

# **APLIKASI TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX UNTUK PEMETAAN FRAKSI LEMPUNG DI DAERAH ALIRAN SUNGAI SERANG, KULONPROGO, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

Trihatmaja Adi Nugraha  
trihatmaja.adi.n@mail.ugm.ac.id

Taufik Hery Purwanto  
taufik@ugm.ac.id

Wirastuti Widyatmanti  
wwidyatmanti@ugm.ac.id

## **Abstract**

*Soil texture is one of the physical properties of soil that influence other soil characteristics. Topographic approach with Topographic Wettness Index (TWI) has been collerated with soil fractions, but few studies that assess its ability to map clay fractions. Purposes of this study is to map the soil clay based on the TWI. Hipsographic information from Rupabumi Indonesia Map scale 1 : 25.000 is used to generate Digital Elevation Model. TWI modelled by slope angle and flow accumulation information from RBI DEM. Soil clay fraction mapped based on regression between TWI and clay percentage from field sample. Clay contents were measured at depth 0 to 0.1 m. Result show that soil clay map maximum accuration is 47,66% and its minimum accuration is 13,12%. Low accuration of it caused by complex soil forming factor in Serang Watershed. Topographic approach with TWI not effective to map clay fraction in Serang Watershed.*

Keyword: Clay, TWI, DEM

## **Abstrak**

*Tekstur tanah merupakan sifat fisik tanah yang mempengaruhi berbagai sifat tanah. Pendekatan topografi dengan Topographic Wettness Index berkorelasi terhadap fraksi-fraksi tanah namun belum banyak penelitian yang mengkaji kemampuannya memetakan lempung. Tujuan penelitian ini adalah memetakan fraksi lempung menggunakan TWI. Sumber Digital Elevation Model yang digunakan adalah infromasi hipsografi Peta Ruupabumi Indonesia berskala 1 : 25.000. Informasi sudut lereng dan akumulasi aliran dari DEM RBI digunakan untuk memodelkan TWI. Pemetaan fraksi lempung dilakukan dengan menggunakan hubungan regresi antara TWI dengan persentase fraksi lempung di lapangan. Sampel tanah lapangan diambil pada tanah permukaan dengan kedalaman 0-0,1 meter. Hasil menunjukkan bahwa peta persentase fraksi lempung dari TWI memiliki akurasi maksimal 47,66% dengan akurasi minimal 13,12%. Rendahnya akurasi peta lempung dikerenakan DAS Serang memiliki faktor pembentuk tanah yang kompleks. Pendekatan topografi dengan TWI tidak cukup efektif untuk memetakan fraksi lempung di DAS Serang.*

Kata kunci: Lempung, TWI , DEM

## PENDAHULUAN

Tekstur tanah merupakan sifat fisik tanah yang mempengaruhi berbagai sifat tanah lainnya baik secara fisik, kimia, maupun biologis (Soil Survey Staff, 1993). Berbagai sifat tanah seperti struktur, konsistensi, kelengasan, permeabilitas, limpasan permukaan, daya infiltrasi, dan beberapa sifat tanah lainnya dipengaruhi oleh tekstur tanah (Sutanto, 2005).

Tekstur tanah juga merupakan salah satu faktor yang digunakan dalam berbagai analisis tanah seperti evaluasi lahan dan konservasi tanah (Arsyad dan Rustiadi, 2008). Selain kelas-kelas tekstur tanah, persentase fraksi tanah yang merupakan penyusun tekstur juga diperlukan dalam pengelolaan lingkungan yang spesifik dan dalam pengambilan keputusan (Lamsa dan Mishra, 2010). Oleh karena itu persentase fraksi tanah menjadi atribut tanah yang penting untuk diidentifikasi dalam kajian tanah serta informasi spasialnya (dalam bentuk peta) sangat dibutuhkan untuk berbagai kepentingan.

Fraksi tanah yang dipetakan dalam penelitian ini adalah lempung. Lempung merupakan fraksi tanah yang paling halus. Fraksi lempung memiliki ukuran kurang dari 0,002 mm (Soil Survey Staff, 1993).

Pemetaan fraksi lempung dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode. Pendekatan yang dipakai banyak mulai dari pendekatan penginderaan jauh multispektral dan hiperspektral serta pendekatan topografi (Barnes *et al.*, 2007; Khasanah, 2013; Zukhrufiyanti, 2014). Pendekatan penginderaan jauh multispektral dan hiperspektral merupakan pendekatan yang efektif untuk memetakan lempung namun hanya cocok diaplikasikan pada wilayah berlahan terbuka, pendekatan topografi dapat digunakan sebagai solusinya.

Pendekatan topografi dapat digunakan untuk pemodelan fraksi lempung dengan menggunakan beberapa metode diantaranya dengan sudut lereng dan *Topographic Wetness Index* (TWI) (Gerrard, 1981; Moore *et al.*, 1993).

TWI memiliki korelasi dengan fraksi-fraksi tanah sebagai akibat dari proses transport material sepanjang *catena* (Moore *et al.*, 1993). Proses gravitasi pada *catena* akan membuat fraksi halus terkumpul pada lereng bawah (Roy *et al.*, 1980). Zukhrufiyanti (2014) membuktikan bahwa TWI mampu menghasilkan model persentase lempung dengan akurasi maksimal 80,14%.

TWI dibangun dari informasi medan berupa *Digital Elevation Model* (DEM). Menurut Lin (2013), sumber DEM yang digunakan berpengaruh terhadap hasil pemodelan tanah dan hidrologi. Sumber DEM dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu pengukuran lapangan, data penginderaan jauh, serta berdasarkan peta yang sudah ada (Li *et al.*, 2004). Peta topografi dipandang sebagai sumber DEM yang akurat dan dapat didapatkan dengan murah dengan harga yang terjangkau (Wang *et al.*, 2005). Penelitian ini menggunakan Peta Rupabumi Indonesia berkala 1 : 25.000 sebagai sumber pembuatan DEM.

Kajian tanah sepanjang sistem *catena* dalam sekuen medan tunggal tergolong tradisional, penggunaan komputer memungkinkan adanya desain sampling yang mencakup keseluruhan DAS untuk kajian hubungan lereng dan tanah (Gerrard, 1981). DAS Serang memiliki kondisi topografi yang beragam dipandang cocok digunakan sebagai wilayah kajian pemodelan fraksi dan tekstur tanah dengan TWI. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi peta fraksi-fraksi tanah dan peta tekstur tanah berdasar TWI dari berbagai sumber DEM dan DSM serta mengetahui pengaruh sumber DEM terhadap TWI beserta turunannya berupa fraksi tanah dan tekstur tanah.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Seperangkat komputer
- Perangkat lunak Idrisi Selva

- Perangkat lunak ArcGIS 10.2
  - Perangkat Smartphone
  - Perangkat lunak GSP Essential
  - Perangkat lunak Microsoft Office Excel 2013
  - Perangkat lunak Microsoft Office Word 2013
  - Ceklist pengukuran
- Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
- Peta RBI skala 1 : 25.000
  - Shapefile batas DAS yang dikeluarkan Bappeda DIY

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini mencakup tiga tahap utama yaitu tahap pra lapangan, kegiatan lapangan, dan tahap pembangunan model fraksi lempung. Kegiatan pra lapangan adalah pemrosesan DEM yang bersumber dari informasi hipsografi RBI hingga menghasilkan TWI.

Peta RBI memiliki informasi hipsografi berupa kontur dan titik tinggi. Proses digitasi dilakukan pada peta RBI dalam format raster untuk menghasilkan informasi kontur dan titik tinggi dalam format vektor. Proses pembuatan DEM memanfaatkan fasilitas *topo to raster* pada perangkat lunak ArcGIS yang mampu memproses kontur dan titik tinggi secara simultan untuk menghasilkan DEM. DEM yang dihasilkan dari RBI ini dibangun dengan ukuran piksel 30 meter.

DEM yang telah terbentuk dipotong sesuai dengan batas DAS yang dikeluarkan oleh Bappeda DIY. Untuk mengatasi nilai yang tidak kontinyu, DEM dikoreksi datanya dengan menggunakan fasilitas *pit removing* pada perangkat lunak Idrisi Selva.

DEM yang terkoreksi digunakan untuk membangun TWI. Perhitungan TWI dilakukan berdasarkan rumus yang dibuat oleh Beven dan Kirkby (1979) sebagai berikut:

$$TWI = \ln (\alpha / \tan\beta)$$

Keterangan

$\alpha$  = luas *upslope contributing area*

$\beta$  = sudut lereng

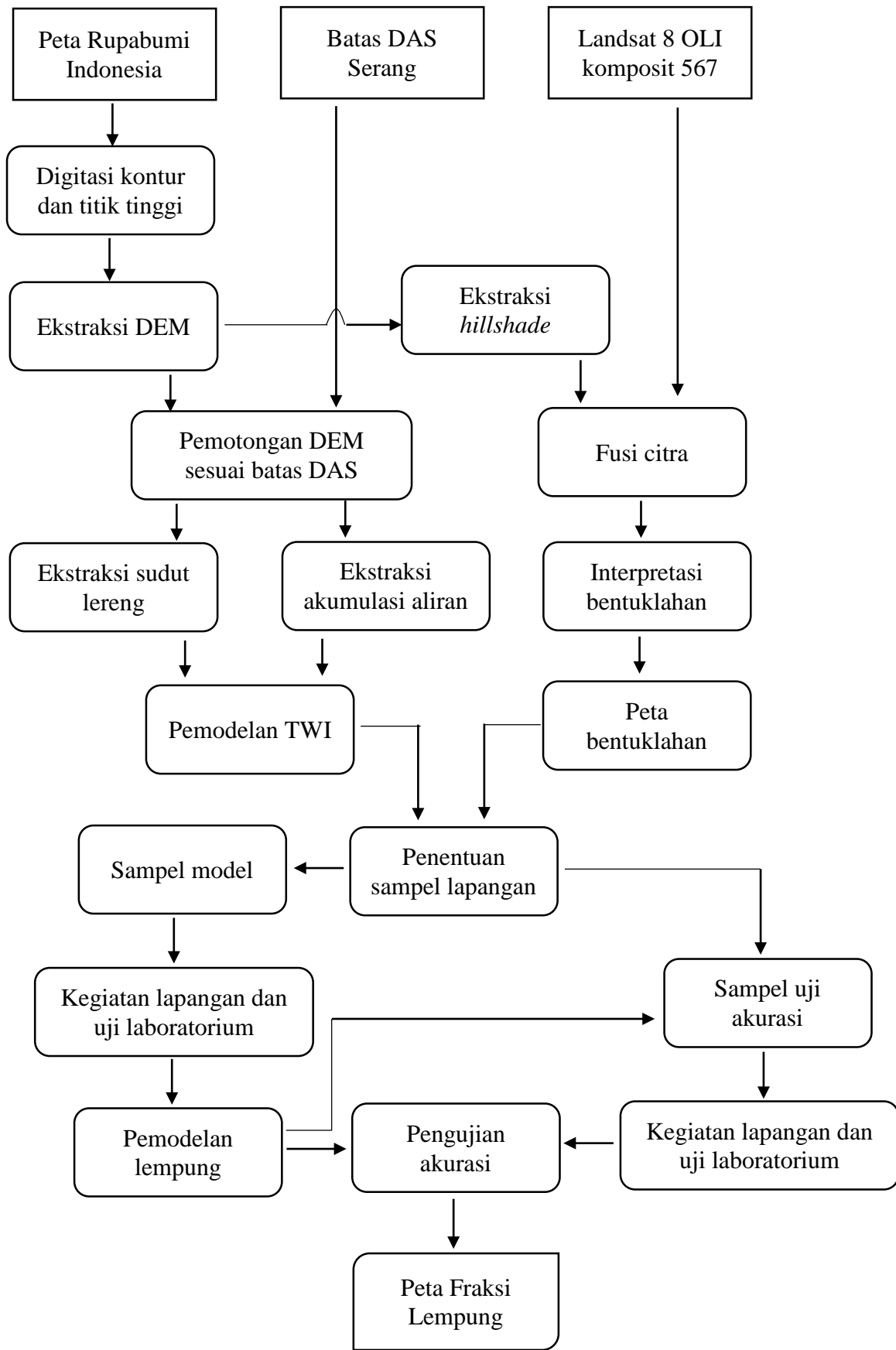
Nilai variabel  $\beta$  didekati dengan nilai sudut lereng yang dimodelkan dari Idrisi Selva. Sementara nilai variabel  $\alpha$  didapatkan dari nilai *surface run off* dari Idrisi Selva yang diakalikan dengan luas piksel dalam satuan meter.

Nilai TWI yang dihasilkan dari DEM diregresikan dengan persentase fraksi lempung lapangan. Sampel lapangan diambil dua kali yaitu sampel pertama sebanyak 34 sampel untuk membangun model dan sampel pada lapangan kedua sebanyak 32 sampel untuk uji akurasi. Penentuan sampel dilakukan secara *proportionate* mengacu pada luas bantuklahan yang diinterpretasi dari Citra Landsat 8 OLI komposit 567 yang difusi dengan *hillshade* dari DEM RBI menggunakan metode *principle component*.

Sampel tanah diambil pada kedalaman 0,1 meter dari permukaan tanah, mengacu pada Moore *et al* (1993) untuk mendapatkan layer yang paling terpengaruh kondisi medan. Sampel tanah yang didapatkan dari lapangan diuji persentasenya di laboratorium menggunakan metode pengayakan dan pipetan. Hasil persentase ini digunakan untuk membangun model persentase fraksi tanah dan tekstur tanah.

Tahap pembangunan model fraksi lempung dilakukan dengan menggunakan analisis statistik. Variabel TWI maupun persentase fraksi diuji normalitas dengan Kolmogorov Smirnov. Setelah datanya berdistribusi normal, kemudian dilakukan analisis korelasi dan regresi. Rumus regresi digunakan untuk menghasilkan peta persentase fraksi lempung.

Peta fraksi lempung diuji akuasinya menggunakan *Standard Error Estimate* (SEE). Pengujian akurasi menggunakan 32 sampel tanah uji akurasi. Diagram alir penelitian ini tersaji pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

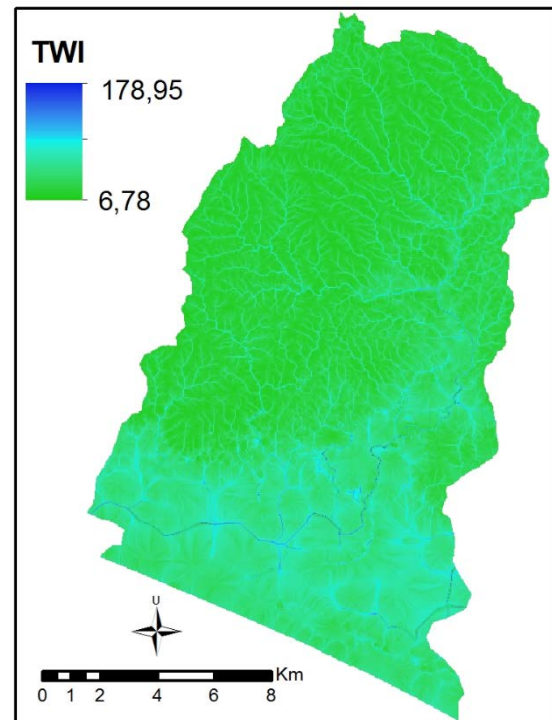
TWI dibangun dengan menggunakan model topografi berupa DEM. Sumber DEM yang digunakan pada penelitian ini adalah hipsografi RBI yang terdiri dari kontur dan titik tinggi. Kontur mampu merepresntasikan perbedaan relief dengan cukup baik pada wilayah utara DAS Serang, sayangnya wilayah selatan DAS Serang yang bertopografi datar memiliki kontur yang sangat jarang sehingga dibutuhkan titik tinggi untuk mendukung proses interpolasi DEM.

Hasil ekstraksi DEM dari data kontur dan titik tinggi yang digunakan secara bersamaan memiliki nilai elevasi maksimal 847,8 mdpaldan minimal -18,5 mdpal. Nilai minimal di bawah nol diakibatkan karena wilayah laut belum dipotong. DEM dipotong dengan menggunakan batas DAS dari Bappeda DIY. Secara umum DAS serang memiliki topografi sangat kasar pada bagian utara dan barat, topografi sedikit kasar pada bagian timur, dan topografi yang datar pada bagian selatan.

Variabel  $\alpha$  dan  $\beta$  diekstraksi berdasarkan DEM. Sudut lereng sebagai variabel  $\beta$  memiliki rentang 0 hingga  $52,74^\circ$ . Sudut lereng yang curam (bernilai tinggi) tersebar pada wilayah utara DAS sementara sudut lereng yang bernilai rendah tersebar pada wilayah selatan. Akumulasi aliran yang digunakan untuk mendekati nilai  $\alpha$  berkisar antara 1 hingga 288.800. Akumulasi aliran bernilai tinggi berada pada wilayah depresi berupa lembah dan sungai, serta banyak berada pada wilayah selatan DAS yang bertopografi datar. Nilai  $\alpha$  minimal yang dihasilkan adalah 900 meter.

Secara umum, seluruh sumber DEM menghasilkan TWI yang memiliki nilai rendah pada bagian utara wilayah kajian dan cenderung semakin tinggi ke arah selatan yang merupakan hilir DAS. Nilai TWI minimal adalah 6,78 sementara nilai maksimalnya 85,20. Meski mencapai nilai 85,20 namun rentang nilai TWI pada

histogram mengumpul pada rentang kurang dari 20. Tampilan TWI pada DAS Serang tersaji pada gambar 3 di bawah ini.



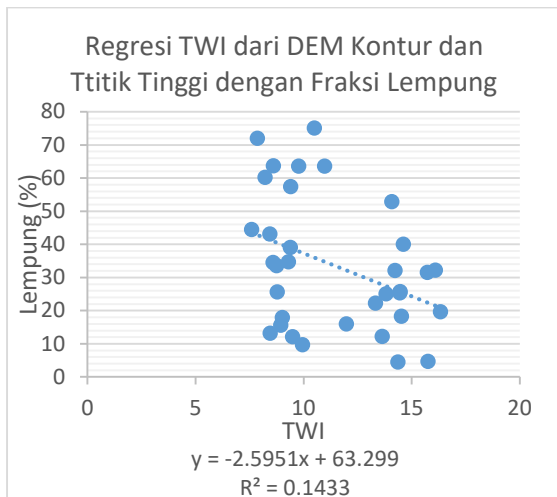
Gambar 2. TWI dari DEM RBI

Data lapangan persentase fraksi tanah maupun nilai TWI pada posisi sampel dianalisis secara statistik menggunakan korelasi dan regresi untuk menghasilkan model. Uji normalitas Kolmogrov Smirnov pada sampel fraksi lapangan untuk model menunjukkan bahwa seluruh datanya berdistribusi normal sehingga seluruh variabel baik variabel dependen maupun independen dapat langsung digunakan dalam pemodelan statistik.

Korelas TWI dengan persentase fraksi lempung di DAS Serang tidak terlalu tinggi. Nilai koefisien korelasi antara TWI dengan persentase fraksi lempung adalah -0,3785. Korelasi antara TWI dengan persentase fraksi lempung bernilai negatif. Hal ini berlawanan dengan kosep *catena* karena seharusnya semakin ke arah lereng bawah lempung semakin terakumulasi. Nilai negatif ini juga berlawanan dengan penelitian sebelumnya oleh Zukhrufiyanti (2014). Ada indikasi bahwa konsep *catena* tidak sepenuhnya dapat diterapkan pada

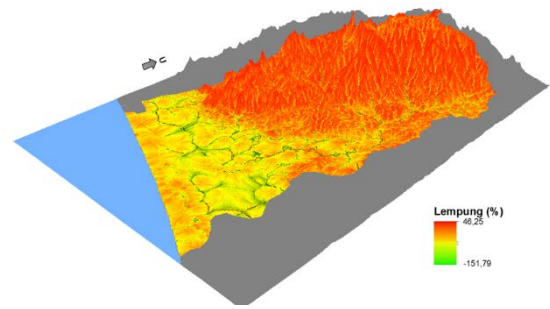
DAS Serang karena material pada bagian hilir dapat berasal dari material dari sungai-sungai lainnya di luar DAS Serang. Percampuran material dari sungai-sungai lain ini akan mengakibatkan tanah yang terbentuk menjadi memiliki karakteristik yang bermacam-macam.

Rumus regresi yang dihasilkan adalah  $y = -2.5951x + 63.299$ . Dengan nilai yang negatif ini dapat dipastikan bahwa model persentase lempung yang dihasilkan akan memiliki nilai yang semakin rendah seiring dengan naiknya nilai TWI. Nilai  $r^2$  yang dihasilkan adalah 0,1433 yang berarti hanya 14,3% saja sebaran lempung yang dapat dijelaskan oleh TWI. Grafik regresi TWI terhadap lempung tersaji pada gambar 3.



Gambar 3. Regresi TWI terhadap fraksi lempung

Lempung pada wilayah kajian mengumpul pada wilayah dengan topografi yang kasar. Wilayah-wilayah dengan konfigurasi positif seperti igir dan punggung bukit dimodelkan memiliki persentase lempung yang tinggi. Sementara wilayah dengan konfigurasi negatif berupa lembah dan wilayah cekungan dimodelkan memiliki tanah dengan persentase lempung yang rendah. Semakin kasar topografinya, persentase lempung pada tanah permukaannya semakin tinggi. Pengaruh kondisi topografi terhadap persentase lempung ini tersaji pada gambar 4 di bawah ini.



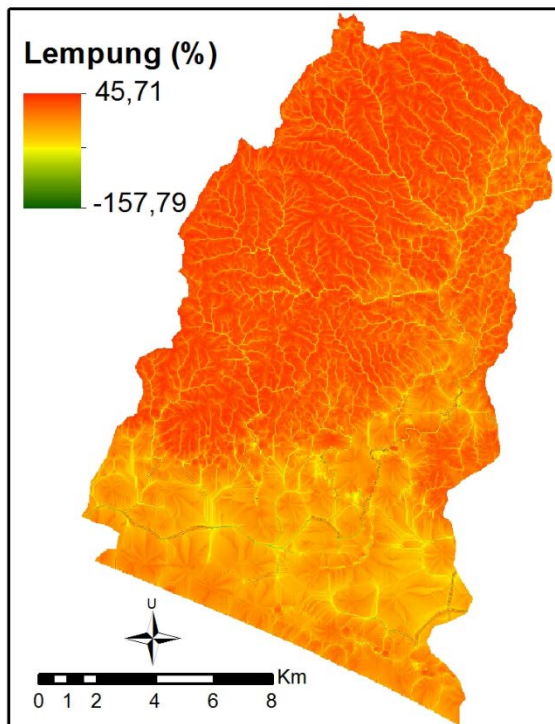
Gambar 4. Model tiga dimensi fraksi lempung

Tanah permukaan dengan persentase fraksi lempung tinggi secara umum berada di bagian utara DAS Serang yang merupakan wilayah bertopografi kasar. Wilayah bagian utara ini terdiri dari bentuklahan perbukitan monoklinal berbatuan gamping, pegunungan denudasional terkikis kuat berbatuan breksi, pegunungan denudasional terkikis sedang berbatuan andesit, pegunungan denudasional terkikis sedang berbatuan konglomerat, pegunungan denudasional terkikis kuat berbatuan konglomerat, perbukitan denudasional terkikis lemah berbatuan gamping, dan kaki perbukitan denudasional berbatuan gamping.

Bagian utara DAS Serang memiliki batuan dasar yang berupa breksi, andesit, dan gamping yang berumur tersier sehingga fraksi yang dominan adalah fraksi halus seperti lempung. Jenis tanah pada wilayah utara DAS Serang adalah grumusol dan latosol yang memiliki tekstur dominan lempung. Bagian selatan memiliki tanah berupa tanah aluvial dan regosol dengan tekstur yang lebih kasar dibanding bagian utara.

Semakin ke arah hilir yang bertopografi datar persentase lempung yang dimodelkan semakin rendah. Lempung dimodelkan memiliki rentang nilai -157,79% hingga 45,71%. Nilai negatif yang sangat ekstrim ini disebabkan karena nilai maksimal TWI yang mencapai 85,20 padahal rentang nilai TWI pada lokasi sampel tanah berkisar di bawah 20. Nilai persentase lempung yang sangat rendah (dibawah nol) secara spasial berada pada wilayah-wilayah depresi berupa sungai dan lembah, sebagian besar tersebar pada

bagian selatan wilayah kajian. Peta persentase lempung dengan akurasi paling tinggi tersaji pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Peta Lempung berdasar TWI dari DEM SRTM

Akurasi peta persentase fraksi lempung dari TWI di DAS Serang memiliki akurasi yang rendah. Akurasi maksimal yang dihasilkan oleh model yang dihasilkan adalah 45,66% dan akurasi minimalnya adalah 13,12%. Wilayah DAS Serang memiliki kondisi faktor pembentuk tanah yang sangat kompleks. Terdapat berbagai bentuklahan dengan bermacam batuan induk di dalam nya. Kondisi ini mengakibatkan pemetaan tekstur yang hanya bertumpu pada salah satu faktor yaitu topografi saja menjadi tidak cukup efektif. Penelitian sebelumnya oleh Handayani (2009) pada sebagian DAS Serang juga menyatakan bahwa tidak ada hubungan antara kondisi topografi (sudut lereng) pada wilayah kajian dengan dengan tekstur tanah.

## KESIMPULAN

Model TWI yang menghasilkan peta persentase lempung dengan akurasi

maksimal 45,66 dan akurasi minimal 13,12%. Akurasi peta tekstur tanah yang rendah ini dikarenakan kondisi faktor pembentuk tanah di DAS Serang yang kompleks. Model TWI yang hanya bertumpu pada kondisi topografi tidak cukup akurat jika digunakan dalam memetakan tekstur tanah pada DAS Serang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad Sitanala dan E. Rustiadi. 2008. *Penyelamatan Tanah, Air, dan Lingkungan*. Jakarta: Crespent Press dan Yayasan Obor Indonesia.
- Barnes E. M. dan M. G. Baker. 2000. Multispectral Data for Mapping Soil Texture: Possibilities and Limitations. *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. 16(6), Hal. 731-741
- Beven, K. dan Kirkby, N. 1979. A Physically Based Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*. Vol. 24 Hal. 43-69.
- Gerrard A. J. 1981. *Soil and Landform: An Integration of Geomorphology and Pedology*. London: George Allen & Unwin.
- Handayani Sumardari Aprilia Tri. 2009. Kajian Hubungan Antara Sudut Lereng dengan Tekstur Tanah Horizon A (Studi Kasus Perbukitan Denudasional Berbatuan Breksi Terkikis Lemah di Sub DAS Clereng. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Khasanah Alfiyatun Nur. 2013. Analisa Hubungan Persentase Kandungan Lempung dengan Nilai dan Pola Respon Spektral Tanah pada Citra Hyperion Sebagian Daerah Istimewa Yogyakarta. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Lamsa S. dan Mishra U. 2010. Mapping Soil Textural Fractions Across A Large Watershed in North-east Florida. *Journal of Environmental Management* Vol. 91 Hal 1686-1694

- Lin Shengpen, Jing C., Cloes N. A., Chaplot V., Moore N. J., Wu J. 2013. Evaluating DEM Sources and Resolution Uncertainties in the Soil and Water Assessment Tool. *Stoch Environ Res Risk Assess.* Vol. 27 Hal. 209-221.
- Moore I.D., P.E. Gessler, G.A. Nielsen, dan G.A. Peterson. 1993. Soil Attribute Prediction Using Terrain Analysis. *Soil Science Society of America Journal.* Vol. 57, Maret-April 1993
- Roy Andre G., Richard S. Jarvis, dan Roger R. Arnett. 1980. Soil-Slope Relationships Within A Drainage Basin. *Annals of the Association of American Geographers* Vol. 70, Hal. 397-412.
- Soil Survey Staff. 1993. *Soil Survey Manual.* USA: USDA
- Sutanto Rachman. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah: Konsep dan Kenyataan.* Yogyakarta: Kanisius.
- Wang Daming, Y. Tian, Y. Gao, dan L. Wu. 2005. A New Method of Generating Grid DEM from Contour Lines. *Proceedings Geoscience and Remote Sensing Symposium.* IEEE International Vol. 1
- Zukhrufiyanti Afida. 2014. Pemetaan Kandungan Lempung pada Lahan Terbuka Menggunakan Pendekatan Multispaktral dan Topografi Berdasarkan Citra Landsat 8 Sebagian Wilayah Kabupaten Gunungkidul. *Skripsi.* Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada