

Perbedaan Hasil dan Akurasi Peta Kemiringan Lahan Berdasarkan Metode Geodesi dan Planar pada Materi Analisis Raster

Yosi Andhika¹, Sudarto¹, Sativandi Riza¹, Aditya Nugraha P¹

¹Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, 65145, yosiandhika@ub.ac.id

Submisi: 18 September 2023 ;Penerimaan: 13 Januari 2024

ABSTRAK

Analisis data raster dengan menggunakan data spasial berupa Digital Elevation Model (DEM) dapat menghasilkan beberapa data turunan seperti kemiringan lereng, aspek lereng, garis kontur, kurvatur serta hillshade. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat tingkat akurasi dan waktu yang dibutuhkan untuk membuat data kemiringan lereng praktikum analisis raster. Pembuatan peta kemiringan lereng dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode planar dan geodesi. Pemilihan metode yang tepat diperlukan dalam kegiatan praktikum mahasiswa agar mahasiswa dapat memahami proses pembuatan peta kelerengan meskipun dalam waktu yang relatif singkat. Data yang digunakan dalam studi ini adalah data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) dengan resolusi 8,25m. Skala yang masih relevan yang bisa dilakukan adalah tingkat Kabupaten atau lebih kecil lagi dengan durasi proses mencapai 30-47 detik. Tingkat akurasi dalam pembuatan peta kelerengan yang terbaik adalah dengan menggunakan metode geodesi dengan nilai RMSE sebesar 3,96. Durasi proses yang singkat dengan nilai RMSE yang tergolong rendah, maka metode geodesi lebih cocok digunakan untuk pembuatan peta kelerengan dalam kegiatan praktikum.

Kata kunci: DEM; Analisis Raster; Slope; Planar; Geodesi.

PENDAHULUAN

Tingkat kemiringan lereng di lahan merupakan ukuran relatif terhadap bidang datar yang dapat dinyatakan dalam persen atau derajat (Ditzler et al. 2017). Perbedaan angka satuan pada kemiringan ini terdapat pada tingkat kemiringan lereng 100% itu sama dengan 45°(Ritter 1987). Data spasial raster merupakan data yang dapat diperoleh menggunakan bantuan wahana dan sensor tertentu sering disebut juga dengan data *Digital Elevation Model* (DEM) (Julzarika and Harintaka 2019). Pada data ketinggian tempat berikutnya bisa diturunkan lagi menjadi data kemiringan lereng, aspek lereng, garis kontur, kurvatur serta hillshade (Wilson and Gallant 2000).

Penggunaan data turunan dari data DEM ini digunakan untuk tingkat erosi, aliran permukaan, infiltrasi air tanah atau bahaya longsor (Fell et al.

2008). Cara mengetahui kemiringan lereng yaitu dengan mengidentifikasi lereng paling untuk suatu permukaan. Kemiringan lereng dihitung dengan menggunakan bantuan *Triangulated Irregular Network* (TIN). Jika menggunakan data spasial maka bisa data terdekat disamping (Wilson and Gallant 2000).

Aplikasi ArcGIS memiliki dua metode untuk membuat kemiringan lereng yakni planar dan geodesi. Metode planar memperhitungkan pada bidang data dengan menggunakan sistem koordinat *cartesian* 2D. Sedangkan, untuk metode geodesi memperhitungkan dengan sistem koordinat *cartesian* 3D yang melihat bentuk bumi sebagai *ellipsoid* (Burrough, McDonnell, and Lloyd 2015). Penggunaan alat *Slope* ini memungkinkan untuk memperoleh data kemiringan lereng dengan satuan derajat

atau persen dan tingkat akurasi metode planar dan geodesi

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui durasi waktu yang dibutuhkan pembuatan data kemiringan lereng. Selain itu, juga membandingkan tingkat akurasi metode planar dan geodesi. Adapun manfaatnya yakni dalam kegiatan praktikum bisa menggunakan skala tertentu agar sesuai dengan kegiatan. Kemudian manfaat lainnya dapat menggunakan metode yang lebih akurat dalam membuat data kemiringan lereng.

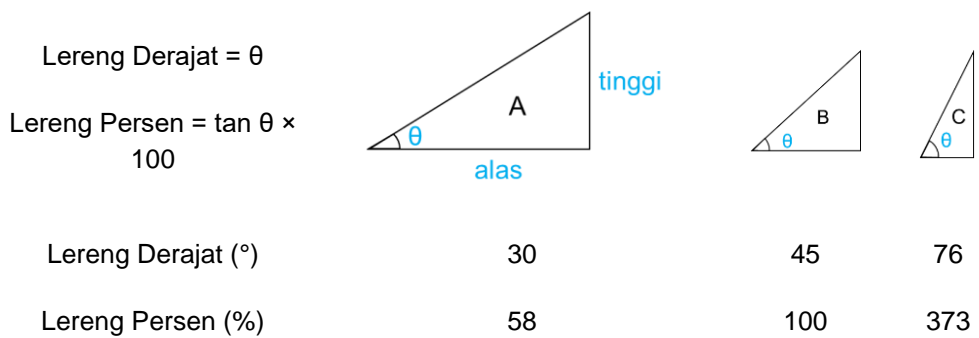
BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada beberapa tingkatan batas administrasi mulai dari Desa, Kecamatan, Kabupaten serta Provinsi di Jawa Timur. Kegiatan analisis dilaksanakan di Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan (PSISDL) Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Analisis laboratorium diantaranya adalah analisis data spasial. Analisis data spasial dilaksanakan di Laboratorium PSISDL analisis diantaranya persiapan data, pengolahan data serta Interpolasi data. Penelitian dilaksanakan pada bulan September-Oktober tahun 2023.

Tahapan untuk penelitian ini meliputi: 1) persiapan data, 2)

pengolahan data spasial, 3) analisis data, serta 4) uji akurasi data. Kegiatan persiapan data ini mengumpulkan data DEMNAS serta batas administrasi dengan format data *shapefile* (shp). Pengolahan data meliputi dengan menggabungkan data DEMNAS (mosaic) kemudian pembuatan data kemiringan lereng dengan alat *Slope*. Setelah itu, juga memotong (clip) menyesuaikan dengan batas administrasi. Algoritma dasar yang digunakan untuk menghitung kemiringan lereng dengan membagi antara alas dan tinggi. Dalam hal ini akan didapatkan tan θ dengan satuan derajat. Untuk mengetahui persen dengan mengkalikan dengan nilai tan θ dikalikan dengan 100. Berikut merupakan perbandingan nilai kemiringan lereng dengan satuan derajat dan persen Gambar 1.

Metode kemiringan dengan planar ini menghitung tingkat perubahan nilai maksimum dari pixel tersebut ke pixel sampingnya. Pada dasarnya, perubahan ketinggian maksimum pada jarak antara pixel dan delapan sampingnya mengidentifikasi penurunan paling curam dari pixel yang ada. Rumus untuk menentukan kemiringan lereng menggunakan algoritma dasar pada Persamaan 1 dan 2 (Burrough, McDonnell, and Lloyd 2015).



Gambar 1. Perbandingan nilai kemiringan lereng berdasarkan derajat dan persen (Sumber: ESRI)

$$\text{Lereng Radius} = \text{ATAN} \left(\sqrt{\left(\left[\frac{dz}{dx} \right]^2 + \left[\frac{dz}{dy} \right]^2 \right)} \right)$$

(Persamaan 1)

$$\text{Lereng Derajat} = \text{ATAN} \left(\sqrt{\left(\left[\frac{dz}{dx} \right]^2 + \left[\frac{dz}{dy} \right]^2 \right)} \right) \times 57,29578$$

$$\text{Lereng Derajat} = \text{ATAN}(\text{tinggi_alas}) \times 57,29578$$

(Persamaan 2)

Contoh ilustrasi pada Gambar 2a dapat diselesaikan dengan Persamaan 3 dan 4, sehingga dapat disimulasikan pada Gambar 2b.

$$\frac{dz}{dx} = \left(\frac{(c+2f+i) \times \frac{4}{\text{wght1}} - (a+2d+g) \times \frac{4}{\text{wght2}}}{(8 \times \text{cellsize})} \right)$$

(Persamaan 3)

$$\frac{dz}{dy} = \left(\frac{(g+2h+i) \times \frac{4}{\text{wght3}} - (a+2d+c) \times \frac{4}{\text{wght4}}}{(8 \times \text{cellsize})} \right)$$

(Persamaan 4)

Keterangan :

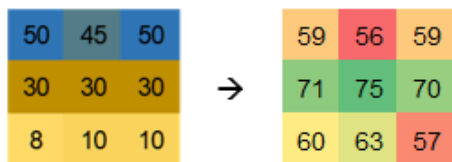
c, f, dan i semuanya memiliki nilai yang valid, wght1 = (1+2*1+1) = 4.

i adalah NoData, wght1 = (1+2*1+0) = 3.

f adalah NoData, wght1 = (1+2*0+1) = 2.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

a



b

Gambar 2. Simulasi hasil kemiringan lereng metode planar

Metode geodesi pengukuran kemiringan lereng dengan menggunakan sistem koordinat 3D geosentris atau *Earth Centered Earth Fixed* (ECEF) dengan melihat bentuk bumi sebagai *ellipsoid*. Hasil komputasi tidak akan terpengaruh oleh cara kumpulan data diproyeksikan. Ini akan menggunakan satuan ketinggian dari raster yang dimasukkan sebagai referensi spasial

(Burrough, McDonnell, and Lloyd 2015). Berikut Gambar 3 merupakan simulasi dari metode Geodesi.

Perhitungan geodesi menggunakan koordinat X, Y, Z yang berdasarkan perhitungan koordinat geodesinya (lintang φ , bujur λ , tinggi h). Jika sistem koordinat raster permukaan masukan adalah sistem koordinat proyeksi yang ada. Atau dengan menggunakan rumus 5 sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} X &= (N(\varphi) + h) \cos \varphi \cos \lambda \\ Y &= (N(\varphi) + h) \cos \varphi \sin \lambda \\ Z &= \left(\frac{b^2}{a^2} \times N(\varphi) + h \right) \sin \varphi \end{aligned} \quad 3$$

Di mana:

$$N(\varphi) = a^2 / (a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi)$$

φ = lintang

λ = bujur

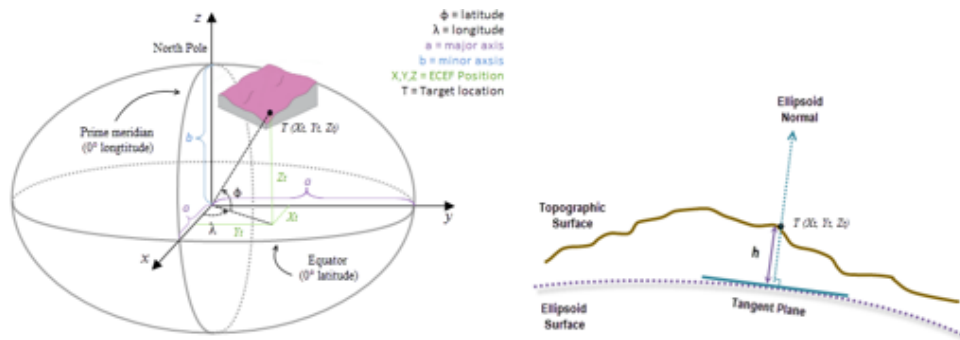
h = tinggi elipsoid

a = sumbu utama ellipsoid

b = sumbu minor ellipsoid

Analisis data untuk mengolah data DEM ini menggunakan ArcGIS Pro 3.1 dengan alat yakni *tools Analyst Spatial*. *Tools Analisis Spatial* merupakan salah satu alat yang bisa digunakan untuk mengolah data DEM dengan membuat data *slope*. Alat disini berada pada *Arctoolbox* memuat *Analyst Spatial* yang salah satu isinya ada *Surface* (Tripp Corbin 2015; Law and Collins 2019). Tingkatan data yang dilakukan dalam pengujian ini diantaranya adalah mulai desa, kecamatan, kabupaten serta provinsi. Satuan data yang dihasilkan adalah ukuran data dalam bentuk megabyte (MB), kolom dan baris adalah megapixel (MP) (Merry et al. 2023) serta durasi waktu adalah detik.

Uji akurasi data dengan memvalidasi hasil pengukuran kemiringan lereng menggunakan klinometer lainnya pada tempat berbeda dengan menggunakan uji t serta menggunakan rumus perhitungan dari Loague dan Green (1991).



Gambar 3. Ilustrasi gambar perhitungan lereng metode geodesi (sumber: ESRI)

$$ME = \text{Max}|P_i - O_i|_{i=1}^n \quad (\text{Persamaan 6})$$

$$RMSE = \left[\sum_{i=1}^n \frac{(P_i - O_i)^2}{n} \right]^{0.5} \times \frac{100}{\bar{O}} \quad (\text{Persamaan 7})$$

$$RE = \frac{RMSE}{\bar{O}} \times 100 \quad (\text{Persamaan 8})$$

$$EF = \frac{[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2]}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (\text{Persamaan 9})$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

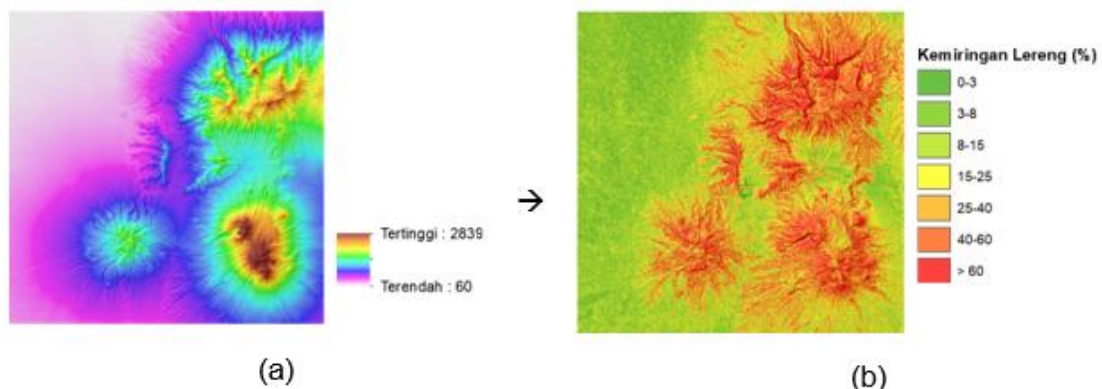
Spesifikasi Data DEMNAS

Data DEMNAS adalah data dari citra satelit yang dibuat oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Hasil dari integrasi data ketinggian IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi sampel ulang 5m dari resolusi asli 5-10 m) dan ALOS PALSAR (resolusi 11.25 m) (Rohmat et al. 2022). Data ini tersedia secara gratis dan dapat diunduh dari tautan <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas>. Data-data tersebut kemudian diproses

dan diintegrasikan untuk menghasilkan DEMNAS dengan resolusi spasial 8,25 meter atau 0,27-arcsecond.

DEMNAS menggunakan datum vertikal EGM2008 dan sistem proyeksi WGS 1984. Datum EGM2008 adalah model geoid global yang digunakan untuk menentukan ketinggian permukaan laut. Sistem proyeksi WGS 1984 adalah sistem proyeksi peta global yang digunakan untuk memproyeksikan data spasial ke bidang datar.

Data DEM yang digunakan disajikan pada Gambar 4a. (a). Sedangkan untuk hasil dari kemiringan lereng dari turunan data DEM disajikan pada (b). Setelah mendapatkan data kemiringan lereng akan dikelaskan menjadi beberapa kelas tergantung dari tingkatnya dengan menggunakan *Reclassify* (Price 2019; Corbin 2018).



Gambar 4. Data DEM (a) dan Hasil Kemiringan Lereng (b)

Durasi Pembuatan Kemiringan Lereng Beberapa Tingkat Skala Peta

Data yang dihasilkan dalam pada tingkat Desa dengan ukuran data 0,2 MB, ukuran pixel 0,43 MP durasi waktunya adalah metode planar 1,21 detik dan metode geodesi 1,32 detik. Pada tingkat desa ini perbedaan waktu adalah sekitar 0,11 detik atau sekitar 9,48% selisih waktunya lebih cepat metode planar dibandingkan metode geodesi. Hasil data setelah di proses kemiringan lereng adalah 2,24 MB.

Skala pada tingkat Kecamatan memiliki rincian ukuran data 3,7 MB, ukuran pixel adalah 7,46 MP durasi waktu planar 3,79 detik dan metode geodesi 7,60 detik. Tingkat skala Kecamatan memiliki waktu 2 kali lipat planar dibandingkan dengan geodesi. Dalam hasil pengujian disini sangat signifikan jika menggunakan menggunakan metode planar dibandingkan dengan geodesi. Hasil file kemiringan lereng adalah 30.41 MB.

Tingkat data pada Kabupaten memiliki data awal adalah 162,8 MB, ukuran pixel adalah 85,33 MP. Durasi proses pembuatan data kemiringan lereng metode planar adalah 30,48 detik serta metode geodesi adalah 47,90 detik. Selisih waktu pembuatan ini planar dan geodesi adalah sekitar 17,41 detik atau sekitar 57,12 % lebih lama. Ukuran data kemiringan lereng yang dihasilkan adalah 336,42 MB. Sehingga dalam kegiatan praktikum ini sangat relevan dan logis dilakukan karena tidak terlalu lama proses dan data yang dihasilkan tidak terlalu besar (Donderi and McFadden 2005).

Pada skala Provinsi memiliki data awal adalah 5,56 GB, ukuran pixel adalah 2.768 MP. Durasi proses pembuatan data kemiringan lereng

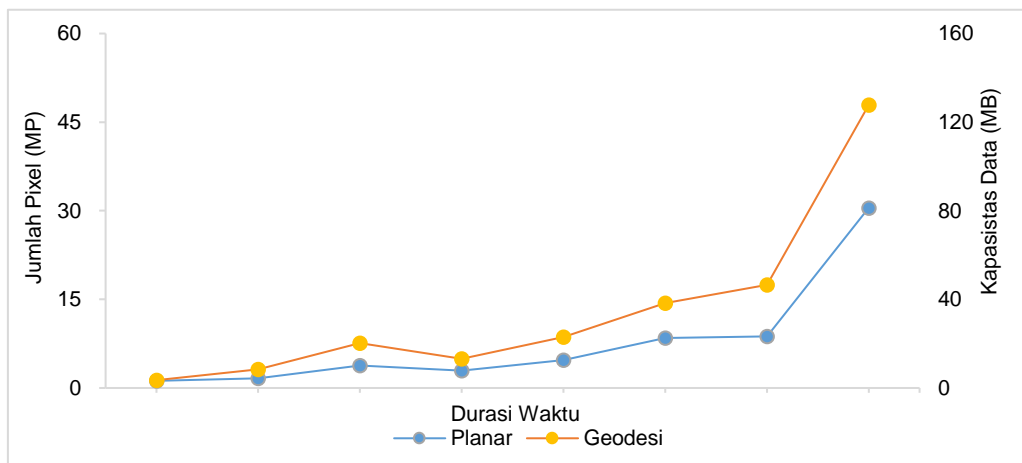
metode planar adalah 1.646,50 detik atau 27 menit 26 detik sekitar serta metode geodesi adalah 2.845,50 detik atau setara dengan 47 menit 25 detik. Selisih waktu pembuatan ini planar dan geodesi adalah sekitar 1.199,00 detik atau 19 menit 58 detik. Perbedaan sekitar 72,82 % lebih lama metode geodesi dibandingkan metode planar. Ukuran data kemiringan lereng yang dihasilkan adalah 10,85 GB. Untuk tingkat provinsi disini kurang sesuai dengan kegiatan praktikum 100 menit setiap kali pertemuan sehingga tidak begitu direkomendasikan. Berikut disajikan sebaran durasi waktu yang dibandingkan dengan jumlah pixel serta kapasitas data pada Gambar 5 dan Tabel 1.

Durasi Pembuatan Kemiringan Lereng

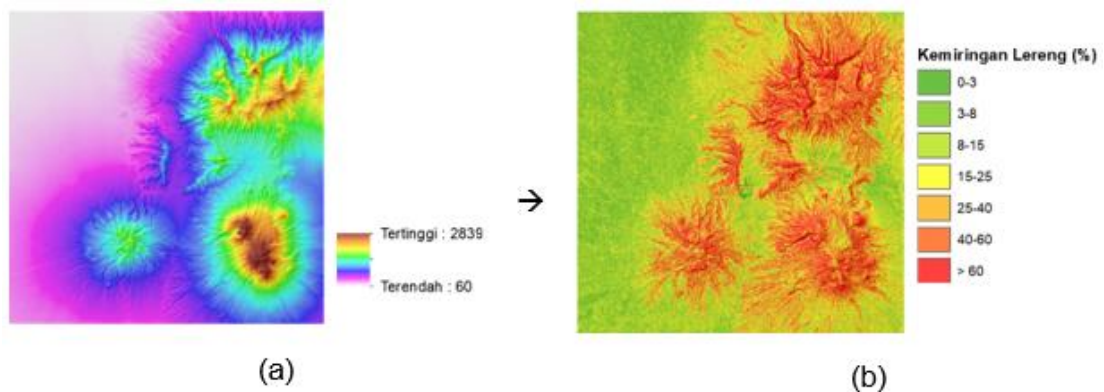
Durasi waktu pembuatan data kemiringan lereng dipengaruhi oleh besarnya data dalam Megabytes (MB). Hasil dari sidik ragam menunjukkan bahwa semakin besar data MB berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap durasi proses pembuatan data. Hasil analisis regresi linier untuk metode planar $y = 2E-07 \times MB + 1,2698$, dimana y merupakan lama durasi untuk pembuatan data kemiringan lereng dengan $R^2 = 0,9876$ sehingga hasil ini sangat baik. Sehingga setiap data 100MB maka membutuhkan waktu sekitar 3,26 detik untuk membuat data kemiringan lereng metode planar. Pada metode geodesi diperoleh persamaan $y = 3E-07 \times MB + 2,9688$, dimana dengan nilai $R^2 = 0,9886$ sehingga hasil ini sangat baik. Dapat diartikan setiap data 100 MB membutuhkan waktu sekitar 5,96 detik dengan menggunakan metode geodesi.

Tabel 1. Durasi tingkat skala peta setiap jumlah pixel serta kapasitas file yang diproses untuk membuat kemiringan lereng

Tingkat Skala	Pixel (MP)	Kapasitas File (MB)	Planar (Detik)	Geodesi (Detik)
Desa	0,43	0,18	1,21	1,32
Kecamatan	7,46	3,74	3,79	7,60
Kabupaten	85,33	162,75	30,48	47,90
Provinsi	2.768,56	5.561,72	1.646,50	2.845,50

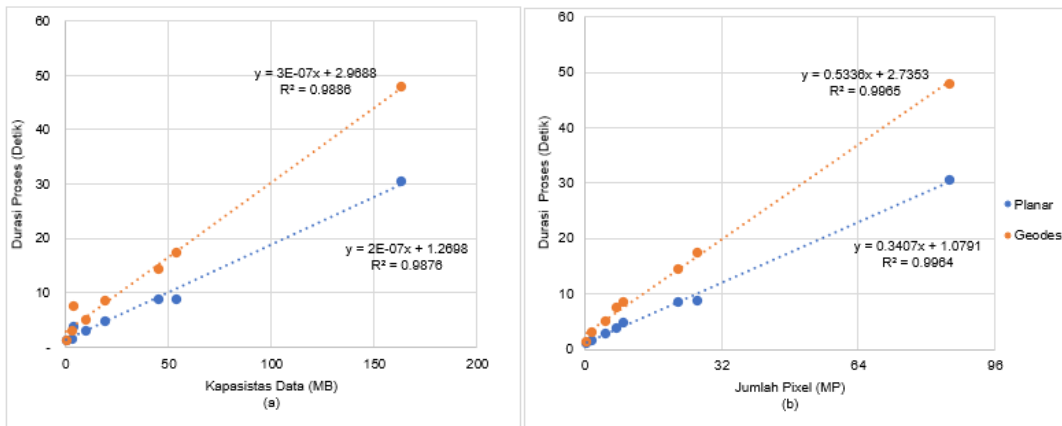


Gambar 5. Durasi skala peta setiap jumlah pixel serta kapasitas file yang diproses untuk membuat kemiringan lereng

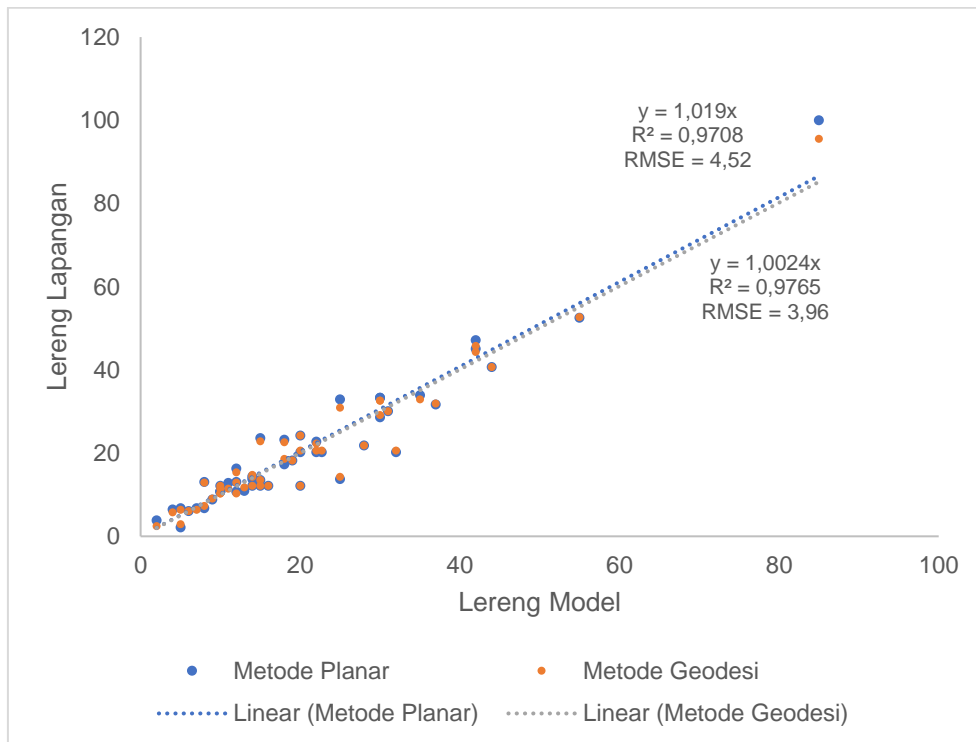


Gambar 4

Gambar 6. Data DEM (a) dan Hasil Kemiringan Lereng (b)



Gambar 7. Hubungan antara kapasitas data (a) dan jumlah pixel (b) dengan durasi pembuatan kemiringan lereng



Gambar 8. Uji akurasi kemiringan lereng lapangan dengan model planar dan geodesi

Berdasarkan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa besaran pixel (MP) berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap durasi pembuatan data kemiringan lereng. Hasil analisis regresi linier untuk metode planar $y = 0,3407 \times MP + 1,0791$, jika terdapat data dengan 10 MP maka membutuhkan waktu sekitar 4,48 detik. Sedangkan,

untuk metode geodesi diperoleh model $y = 0,5336 \times MP + 2,7353$ sehingga waktu yang dibutuhkan setiap data dengan besaran 10 MP adalah sekitar 8,07 detik. Sebaran durasi waktu dibandingkan dengan kapasitas data Gambar 7 (a). Gambar 7 (b) merupakan perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk setiap data berdasarkan jumlah pixel.

Tingkat Akurasi Data Kemiringan Lereng

Uji akurasi dilakukan di sekitar 49 titik yang tersebar pada beberapa kemiringan lereng yang berbeda. Hasil metode planar diperoleh RMSE 4,52 % (nilai optimum = 0) sedangkan pada metode geodesi lebih baik RMSE 3,96 %. Pada Uji-t kedua metode, planar dan geodesi, menunjukkan hasil yang sama, yaitu tidak berbeda nyata, dengan nilai (-) 0,87 dan (-) 0,55. Metode planar dan geodesi ini sesuai dengan tingkat kemiringan lereng yang ada di lapangan (Gambar 8).

KESIMPULAN

Skala relevan yang bisa dilakukan selama kegiatan praktikum adalah tingkat Kabupaten atau lebih kecil lagi. Setiap data dengan ukuran data 100 MB membutuhkan waktu 3,26-5,96 detik. Sedangkan, untuk ukuran 10 MP membutuhkan waktu sekitar 4,48-8,07 detik Tingkat akurasi terbaik dengan metode geodesi RMSE 3,96

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dan jajarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Burrough, Peter A, Rachael A McDonnell, and Christopher D Lloyd. 2015. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, USA.
- Corbin, Tripp. 2018. *ArcGIS Pro 2. x Cookbook: Create, Manage, and Share Geographic Maps, Data, and Analytical Models Using ArcGIS Pro*. Packt Publishing Ltd.
- Ditzler, C, K Scheffe, H C Monger, and others. 2017. "Soil Survey Manual." *Soil Science Division Staff*.
- Donderi, D.C., and Sharon McFadden. 2005. "Compressed File Length Predicts Search Time and Errors on Visual Displays." *Displays* 26 (2): 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2005.02.002>.
- Fell, Robin, Jordi Corominas, Christophe Bonnard, Leonardo Cascini, Eric Leroi, and William Z. Savage. 2008. "Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land-Use Planning." *Engineering Geology* 102 (3–4): 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.014>.
- Julzarika, Atriyon, and Harintaka. 2019. "Indonesian DEMNAS: DSM or DTM?" In *2019 IEEE Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS)*, 31–36.
- Law, Michael, and Amy Collins. 2019. *Getting to Know ArcGIS PRO*.
- Loague, Keith, and Richard E. Green. 1991. "Statistical and Graphical Methods for Evaluating Solute Transport Models: Overview and Application." *Journal of Contaminant Hydrology* 7 (1–2): 51–73. [https://doi.org/10.1016/0169-7722\(91\)90038-3](https://doi.org/10.1016/0169-7722(91)90038-3).
- Merry, Krista, Pete Bettinger, Michael Crosby, and Kevin Boston. 2023. "Geographic Data Processing—Raster Data." In *Geographic Information System Skills for Foresters and Natural Resource Managers*, 231–67. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90519-0.00009-1>.
- Price, Maribeth Hughett. 2019. *Mastering ArcGIS Pro*. McGraw Hill.
- Ritter, Paul. 1987. "A Vector-Based Slope and Aspect Generation Algorithm." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 53 (8): 1109–11.
- Rohmat, Faizal Immaddudin Wira, Zulfaqar Sa'adi, Ioanna Stamataki, Arno Adi Kuntoro, Mohammad Farid, and Rusmawan Suwarman. 2022. "Flood Modeling and

Baseline Study in Urban and High Population Environment: A Case Study of Majalaya, Indonesia.” *Urban Climate* 46 (December). <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101332>.

Tripp Corbin, GISP. 2015. *Learning ArcGIS Pro*. Packt Publishing Ltd.
Wilson, John P, and John C Gallant. 2000. “Primary Topographic Attributes.” *Terrain Analysis: Principles and Applications*, 51–85.