

Analisis Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia dengan Wahana LiDAR (Light Detection and Ranging) (Studi Kasus: Penajam, Kalimantan Timur)

Analysis of Making the Contour Map of the Indonesian Topographical Map with the LiDAR (Light Detection and Ranging) Vehicle (Case Study: Penajam, East Kalimantan)

Husnul Hidayat*, Prabu Al Kautsar Sudarsono

Departemen Teknik Geomatika, FTSPK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Korespondensi penulis: hidayat.h@its.ac.id

Diterima: 31072023; Diperbaiki: 28052024; Disetujui: 10062024; Dipublikasi: 20062024

Abstrak: Data ketinggian Digital Elevation Model (DEM) terdiri atas Digital Surface Model (DSM) dan Digital Terrain Model (DTM). DSM adalah informasi yang menggambarkan model permukaan bumi beserta seluruh objek yang berada di atasnya. Sedangkan DTM menggambarkan model permukaan bumi tanpa objek yang berada di atasnya di wilayah darat. DTM dibentuk dari kelas ground dan dilakukan hydro-flattening yaitu dengan meratakan area permukaan air. dengan kata lain, DTM merupakan kumpulan titik data sampel yang terus mewakili distribusi spasial dari berbagai jenis informasi di medan. Contoh sumber data yang dapat digunakan dalam pembuatan DTM adalah data LiDAR. DTM kemudian dapat digunakan dalam pembuatan kontur peta. Ketelitian kontur pada peta RBI diatur dalam Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 6 tahun 2018 serta Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 1 Tahun 2020. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data LiDAR. Pengolahan data tersebut menggunakan metode yaitu Slope Based Filtering (SBF). Setelah dilakukan proses pengolahan data pada data LiDAR kemudian didapatkan hasil berupa kontur. Dimana Kemudian setelah terbentuk kontur dari masing-masing data, dilakukan pengujian ketelitian berdasarkan PERKA BIG No. 6 Tahun 2018 dan PERKA BIG No. 1 Tahun 2020. Hasil dari penelitian ini yaitu uji LE90 pengolahan data LiDAR sebesar 0.523 m. Berdasarkan Perka BIG No. 6 Tahun 2018 dan PERKA BIG No. 1 Tahun 2020 pada ketelitian peta skala 1:5000, hasil pengolahan data LiDAR masuk kelas 1. Berdasarkan hasil kontur yang dihasilkan, Kontur hasil dari LiDAR memiliki kerapatan yang terbilang baik. Hal ini dikarenakan pada hasil dari LiDAR memiliki nilai RMS Error yang rendah.

Copyright © 2024 Geoid. All rights reserved.

Abstract: The Digital Elevation Model (DEM) elevation data consists of a Digital Surface Model (DSM) and a Digital Terrain Model (DTM). DSM is information that describes a model of the earth's surface and all the objects that are on it. Meanwhile, DTM describes a model of the earth's surface without objects on it in the land area. DTM is formed from ground class and hydro-flattening is carried out by leveling the surface area of the water. in other words, a DTM is a collection of sample data points that continuously represent the spatial distribution of various types of information in the terrain. An example of a data source that can be used in making a DTM is UAV-photogrammetry data. DTM can then be used in creating contour maps. The accuracy of the contours on the RBI map is regulated in the Regulation of the Head of the Geospatial Information Agency No. 6 of 2018 and Regulation of the Head of the Geospatial Information Agency No. 1 of 2020. The data used in this research is UAV-photogrammetry data. Processing the data using a method that is Slope Based Filtering (SBF). After processing the data on the UAV-photogrammetry data, the results are obtained in the form of contours. Where Then after the contours of each data are formed, accuracy testing is carried out based on PERKA BIG No. 6 of 2018 and PERKA BIG No. 1 of 2020. The results of this study are the LE90 test for LiDAR data processing of 1.248 m. Based on BIG Regulation No. 6 of 2018 and PERKA BIG No. 1 of 2020 at a map accuracy of 1:5000 scale, the results of LiDAR data processing are in class 1. Based on the resulting contour results, the resulting contours from LiDAR have a fairly good density. This is because the results from LiDAR have a low RMS error value.

Kata kunci: LiDAR, Digital Terrain Model, Kontur, Peta RBI

Cara untuk sitasi: Hidayat, H. & Sudarsono, P. A. K. (2024). Analisis Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia dengan Wahana LiDAR (Light Detection and Ranging) (Studi Kasus: Penajam, Kalimantan Timur). *Geoid*, 19(2), 274 - 282.

Pendahuluan

Permukaan bumi terdiri dari berbagai macam objek berupa unsur alam maupun buatan. Bentuk kenampakan bumi tersebut dapat digambarkan dalam sebuah peta. Peta dasar nasional di Indonesia yang menyajikan informasi geospasial adalah Peta Rupabumi Indonesia (RBI) dibuat oleh Badan Informasi Geospasial. Salah satu unsur yang terdapat dalam RBI yaitu hipsografi. Hipsografi merupakan garis khayal untuk menggambarkan semua titik yang mempunyai ketinggian sama di permukaan bumi atau kedalaman sama di dasar laut seperti titik tinggi dan kontur (BIG, 2021). Data yang digunakan untuk menyajikan informasi mengenai ketinggian permukaan bumi yaitu Digital Elevation Model (DEM). DEM adalah representasi digital dari elevasi permukaan tanah sehubungan dengan setiap datum referensi. DEM sering digunakan untuk merujuk pada representasi digital dari permukaan topografi. DEM adalah bentuk paling sederhana dari representasi digital topografi. DEM digunakan untuk menentukan atribut medan seperti elevasi di setiap titik, kemiringan, dan aspek. Fitur medan seperti cekungan drainase dan jaringan saluran juga dapat diidentifikasi dari DEM. Data ini banyak digunakan dalam analisis hidrologi dan geologi, pemantauan bahaya, eksplorasi sumber daya alam, manajemen pertanian dan lain-lain (Balasubramanian, 2017).

Data ketinggian Digital Elevation Model (DEM) terdiri atas Digital Surface Model (DSM) dan Digital Terrain Model (DTM). DSM adalah informasi yang menggambarkan model permukaan bumi beserta seluruh objek yang berada di atasnya. Sedangkan DTM menggambarkan model permukaan bumi tanpa objek yang berada di atasnya di wilayah darat. DTM dibentuk dari kelas ground dan dilakukan hydro-flattening yaitu dengan meratakan area permukaan air (BIG, 2021). DTM adalah kumpulan titik data sampel yang terus mewakili distribusi spasial dari berbagai jenis informasi di medan. DTM juga dapat dikatakan bisa menggambarkan dalam segi digital dari distribusi spasial pada satu atau lebih mengenai jenis informasi medan dan diwakili dengan data 2D ditambah representasi matematis dari informasi medan tersebut. Proses konstruksi DTM disebut dengan pemodelan medan digital yang merupakan proses pemodelan matematika. Dalam proses seperti ini, beberapa titik diambil sebagai sampel dari medan yang kemudian digunakan untuk melakukan pemodelan dengan mencantumkan berdasarkan akurasi pengamatan, kepadatan, dan distribusi tertentu sesuai dengan kebutuhan (Li dkk, 2005).

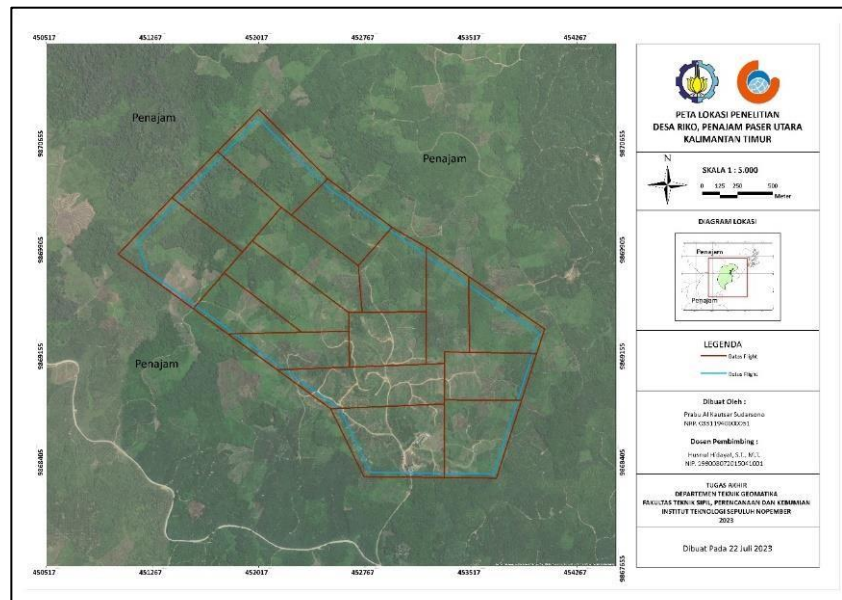
Terdapat beberapa sumber data dalam pembentukan DTM diantaranya menggunakan data LiDAR (Light Detection and Ranging). LiDAR merupakan perpaduan antara LRF (Laser Range Finder), POS (Positioning and Orientation System) yang diintegrasikan dengan DGPS (Differential Global Positioning System), IMU (Inertial Measurement Unit) dan Kontrol Unit. Prinsip kerja sistem LiDAR secara umum adalah sensor memancarkan sinar laser ke target di permukaan bumi, kemudian sinar laser tersebut dipantulkan kembali ke sensor. Berkas sinar yang kembali kemudian dianalisis untuk mengetahui jarak dari sensor ke posisi objek dan menghasilkan posisi 3 dimensi melalui data posisi dan orientasi dari sensor (Lohani, 1996).

Pada penelitian ini pembentukan DTM dilakukan untuk mendapatkan garis kontur yang menggambarkan ketinggian permukaan area perkebunan dengan luas 325 hektar di Desa Riko Kabupaten Penajam Paser Utara Provinsi Kalimantan Timur. Pembentukan DTM menggunakan sumber data dari foto udara format kecil dan data LiDAR karena lebih efektif dan efisien untuk mendapatkan data yang detail dan akurat dalam waktu singkat pada area yang luas. Metode yang digunakan untuk data LiDAR dalam mengkonversi data DSM menjadi data DTM adalah Slope Based Filtering. Slope Based Filtering sendiri merupakan sebuah konsep dari perbedaan antara dua cell bertetangga yang diakibatkan oleh curamnya lereng pada permukaan (Pambudi, 2015). Hasil DTM diolah menjadi data kontur lalu dilakukan perhitungan ketelitian peta berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 (BIG, 2018).

Ketelitian peta merupakan nilai yang menggambarkan tingkat kesesuaian antara posisi dan atribut sebuah objek di peta dengan posisi dan atribut sebenarnya. Untuk mendapatkan ketelitian peta didapatkan berdasarkan nilai Linear Error 90% (LE90). LE90 adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal (ketinggian) yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut. Hasil akhir yang didapatkan adalah peta kontur dan analisis terkait ketelitian pembentukan DTM dari data LiDAR dalam pembuatan kontur Peta RBI yang diharapkan dapat menjadi acuan dalam memberikan informasi tentang situasi wilayah untuk mendukung berbagai sektor terutama di Desa Riko Kabupaten Penajam Paser Utara Provinsi Kalimantan Timur.

Data dan Metode

Lokasi yang dijadikan studi kasus pada penelitian ini adalah lahan dengan luas 325 hektar yang digambarkan pada Gambar 1. Lahan tersebut berada di Kelurahan Riko yang termasuk dalam Kecamatan Penajam Kabupaten Penajam Paser Utara Provinsi Kalimantan Timur. Penajam Paser Utara merupakan Kabupaten/Kota terkecil keempat di Provinsi Kalimantan terletak antara $116^{\circ}19'30''$ - $116^{\circ}56'35''$ BT dan antara $94^{\circ}45'$ - $141^{\circ}05'$ BT dan dilalui oleh garis ekuator atau garis khatulistiwa yang terletak pada garis lintang 0° . (BPS, 2022)



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data DTM dari LiDAR oleh PT. REKANUSA PRACIPTA KONSULTINDO (18 Juli 2022) untuk wilayah Desa Riko Kabupaten Penajam Paser Utara Provinsi Kalimantan Timur dan shapefile batas administrasi Desa Riko Kabupaten Penajam Paser Utara Provinsi Kalimantan Timur dengan skala 1:25000 diperoleh dari website geospasial Indonesia (Placeholder1). Serta data pengukuran lapangan titik GCP dan ICP yang dilakukan serentak dengan pengambilan data LiDAR. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan ArcGIS Pro, Global Mapper 21.1, LiDAR 360, dan LiGeoreference.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah SBF (*Slope Based Filtering*). Dimana SBF merupakan konsep yang dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa nilai perbedaan tinggi antara dua cell bertetangga diakibatkan oleh curamnya lereng pada permukaan. Cell yang letaknya lebih tinggi dapat menjadi ground point jika jarak dua cell dikurangi. Sebuah cell diklasifikasikan sebagai permukaan tanah jika tidak ada cell lain dalam jangkauan radius pencarian kernel yang ketinggiannya melewati ambang batas (threshold) (Pambudi, 2015). Metode ini memiliki persamaan, sebagai berikut.

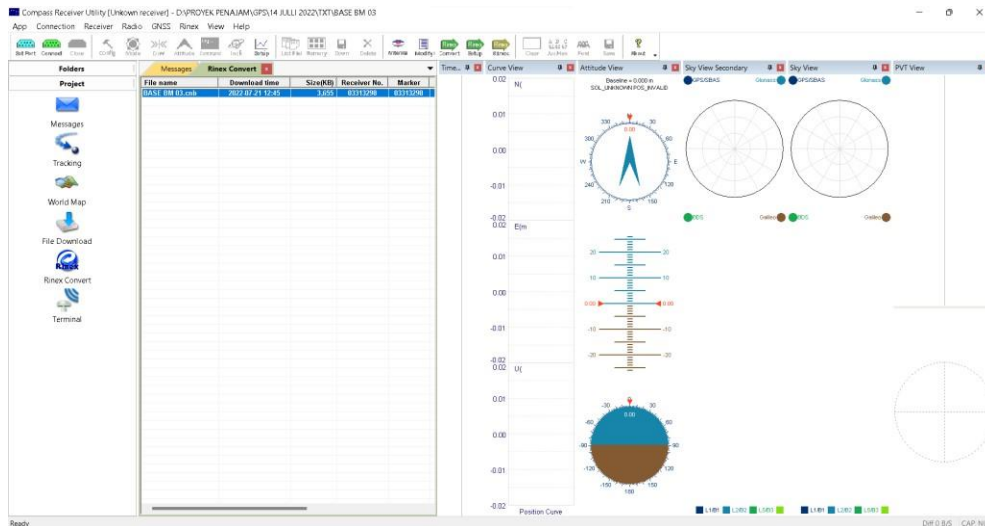
$$DTM = \{p_i \in A \mid p_j \in A : h_{p_i} - h_{p_j} \leq \Delta h_{max}(d(p_i, p_j))\} \quad (1)$$

Dimana suatu titik p_i diklasifikasikan sebagai titik medan jika tidak ada titik lain p_j sedemikian rupa sehingga perbedaan ketinggian antara titik-titik ini lebih besar dari perbedaan ketinggian maksimum yang diperbolehkan pada jarak antara titik-titik tersebut. Definisi filter ini terkait erat dengan beberapa konsep dari morfologi matematika (Vosselman, 2000).

Hasil dan Pembahasan

1. Pengolahan Data BM dan GCP

Data BM dan GCP hasil pengukuran dengan GPS yang telah diperoleh diubah menjadi data RINEX dengan menggunakan CRU (*Compass Receiver Utility*). Hasil dari data RINEX tersebut dapat digunakan untuk proses selanjutnya.



Gambar 2. Proses Convert to Rinex Tabel

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data BM dan GCP

Titik	Koordinat UTM (Zona 50 S)		
	X(m)	Y (m)	Z (m)
BM 01	451625,646	9869633,927	72,537
BM 02	451922,060	9869520,018	71,608
BM 03	453055,727	9868455,801	23,758
BM 04	453155,339	9868577,395	24,631
GCP 01	452208,205	9870079,271	59,312
GCP 02	452235,641	9869932,263	67,601
GCP 03	452802,885	9869651,281	40,123
GCP 04	452941,998	9869330,199	45,853
GCP 05	453541,037	9869026,969	26,849
GCP 06	453090,703	9868942,183	35,914

2. Point Cloud LiDAR

Data LiDAR sendiri didapatkan berupa data raw. Kemudian data tersebut dilakukan pengolahan menggunakan *software* LiDAR 360. Data LiDAR ini sendiri udara dilakukan penggabungan bagian- bagiannya sehingga menghasilkan point cloud sesuai dengan kebutuhan. Kemudian dilakukan pengecekan *RMS Error* terhadap data LiDAR. Pengecekan *Error* ini sendiri menggunakan 10 titik bantu di antaranya adalah 4 BM dan 6 GCP. Berikut tabel dari *RMS Error point cloud* LiDAR. Didapatkan hasil dari ketelitian *RMS Error* dari *point cloud* LiDAR adalah sebesar 0,124 m untuk vertikalnya.

Tabel 2. Hasil Titik X LiDAR

Titik	X (m)	X' (m)	Residual X (m)
BM 01	451625,646	451625,5029	0,143
BM 02	451922,060	451922,1183	0,057
BM 03	453055,727	453055,8214	0,095
BM 04	453155,339	453155,3364	0,002
GCP 01	452208,205	452208,2355	0,030
GCP 02	452235,641	452235,7005	0,059
GCP 03	452802,885	452802,5238	0,360
GCP 04	452941,998	452942,0595	0,061
GCP 05	453541,037	453541,2027	0,166
GCP 06	453090,703	453090,606	0,097

Tabel 3. Hasil Titik Y LiDAR

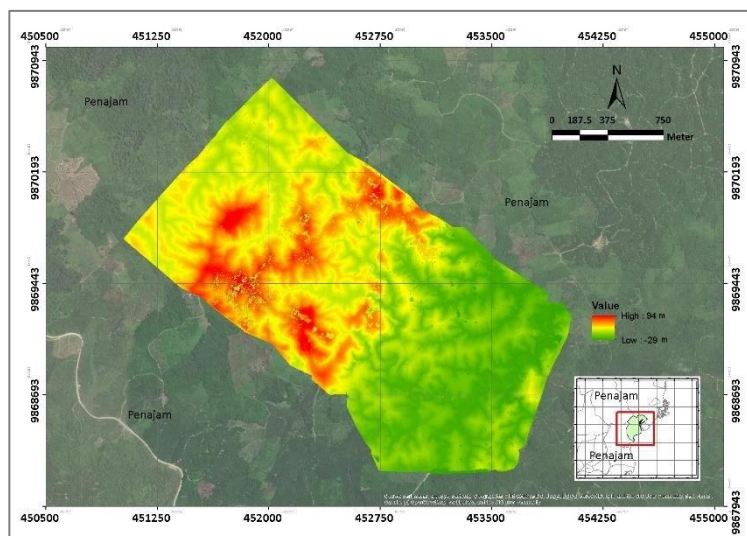
Titik	Y (m)	Y' (m)	Residual Y (m)
BM 01	9869633,927	9869633,968	0,041
BM 02	9869520,018	9869520,037	0,019
BM 03	9868455,801	9868455,801	0,0003
BM 04	9868577,395	9868577,364	0,031
GCP 01	9870079,271	9870079,238	0,033
GCP 02	9869932,263	9869932,223	0,039
GCP 03	9869651,281	9869651,385	0,104
GCP 04	9869330,199	9869330,356	0,157
GCP 05	9869026,969	9869026,797	0,172
GCP 06	9868942,183	9868942,214	0,031

Tabel 4. Hasil Pengecekan RMSE Horizontal LiDAR

	Residual X(m)	Residual Y (m)
Total	0,107	0,063
RMSE Horizontal	0,124	

3. DSM dari LiDAR

Point cloud LiDAR kemudian dilakukan pengolahan data menggunakan software LiDAR 360. Kemudian didapatkan hasil berupa DSM (Digital Surface Model). Berikut merupakan hasil DSM.

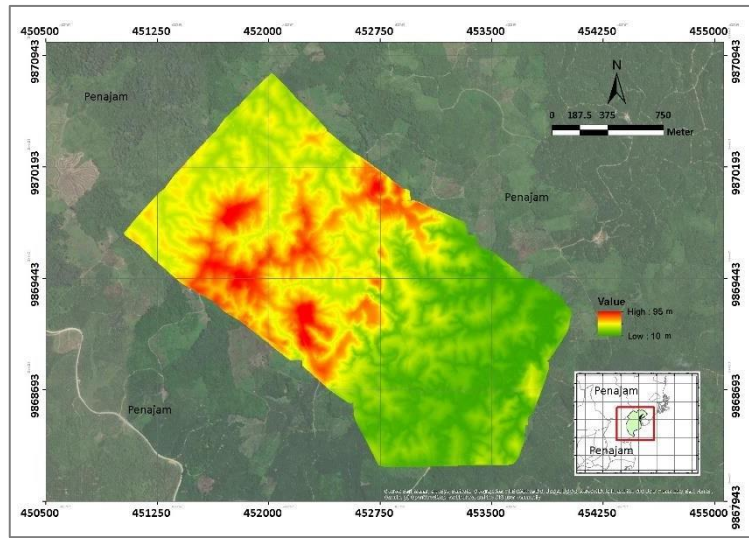


Gambar 3. Hasil DSM dari LiDAR

Dapat dilihat bahwa pada Gambar 2 merupakan hasil DSM dari LiDAR. Dimana terdapat keterangan tinggi pada lokasi tersebut. Ketinggian maksimal pada daerah tersebut yaitu 94 m, sedangkan untuk ketinggian paling rendahnya yaitu -29 m. Perbedaan ketinggian ditandai dengan beda warnanya yang disesuaikan dengan tinggi masing-masing daerah.

4. DTM dari LiDAR

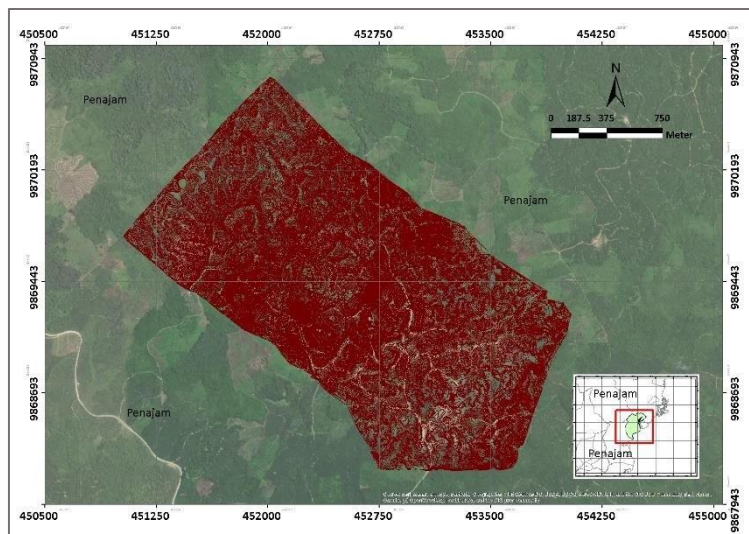
Setelah didapatkan hasil DSM (Digital Surface Mode), kemudian dilanjutkan pengolahan hingga mendapat hasil berupa DTM (Digital Terrain Model). Dimana penulis mendapatkan hasil tersebut dengan menggunakan software Global Mapper. Berikut adalah hasilnya.



Gambar 4. Hasil DTM dari LiDAR

Dapat dilihat bahwa pada Gambar 4 merupakan hasil DTM dari LiDAR. Dimana terdapat keterangan tinggi pada lokasi tersebut. Ketinggian maksimal pada daerah tersebut yaitu 95 m, sedangkan untuk ketinggian paling rendahnya yaitu 10 m. Perbedaan ketinggian ditandai dengan beda warnanya yang disesuaikan dengan tinggi masing-masing daerah

5. Kontur



Gambar 5. Kontur LiDAR

Pembuatan kontur dari data LiDAR dilakukan dengan menggunakan data DTM hasil pengolahan terakhir.

Sehingga didapatkan hasil ketinggian pada kontur sama dengan hasil ketinggian pada data DTM LiDAR. Pengolahan tersebut menggunakan software Global Mapper dengan interval antar kontur adalah 1 meter. Kontur pada Gambar 5 memiliki ketentuan tersendiri dalam pembuatannya, dimana kontur minor 10 meter dan kontur mayor 5 meter.

6. Hasil Uji Akurasi

Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat (X,Y,Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah. Pengukuran akurasi menggunakan root mean square error (RMSE) atau circular error. Uji akurasi dalam penelitian ini mengikuti perhitungan yang dituangkan dalam Perka BIG No. 15 Tahun 2014. Rumus perhitungan RMS Error adalah sebagai berikut:

$$RMSE_z = \frac{\sqrt{\sum[(Z_{data}-Z_{cek})^2]}}{n} \quad (2)$$

Keterangan:

$RMSE_z$ = Root Mean Square Error Nilai Z (vertikal)
 Z_{data} = jumlah total pengecekan pada peta
 Z_{cek} = nilai koordinat pada sumbu Z

Setelah nilai RMSE diperoleh, dapat ditentukan nilai LE90. Secara definisi, dalam Perka disebutkan bahwa LE90 adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut. Nilai LE90 didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$LE90 = 1,6499 \times RMSE_z \quad (3)$$

Keterangan:

LE90 = Ukuran Ketelitian Geometrik Vertikal

Pada penelitian ini yang dilakukan pengujian akurasi posisi adalah titik Z objek. Pengujian ketelitian pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan nilai Z yang didapatkan dari pengolahan foto udara dan LiDAR dengan nilai Z hasil dari nilai GCP. Selain uji ketelitian vertikal, dilakukan juga uji akurasi mengenai ketelitian horizontalnya. Uji akurasi ini disesuaikan dengan Perka BIG No. 6 Tahun 2018. Berikut adalah persamaan nilai CE90.

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_y \quad (4)$$

Keterangan :

CE90 = Ukuran Ketelitian Geometrik Horizontal

Berikut adalah tabel uji ketelitian geometrik horizontal dan vertikal pada penelitian kali ini.

Tabel 5. Hasil Titik Y LiDAR

Titik	X (m)	X' (m)	Residual X (m)
BM 01	451625,646	451625,5029	0,143
BM 02	451922,060	451922,1183	0,057
BM 03	453055,727	453055,8214	0,095
BM 04	453155,339	453155,3364	0,002
GCP 01	452208,205	452208,2355	0,030
GCP 02	452235,641	452235,7005	0,059
GCP 03	452802,885	452802,5238	0,360
GCP 04	452941,998	452942,0595	0,061
GCP 05	453541,037	453541,2027	0,166
GCP 06	453090,703	453090,606	0,097

Tabel 6. Hasil Titik Y LiDAR

Titik	Y (m)	Y' (m)	Residual Y (m)
BM 01	9869633,927	9869633,968	0,041
BM 02	9869520,018	9869520,037	0,019
BM 03	9868455,801	9868455,801	0,0003
BM 04	9868577,395	9868577,364	0,031
GCP 01	9870079,271	9870079,238	0,033
GCP 02	9869932,263	9869932,223	0,039
GCP 03	9869651,281	9869651,385	0,104
GCP 04	9869330,199	9869330,356	0,157
GCP 05	9869026,969	9869026,797	0,172
GCP 06	9868942,183	9868942,214	0,031

Tabel 7. Hasil Pengecekan RMSE Horizontal LiDAR

	Residual X(m)	Residual Y (m)
Total	0,107	0,063
RMSE Horizontal	0,124	

Tabel 8. Hasil Ketelitian Geometrik Vertikal LiDAR

Titik	Z (m)	Z' (m)	Residual Z (m)
BM 01	72,537	72,522	0,0148
BM 02	71,608	71,455	0,1529
BM 03	23,758	23,522	0,2356
BM 04	24,631	24,430	0,2012
GCP 01	59,312	59,270	0,0423
GCP 02	67,601	67,582	0,0194
GCP 03	40,123	39,931	0,1916
GCP 04	45,853	45,877	0,0236
GCP 05	26,849	26,839	0,01
GCP 06	35,914	35,800	0,1142
Total			0,101
RMSE Vertikal			0,317 m
Ketelitian Vertikal (LE90)			0,523 m

Setelah nilai ketelitian geometrik vertikal dan horizontal telah diketahui, kemudian nilai tersebut disesuaikan dengan PERKA BIG No. 6 Tahun 2018. Didapatkan hasil berupa hasil LiDAR masuk dalam klasifikasi peta ketelitian peta skala 1:5000 kelas 1.

Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini yaitu uji LE90 pengolahan data LiDAR sebesar 0,523 m. Berdasarkan Perka BIG No. 6 Tahun 2018 pada ketelitian peta skala 1:5000, hasil pengolahan data LiDAR masuk kelas 1. Berdasarkan hasil kontur yang dihasilkan, kontur hasil LiDAR terbilang rapat, hal tersebut didasari karena kontur yang dihasilkan oleh LiDAR sendiri memiliki nilai RMS Error yang cukup rendah. Sehingga hal tersebut yang membuat peta kontur dari LiDAR terlihat cukup rapat dan teliti apabila kita perhatikan kembali hasil konturnya.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepada Laboratorium Geoinformatika Departemen Teknik

Geomatika ITS yang telah membantu dalam memberikan fasilitas penunjang untuk pemrosesan dan pengolahan data pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Badan Informasi Geospasial. (2018). *Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*. Cibinong: BIG.
- Badan Informasi Geospasial. (2021). *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 18 Tahun 2021 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*.
- Balasubraiman, A. (2017). *Digital Elevation Model (DEM) in GIS*. University of Mysore.
- BPS Kabupaten Penajam Paser Utara. (2022). *Penajam Paser Utara dalam Angka 2022*. Penajam Paser Utara: BPS Kabupaten Penajam Paser Utara.
- Lohani, B. (1996). *Airborne Altimetric LiDAR : Principle , Data collection , processing and Applications 1*. Kanpur: Department of Civil Engineering Indian Institute Technology Kanpur.
- Zhilin, li., Zhu, Q., & Gold, C. (2005). *Digital Terrain Modeling : Principles and Methodology*. Boca Raton: CRC Press.



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)