

SURVEI TOPOGRAFI MENGGUNAKAN DRONE LiDAR UNTUK PEMBUATAN KONTUR

(Studi Kasus Di Desa Hargomulyo, Kecamatan Gedang Sari, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta)

Amor Cakra Pridasmara¹, Aning Haryati S.T., M.T.²

¹Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

²Dosen pembimbing 1 Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

ABSTRACT

Hargomulyo Village is a productive village which is a border village between Klaten Regency and Gunung Kidul Regency. Transportation activity in Hargomulyo Village is very high, ranging from small vehicles (motorbikes) to large vehicles (trucks and buses) which often use the main road in the village. However, this activity apparently caused many accidents that occurred on the main road in Hargomulyo Village. According to information from Bina Marga DIY, there was at least one motor vehicle accident in the period of one month.

This is the basis for Bina Marga DIY in planning the creation of a new road alignment because the existing road alignment is currently deemed unsafe because it has a fairly steep slope because it passes through hills, so it is necessary to create a new road alignment that makes it easier for residents to pass. In planning the creation of a new road alignment, several primary data are needed, one of which is topographic data from the area. Hargomulyo Village is a village located on high, hilly plains, making it quite difficult to collect topographic data using terrestrial methods.

Therefore, innovation and new technology are needed in collecting topographic data, in this case the extra-terrestrial method using LiDAR drones is used. The use of this method is expected to increase the efficiency of new road alignment planning work and increase the accuracy of topographic data.

Keywords : Topographic Survey, Drone LiDAR.

ABSTRAK

Desa Hargomulyo merupakan desa produktif yang menjadi Desa perbatasan antara Kabupaten Klaten dengan Kabupaten Gunung Kidul. Aktivitas transportasi di Desa Hargomulyo sangat tinggi mulai dari kendaraan kecil (sepeda motor) hingga kendaraan besar (truk dan bis) tidak jarang melalui jalan utama di Desa tersebut. Namun dari aktivitas tersebut ternyata menimbulkan banyak kecelakaan yang terjadi pada jalan utama Desa Hargomulyo, menurut keterangan dari Bina Marga DIY ada setidaknya satu kecelakaan kendaraan bermotor dalam kurun waktu satu bulan.

Hal ini menjadi dasar dari Bina Marga DIY dalam melakukan perencanaan pembuatan trase jalan baru karena trase jalan existing saat ini dirasa kurang aman karena memiliki kemiringan jalan yang cukup curam karena melewati perbukitan sehingga diperlukan

pembuatan trase jalan baru yang memudahkan warga dalam melintas. Dalam melakukan perencanaan pembuatan trase jalan baru diperlukan beberapa data primer salah satunya adalah data topografi dari area tersebut. Desa Hargomulyo merupakan Desa yang berada didataran tinggi perbukitan sehingga cukup menyulitkan dalam pengambilan data topografi menggunakan metode terrestrial.

Oleh karena itu, diperlukan inovasi dan teknologi baru dalam pengambilan data topografi tersebut, pada hal ini yang digunakan adalah metode extra-terresterial menggunakan drone LiDAR. Penggunaan metode ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dari pekerjaan perencanaan trase jalan baru dan dapat meningkatkan nilai akurasi nya dari data topografi.

Kata Kunci : Survei Topografi, Drone LiDAR.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia dari tahun ke tahun sudah sangat berkembang pesat. Salah satu sektor pembangunan yang sedang berkembang pesat di Indonesia adalah pembangunan infrastruktur jalan. Di Indonesia sendiri pembangunan jalan mulai dari jalan tol, jalan nasional, jalan provinsi, hingga jalan kabupaten pun sudah mulai rutin dilakukan. Tidak hanya pembangunan jalan baru namun peningkatan jalan existing juga dilakukan agar menambah tingkat keamanan jalan pada saat dilalui. Dengan adanya kebutuhan pembangunan yang massive ini maka diperlukan juga dukungan teknologi dan metode metode kerja terkini agar tetap dapat melakukan pembangunan dengan baik.

Pada penelitian ini mengambil studi kasus pada topografi Desa Hargomulyo. Desa Hargomulyo merupakan Desa produktif yang menjadi Desa perbatasan antara Kabupaten Klaten dengan Kabupaten Gunung Kidul. Aktivitas transportasi di Desa Hargomulyo sangat tinggi mulai dari kendaraan kecil (sepeda motor) hingga kendaraan besar (truk dan bis) tidak jarang melalui jalan utama di Desa tersebut. Namun dari aktivitas tersebut ternyata menimbulkan banyak kecelakaan yang terjadi pada jalan utama Desa Hargomulyo, menurut keterangan dari Bina Marga DIY ada setidaknya satu kecelakaan kendaraan bermotor dalam kurun waktu satu bulan. Hal ini menjadi dasar dari Bina Marga DIY dalam melakukan perencanaan pembuatan trase jalan baru karena trase jalan existing saat ini dirasa kurang aman karena memiliki kemiringan jalan yang cukup curam karena melewati perbukitan sehingga diperlukan pembuatan trase jalan baru yang memudahkan warga dalam melintas. Dalam melakukan perencanaan pembuatan trase jalan baru diperlukan beberapa data primer salah satunya adalah data topografi dari area tersebut. Desa Hargomulyo merupakan Desa yang berada

didataran tinggi perbukitan sehingga cukup menyulitkan dalam pengambilan data topografi menggunakan metode terrestrial. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dan teknologi baru dalam pengambilan data topografi tersebut, pada hal ini yang digunakan adalah metode extra-terrestrial menggunakan drone LiDAR.

Pada zaman ini perkembangan teknologi sudah tidak terhindarkan tak terkecuali dalam lingkup atau bidang survei dan pemetaan. Perkembangan teknologi pada survei dan pemetaan di Indonesia bisa dibilang berkembang dengan sangat pesat sehingga dapat mempercepat perkembangan pembangunan di Indonesia. Salah satu teknologi yang sudah mulai digunakan secara massive juga adalah penggunaan teknologi LiDAR dengan wahana Drone.

LiDAR adalah singkatan dari Light Detection and Ranging, Dapat diartikan suatu sistem penginderaan jauh aktif menggunakan sinar laser yang dapat menghasilkan informasi mengenai karakteristik topografi permukaan tanah dalam posisi horizontal dan vertical. Sedangkan menurut Alistair dkk., 2008 LiDAR adalah sebuah teknologi sensor jarak jauh menggunakan laser cahaya kontinyu yang dipancarkan secara menyebar dari sebuah transmitter (pemancar) untuk menemukan jarak suatu objek. LiDAR terbagi atas dua jenis, yaitu LiDAR topografi dan LiDAR batimetri. LiDAR topografi menggunakan laser inframerah untuk pemetaan tanah, sedangkan LiDAR batimetri menggunakan cahaya hijau yang dapat menembus air untuk mengukur dasar laut dan ketinggian dasar sungai (Hadi, 2019). LiDAR menggunakan cahaya inframerah, ultraviolet, sinar tampak, atau dekat dengan objek Gambar dan dapat digunakan untuk berbagai sasaran, termasuk benda-benda non logam, batu, hujan, senyawa kimia, aerosol, awan dan bahkan molekul tunggal. LiDAR ini dianggap dapat menjadi solusi pada daerah atau area yang memiliki wilayah cukup luas dan bentuk topografi

yang bervariasi karena sistem pengambilan data nya yang menyebarkan sinar laser dalam jumlah yang banyak dan merata. Ada beberapa wahana yang dapat mewartahi LiDAR dalam melakukan survei topografi salah satunya adalah dengan menggunakan wahana Drone.

Drone merupakan salah satu wahana yang dapat memaksimalkan kinerja LiDAR karena cara kerja drone LiDAR yang terbang diatas topografi bumi dan menembakkan laser nya langsung ke permukaan bumi. Drone LiDAR ini juga sangat tepat digunakan untuk wilayah yang memiliki bentuk topografi ekstrim dan cukup banyak pepohonan karena sinar laser pada LiDAR tersebut dapat mencari ruang diantara sela sela daun atau pepohonan sehingga kebutuhan untuk mengetahui titik ground dari area tersebut tetap terpenuhi.

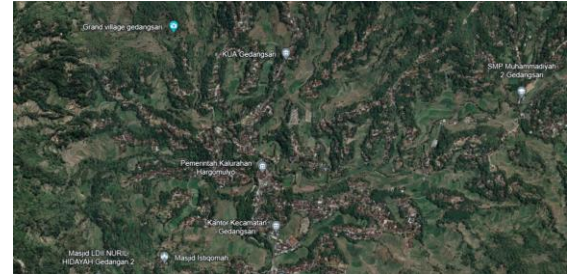
Mengingat kebutuhan dari data topografi yang cukup akurat dengan medan yang cukup curam dan ekstrim sehingga metode drone LiDAR ini dianggap lebih efisien karena metode ini menggunakan wahana udara sehingga tidak terjun langsung di area berbahaya dan dapat melakukan akuisisi dari wilayah yang dirasa aman. Data yang dihasilkan pun cukup memenuhi standar pengukuran topografi sesuai dengan skala yang diperlukan.

Data yang dihasilkan oleh metode drone LiDAR sendiri bisa dalam beberapa format file seperti menampilkan output Digital Surface Model (DSM), Digital Terrain Model (DTM), dan Kontur. Pada perencanaan trase jalan baru data yang dibutuhkan adalah data Digital Elevation Model dan data kontur yang nanti nya akan di gabungkan dengan desain jalan yang telah dibuat sehingga akan dapat diketahui langsung beberapa informasi yang digunakan pada masa konstruksi seperti volume galian timbunan, profile memanjang, profile melintang, dan informasi informasi lainnya.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini dilakukan di Kabupaten Bandung.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini terdapat dua metode yang digunakan untuk mendapatkan data sesuai yang di inginkan. Metode yang digunakan antara lain;

1. Metode Akuisisi Data

Metode ini digunakan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam pengolahan. Pada penelitian ini terdapat dua metode akuisisi untuk mendapatkan dua data yang diperlukan untuk pengolahan (data koordinat dan data point cloud). Metode yang pertama adalah dengan melakukan survei GNSS Geodetic untuk mendapatkan data koordinat asli dilapangan dan kedua metode survei drone LiDAR untuk mendapatkan data topografi yang ada pada area penelitian.

- a) Survei GNSS *Geodetic*, digunakan untuk mendapatkan koordinat pada setiap *point cloud* yang dihasilkan nantinya. Metode pengambilan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *diferensial* statik dengan konsep pengukuran *radial* menggunakan 1 titik sebagai *bench mark* dan 2 titik sebagai *independent control point*.
- b) Survei Drone LiDAR, Survei Drone LiDAR dilakukan menggunakan wahana Drone yang sudah dipasang oleh sensor LiDAR sehingga sensor dari LiDAR dapat langsung

menembakkan lasernya ke permukaan bumi dan mendapatkan data dari topografi area tersebut. Drone LiDAR yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sistem Post Processing Kinematik (PPK) dengan tipe drone DJI Matrice 300 dan sensor LiDAR yang digunakan adalah CHCNav Alpha Air 450.

2. Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengolahan data secara elektronik yang dimana pada penelitian ini menggunakan software aplikasi CHCNAV Geomatics Office, Global Mapper dan Agisoft Metashape. Pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut;

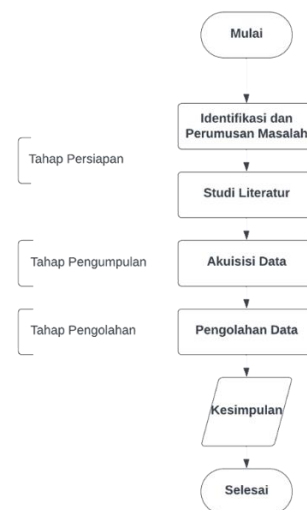
- a) Pengolahan Data *Baseline*, digunakan untuk mendapatkan koordinat pada setiap *point cloud* yang dihasilkan nantinya. Metode pengambilan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *diferensial* statik dengan konsep pengukuran *radial* menggunakan 1 titik sebagai *bench mark* dan 2 titik sebagai *independent control point*. Pada survei GPS *geodetic*, pengolahan *baseline* umumnya dilakukan secara beranting satu persatu (*single baseline*) dari *baseline* ke *baseline*, dimulai dari suatu tetap yang telah diketahui koordinatnya, sehingga membentuk suatu jaringan yang tertutup. Tapi perlu juga dicatat di sini bahwa pengolahan *baseline* dapat dilakukan secara sesi per sesi pengamatan, dimana satu sesi terdiri dari beberapa *baseline* (*single session*, *multi baseline*).
- b) Klasifikasi Point Cloud, Klasifikasi *point cloud* ini menggunakan software aplikasi global mapper dengan sistem *auto classified* dan *manual classified* dengan tujuan melakukan *double check* pada hasil klasifikasi *auto* sehingga tetap didapatkan nilai *ground* yang

sebenarnya. Dari hasil pengolahan ini adalah *point cloud* yang sudah terklasifikasi sehingga memudahkan dalam pembuatan *Digital Elevation Model* (DEM) dan peta kontur.

- c) *Digital Elevation Model*, Pada prinsipnya merupakan suatu model digital yang merepresentasikan bentuk topografi permukaan bumi dalam bentuk tiga dimensi (3D). Definisi lain dari DEM yaitu merupakan suatu file atau database yang menampung titik-titik ketinggian dari suatu permukaan. Pembuatan DEM dilakukan dengan metode *auto generate* menggunakan software aplikasi global mapper.
- d) Kontur, Pada pengolahan data kontur ini menggunakan software aplikasi global mapper berdasar dari data hasil pengukuran LiDAR yang sudah diklasifikasi sebelumnya dan di olah menjadi *Digital Elevation Model*. Hasil kontur ini nantinya akan dibuka di software Autodesk Civil 3D dengan format .dwg untuk digunakan sebagai data dasar dalam melakukan pembuatan peta kontur.

Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran yang dilaksanakan dalam kegiatan ini dapat dilihat dari diagram di bawah ini :



Gambar 2. Diagram alir kerangka penelitian

Akuisisi Data

Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan 2 metode yaitu metode survei GNSS *Geodetic* untuk mendapatkan data-data koordinat dari hasil pengukuran BM dan juga hasil pengukuran titik titik *Independent Control Point*. Setelah itu dilakukan juga kegiatan survei drone LiDAR untuk mendapatkan data *point cloud* yang nanti nya akan diolah dan dilakukan klasifikasi menjadi beberapa objek agar dapat menghasilkan data topografi yang akurat dan merepresentasikan keadaan yang ada di lapangan.

Pengolahan Data

Data data yang telah di akuisisi dan dilakukan folderisasi selanjutnya akan masuk kedalam tahap pengolahan, ada beberapa data yang diolah dan menggunakan *software* aplikasi pengolah data yang berbeda. Adapun data data yang diolah seperti;

1. Koordinat titik BM dan ICP, Setelah dilakukan pengukuran GNSS *Geodetic* maka selanjutnya data data hasil survei yang ber format .rinex dilakukan menggunakan software aplikasi pengolah data. Pada penelitian ini software aplikasi yang digunakan adalah CHCNav Geomatics Office (CGO). Hasil dari pengolahan ini adalah koordinat dari masing-masing titik BM dan ICP.
2. Foto Udara, Setelah melakukan kegiatan survei menggunakan drone LiDAR salah satu output yang didapatkan adalah data raw foto yang ber format .jpg. Data ini akan diolah menggunakan software aplikasi pengolah data foto udara yaitu software agisoft metashape. Hasil dari pengolahan data ini adalah berbentuk format .tiff dan .ecw yang nantinya

akan di integrasikan dengan data point cloud LiDAR.

3. Klasifikasi *Point Cloud*, Setelah mendapatkan data data point cloud selanjutnya perlu dilakukan klasifikasi pada objek objek yang terekam oleh sensor LiDAR (.las) agar dapat dilakukan reduksi data sesuai dengan kebutuhan dari penelitian ini. Data yang dibutuhkan adalah nilai ground dari area yang diakusisi hal ini dikarenakan kebutuhan dari pekerjaan ini adalah untuk mendapatkan data topografi yang baik guna perencanaan trase jalan yang baru. Hasil dari pengolahan ini berformat .las. Klasifikasi point cloud menggunakan software aplikasi global mapper dalam pengolahan nya.
4. Pembuatan Digital Elevation Model, Dari hasil point cloud yang sudah dilakukan klasifikasi selanjutnya adalah pembuatan digital elevation model (DEM) untuk mendapatkan data 3D dari objek yang sudah diklasifikasi sebelumnya.
5. Pembuatan Kontur, Hasil dari digital elevation model dapat menjadi dasar dalam pembuatan kontur. Pembuatan kontur ini dirasa penting karena data kontur yang dihasilkan akan digabungkan dengan data desain jalan yang telah dibuat sehingga akan menjadi dasar dalam perencanaan pembuatan desain jalan nya. Format dari file kontur adalah .dwg yang akan diolah menggunakan software aplikasi Autodesk Civil 3D.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan data topografi yang merepresentasikan bentuk asli dari topografi *existing*. Hasil tersebut akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan rencana trase jalan baru untuk

menyelesaikan permasalahan yang ada di jalan Hargomulyo Kecamatan Gedang Sari Kabupaten Gunung Kidul Provinsi DIY. Hasil kontur dari DEM LiDAR akan dibandingkan dengan hasil DEMNas sehingga akan terlihat perbedaan hasil dan sekaligus menjadi uji validasi dari penggunaan data kontur hasil pengukuran menggunakan teknologi Drone LiDAR.

1. Hasil Akuisisi dan Pengolahan GNSS

Berdasarkan hasil analisis, sebagian besar Kabupaten Bandung termasuk kedalam SKL Morfologi Rendah sehingga layak untuk dikembangkan untuk kegiatan apapun. Untuk SKL Morfologi tinggi terdapat di daerah perbukitan dan pegunungan yang secara fisik di beberapa lokasi saat ini memang merupakan daerah yang ditetapkan sebagai kawasan lindung. Adapun secara rinci persebaran lokasi karakteristik lahan yang memiliki kelas SKL Morfologi tinggi, cukup, sedang, kurang, dan rendah dapat dilihat hasil analisis dan luasan pada tabel 1 dibawah. Hasil akuisisi data yang pertama pada penelitian ini adalah data Rinex GNSS pada 1 titik *benchmark* dan 2 titik *independent control point*. Hasil tersebut didapat dari akuisisi jaring kontrol orde 4 menggunakan metode radial dengan selang waktu 30 menit pada setiap sesi dan menghasilkan 2 sesi pengukuran. Hal ini di sesuaikan dengan ketentuan SNI Jaring Kontrol Horizontal dengan nomor SNI 19-6724-2002 yang dibuat oleh Badan Standarisasi Nasional.

Tabel 1. Hasil Pengolahan GNSS

Point-ID	Coordinate System	Easting	Northing	Ellip. Height Ortho. Height	SD Easting	SD Northing	SD Height
H1	ID_UTM 49 S	455326,4374 m	9136361,2499 m	364,4610 m	0,0004 m	0,0007 m	0,0064 m

Point ID	North(m)	North Err(m)	East(m)	East Err(m)	Elev(m)	Elev. Err(m)
Base	9136991,6720	0,0000	454835,5225	0,0000	166,3430	0,0000
THB2	9136795,3611	0,0004	455261,8076	0,0003	281,2959	0,0006

2. Hasil Akuisisi dan Pengolahan Foto Udara

Hasil raw foto yang telah diperoleh selanjutnya diolah menggunakan *software* agisoft metashape dengan melakukan proses *geotagging* (penyesuaian jumlah foto dengan koordinat foto) terlebih dahulu sehingga hasil dari pengolahan sudah memiliki data koordinat yang sesungguhnya tanpa melalui proses georeferensi pada hasil pengolahan *orthophoto*. Hasil foto tersebut kemudian dilakukan pengecekan hasil dengan menggunakan data *Independent Control Point*. Sehingga akan terlihat akurasi koordinat geometri dari hasil pengolahan dengan hasil pengukuran GNSS.

Gambar 3. Peta Orthophoto

3. Hasil Akuisisi dan Pengolahan LiDAR

Akuisisi data LiDAR menggunakan wahana Drone *Multicopter* DJI Matrice 300 RTK yang di integrasikan dengan sensor LiDAR CHCNav AlphaAir 450 sehingga menghasilkan data Raw berformat .las yang sudah *colorized* sehingga merepresentasikan kondisi *existing* pada wilayah tersebut. Format .las ini yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan hasil akhir penelitian ini (kontur). Dalam proses pembuatan nya membutuhkan beberapa tahapan seperti melakukan klasifikasi *point cloud* untuk menentukan nilai ground, pembantuan *Digital Elevation Model (DEM)*, pembuatan kontur otomatis hingga proses *smoothing* kontur sesuai kebutuhan.



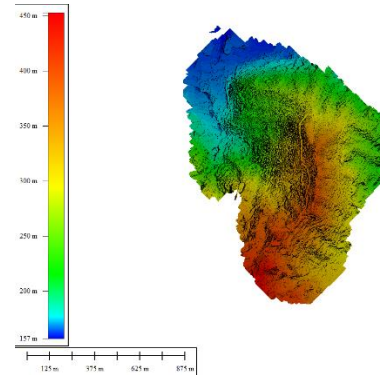
Gambar 4. Raw Data LiDAR

4. Klasifikasi *Point Cloud*

Hasil klasifikasi point cloud adalah tampilan point cloud pada ground karena pada saat pemilihan filter LiDAR objek hanya memilih objek ground saja. Pemilihan objek ground dikarenakan kebutuhan akhir untuk menampilkan data topografi berupa kontur sehingga tidak diperlukan data data lain nya seperti pohon, pemukiman, dan objek diatas ground yang lain.

5. Pembuatan *Digital Elevation Model*

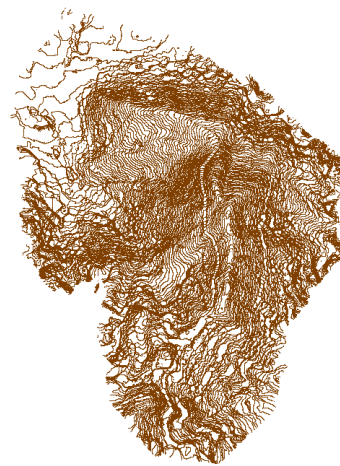
Pembentukan *Digital Elevation Model* ini menggunakan tools “*Create Elevation Grid*” dan data input yang digunakan adalah data hasil klasifikasi *point cloud* yang sudah dilakukan pada tahap sebelumnya. Pada *classification filtering* dipilih *ground* agar yang ter *generate* dalam pemuatan DEM hanya nilai *ground* saja. Pada *grid creation section* dipilih *automatic spacing multiple of point spacing* sebesar 5. Pada hasil pembuatan DEM ini juga dapat diketahui selisih elevasi titik terendah hingga teratas dari area tersebut setinggi 293m.



Gambar 5. Hasil Pembuatan DEM

6. Pembuatan Kontur

Pembentukan kontur menghasilkan garis garis kontur yang mewakili setiap elevasi yang diinginkan dengan nilai kontur minor sebesar 1m dan nilai kontur mayor sebesar 5m, diwakilkan dengan garis warna coklat dengan ketebalan garis yang berbeda antara kontur mayor dan kontur minor dan pelabelan elevasi pada setiap kontur mayor nya.



Gambar 6. Hasil Pembuatan Kontur

7. Validasi Hasil Kontur

Untuk melakukan validasi mengenai hasil kontur dari pengukuran menggunakan teknologi *drone* LiDAR perlu dilakukan pembuatan DEM kembali

pada hasil kontur agar dapat melihat apakah hasil dari survei topografi menggunakan *drone* LiDAR ini sudah dapat merepresentasikan bentuk yang sebenarnya dari topografi *existing*. Sehingga setelah pembuatan DEM telah selesai dibuat maka dapat dibandingkan dengan menggunakan data DEMNas yang didapat melalui situs resmi Ina Geoportal.

KESIMPULAN

Berdasarkan urutan pekerjaan yang telah dilakukan dari survei topografi menggunakan *drone* LiDAR untuk pembuatan kontur yang dapat digunakan untuk perencanaan trase jalan (studi kasus di Desa Hargomulyo, Kecamatan Gedang Sari, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta) diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode *drone* LiDAR terbukti efisien karena hanya dengan waktu akuisisi satu hari dapat mengambil data di area perbukitan yang curam dengan perbedaan ketinggian yang cukup signifikan antara titik terendah dengan titik tertinggi (kurang lebih 250m).
2. Hasil dari *drone* LiDAR terbukti dapat merepresentasikan topografi *existing*. Hal ini dikarenakan metode pengambilan data *drone* LiDAR yang menembakkan sensor aktif pada LiDAR ke topografi area yang diakuisisi dan sensor LiDAR dapat mencari celah celah diantara dedaunan dan pepohonan sehingga tetap didapatkan nilai *ground* pada area yang rimbun dan sulit dijangkau.
3. Hasil *drone* LiDAR terintegrasi dengan data *orthophoto* sehingga dapat mempermudah dalam melakukan interpretasi atau analisis lanjutan dalam hal perencanaan trase jalan baru.

SARAN

Saran yang dapat diberikan oleh penulis bagi penelitian selanjutnya yaitu :

1. Dalam penelitian ini penggunaan titik *Independent Control Point* (ICP) masih sedikit. Untuk penelitian selanjutnya dapat memperbanyak jumlah *control point* agar hasil dapat lebih maksimal.
2. Dalam penelitian proses auto dan manual *smoothing* menggunakan *software* aplikasi global mapper. Untuk penelitian selanjutnya dapat di komparasikan dengan *software* aplikasi yang lain seperti microstation, autocad civil 3D dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Latifa, D. P., Nurtyawan, R., & Nuha, U. (2016) *Analisis Perbandingan Ketelitian Vertikal DTM (Digital Terrain Model) dari Foto Udara dan LiDAR (Light Detection And Ranging) (Wilayah Studi: Sungai Gelam Timur Jambi)*
- Maulana, R. D., Istarno. (2019) *Perhitungan Akurasi Vertikal Data UAV LiDAR Mengacu Pada Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018*
- Setyawan, A. A., Taftazani, M. I., Bahri, S., Noviana E. D., Faridatunnisa, M. (2021) *Drone LiDAR Application For 3D City Model. Journal Of Applied Geospatial Information*
- Alkan, R. M., & Karsidag, G. (2012). *Analysis of The Accuracy of Terrestrial Laser Scanning Measurements*. 16
- Soeta'at. (2009). *Pengantar LiDAR : Konsep, Proyek dan Aplikasi. Universitas Gadjah Mada*.
- Staiger, R. (2003). *Terrestrial Laser Scanning Technology, Systems and Applications*. 10.