

Studi Tentang Implementasi LiDAR Pada Perencanaan Jalan Tol Ruas Aceh-Sigli

LiDAR Implementation for Planning of the Aceh-Sigli Toll Road

Annisa Farida Hayuningsih*¹, Afradon Aditya¹, Halim Wiranata²

¹Program Sarjana Terapan Teknologi Survei dan Pemetaan Dasar, Departemen Teknologi Kebumihan, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Sekip Unit 1, Caturtunggal, Depok, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta, 55281, Indonesia

²Divisi Perencanaan Tol, HK Tower, MT Haryono St. No. Kav. 8, RT.12/RW.11, Cawang, Jatinegara, Kota Jakarta Timur, Jakarta 13340

*Korespondensi penulis: annisa.farida@ugm.ac.id

Diterima: 30112021; Diperbaiki: 12082022; Disetujui: 12012023; Dipublikasi: 28022023

Abstrak: Jalan tol merupakan salah satu infrastruktur yang berperan untuk membantu meningkatkan perekonomian masyarakat. Melalui program Nawacita, Indonesia membangun infrastruktur jalan tol yang tersebar di seluruh daerah. Pada proses pembangunan jalan tol, diperlukan perencanaan jalur tol yang baik. Teknologi LiDAR merupakan salah satu teknologi penginderaan jauh yang mampu menghasilkan data *point clouds* obyek-obyek yang dipindai. Kumpulan data *point clouds* tersebut digunakan untuk membangun *Digital Terrain Model* (DTM) dan peta kontur. Pada penelitian bertujuan untuk melakukan studi terhadap implementasi teknologi LiDAR pada proses perencanaan jalur tol ruas Aceh-Sigli. Dari penelitian ini dihasilkan akurasi peta kontur yaitu 0.29. Berdasarkan standar Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Pedoman Teknik Ketelitian Peta Dasar, peta kontur dengan interval 1 meter ini termasuk pada kategori peta RBI kelas 2. DTM yang dihasilkan dari penelitian ini mampu menyajikan kondisi topografi lokasi pembangunan jalan tol secara detail. Obyek-obyek yang mampu disajikan oleh DTM pada penelitian ini antara lain, obyek rumah, vegetasi, jaringan kabel, dan infrastruktur lainnya. Informasi obyek yang disajikan oleh DTM tersebut bermanfaat untuk mendesain jalur tol. Berdasarkan hasil penelitian ini, teknologi LiDAR dapat dimanfaatkan untuk memetakan kondisi topografi kawasan pembangunan jalan tol agar jalan tol yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik.

Copyright © 2023 Geoid. All rights reserved.

Abstract: Toll roads are one of the infrastructures that play a role in helping improve the community's economy. Through the Nawacita program, Indonesia builds toll road infrastructure spread throughout the region. In the toll road construction process, good toll lane planning is needed. LiDAR technology is a remote sensing technology capable of generating point clouds of scanned objects. The collection of point clouds is used to build a Digital Terrain Model (DTM) and contour maps. This study aims to conduct a study on the implementation of LiDAR technology in the planning process of the Aceh-Sigli toll road section. From this research, the accuracy of the contour map is 0.29. Based on the standards of the Geospatial Information Agency Regulation Number 6 of 2018 concerning Basic Map Accuracy Technical Guidelines, this contour map with 1-meter intervals is included in the RBI class 2 map category. The objects that can be presented by DTM in this study include houses, vegetation, cable networks, and other infrastructure. The object information presented by the DTM is useful for designing toll roads. Based on the results of this study, LiDAR technology can be used to map the topographic conditions of the toll road construction area so that the resulting toll road has good quality.

Kata kunci: LiDAR, jalan tol, Digital Terrain Model, peta kontur

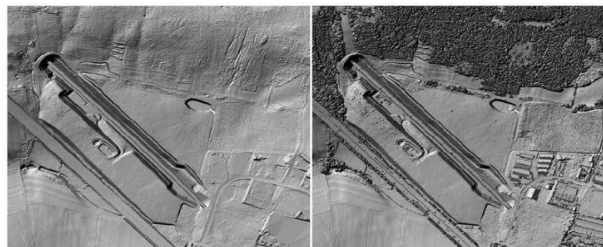
Cara untuk sitasi: Hayuningsih, A.F., Setyawan, A.A., & Wiranata, H. (2023). Implementasi LiDAR Pada Perencanaan Jalan Tol Ruas Aceh-Sigli. *Geoid*, 18(2), 208-214.

Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan salah satu program yang terdapat dalam Nawacita untuk meningkatkan pembangunan infrastruktur jalan bebas hambatan. Dengan adanya jalan tol, pergerakan masyarakat menjadi meningkat dan mudah. Adanya infrastruktur jalan tol memiliki banyak dampak positif, antara lain pendapatan ekonomi masyarakat menjadi meningkat karena biaya dan waktu yang dikeluarkan menjadi lebih efektif dan efisien. Dalam mendukung program pembangunan infrastruktur jalan tol tersebut, Pemerintah Indonesia menerbitkan Peraturan Presiden nomor 56 Tahun 2018 tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional. Dalam peraturan tersebut, terdapat 69 proyek pembangunan tol di seluruh Indonesia.

Program pembangunan jalan tol memerlukan rangkaian proses yang terstruktur dengan baik agar jalan tol memiliki kualitas yang baik dan layak. Tahap perencanaan merupakan salah satu tahapan penting dalam pembangunan jalan tol. Pada tahapan perencanaan diperlukan kegiatan survei lapangan dan mendesain jalur jalan tol. Tahapan mendesain jalur jalan tol diperlukan informasi yang mampu menyajikan kondisi profil atau geografis lokasi pembangunan jalan tol. *Light Detection and Ranging* (LiDAR) merupakan teknologi jarak jauh yang memanfaatkan laser untuk memindai obyek-obyek di permukaan bumi (Smith, 2008). Teknologi LiDAR banyak dimanfaatkan untuk memetakan kondisi geografis permukaan bumi karena memiliki akurasi horisontal 30 cm dan vertikal 15 cm dengan cakupan area 40 km dalam waktu sehari perekaman data (Shamsi, 2005; Amin, 2015).

Pada penelitian ini menyajikan implementasi teknologi LiDAR pada proses perencanaan pembangunan jalan tol ruas Aceh-Sigli. Tujuan yang dicapai dari penelitian ini adalah melakukan studi terhadap kemampuan LiDAR dalam memetakan kondisi topografi lokasi pembangunan jalan tol dan akurasi peta yang dihasilkan. Kondisi topografi yang disajikan dalam penelitian ini adalah model 3 dimensi permukaan bumi yang direpresentasikan dalam *Digital Terrain Model* (DTM). DTM merupakan representasi topografi permukaan bumi menggunakan kumpulan titik-titik tinggi 2 dimensi (Hirt, 2014). Dalam hal ini, DTM atau sering disebut dengan *Digital Elevation Model* (DEM) hanya menyajikan permukaan tanah bumi, tanpa menampilkan permukaan obyek-obyek permukaan bumi seperti *Digital Surface Model* (DSM).



Gambar 1. Perbandingan tampilan DTM dan DSM (Hirt, 2014)

DTM dapat diproduksi dengan memanfaatkan berbagai teknologi, misalnya memanfaatkan data citra satelit, kumpulan data foto hasil fotogrametri, aerial LiDAR, dan sebagainya. Diantara metode-metode yang digunakan membangun DTM tersebut, LiDAR memiliki kemampuan untuk menghasilkan DTM yang memiliki akurasi tinggi dan bentuk DTM yang detail (Baltsavias, 1999). Dalam hal perencanaan jalan tol, DTM mampu menyajikan informasi kelerengan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Salleh, dkk. (2015) DTM yang dihasilkan dari LiDAR memiliki akurasi sampai dengan 0.993. Dengan kata lain, *Root Mean Squared Error* (RMSE)-nya kurang dari 1.

Peta kelerengan yang dihasilkan oleh DTM tersebut dapat diturunkan menjadi peta kontur yang memiliki akurasi tinggi. Peta kontur menyajikan informasi titik-titik tinggi yang sama dihubungkan melalui garis yang saling berkelanjutan (Marsudi, 2017). Pada tahap perencanaan jalan tol, peta kontur memberikan informasi permukaan bumi seperti pegunungan, perbukitan, sungai, sampai dengan waduk atau danau melalui angka ketinggian. Dalam menentukan jalur tol harus mempertimbangkan geometri, hidrologi, geotektonik, dan

konstruksi (Wibawa, 2016), dan topografi. Peta kelereng dan kontur dapat dimanfaatkan untuk mendigitasi rencana jalur tol secara digital. Pada penentuan jalur tol, aspek topografi jalur tol yang baik sebaiknya berada pada terrain yang datar yaitu dengan kemiringan lereng sebesar 0% sampai 8%.

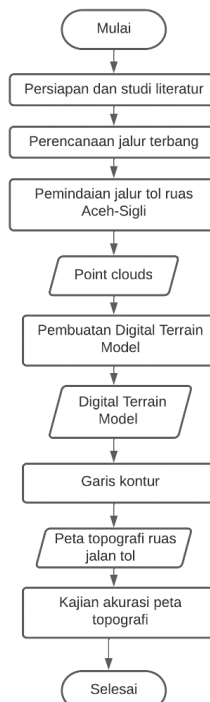
Berdasarkan uraian tersebut, adanya penelitian ini adalah untuk mereview implementasi LiDAR dalam menyajikan informasi DTM, kontur, dan akurasi dalam perencanaan jalan tol ruas Aceh-Sigli. Hasil penelitian ini bermanfaat sebagai rekomendasi acuan pemanfaatan teknologi LiDAR untuk perencanaan pembangunan infrastruktur jalan di Indonesia.

Data dan Metode

Penelitian ini berlokasi di ruas jalan tol Aceh-Sigli dengan panjang ruas jalan tol 73 km. Lokasi ruas jalan tol tersebut berada di Desa Blang Asan, Kecamatan Sigli, Kabupaten Pidie, Daerah Istimewa Aceh. Ruas jalan tol studi kasus pada penelitian ini mulai dari titik dengan koordinat 5.3902823 Lintang Utara, 95.4714644 Bujur Timur sampai dengan 5.3391095 Lintang Utara, 95.5636022 Bujur Timur. Secara detail cakupan area penelitian ini ditunjukkan pada garis berwarna merah yang terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ruas jalan tol Aceh-Sigli yang tampak pada Google maps (sumber gambar: maps.google.com)

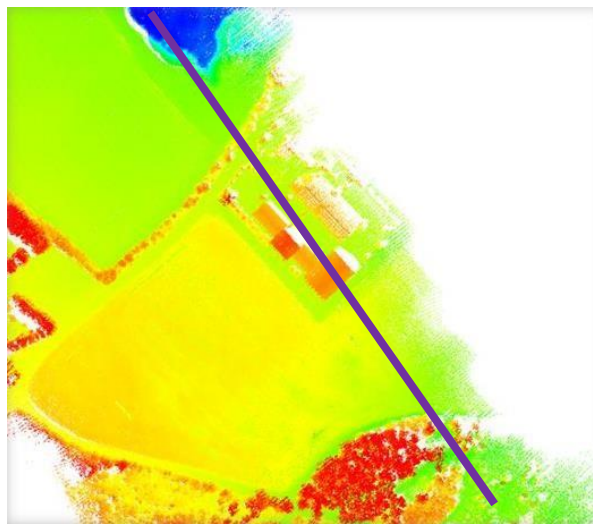


Gambar 3. Diagram alir kegiatan perencanaan jalan tol dengan memanfaatkan teknologi LiDAR

Terdapat beberapa tahapan kegiatan dalam perencanaan jalan tol dengan memanfaatkan teknologi LiDAR. Secara umum, kegiatan yang dilakukan dibagi menjadi 3 yaitu tahap persiapan, pelaksanaan, dan hasil serta evaluasi. Secara rinci cakupan kegiatan disajikan pada Gambar 3.

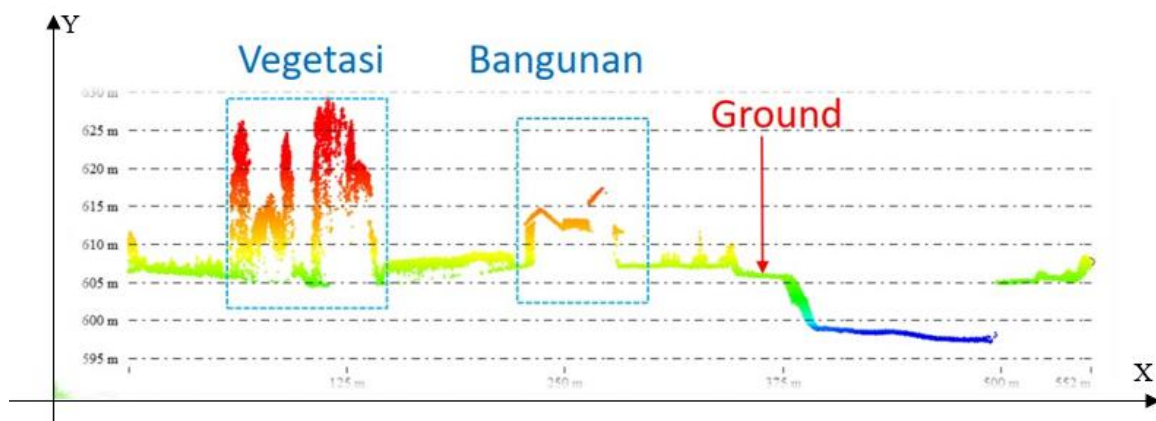
Untuk memindai kawasan pembangunan jalan tol tersebut, wahana yang digunakan dalam penelitian ini adalah Fixed Wing LiDAR. Wahana tersebut dimanfaatkan untuk memindai kawasan pembangunan jalan tol pada ruas Aceh-Sigli. Kondisi lokasi yang dipindai memiliki panjang ruas 13 km dan lebar koridor 300 sampai 400 meter. Pada kondisi tersebut, waktu yang diperlukan oleh LiDAR untuk merekam data adalah 1 jam, tinggi terbang 80 m AGL, dan kecepatan 20 m/s. Dari proses pemindaian tersebut, dihasilkan data kumpulan *point clouds*.

Visualisasi kumpulan data *point clouds* tersebut, merepresentasikan kondisi permukaan bumi dengan detail. Pada Gambar 3 menyajikan contoh visualisasi *point clouds*. Pada visualisasi menyajikan informasi ketinggian obyek berdasarkan tampilan visualnya. Warna biru memiliki ketinggian lebih rendah daripada warna merah.



Gambar 4. Visualisasi point cloud untuk menunjukkan perbedaan tinggi obyek

Untuk menunjukkan kondisi elevasi ketinggian obyek secara melintang, garis ungu tersebut merupakan potongan garis yang dibuat untuk menunjukkan elevasi ketinggian obyek secara cross-section. Pada Gambar 4 tampak bahwa ketinggian yang berwarna merah adalah obyek vegetasi, warna oranye menunjukkan obyek bangunan, warna hijau menunjukkan tanah, dan warna biru menunjukkan obyek perairan. Pada potongan profil melintang tersebut perbedaan tinggi antar obyek dapat tampak dengan jelas.



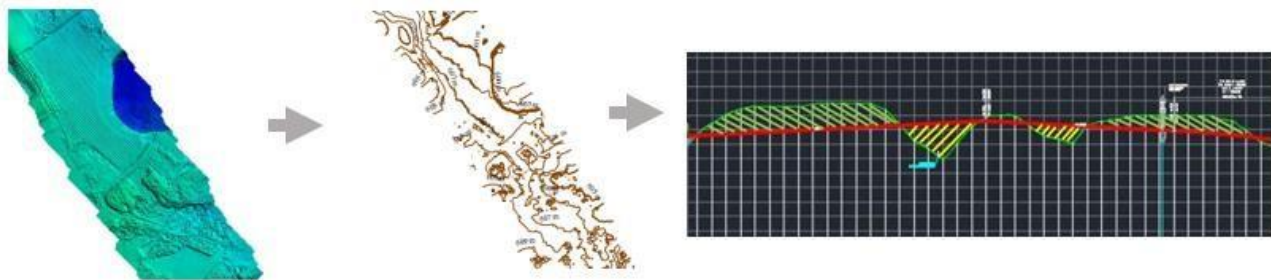
Gambar 5. Visualisasi profil melintang dari data kumpulan point clouds

Dari visualisasi yang tampak pada Gambar 4 tersebut digunakan untuk membuat klasifikasi obyek. Dalam penelitian ini, klasifikasi obyek disajikan pada Tabel 1. Penentuan klasifikasi obyek pada penelitian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 7645:2014 tentang Klasifikasi Penutup Lahan Skala Kecil dan Menengah. Hasil klasifikasi obyek tersebut, selanjutnya diberikan bobot untuk menentukan prioritas rencana jalur tol.

Tabel 1. Klasifikasi tutupan lahan dan bobotnya mengacu pada (SNI) 7645:2014

Klas penggunaan lahan	Kriteria	Bobot
Bukan pertanian dan lahan kosong	Baik	3
Pertanian dan perairan	Sedang	2
Permukiman, lahan terbangun, hutan, perbukitan	Buruk	1

Setelah proses klasifikasi obyek, tahapan selanjutnya adalah membentuk breaklines dan dihasilkan DTM. Hasil pembuatan DTM, digunakan untuk membuat produk peta kontur. Peta kontur tersebut, digunakan untuk menghitung volume timbunan dan galian yang diperlukan pada perencanaan jalur tol. Hasil perhitungan volume timbunan galian tersebut digunakan sebagai masukan dalam anggaran biaya pembangunan jalan tol.



Gambar 6. Pembuatan DTM, kontur, dan perhitungan volume timbunan dan galian

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, peta kontur yang dihasilkan dari DTM memiliki interval 1 meter. Uji akurasi data hasil pengukuran LiDAR menunjukkan bahwa ketelitian interval kontur dan ketelitian peta RBI kelas 2 yang dihasilkan oleh data LiDAR pada penelitian ini adalah 0,29. Artinya, akurasi data LiDAR dalam menyajikan peta kontur dan ketelitian peta secara vertikal (LE90) memenuhi kriteria standar Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Pedoman Teknik Ketelitian Peta Dasar. DTM yang dihasilkan dari data point cloud LiDAR tersebut mampu menghasilkan peta kontur yang memiliki akurasi tinggi.

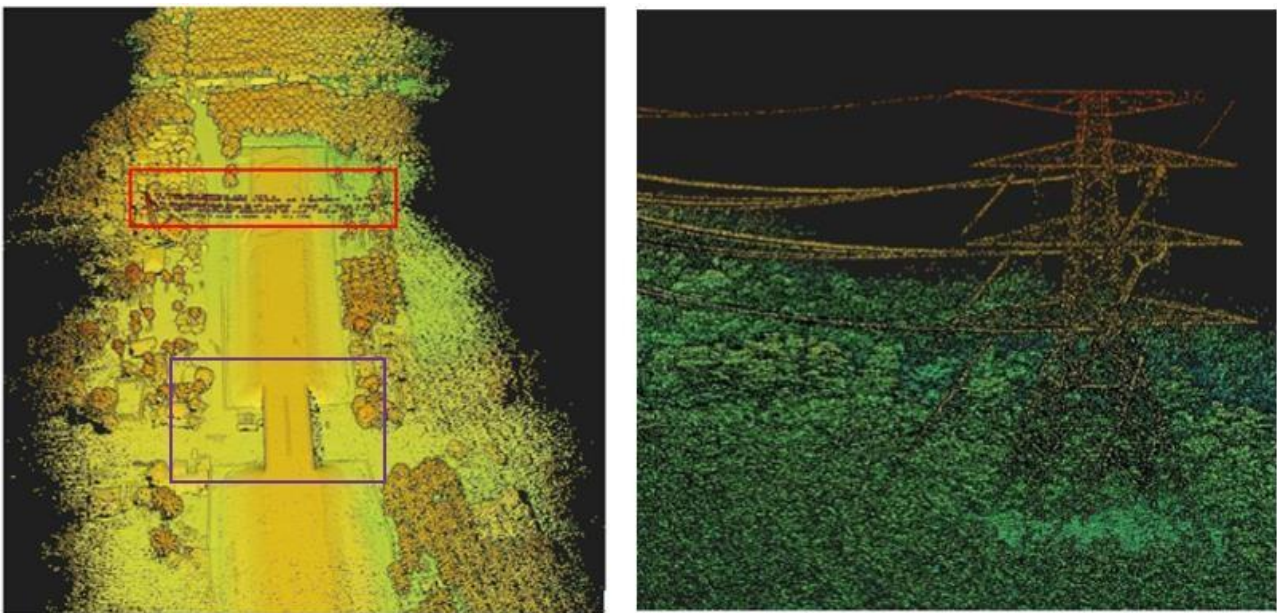
Tabel 2. Akurasi LiDAR ruas jalan tol Aceh-Sigli

	Nilai	
Total Checkpoint	55	
ΔZ below 25 cm	37	67%
ΔZ above 25 cm	18	33%
ΔZ Average	0.202	
RMSE	0.268	
LE90	0.29	

Tabel 3. Kriteria standar Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Pedoman Teknik Ketelitian Peta Dasar

No	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horisontal (CE90)	Vertikal (LE90)	Horisontal (CE90)	Vertikal (LE90)	Horisontal (CE90)	Vertikal (LE90)
9	1:2.500	1	0,75	0,5	1,5	0,75	2,3	1
10	1:1.000	0,4	0,3	0,2	0,6	0,3	0,9	0,4

Hasil visualisasi kumpulan data point clouds pada penelitian ini yang tersaji pada Gambar 6 menunjukkan adanya visualisasi jalan tol yang telah terbangun dan area rencana pembangunan jalan tol lanjutan. Pada visualisasi tersebut juga menampilkan informasi obyek-obyek yang terdapat pada sekitar ruas jalan tol terbangun, jaringan kabel, dan kondisi permukaan lokasi jalan tol yang akan dibangun. Pada Gambar 6 tersebut, obyek yang ditandai dengan kotak berwarna merah adalah jalur kabel serta tiang listriknya. Visualisasi secara 3 dimensi ini membantu jaringan utilitas yang berada pada kawasan pembangunan jalur tol. Dengan demikian, dapat menghindari kerusakan utilitas. Kotak warna ungu yang terdapat pada Gambar 6 tersebut menunjukkan sungai. Informasi visualisasi jalur sungai tersebut juga dimanfaatkan sebagai bahan masukan dalam perhitungan anggaran biaya pembangunan jembatan pada jalur tol serta pengamanan ruas kanan kiri jalan tol agar terhindar dari longsor.



Gambar 7. Visualisasi 3 dimensi situasi lokasi pembangunan jalan tol

Kesimpulan

Informasi topografi yang dihasilkan dari data kumpulan *point clouds* LiDAR memiliki akurasi yang baik. Hal tersebut dapat dibuktikan dari akurasi peta kontur dengan interval 1 meter memiliki nilai ketelitian peta RBI pada bidang vertikal sebesar 0.29. Sedangkan, nilai ketelitian peta RBI pada bidang vertikal yang tertera pada standar Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Pedoman Teknik Ketelitian Peta Dasar adalah 0.75. Dengan demikian, peta kontur yang dihasilkan dari DTM LiDAR masuk pada kategori peta RBI kelas 2. Peta kontur memiliki peran penting pada tahapan perencanaan jalan tol. Sebab, untuk acuan mendesain jalur tol. Selain itu, peta kontur juga digunakan untuk menghitung volume timbunan dan galian pada rencana jalur tol. Komponen lainnya yang berperan penting dalam perencanaan jalur tol adalah DTM. Visualisasi DTM yang dihasilkan dari kumpulan point clouds data LiDAR dapat menyajikan informasi tentang

kondisi di lapangan secara detail. Visualisasi tersebut untuk menampilkan infrastruktur yang terdapat pada lokasi pembangunan jalan tol.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini adalah hasil kerjasama antara Program Sarjana Terapan Teknologi Survei dan Pemetaan Dasar dengan PT. Hutama Karya. Dalam penelitian ini, PT. Hutama Karya menyediakan data yang diperlukan dalam penelitian ini. Dengan demikian, ucapan terima kasih kami sampaikan untuk PT. Hutama Karya. Selain itu, ucapan terima kasih juga kami sampaikan pada mahasiswa yang membantu dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Amin, M. B. A. (2015). Pemanfaatan Teknologi Lidar Dalam Analisis Genangan Banjir Akibat Luapan Sungai Berdasarkan Simulasi Model Hidrodinamik. *Jurnal Info-Teknik*, 16 (1). pp. 21-32. ISSN 0853-2508.
- Baltsavias, E. P., 1999. A comparison between photogrammetry and laser scanning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54, 83–94.
- Shamsi, U.M. (2005). *GIS Applications for Water, Wastewater, and Stormwater Systems*, CRC Press, Florida.
- Salleh, M.R.M., Ismail, Z., Rahman, M.Z.A. (2015). Accuracy assessment of lidar-derived digital terrain model (DTM) with different slope and canopy cover in the tropical forest region. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume II-2/W2.
- Wibawa, R.F. (2016). Analisis spasial penentuan lokasi jalan tol di daerah istimewa Yogyakarta menggunakan teknologi penginderaan jauh. Skripsi. Fakultas Geografi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hirt, C. (2016). Digital Terrain Models. *Encyclopedia of Geodesy*. 10.1007/978-3-319-02370-0_31-1.
- Marsudi, I. (2017). Makin a Digital Contour Map. 1st international conference on Technology and Vocational Teachers (ICTVT). *Advances in social science, education and humanities research*, volume 102. Atlantis Press.
- Smith, A.M.S., (2008). Production of vegetation Spatial structure maps by per-object analysis of juniper encroachment in multitemporal aerial photographs. *Canadian Journal of Remote Sensing*, Vol. 34, No. S2, pp. S268–S285.



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