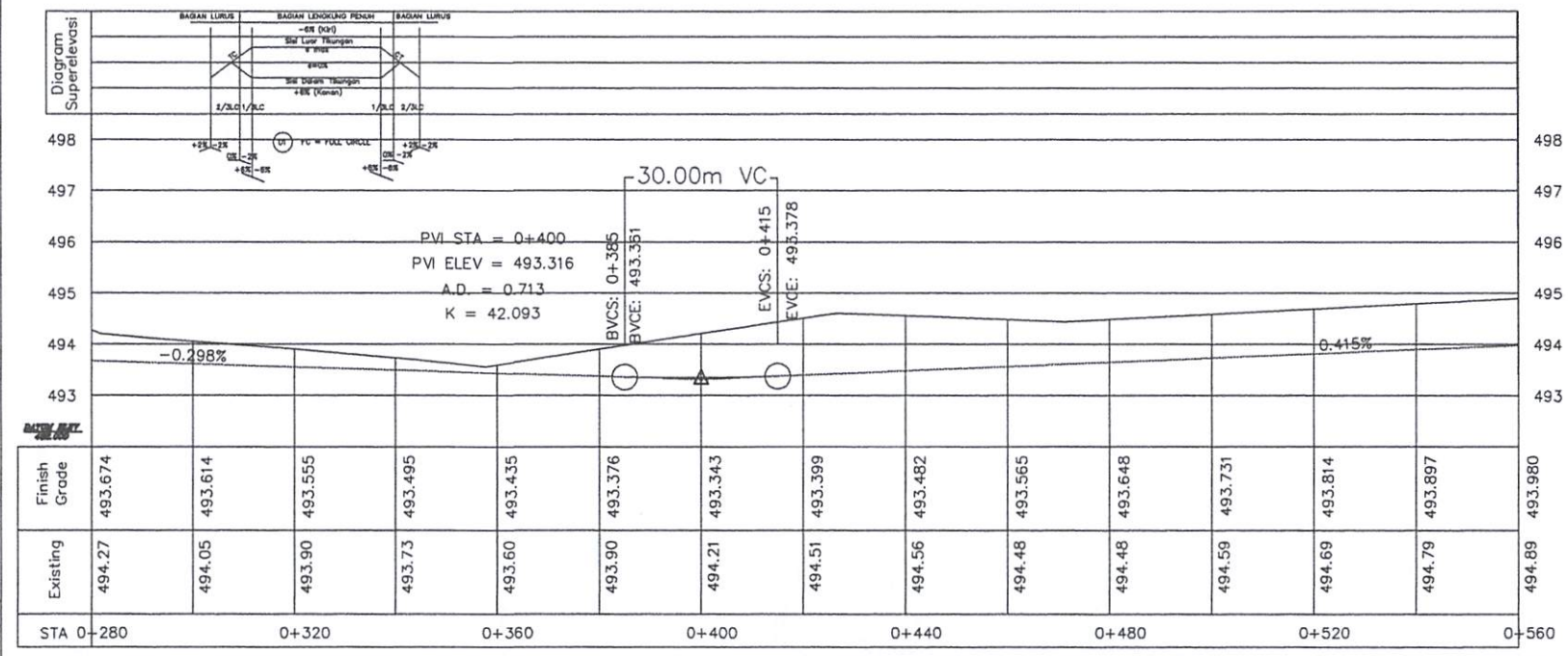
HELMY UKTI WJAYA
11.25.019

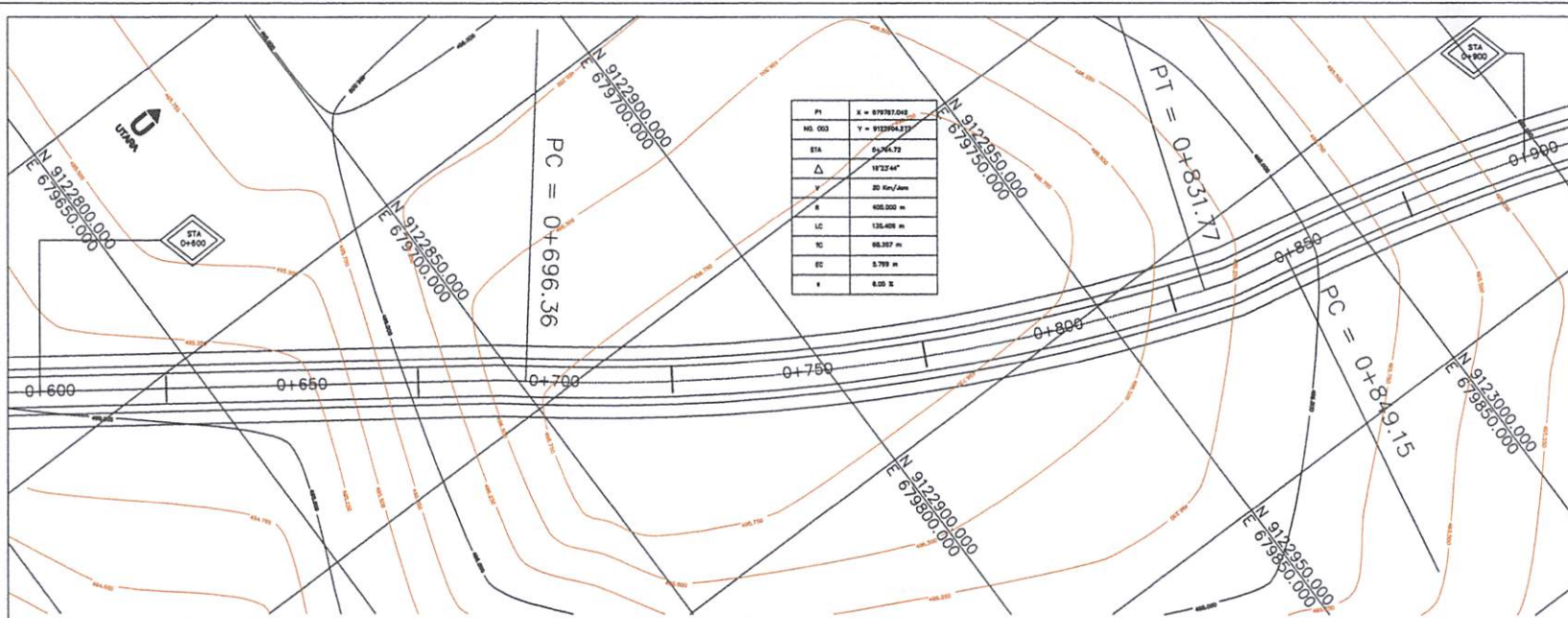
TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
ITN MALANG
2015

JABATAN	NAMA
SURVEYOR	PT. SARANA GEOSPASIAL TERPADU
DIHITUNG	HELMY UKTI WJAYA

PLAN & PROFILE	SKALA
STA 0+300 - 1+600	

SKALA	NO. LBR	JUMLAH
HOR 1:100 VER 1:100	02	11






TEKNIK GEODESI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

PROGRAM

PENGEMBANGAN PRASARANA
JALAN LOKAL BAGIAN WILAYAH PERKOTAAN
MALANG UTARA


KEGIATAN


PENINGKATAN JALAN
JL. IKAN TOMBRO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI

KECAMATAN LOWOKWARU
KEL. TUNJUNGSEKAR - KEL. TASKMADU

MENGETAHUI / MENYETUJUI


M. EDWIN TJAHJADI ST. M.GEOM SC.PHD
 DOSEN PEMBIMBING I



HERY PURWANTO ST. MSC
 DOSEN PEMBIMBING II

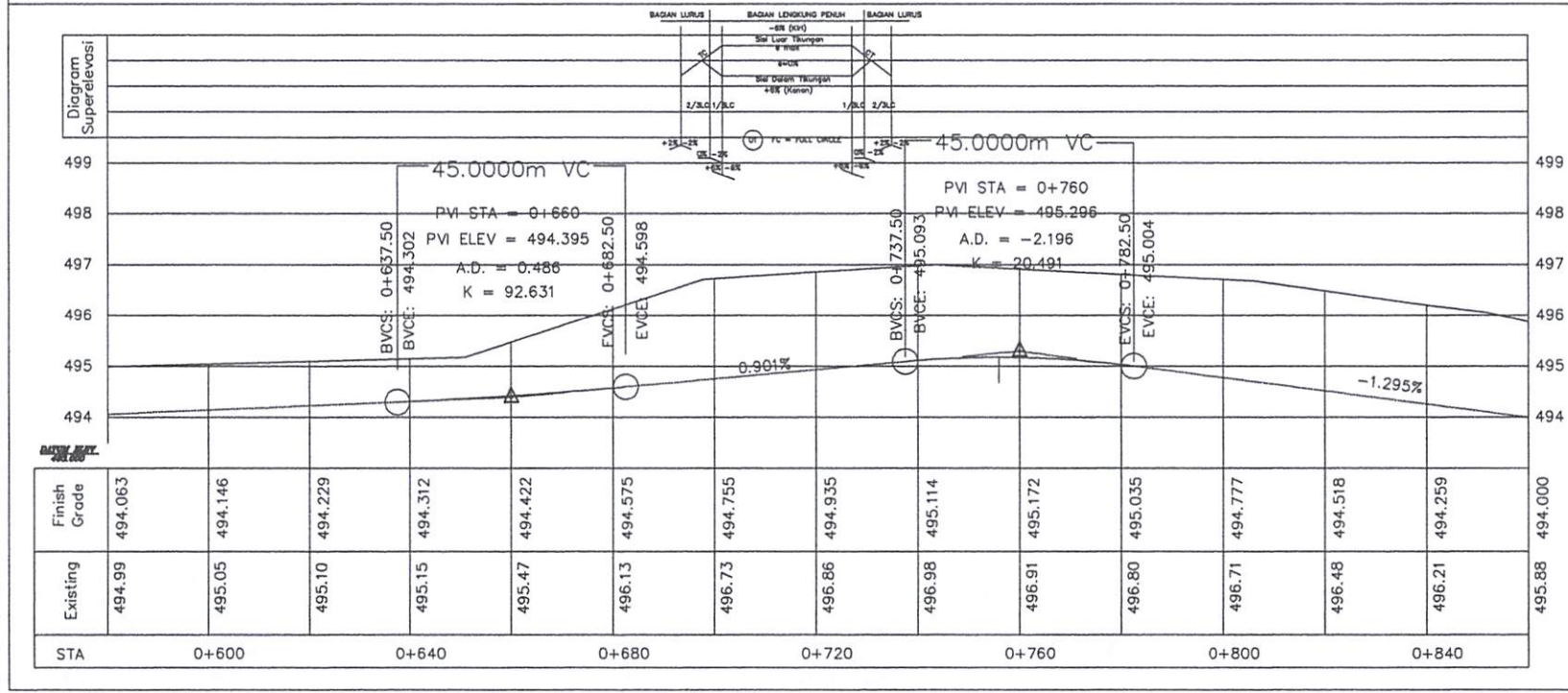
DIGAMBAR

HELMY MUKTI WJAYA
 11.25.019

TEKNIK GEODESI S-1
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 ITN MALANG
 2015

JABATAN	NAMA
SURVEYOR	PT. SARANA GEOSPASIAL TERPADU
DIHITUNG	HELMY MUKTI WJAYA

PLAN & PROFILE	SKALA
STA 0+600 - 0+900	
SKALA	NO. LBR
HOR 1:100	03
VER 1:100	JUMLAH
	11



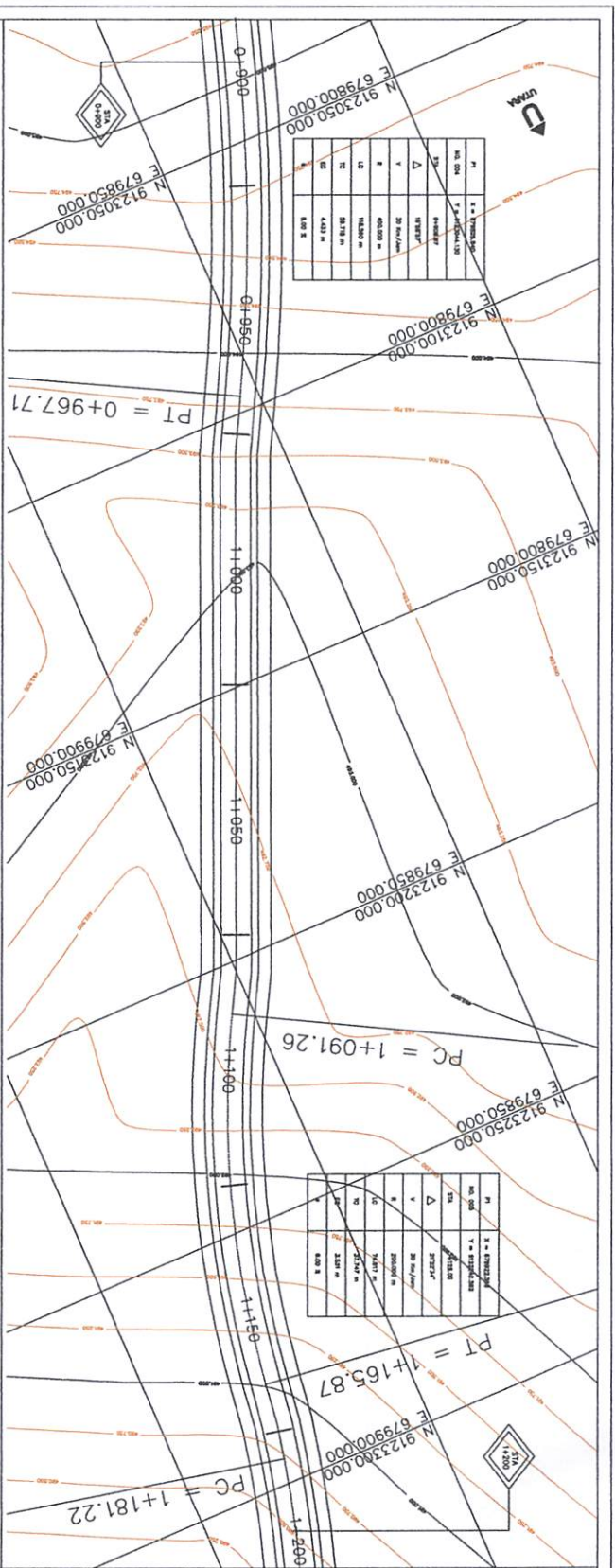


Diagram Super-elevasi	Existing	Finish Grade
495	495.46	493.741
494	495.05	493.482
493	494.82	493.223
492	494.48	492.964
491	493.99	492.705
490	493.51	492.446
495	493.04	492.187
494	492.87	491.928
493	492.79	491.669
492	492.70	491.409
491	492.61	491.150
490	492.52	490.891
495	492.11	490.632
494	491.64	490.373
493	491.17	490.127
492	490.70	489.871
491	490.23	489.615
490	490.00	489.359


TEKNIK GEODESI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

PROGRAM
PENGEMBANGAN PRASARANA
JALAN LOKAL DAERAH WILAYAH PERKOTAAN
MALANG UTARA

KEGATIFAN
PENINGKATAN JALAN
L. KAN TOLBRO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI
RECAMATAN LOMBARAU
KEL. TANJUNGPASAR - KEL. TASMALAU

MENGETAHUI / MENSETUJUI



M. EDWIN TAHYADI ST. M. GERM SC.PHD
DOSEN PEMBIMBING I

HERY PURWANTO ST., MSC
DOSEN PEMBIMBING II

DIGAMBAR
HELWY MUKTI WALAYA
11.25.019

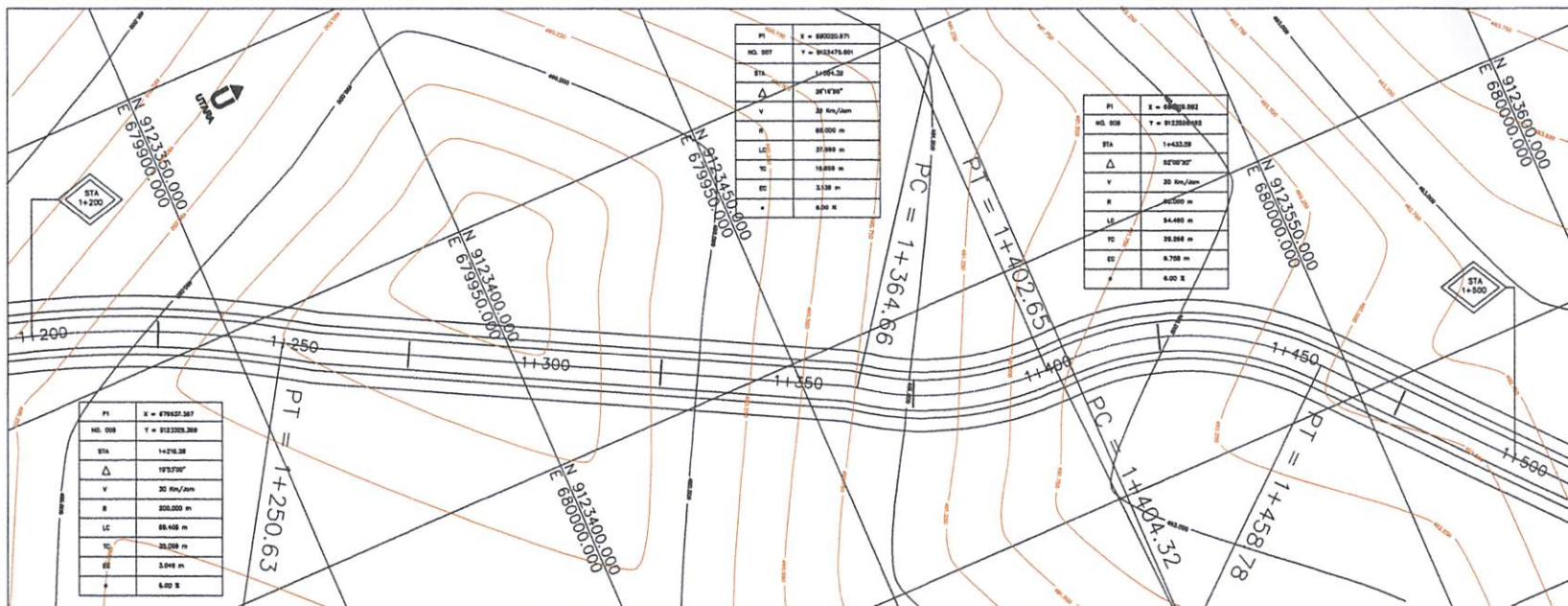
TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
ITN MALANG
2015


JABATAN
SUKSEKTOR PT. SARANA GEOMATIKA, TERPADU
DITUNGGU HELWY MUKTI WALAYA

NAVA

SKALA
PLAN & PROFILE 1:200
STA 0+800 - 1+200

NO. LBR 04
JMLAH 11




TEKNIK GEODESI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

PROGRAM

PENGEMBANGAN PRASARANA
JALAN LOKAL BAGIAN WILAYAH PERKOTAAN
MALANG UTARA

KEGIATAN

PENINGKATAN JALAN
JL. IKAN TOMBOLO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI

KECAMATAN LOWOKWARU
KEL. TUNJUNGSERKAR - KEL. TASIKMADU

MENGETAHUI / MENYETUJUI


M. EDWIN TIAHJADI ST. M.GEOM. SC.PHD
 DOSEN PEMBIMBING I



HERY PURWANTO ST. M.SC
 DOSEN PEMBIMBING II

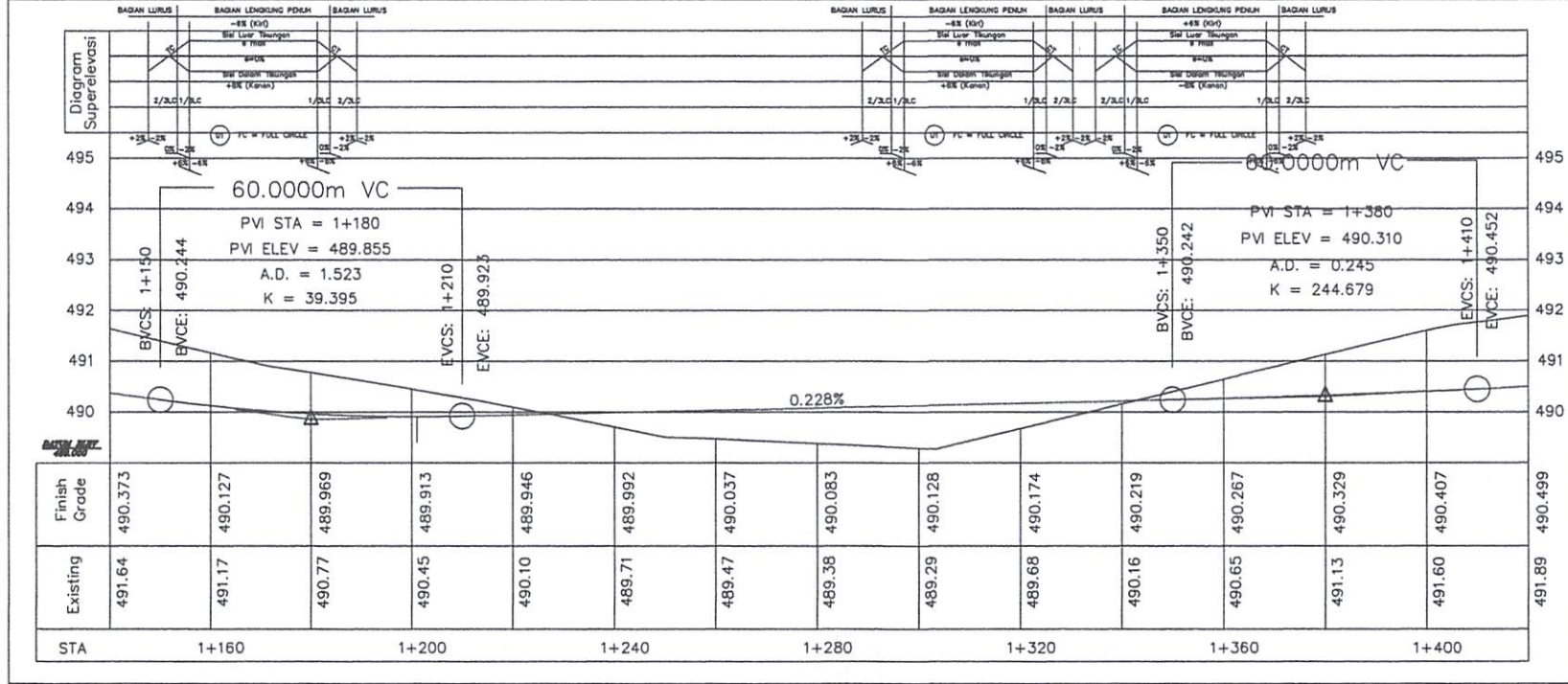
DIGAMBAR

HELMY UKTI WJAYA
 11.25.019

TEKNIK GEODESI S-1
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 ITN MALANG
 2015

JABATAN	NAMA
SURVEYOR	PT. SARANA GEOSPASIAL TERPADU
DIHITUNG	HELMY UKTI WJAYA

PLAN & PROFILE STA 1+200 - 1+500	SKALA 
SKALA HOR: 1:100 VER: 1:100	NO. LBR 05
	JUMLAH 07



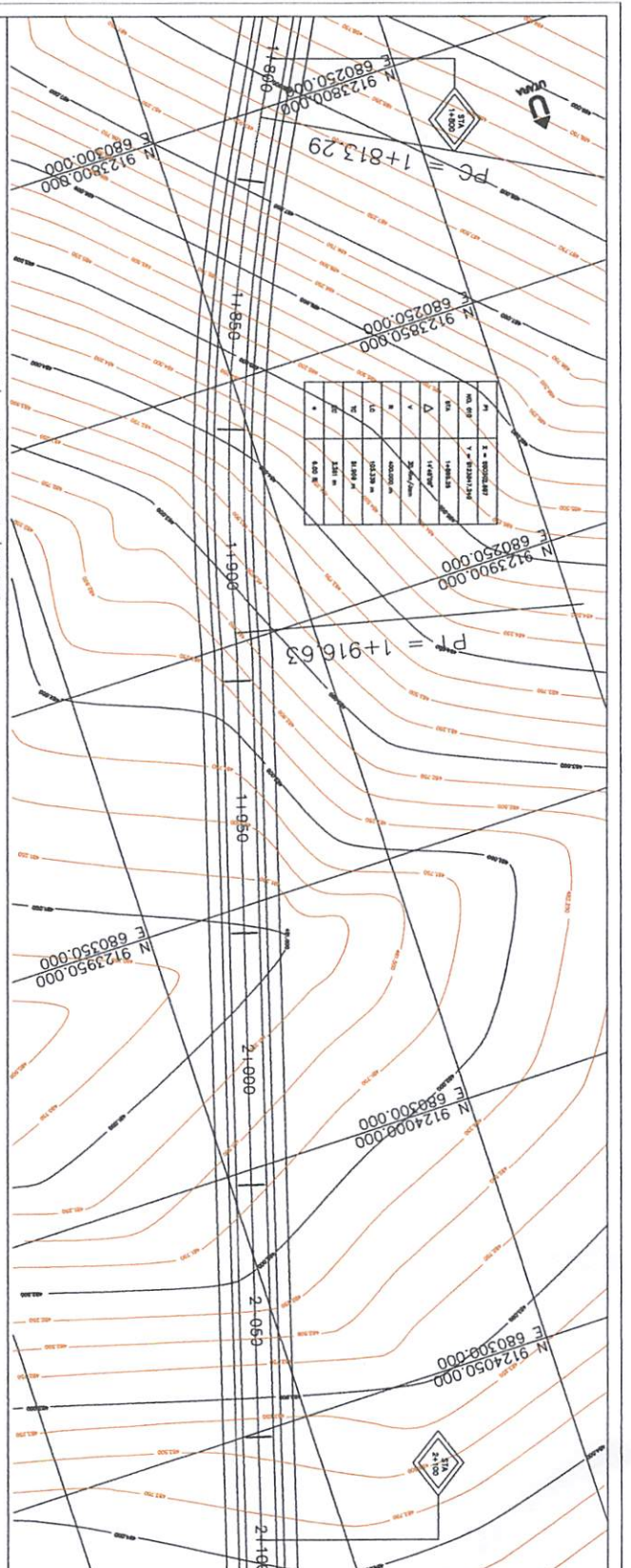



Diagram Superelevasi	Existing	Finish Grade
487	489.59	488.437
486	489.29	488.084
485	488.99	487.732
484	488.18	487.380
483	487.31	487.027
482	486.25	486.675
481	485.11	486.322
480	483.99	485.970
479	483.23	485.618
478	482.60	485.265
477	481.93	484.913
476	481.38	484.561
475	481.11	484.208
474	481.25	483.856
473	481.60	483.503


INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
 MALANG

PROGRAM
 PENGENJALAN PASARANA
 JALAN LOKAL BAYAN MALAYA PERKOTAAN
 MALANG UTARA

KEGAIATAN
 PENINGKATAN JALAN
 L. KAN TOLERO - AL. PERUSAHAAN

LOKASI
 KEKAMPATAN LOMKOWARU
 KEL. TUNJANGSEKAR - KEL. TISKOWAU

MENGETAHUI / MENSETUJUI

HELWY MUKTI MALAYA
 11.25.019

HERY PURWANTO ST., M.SC
 DOSEN PEMBIMBING II

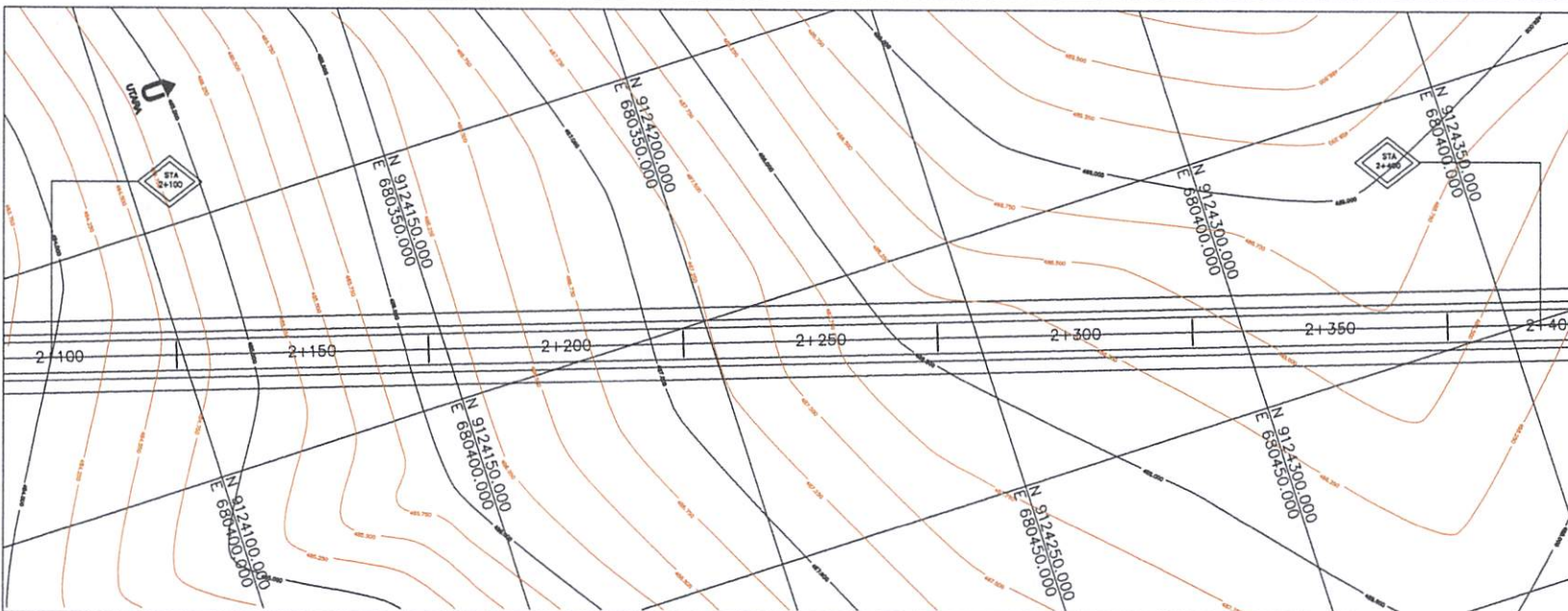
M. EDWIN TANJALADI ST., M. GERM. SC.PHD
 DOSEN PEMBIMBING I

JABATAN NAMA
 SURVEKTOR PT. SARANA GEOSPASIAL TERPADU
 DIHINDANG HELWY MUKTI MALAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 ITN MALANG
 2015

TEKNIK GEODESI S-1
 PLAN & PROFILE
 STA 1+800 - 2+100

SKALA NO. LBR JMLAH
 1:100 07 11



TEKNIK GEODESI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

PROGRAM

PENGEMBANGAN PRASARANA
JALAN LOKAL BAGIAN WILAYAH PERKOTAAN
MALANG UTARA

KEGATAN

PENINGKATAN JALAN
JL. IKAN TOMBO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI

KECAMATAN LOWOKWARU
KEL. TUNJUNGSEKAR - KEL. TASIKMADU

MENGETAHUI / MENYETUJUI

M. EDWIN TJAHJADI ST. M.GEOM SC.PHD
DOSEN PEMBIMBING I

HERY PURWANTO ST. MSC
DOSEN PEMBIMBING II

DIGAMBAR

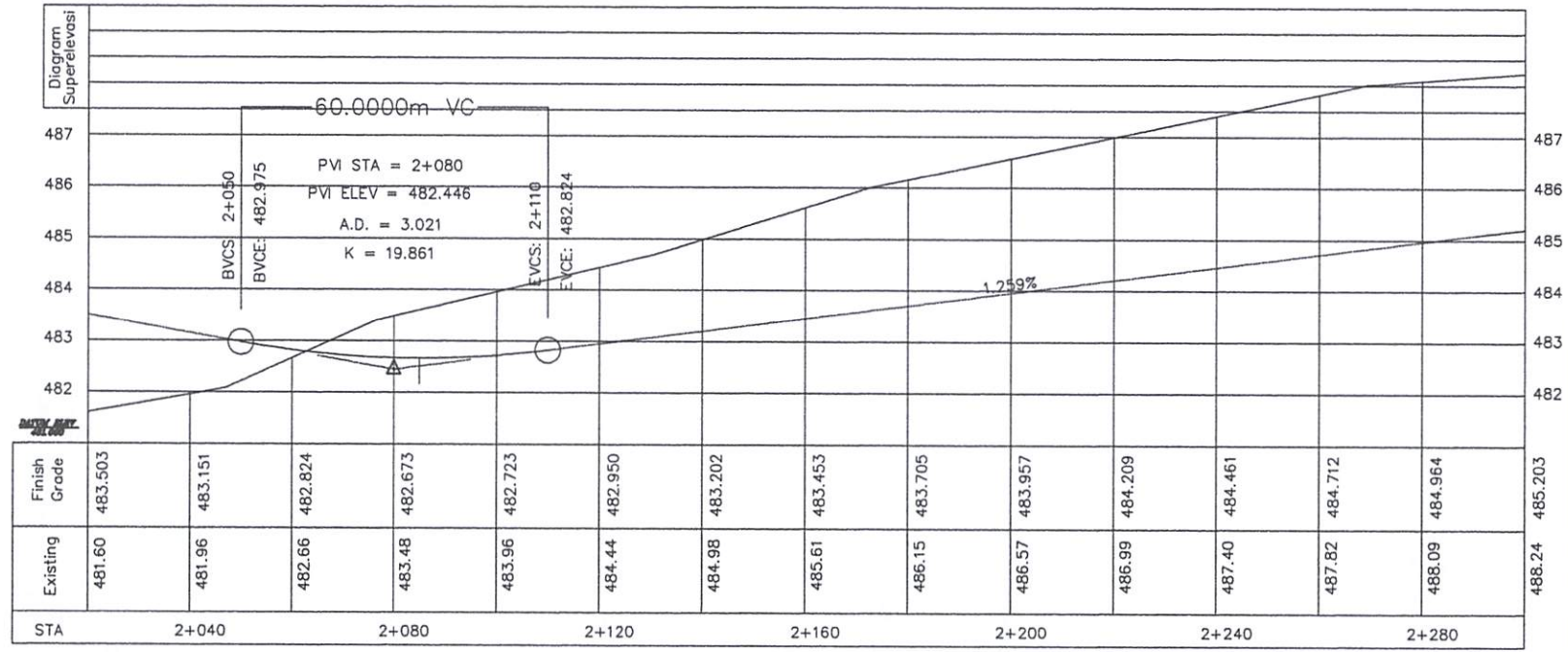
HELMY MUKTI WJAYA
11.25.019

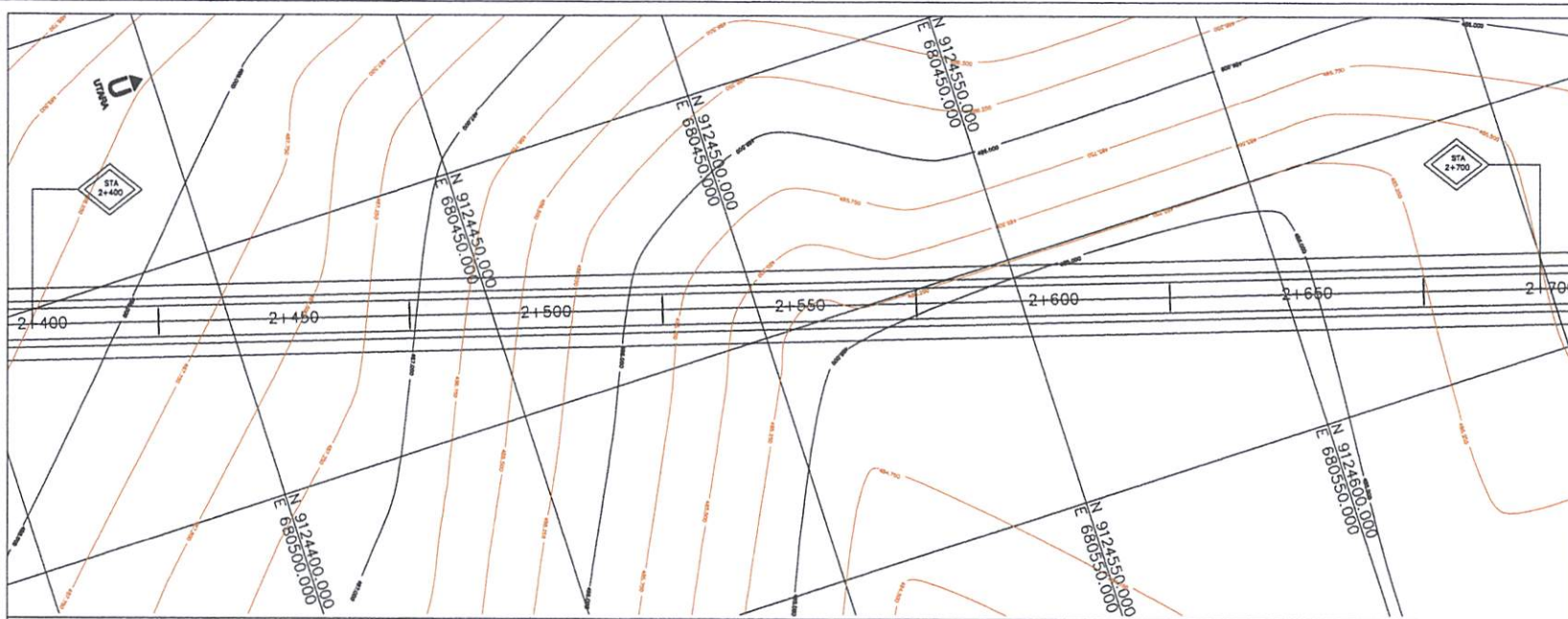
TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
ITN MALANG
2015

JABATAN	NAMA
SURVEYOR	PT. SARANA GEOSPASIAL TERPADU
DIHITUNG	HELMY MUKTI WJAYA

PLAN & PROFILE	SKALA
STA 2+100 - 2+400	

SKALA	NO. LBR	JUMLAH
HOR 1:100 VER 1:100	08	11





TEKNIK GEODESI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

PROGRAM

PENGEMBANGAN PRASARANA
JALAN LOKAL BAGIAN WILAYAH PERKOTAAN
MALANG UTARA

KEGIATAN

PENINGKATAN JALAN
JL. IKAN TOMBRO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI

KECAMATAN LOWOKWARU
KEL. TUNJUNGSER - KEL. TASIKMADU

MENGETAHUI / MENYETUJUI

M. EDWIN TJAHJADI ST, M.GEOM SC.PHD
DOSEN PEMBIMBING I

HERY PURWANTO ST, MSc
DOSEN PEMBIMBING II

DIGAMBAR

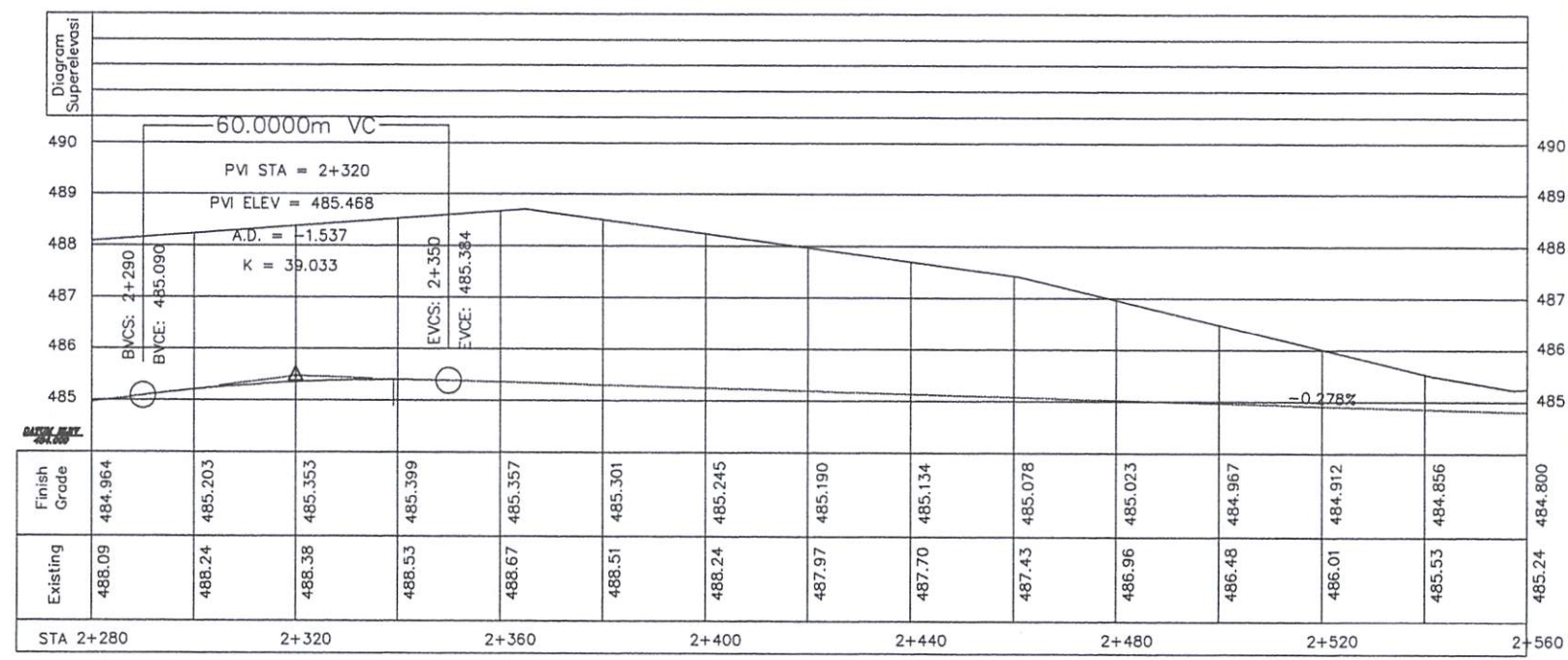
HELMY UKTI WJAYA
11.25.019

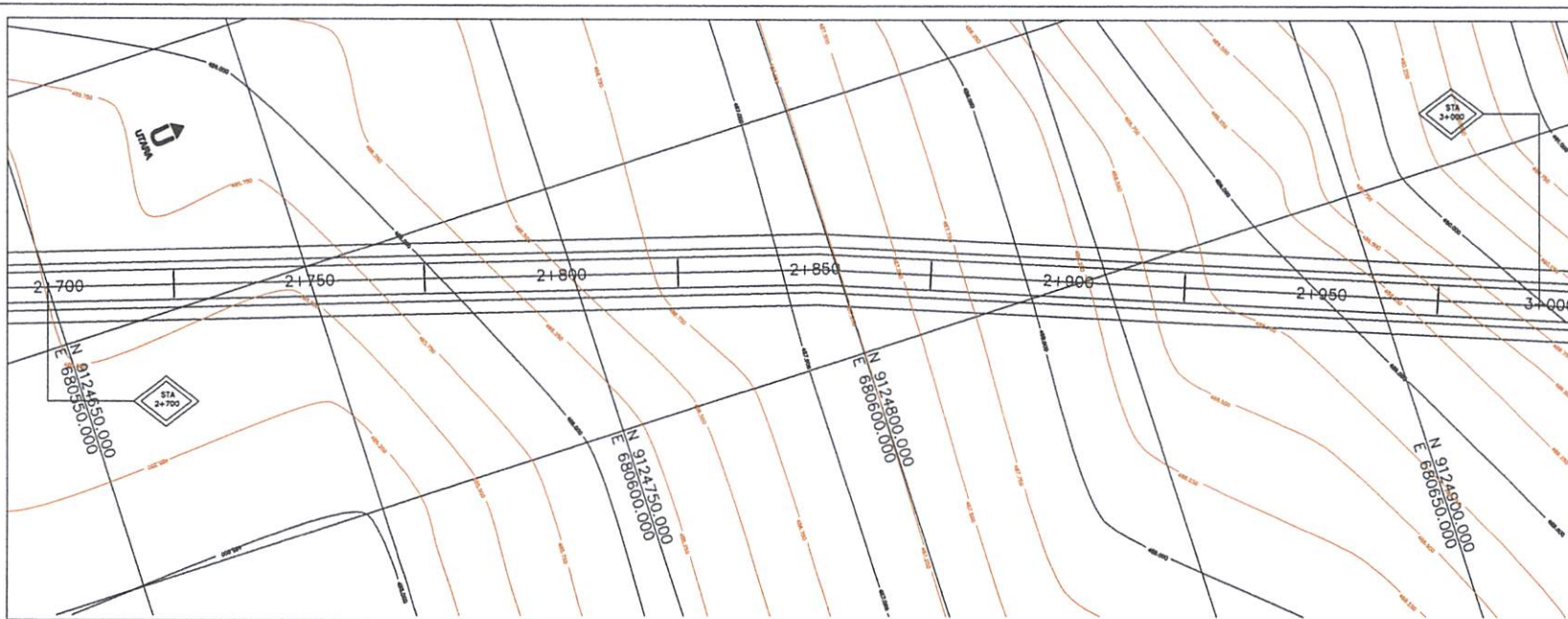
TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
ITN MALANG
2015

JABATAN	NAMA
SURVEYOR	PT. SARANA GEOSPASIAL TERPADU
DIHITUNG	HELMY UKTI WJAYA

PLAN & PROFILE	SKALA
STA 2+400 - 2+700	

SKALA	NO. LBR	JUMLAH
HOR 1:100 VER 1:100	09	11





TEKNIK GEODESI
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
 MALANG

PROGRAM

PENGEMBANGAN PRASARANA
 JALAN LOKAL BAGIAN WILAYAH PERKOTAAN
 MALANG UTARA

KEGIATAN

PENINGKATAN JALAN
 JL. IKAN TOMBO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI

KECAMATAN LOWOKWARU
 KEL. TUNJUNGESEKAR - KEL. TASIKMADU

MENGETAHUI / MENYETUJUI

M. EDWIN TJAHJADI ST, M.GEOM SC.PHD
 DOSEN PEMBIMBING I

HERY PURWANTO ST, M.SC
 DOSEN PEMBIMBING II

DIGAMBAR

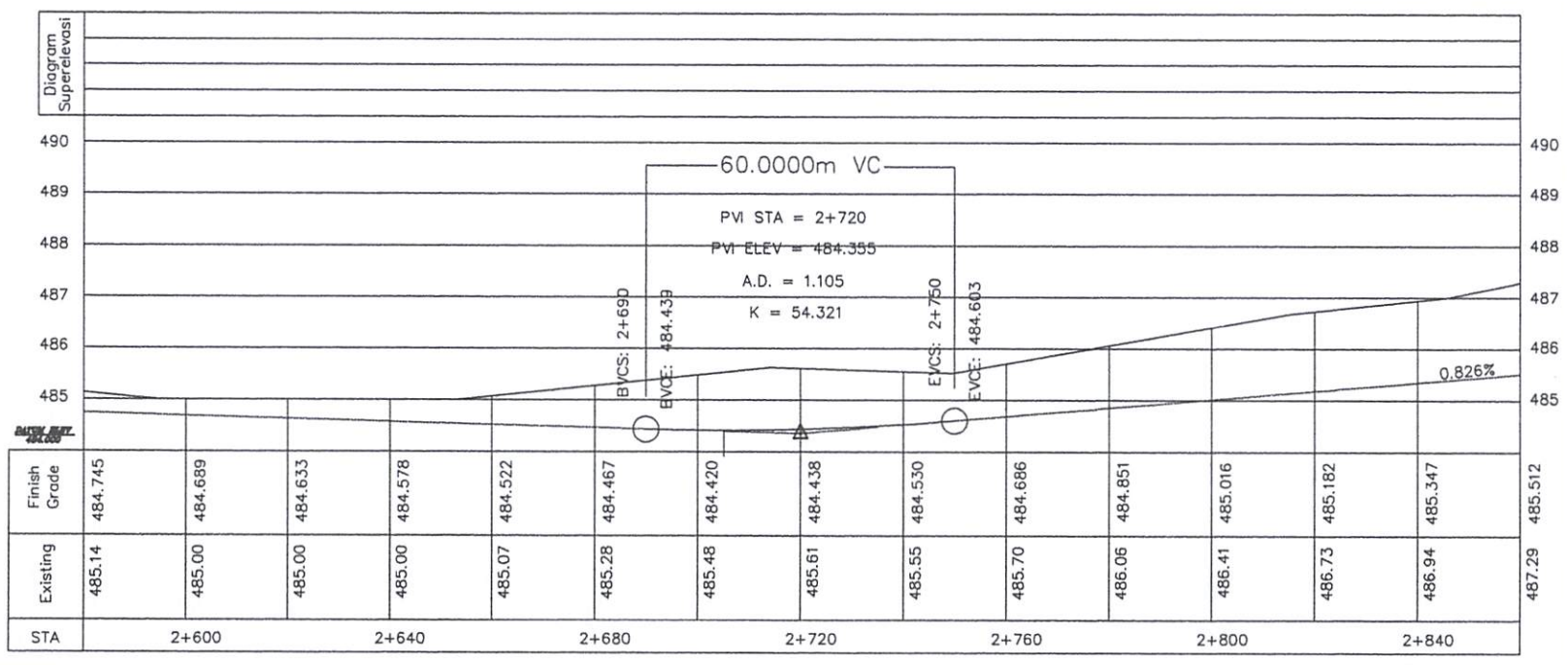
HELMY UKTI WJAYA
 11.25.019

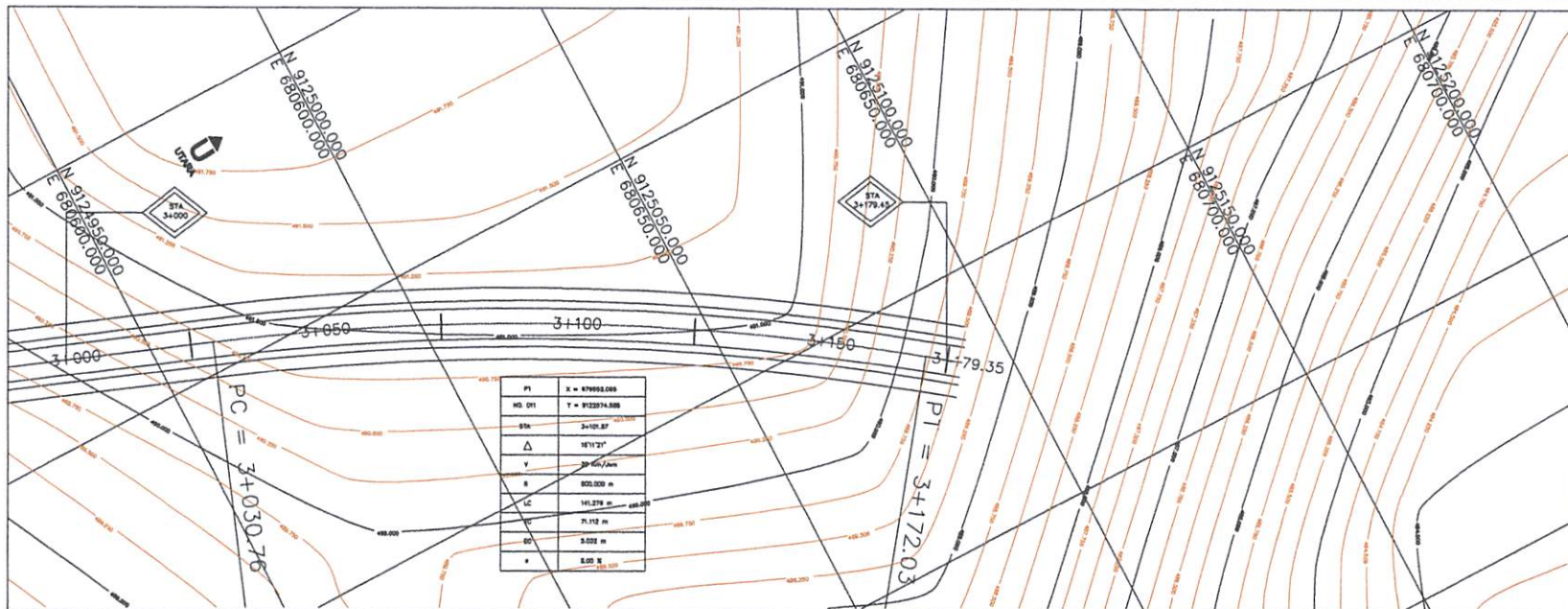
TEKNIK GEODESI S-1
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 ITN MALANG
 2015

JABATAN	NAMA
SURVEYOR	PT. SARANA GEOSPASIAL TERPADU
DIHITUNG	HELMY UKTI WJAYA

PLAN & PROFILE	SKALA
STA 2+700 - 3+000	

SKALA	NO. LBR	JUMLAH
HOR 1:100 VER 1:100	10	11






PROGRAM
 PENGEMBANGAN PRASARANA
 JALAN LOKAL BAGIAN WILAYAH PERKOTAAN
 MALANG UTARA

KEGIATAN
 PENINGKATAN JALAN
 JL. IKAN TOMBRO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI
 KECAMATAN LOWOKWARU
 KEL. TUNJUNSEKAR - KEL. TASKMADU


MENGETAHUI / MENYETUJUI

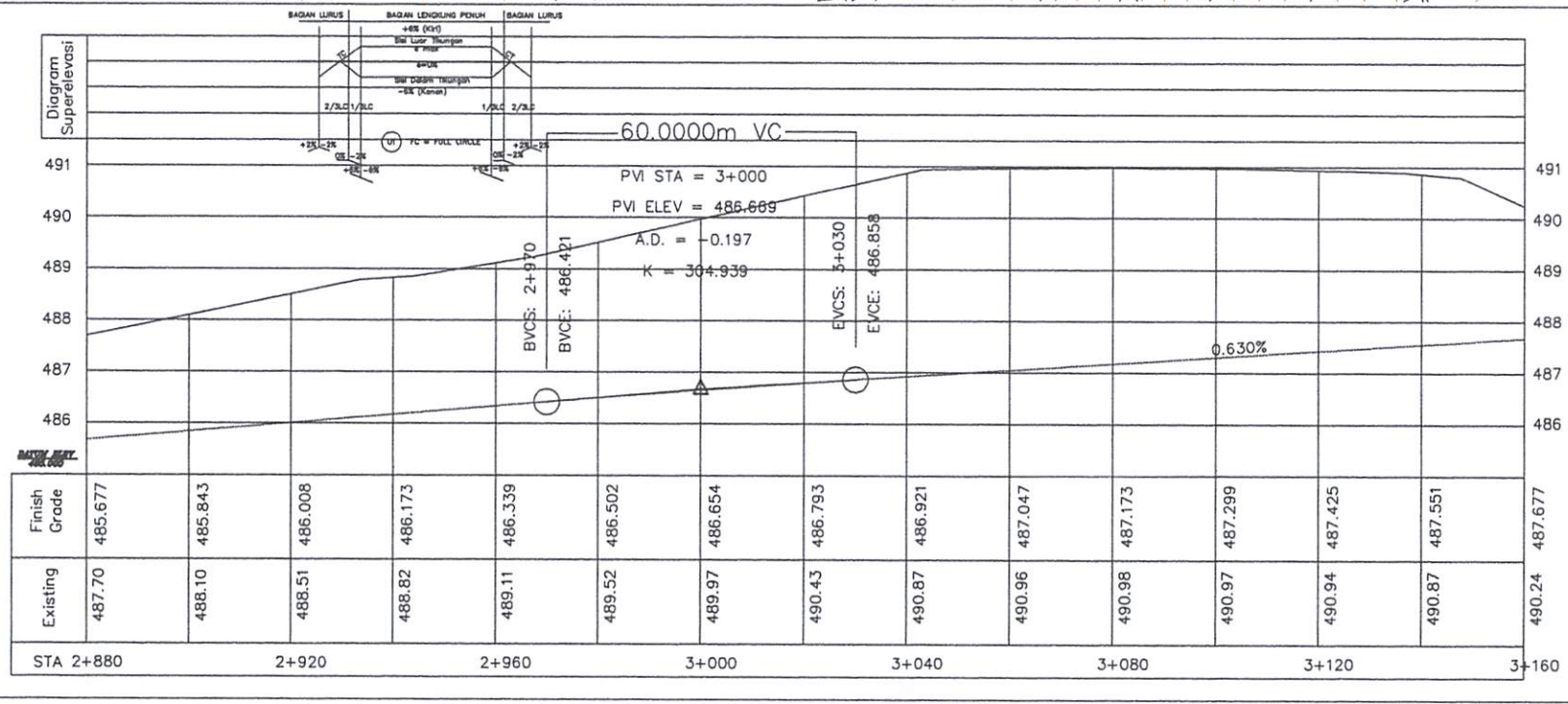

 M. EDWIN TJAHJADI ST. M.GEOM. SC.PHD
 DOSEN PEMBIMBING I


 HERY PURWANTO ST., MSc
 DOSEN PEMBIMBING II

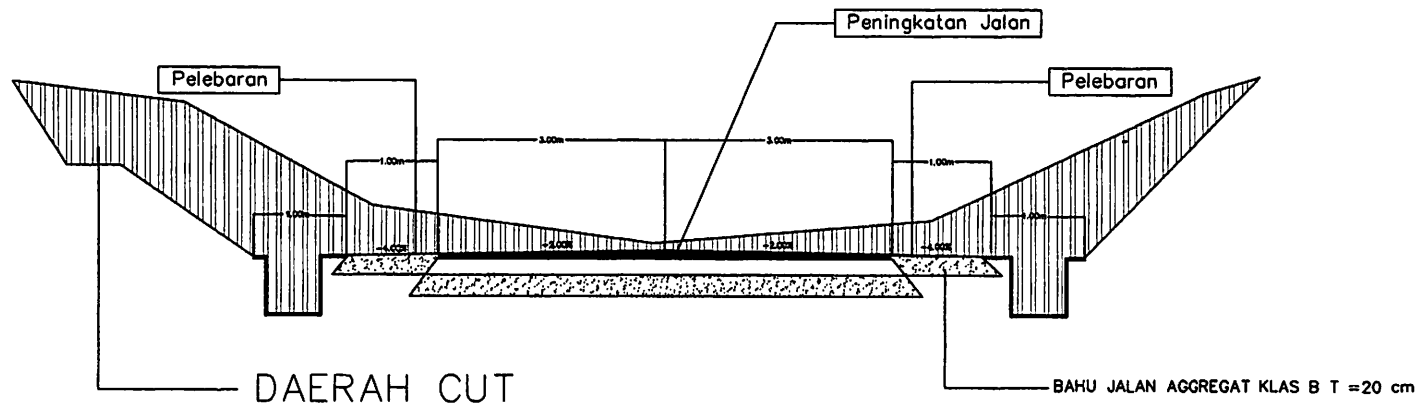
DIGAMBAR
 HELMY MUKTI WJAYA
 11.25.019
 TEKNIK GEODESI S-1
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 ITN MALANG
 2015

JABATAN	NAMA
SURVEYOR	PT. SARANA GEOSPASIAL TERPADU
DIHITUNG	HELMY MUKTI WJAYA

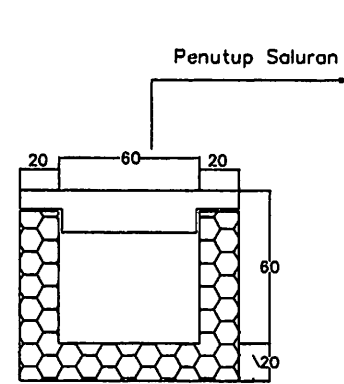
PLAN & PROFILE	SKALA	
STA 3+000 - 3+179.35		
SKALA	NO. LBR	JUMLAH
HOR 1:100 VER 1:100	11	11



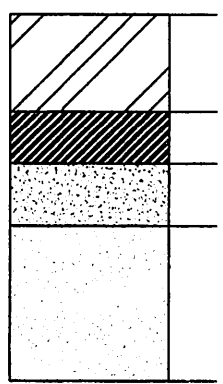
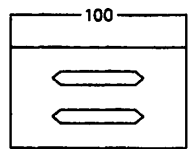
LAMPIRAN C
TYPICAL CROSS SECTION



TYPICAL CROSS SECTION DAERAH CUT



TYPE SALURAN



Perkerasan aspal baru

Lapis fondasi aspal lama

Lapis drainase agregat kelas A

150 mm bagian atas fondasi harus memiliki CBR 6% atau CTB Material yang dipadatkan jika dibutuhkan tebal 850mm CBR > 4%

Perkerasan

Fondasi

DETAIL PERKERASAN



TEKNIK GEODESI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

PROGRAM

PENGEMBANGAN PRASARANA
JALAN LOKAL BAGIAN WILAYAH PERKOTAAN
MALANG UTARA

KEGIATAN

PENINGKATAN JALAN
JL. IKAN TOMBO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI

KECAMATAN LOWOKWARU
KEL. TUNJUNGSOKAR - KEL. TASIKMADU

MENGETAHUI / MENYETUJUI

M. EDWIRI TJAHJADI ST. M.GEOM SC.PHD
DOSEN PEMBIMBING I

HERY PURWANTO ST., M.SC
DOSEN PEMBIMBING II

DIGAMBAR

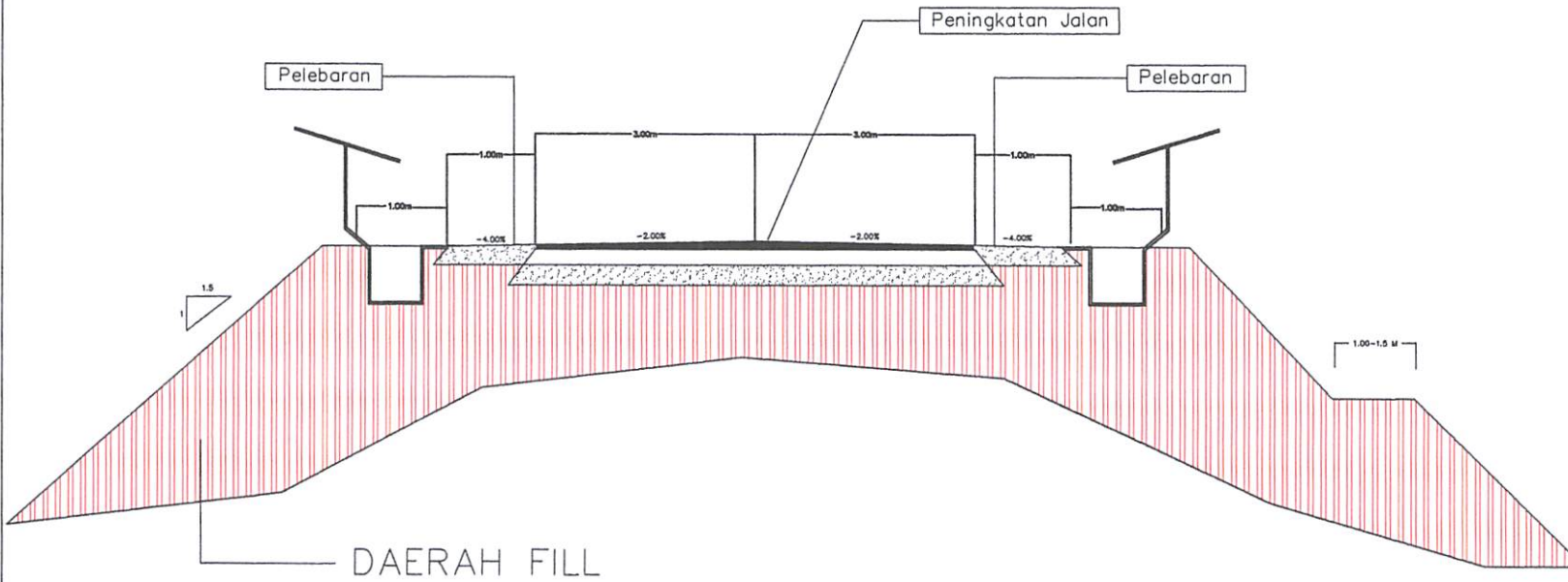
HELMY MUKTI WJAYA
11.25.019

TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
ITS MALANG
2015

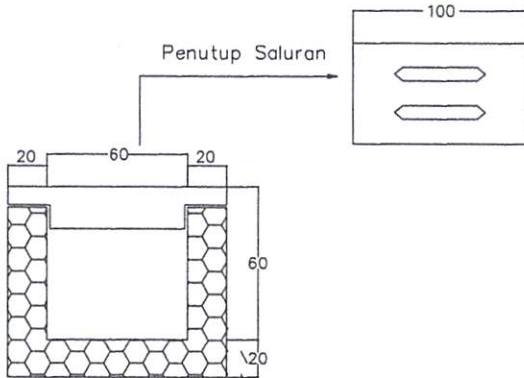
JEMBATAN	NAMA
DIREKTOR	PT. SARANA GEOESPASIAL TERPADU
REVISOR	HELMY MUKTI WJAYA
DITUNG	

Typical Cross Section
Daerah PBI

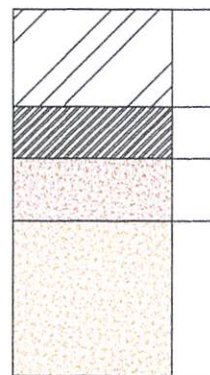
SKALA	NO. LBR	JUMLAH
	02	03



TYPICAL CROSS SECTION DAERAH FILL



TYPE SALURAN



Perkerasan aspal baru

Lapis fondasi aspal lama

Lapis drainase agregat kelas A

150 mm bagian atas fondasi harus memiliki CBR 6% atau CTB Material yang dipadatkan jika dibutuhkan tebal 850mm CBR > 4%

Perkerasan

Fondasi

DETAIL PERKERASAN



TEKNIK GEODESI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

PROGRAM

PENGEMBANGAN PRASARANA
JALAN LOKAL BAGIAN WILAYAH PERKOTAAN
MALANG UTARA

KEGATAN

PENINGKATAN JALAN
JL. IKAN TOMBO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI

KECAMATAN LOWOKWARU
KEL. TUNJUNGSEKAR - KEL. TASIKMADU

MENGETAHUI / MENYETUJUI

M. EDWIN TJAHJADI ST., M.GEOM. SC.PHD
DOSEN PEMBIMBING I

HERY PURWANTO ST., MSC
DOSEN PEMBIMBING II

DIGAMBAR

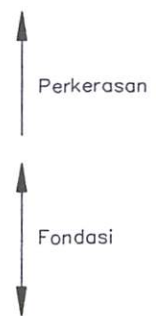
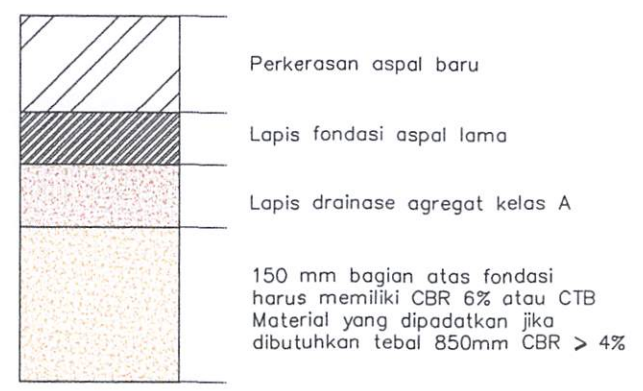
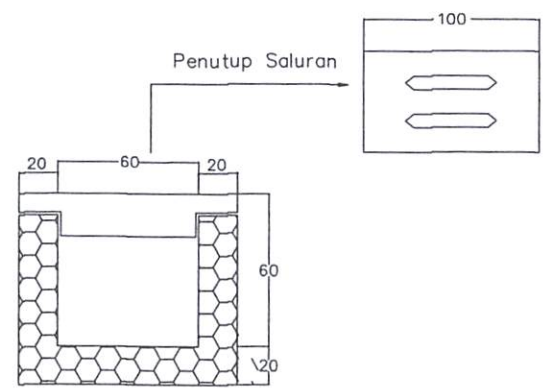
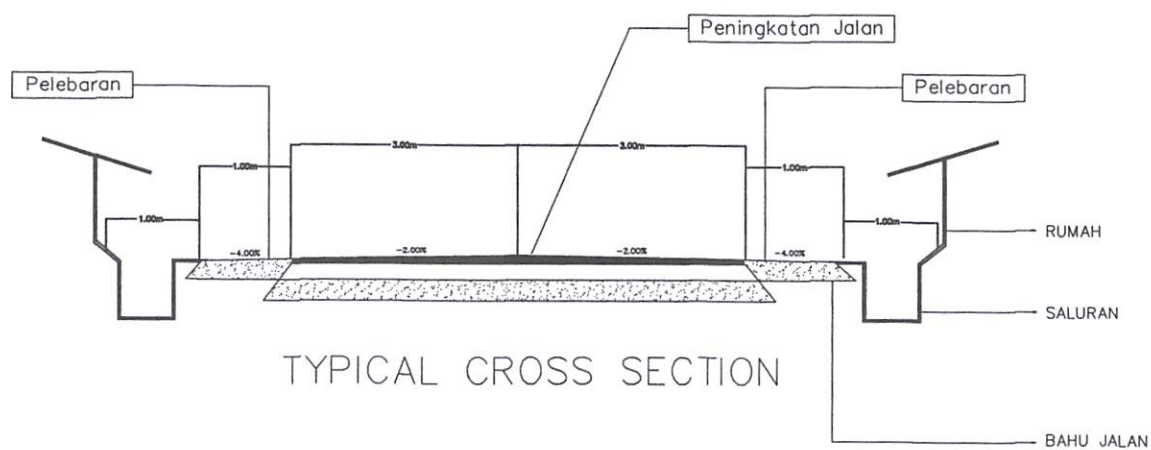
HELMY MUKTI WJAYA
11.25.019

TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
ITN MALANG
2015

JABATAN	NAMA
SURVEYOR	PT. SARANA GEOSPASIAL TERPADU
DIHITUNG	HELMY MUKTI WJAYA

Typical Cross Section
Daerah Fill

SKALA	NO. LBR	JUMLAH
	01	03



TEKNIK GEODESI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

PROGRAM

PENGEMBANGAN PRASARANA
JALAN LOKAL BAGIAN WILAYAH PERKOTAAN
MALANG UTARA

KEGIATAN

PENINGKATAN JALAN
JL. IKAN TOMBO - JL. PERUSAHAAN

LOKASI

KECAMATAN LOWOKWARU
KEL. TUNJUNGEKAR - KEL. TASIKMADU

MENGETAHUI / MENYETUJUI

M. EDWIN TJAHJADI ST., M.GEOM. SC.PHD
DOSEN PEMBIMBING I

HERY PURWANTO ST., M.SC
DOSEN PEMBIMBING II

DIGAMBAR

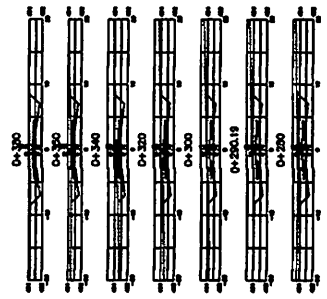
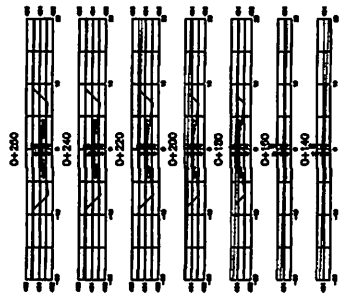
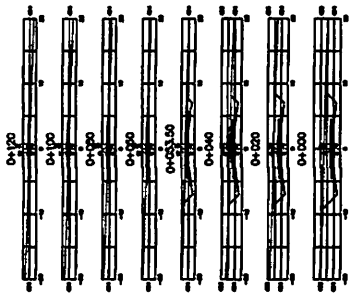
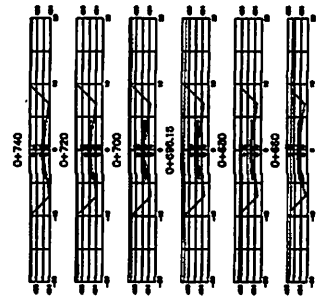
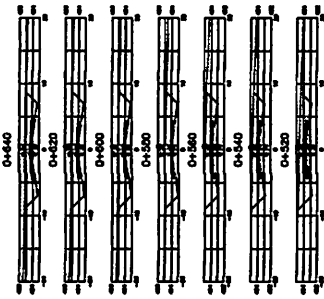
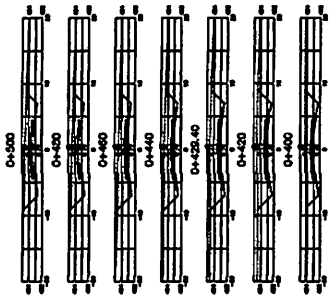
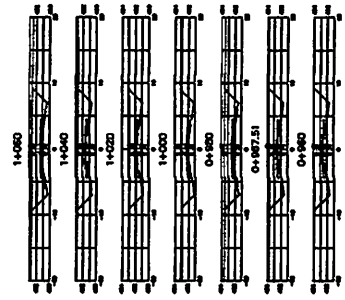
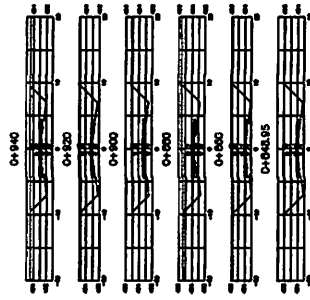
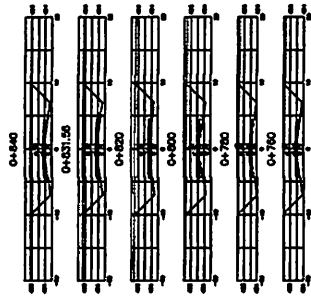
HELMY MUKTI WJAYA
11.25.019

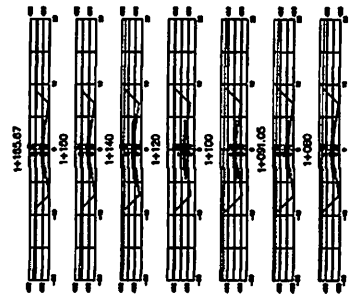
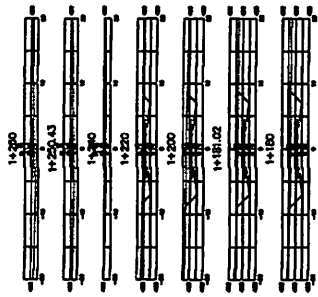
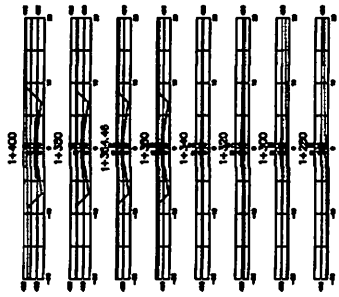
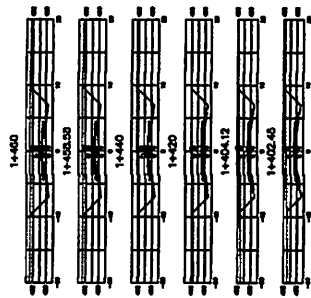
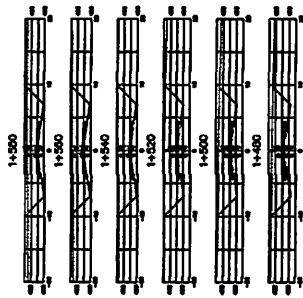
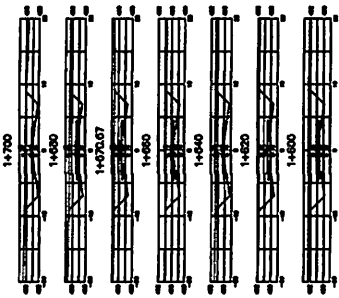
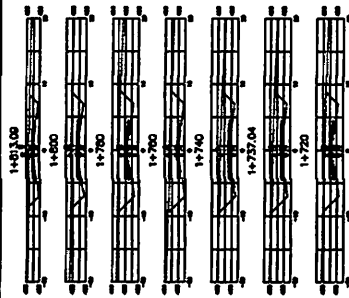
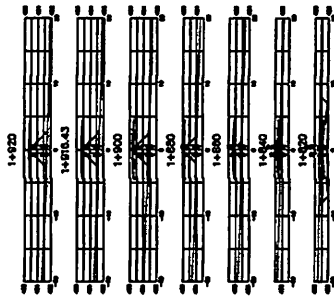
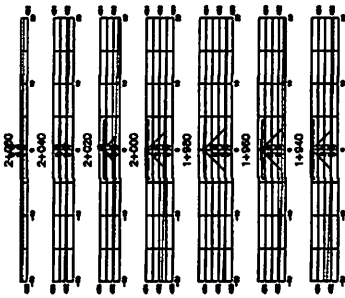
TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
ITN MALANG
2015

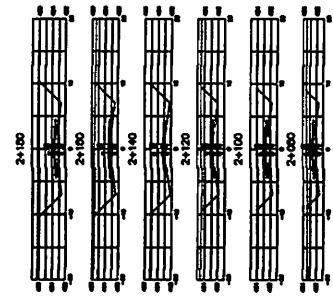
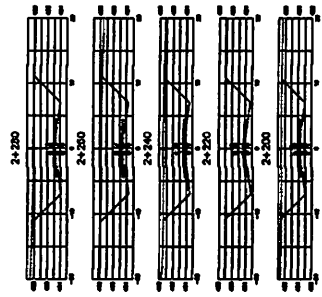
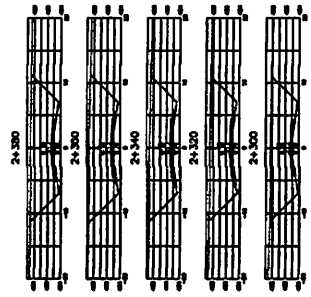
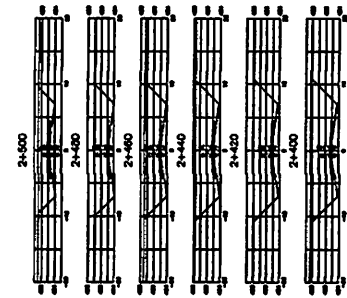
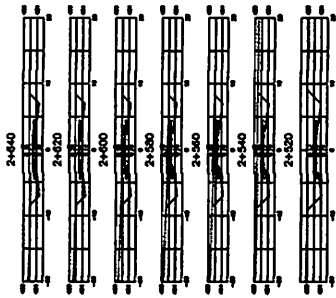
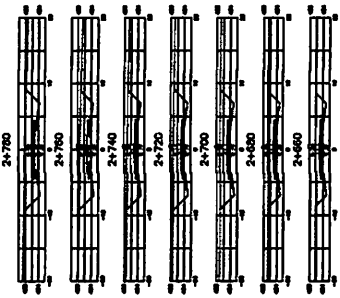
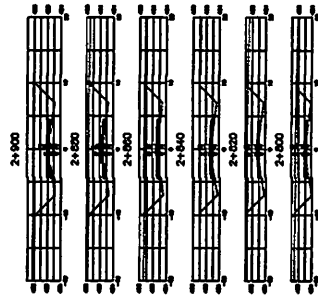
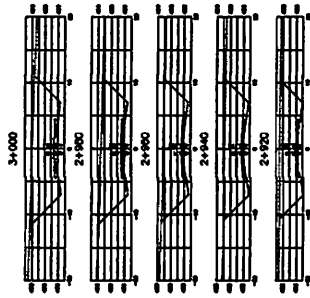
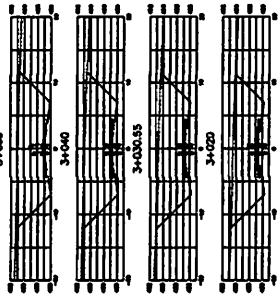
JEMBATAN	NAMA	
SUBJEBER	PT. SARANA GEOSPASIAL TERPADU	
REVISOR	HELMY MUKTI WJAYA	
DIHITUNG		

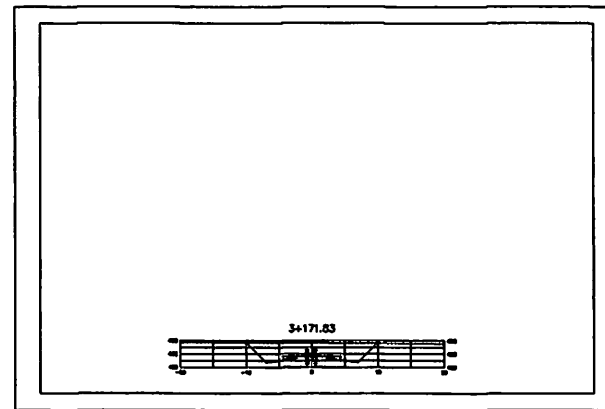
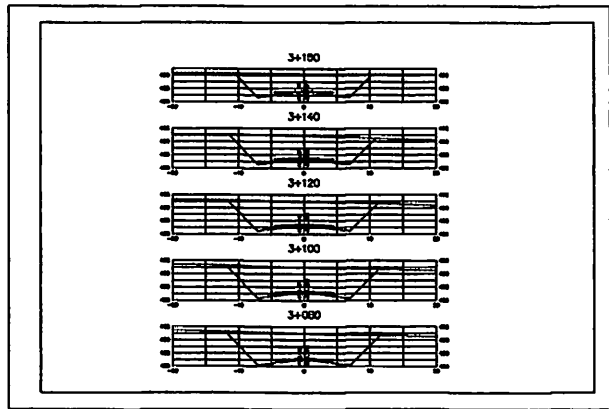
Typical Cross Section		
SKALA	NO. LBR	JUMLAH
	03	03

LAMPIRAN D
DESAIN BADAN JALAN

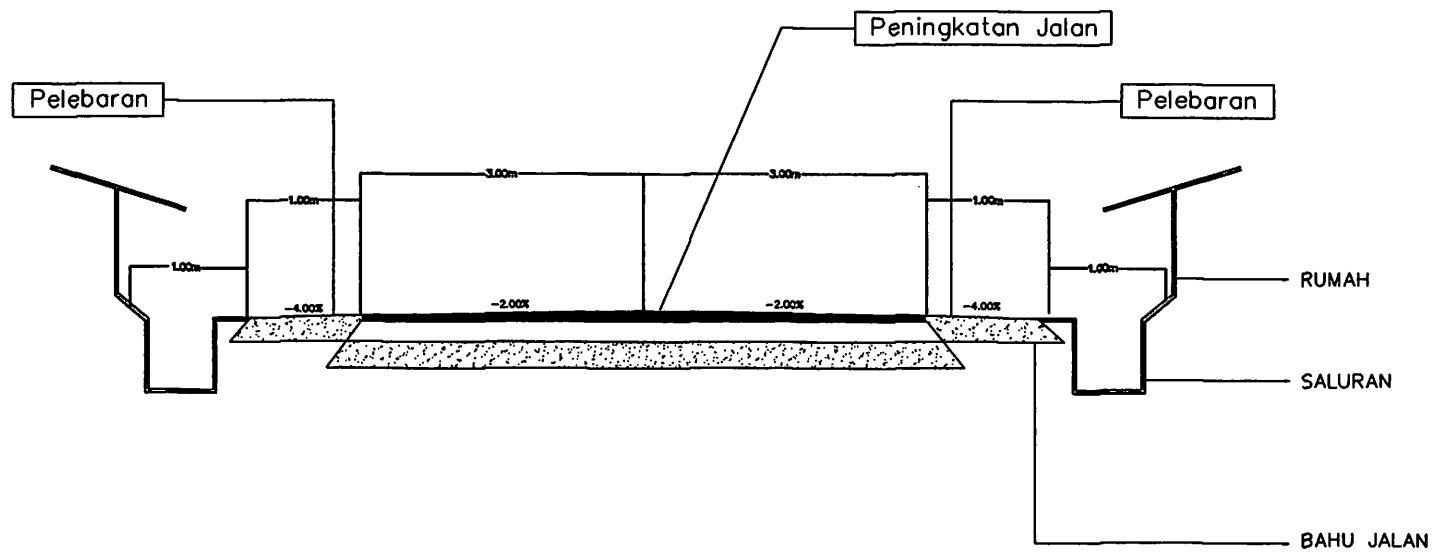








TYPICAL CROSS SECTION



LAMPIRAN E
CUT AND FILL

Project: Geometrik Jalan
 Alignment: Ikan Tombro Alinyemen

PRISMOIDAL VOLUME LISTING WITH CURVE

CORRECTION

Cut 1.0000	Fill 1.0000	Cut 1.0000	Fill 1.0000	Cut 1.0000	Fill 1.0000
Station	Area (m2)	Area (m2)	Volume (m3)	Volume (m3)	Tot
Vol (m3) Tot	Vol (m3)	Mass Ordinate			
0+000	25.811	0.000			
454.577	0.000	454.577	454.577	0.000	
0+020	19.780	0.000			
790.557	0.000	790.557	790.557	0.000	
0+040	13.985	0.000			
953.185	0.000	953.185	953.185	0.000	
0+053.50	10.202	0.000			
975.326	0.005	975.321	975.321	0.005	
0+060	0.000	0.002			
975.328	0.111	975.217	975.217	0.111	
0+080	0.000	0.009			
975.334	0.371	974.963	974.963	0.371	
0+100	0.000	0.017			
975.342	0.775	974.566	974.566	0.775	
0+120	0.000	0.023			
975.352	1.273	974.079	974.079	1.273	
0+140	0.001	0.026			
975.358	1.551	973.807	973.807	1.551	
0+160	0.000	0.004			
1067.984	1.581	1066.403	1066.403	1.581	
0+180	13.862	0.000			
1403.120	1.581	1401.539	1401.539	1.581	
0+200	19.847	0.000			
1861.388	1.581	1859.807	1859.807	1.581	
0+220	26.142	0.000			
2436.080	1.581	2434.499	2434.499	1.581	
0+240	31.423	0.000			
3066.915	1.581	3065.334	3065.334	1.581	
0+260	31.672	0.000			

3578.079	1.581	3576.498	511.164	0.000
0+280	19.901	0.000		
3767.322	1.581	3765.741	189.243	0.000
0+290.19	17.262	0.000		
3933.427	1.581	3931.846	166.106	0.000
0+300	16.577	0.000		
4249.147	1.581	4247.566	315.720	0.000
0+320	14.972	0.000		
4530.009	1.581	4528.428	280.862	0.000
0+340	13.100	0.000		
4783.574	1.581	4781.993	253.565	0.000
0+360	12.240	0.000		
5084.622	1.581	5083.041	301.047	0.000
0+380	18.045	0.000		
5502.656	1.581	5501.075	418.034	0.000
0+400	23.891	0.000		
6020.507	1.581	6018.926	517.851	0.000
0+420	27.946	0.000		
6285.936	1.581	6284.355	265.429	0.000
0+429.40	28.522	0.000		
6583.734	1.581	6582.153	297.798	0.000
0+440	27.690	0.000		
7108.735	1.581	7107.154	525.001	0.000
0+460	24.836	0.000		
7591.631	1.581	7590.051	482.897	0.000
0+480	23.460	0.000		
8064.038	1.581	8062.458	472.407	0.000
0+500	23.781	0.000		
8542.866	1.581	8541.285	478.828	0.000
0+520	24.102	0.000		
9027.426	1.581	9025.845	484.559	0.000
0+540	24.354	0.000		
9513.918	1.581	9512.337	486.492	0.000
0+560	24.295	0.000		
9997.332	1.581	9995.751	483.414	0.000
0+580	24.046	0.000		

10482.979	1.581	10481.398	485.647	0.000
0+600	24.519	0.000		
10967.586	1.581	10966.005	484.607	0.000
0+620	23.943	0.000		
11440.626	1.581	11439.045	473.040	0.000
0+640	23.362	0.000		
11947.163	1.581	11945.582	506.537	0.000
0+660	27.343	0.000		
12585.377	1.581	12583.797	638.215	0.000
0+680	36.707	0.000		
13232.529	1.581	13230.948	647.151	0.000
0+696.16	43.490	0.000		
13401.061	1.581	13399.480	168.532	0.000
0+700	44.254	0.000		
14281.656	1.581	14280.075	880.596	0.000
0+720	43.787	0.000		
15140.683	1.581	15139.102	859.027	0.000
0+740	42.102	0.000		
15962.008	1.581	15960.427	821.325	0.000
0+760	40.049	0.000		
16769.281	1.581	16767.700	807.273	0.000
0+780	40.709	0.000		
17615.237	1.581	17613.656	845.956	0.000
0+800	43.939	0.000		
18499.913	1.581	18498.332	884.676	0.000
0+820	44.556	0.000		
19013.721	1.581	19012.140	513.808	0.000
0+831.56	44.327	0.000		
19387.135	1.581	19385.554	373.414	0.000
0+840	44.205	0.000		
19780.881	1.581	19779.300	393.746	0.000
0+848.95	43.824	0.000		
20259.223	1.581	20257.642	478.342	0.000
0+860	42.724	0.000		
21082.868	1.581	21081.287	823.645	0.000
0+880	39.673	0.000		

21846.148	1.581	21844.567	763.280	0.000
0+900	36.692	0.000		
22586.205	1.581	22584.624	740.057	0.000
0+920	37.330	0.000		
23316.187	1.581	23314.606	729.982	0.000
0+940	35.679	0.000		
23986.868	1.581	23985.287	670.681	0.000
0+960	31.433	0.000		
24216.891	1.581	24215.310	230.023	0.000
0+967.51	29.865	0.000		
24573.814	1.581	24572.233	356.923	0.000
0+980	27.289	0.000		
25086.297	1.639	25084.658	512.483	0.058
1+000	23.994	0.009		
25584.300	1.696	25582.604	498.003	0.058
1+020	25.817	0.000		
26126.498	1.696	26124.802	542.198	0.000
1+040	28.424	0.000		
26726.572	1.696	26724.876	600.074	0.000
1+060	31.612	0.000		
27391.038	1.696	27389.341	664.465	0.000
1+080	34.861	0.000		
27785.532	1.696	27783.836	394.495	0.000
1+091.05	36.526	0.000		
28118.100	1.696	28116.403	332.567	0.000
1+100	37.877	0.000		
28847.544	1.696	28845.847	729.444	0.000
1+120	35.119	0.000		
29508.070	1.696	29506.373	660.526	0.000
1+140	30.997	0.000		
30086.501	1.716	30084.785	578.432	0.020
1+160	26.926	0.003		
30235.527	1.722	30233.805	149.026	0.006
1+165.67	25.686	0.000		
30583.134	1.722	30581.413	347.607	0.000
1+180	22.857	0.000		

30606.353	1.722	30604.631	23.218	0.000
1+181.02	22.654	0.000		
30994.063	1.722	30992.342	387.711	0.000
1+200	18.204	0.000		
31291.598	1.722	31289.876	297.535	0.000
1+220	11.721	0.000		
31369.832	2.254	31367.579	78.234	0.532
1+240	0.000	0.079		
31369.832	3.897	31365.935	0.000	1.643
1+250.43	0.000	0.253		
31369.832	6.605	31363.227	0.000	2.708
1+260	0.000	0.314		
31369.832	14.533	31355.300	0.000	7.928
1+280	0.000	0.485		
31369.832	26.256	31343.576	0.000	11.723
1+300	0.000	0.693		
31369.832	35.170	31334.662	0.000	8.914
1+320	0.000	0.238		
31369.833	36.937	31332.896	0.000	1.767
1+340	0.000	0.003		
31474.127	36.954	31437.172	104.294	0.017
1+360	15.615	0.000		
31547.255	36.954	31510.300	73.128	0.000
1+364.46	17.221	0.000		
31857.610	36.954	31820.656	310.355	0.000
1+380	22.861	0.000		
32384.316	36.954	32347.361	526.706	0.000
1+400	29.871	0.000		
32458.710	36.954	32421.756	74.394	0.000
1+402.45	30.665	0.000		
32510.296	36.954	32473.341	51.586	0.000
1+404.12	31.198	0.000		
33022.016	36.954	32985.061	511.720	0.000
1+420	33.439	0.000		
33724.709	36.954	33687.755	702.694	0.000
1+440	36.973	0.000		

			721.436	0.000
34446.146	36.954	34409.191		
1+458.58	40.745	0.000		
			58.094	0.000
34504.240	36.954	34467.286		
1+460	40.998	0.000		
			818.009	0.000
35322.249	36.954	35285.294		
1+480	40.803	0.000		
			810.260	0.000
36132.509	36.954	36095.555		
1+500	40.224	0.000		
			839.477	0.000
36971.986	36.954	36935.032		
1+520	43.749	0.000		
			858.438	0.000
37830.424	36.954	37793.469		
1+540	42.100	0.000		
			799.154	0.000
38629.578	36.954	38592.624		
1+560	37.853	0.000		
			740.147	0.000
39369.726	36.954	39332.771		
1+580	36.169	0.000		
			698.255	0.000
40067.981	36.954	40031.026		
1+600	33.672	0.000		
			647.792	0.000
40715.773	36.954	40678.818		
1+620	31.124	0.000		
			600.468	0.000
41316.240	36.954	41279.286		
1+640	28.936	0.000		
			556.245	0.000
41872.485	36.954	41835.531		
1+660	26.703	0.000		
			280.712	0.000
42153.197	36.954	42116.243		
1+670.67	25.901	0.000		
			239.646	0.000
42392.843	36.954	42355.889		
1+680	25.589	0.000		
			517.424	0.000
42910.267	36.954	42873.312		
1+700	26.299	0.000		
			533.071	0.000
43443.338	36.954	43406.384		
1+720	27.226	0.000		
			473.496	0.000
43916.834	36.954	43879.879		
1+737.04	28.649	0.000		
			85.373	0.000
44002.207	36.954	43965.253		
1+740	29.023	0.000		

44592.730	36.954	44555.776	590.523	0.000
1+760	30.032	0.000		
45200.725	36.954	45163.771	607.995	0.000
1+780	30.769	0.000		
45732.886	36.954	45695.931	532.161	0.000
1+800	22.654	0.000		
45989.381	36.954	45952.427	256.495	0.000
1+813.09	16.700	0.000		
46094.051	36.954	46057.097	104.670	0.000
1+820	13.654	0.000		
46185.034	38.236	46146.798	90.983	1.282
1+840	0.000	0.192		
46185.034	52.977	46132.057	0.000	14.741
1+860	0.000	1.484		
46185.034	104.892	46080.143	0.000	51.915
1+880	0.000	3.897		
46185.034	199.680	45985.355	0.000	94.788
1+900	0.000	5.634		
46185.034	301.663	45883.371	0.000	101.984
1+916.43	0.000	6.801		
46185.034	326.427	45858.607	0.000	24.764
1+920	0.000	7.055		
46185.034	483.725	45701.309	0.000	157.297
1+940	0.000	8.704		
46185.034	671.743	45513.291	0.000	188.018
1+960	0.000	10.116		
46185.034	880.805	45304.229	0.000	209.062
1+980	0.000	10.794		
46185.034	1053.759	45131.275	0.000	172.954
2+000	0.000	6.666		
46185.034	1154.153	45030.881	0.000	100.395
2+020	0.000	3.537		
46185.034	1201.804	44983.230	0.000	47.651
2+040	0.000	1.392		
46185.037	1212.382	44972.655	0.003	10.578
2+060	0.000	0.022		

46339.103	1212.526	45126.577	154.066	0.144
2+080	23.008	0.000		
			535.476	0.000
46874.579	1212.526	45662.053		
2+100	30.725	0.000		
			661.933	0.000
47536.513	1212.526	46323.987		
2+120	35.526	0.000		
			767.224	0.000
48303.737	1212.526	47091.211		
2+140	41.268	0.000		
			897.155	0.000
49200.893	1212.526	47988.367		
2+160	48.546	0.000		
			1030.611	0.000
50231.504	1212.526	49018.978		
2+180	54.574	0.000		
			1125.874	0.000
51357.378	1212.526	50144.852		
2+200	58.031	0.000		
			1195.568	0.000
52552.946	1212.526	51340.420		
2+220	61.543	0.000		
			1266.201	0.000
53819.147	1212.526	52606.621		
2+240	65.094	0.000		
			1338.440	0.000
55157.587	1212.526	53945.061		
2+260	68.767	0.000		
			1382.916	0.000
56540.503	1212.526	55327.977		
2+280	69.525	0.000		
			1366.275	0.000
57906.778	1212.526	56694.252		
2+300	67.109	0.000		
			1341.112	0.000
59247.889	1212.526	58035.363		
2+320	67.002	0.000		
			1361.978	0.000
60609.867	1212.526	59397.341		
2+340	69.202	0.000		
			1426.241	0.000
62036.108	1212.526	60823.582		
2+360	73.443	0.000		
			1442.515	0.000
63478.623	1212.526	62266.097		
2+380	70.816	0.000		
			1368.514	0.000
64847.137	1212.526	63634.611		
2+400	66.063	0.000		
			1274.358	0.000
66121.495	1212.526	64908.969		
2+420	61.401	0.000		

67303.531	1212.526	66091.005	1182.036	0.000
2+440	56.832	0.000		
68394.229	1212.526	67181.703	1090.698	0.000
2+460	52.270	0.000		
69355.537	1212.526	68143.011	961.307	0.000
2+480	43.980	0.000		
70151.639	1212.526	68939.113	796.102	0.000
2+500	35.771	0.000		
70786.927	1212.526	69574.401	635.288	0.000
2+520	27.919	0.000		
71273.043	1212.526	70060.516	486.116	0.000
2+540	20.863	0.000		
71647.046	1212.526	70434.520	374.004	0.000
2+560	16.618	0.000		
71972.998	1212.526	70760.472	325.951	0.000
2+580	15.980	0.000		
72283.547	1212.526	71071.021	310.549	0.000
2+600	15.080	0.000		
72587.988	1212.944	71375.043	304.441	0.418
2+620	15.365	0.063		
72903.863	1213.363	71690.500	315.875	0.418
2+640	16.226	0.000		
73249.499	1213.363	72036.136	345.636	0.000
2+660	18.359	0.000		
73661.588	1213.363	72448.225	412.089	0.000
2+680	22.935	0.000		
74165.069	1213.363	72951.706	503.481	0.000
2+700	27.482	0.000		
74734.334	1213.363	73520.971	569.265	0.000
2+720	29.456	0.000		
75295.291	1213.363	74081.929	560.957	0.000
2+740	26.663	0.000		
75828.956	1213.363	74615.593	533.665	0.000
2+760	26.703	0.000		
76397.100	1213.363	75183.737	568.144	0.000
2+780	30.146	0.000		

77034.699	1213.363	75821.336	637.599	0.000
2+800	33.646	0.000		
77733.188	1213.363	76519.825	698.489	0.000
2+820	36.218	0.000		
78468.833	1213.363	77255.470	735.645	0.000
2+840	37.349	0.000		
79252.182	1213.363	78038.820	783.350	0.000
2+860	41.015	0.000		
80119.674	1213.363	78906.311	867.491	0.000
2+880	45.778	0.000		
81083.618	1213.363	79870.255	963.944	0.000
2+900	50.657	0.000		
82146.324	1213.363	80932.961	1062.706	0.000
2+920	55.652	0.000		
83290.596	1213.363	82077.233	1144.273	0.000
2+940	58.789	0.000		
84496.760	1213.363	83283.397	1206.163	0.000
2+960	61.840	0.000		
85784.867	1213.363	84571.504	1288.107	0.000
2+980	67.005	0.000		
87190.280	1213.363	85976.917	1405.413	0.000
3+000	73.587	0.000		
88734.034	1213.363	87520.671	1543.754	0.000
3+020	80.845	0.000		
89608.240	1213.363	88394.877	874.206	0.000
3+030.55	84.879	0.000		
90427.395	1213.363	89214.032	819.154	0.000
3+040	88.380	0.000		
92186.771	1213.363	90973.408	1759.377	0.000
3+060	87.433	0.000		
93909.125	1213.363	92695.762	1722.354	0.000
3+080	84.702	0.000		
95572.513	1213.363	94359.150	1663.388	0.000
3+100	81.542	0.000		
97168.335	1213.363	95954.972	1595.822	0.000
3+120	77.953	0.000		

98678.160	1213.363	97464.797	1509.825	0.000
3+140	72.956	0.000		
99972.293	1213.363	98758.930	1294.132	0.000
3+160	56.737	0.000		
100567.625	1213.363	99354.262	595.333	0.000
3+171.83	44.174	0.000		

LAMPIRAN F
REPORT ALINYEMEN HORIZONTAL

Horizontal Alignment Station and Curve Report.

Alignment: Ikan Tombro Alinyemen

Desc:

Desc.	Station	Spiral/Curve Data	Northing
-------	---------	-------------------	----------

Easting

PI	0+000		9122342.003
	679278.311		
	Length:	53.503	Course: 54-49-47

PI	0+053.50		9122372.821
	679322.047		
	Length:	119.019	Course: 56-45-18
	Delta:	1-55-31	

Tangent Data			
	0+000		9122342.003
	679278.311		
	0+053.50		9122372.821
	679322.047		
	Length:	53.503	Course: 54-49-47

PI	0+172.52		9122438.069
	679421.586		
	Length:	119.019	Course: 41-49-39
	Delta:	14-55-39	

Tangent Data			
	0+053.50		9122372.821
	679322.047		
	0+067.71		9122380.612
	679333.932		
	Length:	14.212	Course: 56-45-18

Circular Curve Data			
PC	0+067.71		9122380.612
	679333.932		
CC			9123049.680
	678895.358		
PT	0+276.14		9122516.167
	679491.481		
	Delta:	14-55-39	Type: LEFT

Radius: 800.000 DOC: 07-09-43
Length: 208.427 Tangent: 104.807
Mid-Ord: 6.778 External: 6.836
Chord: 207.838 Course: 49-17-29
Es: 6.836

PI 0+290.35 9122526.757
679500.959
Length: 70.012 Course: 46-54-26
Delta: 5-04-46

Tangent Data
0+276.14 9122516.167
679491.481
0+290.35 9122526.757
679500.959
Length: 14.212 Course: 41-49-39

PI 0+360.37 9122574.588
679552.085
Length: 70.012 Course: 31-47-59
Delta: 15-06-27

Tangent Data
0+290.35 9122526.757
679500.959
0+294.06 9122529.291
679503.667
Length: 3.709 Course: 46-54-26

Circular Curve Data
PC 0+294.06 9122529.291
679503.667
CC 9122894.414
679162.076
PT 0+425.90 9122630.938
679587.023
Delta: 15-06-27 Type: LEFT
Radius: 500.000 DOC: 11-27-33
Length: 131.837 Tangent: 66.303
Mid-Ord: 4.339 External: 4.377
Chord: 131.455 Course: 39-21-12
Es: 4.377

PI 0+429.61 9122634.090
679588.978
Length: 261.364 Course: 35-28-36
Delta: 3-40-37

Tangent Data

0+425.90 9122630.938
679587.023
0+429.61 9122634.090
679588.978
Length: 3.709 Course: 31-47-59

PI 0+690.97 9122846.932
679740.666
Length: 73.748 Course: 38-57-55
Delta: 3-29-19

Tangent Data

0+429.61 9122634.090
679588.978
0+690.97 9122846.932
679740.666
Length: 261.364 Course: 35-28-36

PI 0+764.72 9122904.273
679787.042
Length: 73.748 Course: 19-34-11
Delta: 19-23-44

Tangent Data

0+690.97 9122846.932
679740.666
0+696.36 9122851.123
679744.056
Length: 5.391 Course: 38-57-55

Circular Curve Data

PC 0+696.36 9122851.123
679744.056
CC 9123102.663
679433.045
PT 0+831.77 9122968.681
679809.939
Delta: 19-23-44 Type: LEFT
Radius: 400.000 DOC: 14-19-26
Length: 135.406 Tangent: 68.357

Mid-Ord: 5.716 External: 5.799
Chord: 134.760 Course: 29-16-03
Es: 5.799

PI 0+837.16 9122973.760
679811.744
Length: 71.709 Course: 11-05-33
Delta: 8-28-39

Tangent Data

0+831.77 9122968.681
679809.939
0+837.16 9122973.760
679811.744
Length: 5.391 Course: 19-34-11

PI 0+908.87 9123044.130
679825.540
Length: 71.709 Course: 28-04-30
Delta: 16-58-57

Tangent Data

0+837.16 9122973.760
679811.744
0+849.15 9122985.527
679814.051
Length: 11.991 Course: 11-05-33

Circular Curve Data

PC 0+849.15 9122985.527
679814.051
CC 9122908.571
680206.578
PT 0+967.71 9123096.821
679853.645
Delta: 16-58-57 Type: RIGHT
Radius: 400.000 DOC: 14-19-26
Length: 118.560 Tangent: 59.718
Mid-Ord: 4.385 External: 4.433
Chord: 118.127 Course: 19-35-01
Es: 4.433

PI 0+979.70 9123107.401
679859.288
Length: 103.074 Course: 23-16-46

Delta: 4-47-44

Tangent Data

0+967.71 9123096.821
679853.645
0+979.70 9123107.401
679859.288
Length: 11.991 Course: 28-04-30

PI 1+082.77 9123202.083
679900.025
Length: 46.230 Course: 28-53-02
Delta: 5-36-16

Tangent Data

0+979.70 9123107.401
679859.288
1+082.77 9123202.083
679900.025
Length: 103.074 Course: 23-16-46

PI 1+129 9123242.562
679922.356
Length: 46.230 Course: 7-30-28
Delta: 21-22-34

Tangent Data

1+082.77 9123202.083
679900.025
1+091.26 9123209.510
679904.122
Length: 8.483 Course: 28-53-02

Circular Curve Data

PC 1+091.26 9123209.510
679904.122
CC 9123306.118
679729.002
PT 1+165.87 9123279.986
679927.288
Delta: 21-22-34 Type: LEFT
Radius: 200.000 DOC: 28-38-52
Length: 74.617 Tangent: 37.747
Mid-Ord: 3.470 External: 3.531
Chord: 74.185 Course: 18-11-45
Es: 3.531

PI 1+174.36 9123288.396
679928.396
Length: 41.923 Course: 12-13-01
Delta: 4-42-34

Tangent Data

1+165.87 9123279.986
679927.288
1+174.36 9123288.396
679928.396
Length: 8.483 Course: 7-30-28

PI 1+216.28 9123329.369
679937.267
Length: 41.923 Course: 32-06-01
Delta: 19-53-00

Tangent Data

1+174.36 9123288.396
679928.396
1+181.22 9123295.108
679929.849
Length: 6.867 Course: 12-13-01

Circular Curve Data

PC 1+181.22 9123295.108
679929.849
CC 9123252.785
680125.320
PT 1+250.63 9123359.066
679955.896
Delta: 19-53-00 Type: RIGHT
Radius: 200.000 DOC: 28-38-52
Length: 69.406 Tangent: 35.056
Mid-Ord: 3.003 External: 3.049
Chord: 69.058 Course: 22-09-31
Es: 3.049

PI 1+257.50 9123364.883
679959.546
Length: 105.551 Course: 27-33-43
Delta: 4-32-19

Tangent Data

1+250.63 9123359.066
 679955.896
 1+257.50 9123364.883
 679959.546
 Length: 6.867 Course: 32-06-01

PI 1+363.05 9123458.455
 680008.384
 Length: 21.270 Course: 36-16-56
 Delta: 8-43-14

Tangent Data

1+257.50 9123364.883
 679959.546
 1+363.05 9123458.455
 680008.384
 Length: 105.551 Course: 27-33-43

PI 1+384.32 9123475.601
 680020.971
 Length: 21.270 Course: 360-00-00
 Delta: 36-16-56

Tangent Data

1+363.05 9123458.455
 680008.384
 1+364.66 9123459.754
 680009.338
 Length: 1.611 Course: 36-16-56

Circular Curve Data

PC 1+364.66 9123459.754
 680009.338
 CC 9123495.260
 679960.971
 PT 1+402.65 9123495.260
 680020.971
 Delta: 36-16-56 Type: LEFT
 Radius: 60.000 DOC: 95-29-35
 Length: 37.995 Tangent: 19.659
 Mid-Ord: 2.982 External: 3.138
 Chord: 37.363 Course: 18-08-28
 Es: 3.138

PI 1+404.27 9123496.871
680020.971
Length: 29.324 Course: 357-17-06
Delta: 2-42-54

Tangent Data

1+402.65 9123495.260
680020.971
1+404.27 9123496.871
680020.971
Length: 1.611 Course: 360-00-00

PI 1+433.59 9123526.162
680019.582
Length: 29.324 Course: 49-17-26
Delta: 52-00-20

Tangent Data

1+404.27 9123496.871
680020.971
1+404.32 9123496.927
680020.969
Length: 0.056 Course: 357-17-06

Circular Curve Data

PC 1+404.32 9123496.927
680020.969
CC 9123499.770
680080.901
PT 1+458.78 9123545.251
680041.768
Delta: 52-00-20 Type: RIGHT
Radius: 60.000 DOC: 95-29-35
Length: 54.460 Tangent: 29.268
Mid-Ord: 6.074 External: 6.758
Chord: 52.610 Course: 23-17-16
Es: 6.758

PI 1+458.84 9123545.288
680041.811
Length: 178.232 Course: 48-59-32
Delta: 0-17-54

Tangent Data

1+458.78 9123545.251
680041.768

1+458.84 9123545.288
680041.811
Length: 0.056 Course: 49-17-26

PI 1+637.07 9123662.237
680176.309
Length: 29.470 Course: 52-03-01
Delta: 3-03-28

Tangent Data

1+458.84 9123545.288
680041.811
1+637.07 9123662.237
680176.309
Length: 178.232 Course: 48-59-32

PI 1+666.54 9123680.360
680199.548
Length: 38.792 Course: 57-12-53
Delta: 5-09-52

Tangent Data

1+637.07 9123662.237
680176.309
1+666.54 9123680.360
680199.548
Length: 29.470 Course: 52-03-01

PI 1+705.33 9123701.366
680232.161
Length: 38.792 Course: 19-11-22
Delta: 38-01-30

Tangent Data

1+666.54 9123680.360
680199.548
1+670.88 9123682.708
680203.192
Length: 4.335 Course: 57-12-53

Circular Curve Data

PC 1+670.88 9123682.708
680203.192

CC 9123766.778
680149.043
PT 1+737.24 9123733.909
680243.487
Delta: 38-01-30 Type: LEFT
Radius: 100.000 DOC: 57-17-45
Length: 66.366 Tangent: 34.457
Mid-Ord: 5.455 External: 5.770
Chord: 65.155 Course: 38-12-08
Es: 5.770

PI 1+741.58 9123738.003
680244.912
Length: 67.820 Course: 27-41-52
Delta: 8-30-30

Tangent Data
1+737.24 9123733.909
680243.487
1+741.58 9123738.003
680244.912
Length: 4.335 Course: 19-11-22

PI 1+809.40 9123798.051
680276.435
Length: 55.850 Course: 28-16-12
Delta: 0-34-20

Tangent Data
1+741.58 9123738.003
680244.912
1+809.40 9123798.051
680276.435
Length: 67.820 Course: 27-41-52

PI 1+865.25 9123847.240
680302.887
Length: 55.850 Course: 13-28-04
Delta: 14-48-08

Tangent Data
1+809.40 9123798.051
680276.435
1+813.29 9123801.479
680278.278

Length: 3.891 Course: 28-16-12

Circular Curve Data

PC 1+813.29 9123801.479
680278.278
CC 9123990.930
679925.988
PT 1+916.63 9123897.771
680314.988

Delta: 14-48-08 Type: LEFT
Radius: 400.000 DOC: 14-19-26
Length: 103.339 Tangent: 51.959
Mid-Ord: 3.333 External: 3.361
Chord: 103.052 Course: 20-52-08
Es: 3.361

PI 1+920.52 9123901.555
680315.895

Length: 933.427 Course: 16-32-23
Delta: 3-04-19

Tangent Data

1+916.63 9123897.771
680314.988
1+920.52 9123901.555
680315.895
Length: 3.891 Course: 13-28-04

PI 2+853.95 9124796.359
680581.623

Length: 247.920 Course: 20-43-34
Delta: 4-11-11

Tangent Data

1+920.52 9123901.555
680315.895
2+853.95 9124796.359
680581.623
Length: 933.427 Course: 16-32-23

PI 3+101.87 9125028.234
680669.362

Length: 78.427 Course: 36-54-55
Delta: 16-11-21

Tangent Data
2+853.95 9124796.359
680581.623
3+030.76 9124961.724
680644.196
Length: 176.808 Course: 20-43-34

Circular Curve Data
PC 3+030.76 9124961.724
680644.196
CC 9124784.774
681111.837
PT 3+172.03 9125085.090
680712.074
Delta: 16-11-21 Type: RIGHT
Radius: 500.000 DOC: 11-27-33
Length: 141.276 Tangent: 71.112
Mid-Ord: 4.981 External: 5.032
Chord: 140.807 Course: 28-49-14
Es: 5.032

PI 3+179.35 9125090.938
680716.468

Tangent Data
3+172.03 9125085.090
680712.074
3+179.35 9125090.938
680716.468
Length: 7.315 Course: 36-54-55

LAMPIRAN G
REPORT AGISOFT PHOTOSCAN

Agisoft PhotoScan

Processing Report

27 April 2015



Survey Data

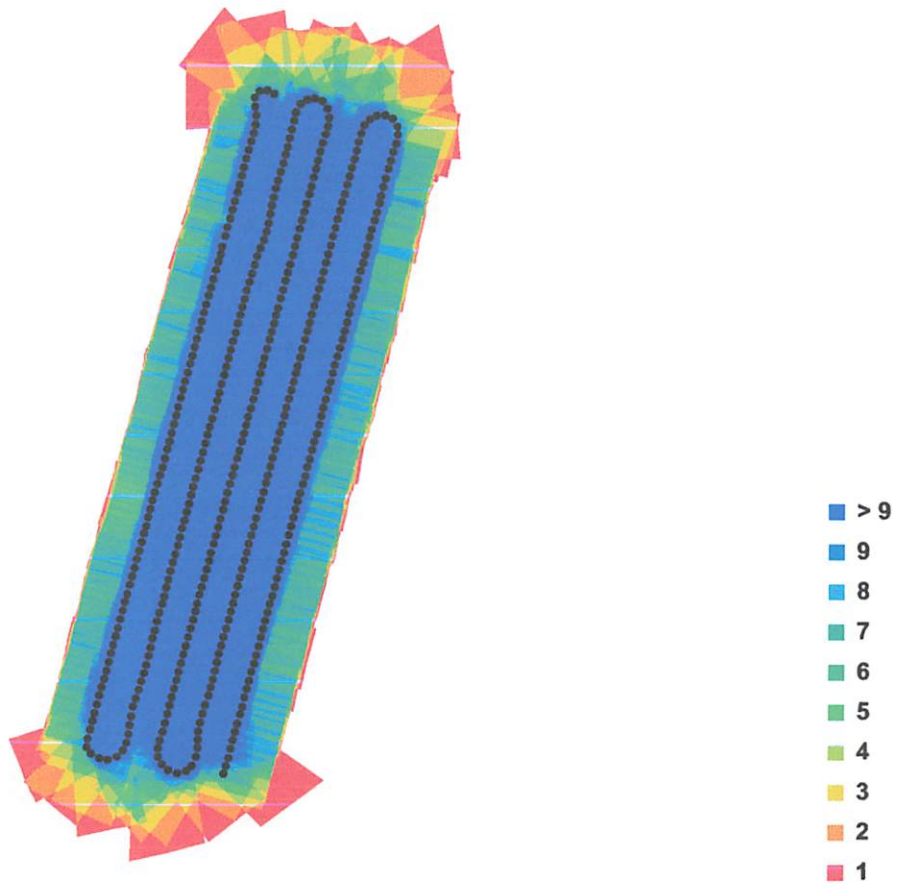


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	402	Camera stations:	402
Flying altitude:	483.629 m	Tie-points:	1974906
Ground resolution:	0.0863933 m/pix	Projections:	6140810
Coverage area:	6.56405 sq km	Error:	0.856556 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Precalibrated
DSC-RX100	5472 x 3648	10.4 mm	EXIF

Table. 1. Cameras.

Ground Control Points

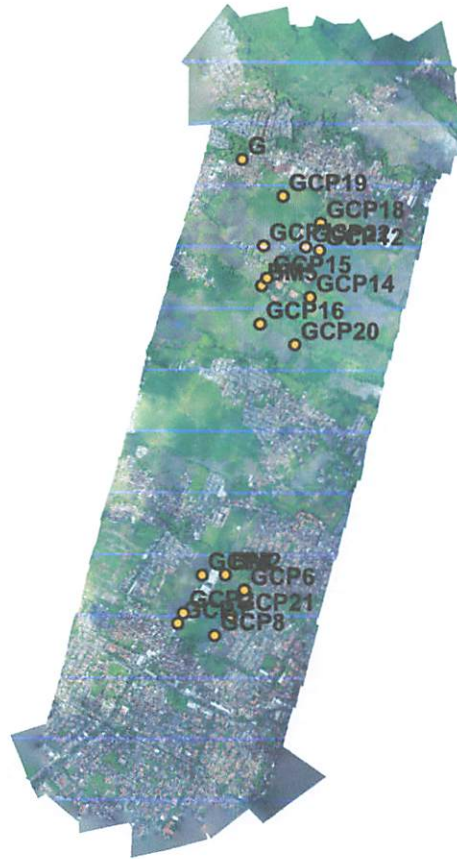


Fig. 2. GCP locations.

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
BM2	0.106031	0.142245	0.183799	0.255457	12	0.500613
BM5	-0.026029	0.021970	-0.213393	0.216095	17	0.677536
G	0.111370	-0.135692	-0.364691	0.404741	13	1.484409
GCP1	-0.040557	-0.046302	-0.105796	0.122399	15	0.655942
GCP12	-0.066089	-0.043600	0.009280	0.079717	16	0.654556
GCP13	-0.015760	0.056798	0.386743	0.391209	23	0.717278
GCP14	-0.036756	0.200474	-0.153024	0.254867	17	1.097135
GCP15	0.042532	0.044119	0.187012	0.196797	13	0.607399
GCP16	-0.025259	0.084440	0.021834	0.090801	13	0.661219
GCP18	0.000665	-0.073529	0.150090	0.167135	16	0.613502
GCP19	0.031196	-0.185440	0.069146	0.200356	18	0.960419

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
GCP2	-0.066764	-0.043692	0.013014	0.080844	18	0.684011
GCP20	-0.034384	0.087623	-0.294193	0.308884	16	0.909747
GCP21	0.014003	-0.085395	-0.231378	0.247031	19	0.816667
GCP22	-0.010406	0.066121	0.081065	0.105127	20	0.817339
GCP4	0.063796	0.076311	0.387748	0.400302	20	0.893758
GCP6	-0.023708	-0.032759	0.102706	0.110380	19	1.512912
GCP8	-0.023974	-0.133703	-0.230156	0.267251	15	0.707577

Table. 2. Control points.

Digital Elevation Model

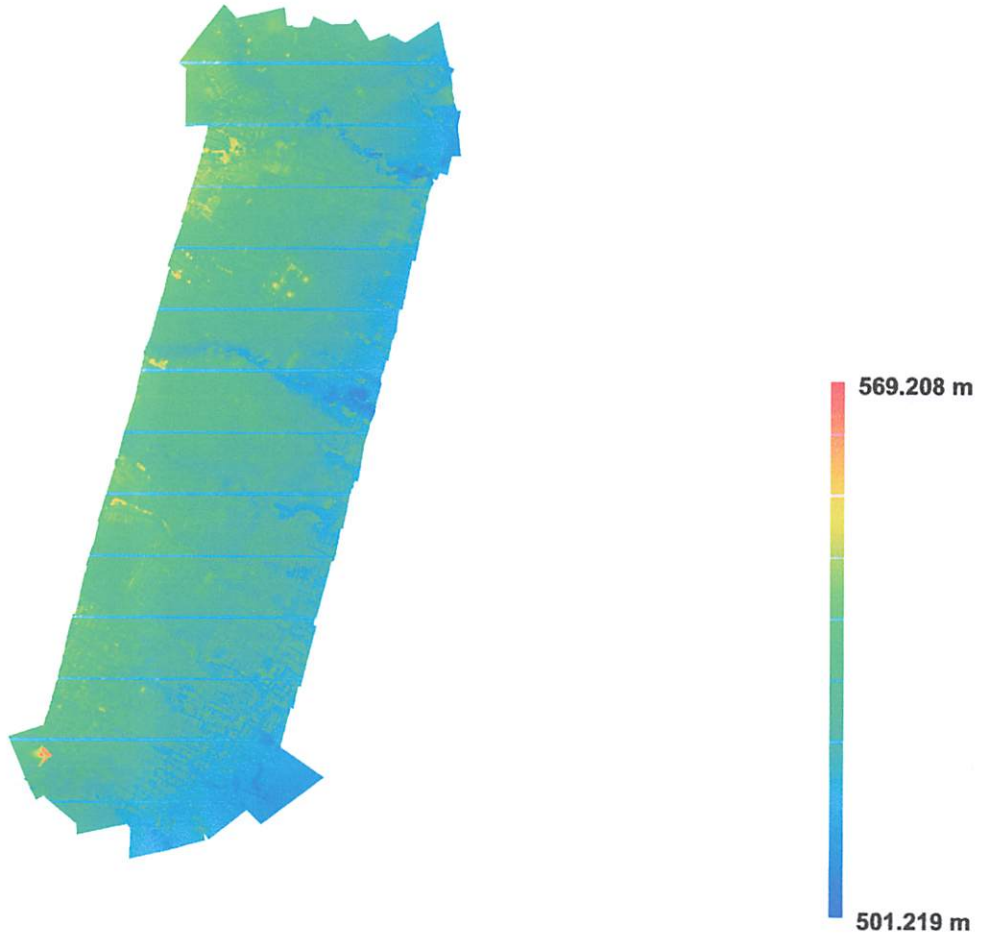


Fig. 3. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 0.377045 m/pix
Point density: 1.22554 points per sq m