

# Comparison of Interpolation Methods Based on Variation of Relief in Processing *Digital Elevation Model* Part of East Java

Adi Artanto

[Adi.artanto.kartografi@gmail.com](mailto:Adi.artanto.kartografi@gmail.com)

Taufik Hery Purwanto

[Taufik.hp@yahoo.com](mailto:Taufik.hp@yahoo.com)

## Abstract

*Digital Elevation Model (DEM) is frequently-used spatial data but its quality is usually neglected. The Interpolation methods and relief are the influencing factors of DEM quality on vertical accuracy and graphical display. The purpose of this research is to compare the interpolation methods based on relief variation. Masspoints is the data that used in processing DEM obtained from 1 : 25.000 scale aerial photography compilation, and height points is the data that used to examine vertical accuracy. The interpolation method used are Natural Neighbor, Inverse Distance Weighted, Spline, Ordinary Kriging and Universal Kriging. The value of vertical accuracy is obtained by calculating RMSE. Graphical display is compared through profile, hillshade and 3D. The result indicated that Ordinary Kriging is best for flat area and Spline are best for rolling area, rolling – surging area, hilly area, hilly – mountainous area and mountainous area. Vertical accuracy of DEM is equal to graphical display. Spline methods resulted DEM with a sharp topographic impression.*

*Keyword : DEM, Interpolation, Relief, Accuracy*

## Abstrak

*Digital Elevation Model (DEM) merupakan data spasial yang sering digunakan namun dalam pembuatan DEM kualitas DEM sering diabaikan. Metode interpolasi dan Relief Wilayah merupakan faktor yang mempengaruhi kualitas DEM baik dari akurasi maupun tampilan grafis. Penelitian ini bertujuan membandingkan metode interpolasi dengan variasi relief. Data yang digunakan dalam pembuatan DEM adalah masspoint foto udara skala 1:25.000 dan pengujian akurasi menggunakan titik tinggi pengukuran BIG. Metode interpolasi yang digunakan adalah Natural Neighbor, Inverse Distance Weighted, Spline, Ordinary Kriging dan Universal Kriging. Nilai akurasi vertikal didapatkan melalui perhitungan RMSE. Tampilan grafis dibandingkan melalui profil, hillshade dan 3D. Hasil penelitian menunjukkan metode Ordinary Kriging bagus untuk relief datar sedangkan Metode Spline baik untuk 5 wilayah lainnya yaitu relief berombak, berombak hingga bergelombang, berbukit – perbukitan, perbukitan – bergunung dan bergunung. Nilai akurasi vertikal berbanding lurus dengan tampilan grafis. Metode Spline menghasilkan DEM dengan kesan topografi yang tajam.*

*Kata Kunci : DEM, Interpolasi, Relief, Akurasi*

## PENDAHULUAN

*Digital Elevation Model* atau DEM merupakan representasi elevasi permukaan bumi yang sering digunakan dalam kajian kebencanaan, lingkungan, geologi, militer, geomorfologi maupun disiplin ilmu lainnya. Dalam penggunaannya kualitas DEM sering diabaikan. Kualitas DEM dipengaruhi oleh beberapa aspek yaitu (1) sumber data (2) metode interpolasi (3) resolusi horizontal dan presisi vertikal (4) model data/struktur data yang digunakan (5) kompleksitas topografi (6) Algoritma perhitungan atribut daerah yang berbeda Thompson et al (2001), Binh dan Thuy (2008).

Metode interpolasi merupakan faktor penting dalam pembuatan DEM. Aronof (1993) menyebutkan bahwa perbedaan Metode interpolasi dapat menyebabkan perbedaan DEM yang dihasilkan. Beberapa penelitian telah membandingkan metode interpolasi dalam pembuatan DEM. Pasaribu dan Hariyani (2012) menyebutkan metode *Natural Neighbor* menghasilkan DEM yang lebih baik dibandingkan metode *Inverse Distance Weighted* dan *Spline*. Erdogan (2008) menyebutkan metode *Spline* menjadi metode terbaik dalam pembuatan DEM.

Beberapa penelitian membandingkan DEM tidak melihat faktor lain yang mempengaruhi. Dalam penelitian sebelumnya menyimpulkan metode interpolasi yang berbeda sebagai metode terbaik namun menyampingkan faktor relief wilayah yang dibuat. Relief wilayah merupakan faktor yang bersifat tetap dan tak dapat dirubah dalam pembuatan DEM. Verstappen (1998) menjelaskan hubungan beda tinggi, kemiringan lereng dan relief dalam suatu wilayah. Shan et al (2003) menjelaskan semakin kompleks topografi suatu wilayah maka nilai error semakin bertambah. Wilayah yang dimaksudkan adalah wilayah yang memiliki variasi beda tinggi dan perubahan kemiringan lereng yang banyak. Wilayah tersebut adalah

wilayah-wilayah dengan relief hingga bergunung. sedangkan wilayah datar yang topografinya tidak begitu kompleks memiliki error yang kecil sehingga pada relief tertentu suatu metode interpolasi tidak dapat bekerja dengan baik.

Relief dan Metode Interpolasi ini perlu dikaji untuk membandingkan metode interpolasi mana yang dapat digunakan pada relief tertentu karena metode interpolasi juga memiliki banyak jenisnya dengan pendekatan perhitungan nilai tertentu sehingga memiliki kelebihan dan kelemahannya masing masing. Pemilihan metode interpolasi yang tepat sesuai dengan karakteristiknya dan relief wilayahnya dapat membantu meminimalisir kesalahan dalam pembuatan DEM.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui metode interpolasi mana yang memiliki nilai akurasi vertikal terbaik pada variasi relief. Tujuan kedua yaitu membandingkan tampilan grafis DEM setiap metode interpolasi berdasarkan variasi wilayah. Dua tujuan ini merupakan bagian dari penilaian kualitas DEM karena kualitas DEM itu sendiri dapat dilihat melalui nilai akurasi vertikal dan tampilan grafis dari data DEM.

DEM merupakan kumpulan data elevasi yang bersifat kontinyu Chang (2012). Sumber data elevasi DEM dibagi menjadi 3 menurut Li (2004) yaitu (1) data pengukuran lapangan (2) Peta eksisting (3) Foto udara. Data elevasi diinterpolasi dan dibangun hingga menghasilkan DEM. Li dan Heap (2008) menjelaskan metode interpolasi dibagi menjadi 2 yaitu metode interpolasi geostatistik dan non-geostatistik. Setiap metode interpolasi memiliki kelebihan dan kelemahannya masing. Metode interpolasi non-geostatistik beberapa diantaranya adalah *Natural Neighbor*, *Inverse Distance Weighted*, dan *Spline*. Sedangkan metode interpolasi geostatistik yaitu Kriging dengan jenisnya yang berbeda-beda

*Natural Neighbor* merupakan metode interpolasi yang menggunakan pendekatan tetangga terdekat dengan bobot luasan diagram *voronoi* yang terbentuk. Li dan Heap (2008) menyebutkan metode ini merupakan gabungan dari metode TIN dan *Nearest Neighbor*. Metode ini menghasilkan nilai yang bersifat lokal yaitu serupa atau tidak berbeda jauh dengan sampel terdekatnya.

*Inverse Distance Weighted* merupakan metode interpolasi yang menggunakan pendekatan nilai jarak Li dan Heap (2008). Perhitungan metode ini serupa dengan *Natural Neighbor* yang membedakan hanyalah faktor pembobot yang didapatkan melalui nilai *inverse* jarak sampel.

*Spline* merupakan metode interpolasi yang menggunakan perhitungan matematis dimana metode ini meminimalisir kelengkungan permukaan. Pasaribu dan Haryani (2010) menyebutkan metode ini memiliki efek *stretching* sehingga baik untuk mengestimasi nilai dibawah minimum maupun diatas maksimum nilai sampel.

*Kriging* merupakan metode interpolasi geostatistik yang menghitung nilai jarak antar obyek dan korelasi spasialnya, Jensen (2013). Metode ini merupakan metode interpolasi yang kompleks. Korelasi spasial digambarkan melalui *Semivariogram*. *Nugget*, *Sill*, dan *Range* merupakan 3 variabel dasar dalam pemilihan model untuk menginterpolasi nilai berdasarkan korelasi spasial dari data yang akan diinterpolasi. *Kriging* memiliki banyak jenisnya diantaranya yaitu *Ordinary Kriging* yaitu jenis yang lebih menitik beratkan pada korelasi spasial dan *Universal Kriging* yaitu jenis yang mengasumsikan data memiliki *trend*.

Shant et al (2003) menyebutkan kompleksitas topografi dapat dilihat melalui perubahan kemiringan lereng. Hal tersebut dapat diartikan wilayah-wilayah dengan relief-relief yang memiliki kemiringan lereng dan perubahan lereng yang variatif dan banyak memiliki

kompleksitas yang tinggi. Wilayah dengan relief berbukit dan bergunung merupakan wilayah dengan perubahan kemiringan yang variatif dan banyak karena perbedaan elevasinya yang variatif. Berbeda dengan wilayah datar dan berombak maupun bergelombang dimana perubahan-perubahan kemiringan lereng tidak begitu variatif.

## METODE PENELITIAN

Kajian perbandingan metode interpolasi berdasarkan kompleksitas dalam pembuatan DEM menggunakan data *masspoint* hasil kompilasi foto udara skala 1 : 25.000 sedangkan data uji akurasi vertikal DEM digunakan data hasil pengukuran lapangan. Kedua data merupakan hasil pengukuran Badan Informasi Geospasial yang digunakan untuk pembuatan DEM sebagai data dasar kontur dalam Peta Rupabumi Indonesia.

Metode interpolasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Natural Neighbor*, *Inverse Distance Weighted* dan *Spline* untuk metode interpolasi kategori non-geostatistik. Untuk metode interpolasi geostatistik digunakan *Ordinary Kriging* dan *Universal Kriging*. Kompleksitas topografi dilihat melalui perubahan kemiringan lereng dan relief wilayahnya. Perubahan kemiringan lereng dilihat secara visual melalui *hillshade* SRTM dan penggambaran profil penampang melintang sedangkan relief wilayah didapatkan melalui klasifikasi kemiringan lereng menurut Van Zuidam dan Cancelado (1979).

Hasil DEM dianalisis secara Kuantitatif untuk melihat nilai metode interpolasi dengan akurasi terbaik dan Kualitatif untuk mengetahui tampilan grafis DEM dan perbandingannya. Analisis kuantitatif DEM dilakukan untuk menilai akurasi vertikal DEM. Akurasi vertikal DEM dihitung melalui nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) melalui persamaan dibawah ini :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_{ground\ i} - Z_{dem\ i})^2}{n-1}}$$

RMSE = Root Mean Square Error  
 Z ground i = Elevasi Z ground i  
 Z dem i = Elevasi Z DEM pada titik i  
 n = Jumlah titik sampel

Analisis Kualitatif dilakukan untuk membandingkan tampilan grafis DEM melalui tampilan 3 dimensi, *hillshade*, profil penampang melintang.

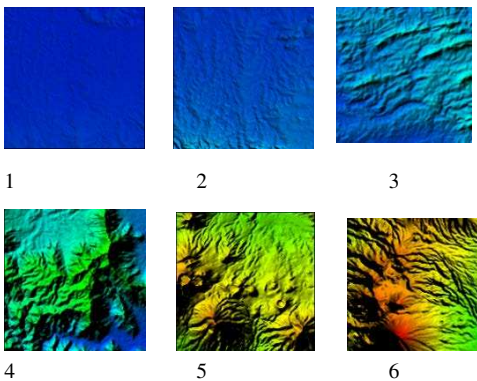
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Wilayah kajian dibagi menjadi 6 wilayah dengan karakteristik relief wilayah yang berbeda-beda.

Table 1. Relief wilayah

No	Kemiringan Lereng Maksimum	Relief
1	2%	Datar
2	13%	Berombak
3	20%	Berombak - Bergelombang
4	55%	Berbukit - Perbukitan
5	140%	Perbukitan - Bergunung
6	>140%	Bergunung

Keenam wilayah memiliki karakteristik yang berbeda. 6 wilayah tersebut memiliki nilai kemiringan lereng dan relief wilayah berbeda. Wilayah 1 dan 2 merupakan wilayah yang memiliki kompleksitas topografi yang rendah, wilayah ketiga memiliki kompleksitas topografi cukup tinggi sedangkan wilayah 3,4 dan 5 memiliki kompleksitas topografi yang tinggi.



Gambar 1. Enam Wilayah kajian berdasar variasi relief

Data dalam pembuatan DEM adalah *masspoint* hasil kompilasi foto udara. Sedangkan

data uji akurasi vertikal DEM adalah hasil pengukuran lapangan BIG. Tabel 2 merupakan jumlah daa titik *masspoint* dan titik uji akurasi dalam penelitian ini pada variasi relief yang berbeda.

Tabel 2. Jumlah data dalam pembangunan DEM

Relief	Jumlah Titik <i>Masspoint</i>	Jumlah Titik Lapangan	Jarak Sampel (m)
Datar	5.246	161	200
Berombak	20.185	272	100
Berombak - Bergelombang	19.969	426	100
Berbukit - Perbukitan	19.799	164	100
Perbukitan - Bergunung	20.328	281	100
Bergunung	20.186	187	100

Pembuatan DEM dilakukan menggunakan 5 metode interpolasi. 3 metode interpolasi merupakan metode non-geostatistik sehingga pembuatan DEM tidak memerlukan informasi tambahan. Dua metode lainnya merupakan metode interpolasi gestatistik. Interpolasi pada metode ini melalui tahapan penggambaran semivariogram terlebih dahulu untuk melihat korelasi spasial dari titik-titik sampel.

Tabel 3. Model Kriging yang dipakai

Karakteristik Wilayah	Model ( <i>nugget, sill, range</i> )
Datar	<i>Exponential</i> 0,8, 17, 2100
Berombak	<i>Power Model</i> 50, 1,11, 1
Berombak - Bergelombang	<i>Exponential</i> 40, 800, 2500
Berbukit - Perbukitan	<i>Gaussian</i> 200, 9000, 1000
Perbukitan - Bergunung	<i>Gaussian</i> 200, 9000, 2000
Bergunung	<i>Gaussian</i> 0, 130000, 2300

Tabel 3 merupakan hasil pemilihan model kriging setelah digambarkan Semivariogram. Nilai *Sill* merupakan batas nilai *semivariance* obyek memiliki korelasi spasial sedangkan range merupakan batas jarak titik sampel yang memiliki korelasi spasial. Sampel-sampel yang akan diinterpolasi adalah sampel-sampel yang memiliki batas nilai *semivariance*

dan jarak yang telah ditentukan berdasarkan korelasinya.

Tabel 3. Nilai RMSE 5 metode interpolasi pada 6 relief yang berbeda

Relief	NaN	IDW	Spline		OK	UK
			R	T		
Datar	2,0116	2,0646	2,0540	2,0233	<b>2,0086</b>	2,0281
Berombak	4,9717	5,7674	<b>4,1776</b>	4,3200	4,7634	8,0012
Berombak – Bergelombang	11,467	13,204	<b>9,2855</b>	9,7114	12,099	13,492
Berbukit - Perbukitan	19,699	20,145	<b>10,667</b>	11,354	15,222	15,611
Perbukitan - Bergunung	18,352	22,826	<b>13,932</b>	14,573	16,865	34,959
Bergunung	21,880	28,487	<b>15,462</b>	16,429	19,718	19,731

Hasil Perhitungan nilai RMSE menunjukkan nilai error semakin bertambah pada wilayah pertama yang merupakan wilayah dengan relief datar hingga wilayah keenam dengan relief bergunung.

Pada wilayah datar metode *Ordinary Kriging* menjadi metode dengan nilai akurasi terbaik atau error terkecil yaitu 2,0086. Metode *Spline* khususnya tipe *Regulized* merupakan metode interpolasi yang memiliki nilai akurasi terbaik atau nilai error terkecil pada lima dari enam wilayah kajian yang berbeda yaitu 4,17768 m pada relief berombak, 9,285591 m pada wilayah relief berombak hingga bergelombang, 10,66748 m pada wilayah relief berbukit hingga perbukitan, 13,93205 m pada wilayah relief perbukitan hingga bergunung dan 15,46237 m pada wilayah relief bergunung, berombak hingga bergelombang, berbukit hingga perbukitan dan bergunung.

Metode *Ordinary Kriging* menjadi metode interpolasi dengan nilai akurasi terbaik pada dengan relief datar sedangkan pada wilayah lainnya metode interpolasi *Spline* tipe *Regulized* menjadi metode interpolasi dengan nilai akurasi terbaik. Hal ini dapat disebabkan karena metode interpolasi *Spline* merupakan satu-satunya metode yang mampu menghasilkan nilai interpolasi yang lebih besar maupun lebih kecil

dibandingkan nilai sampel. Berbeda dengan 4 metode interpolasi lainnya yang hanya menghasilkan nilai interpolasi bersifat lokal yaitu nilai berada diantara nilai-nilai sampel.

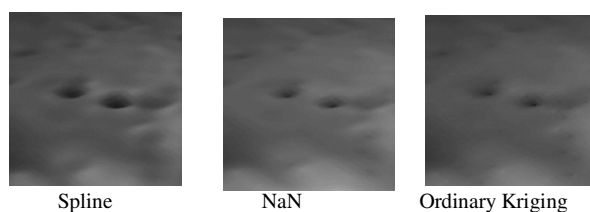
Hasil interpolasi pada wilayah dengan perbedaan nilai elevasi yang beragam seperti relief berombak bergelombang, berbukit, perbukitan hingga bergunung, metode interpolasi *Spline* mampu menginterpolasi dengan baik. Faktor lain yang menyebabkan metode *Spline* menjadi metode dengan nilai akurasi terbaik pada 5 wilayah lainnya adalah faktor pola sampel yang bersifat *systematic*. Pola *systematic* memiliki kekurangan dalam melakukan sampling pada pola-pola tertentu seperti puncak-puncak bukit, lembah-lembah dengan nilai terdalam karena pola sampling *systematic* membentuk grid. Pola tersebut kurang baik pada metode interpolasi yang menghasilkan nilai yang bersifat lokal atau berada diantara nilai sampel. Nilai puncak-puncak bukit maupun lembah yang tidak tersampel tidak akan terinterpolasi nilai. Berbeda dengan *Spline*, kemampuan menghasilkan nilai interpolasi lebih besar maupun lebih kecil dibandingkan nilai sampelnya bisa meminimalisir kekurangan pola sampel tersebut. Sehingga elevasi hasil DEM dapat lebih mendekati dengan elevasi permukaan bumi aslinya.

Kemampuan interpolasi yang dimiliki *Spline* untuk menghasilkan nilai interpolasi diatas atau dibawah nilai sampel tidak cocok untuk wilayah datar sehingga akurasi vertikalnya kurang baik. Metode interpolasi *Ordinary Kriging* menjadi metode terbaik. Begitu juga dengan metode interpolasi dengan dasar tetangga terdekatnya seperti *Natural Neighbor*. Hal ini disebabkan wilayah datar tidak memiliki perbedaan nilai elevasi yang beragam, metode *Spline* akan menghasilkan nilai yang jauh dengan nilai yang sedikit lebih tinggi dan lebih rendah sehingga permukaan tidak akan cenderung datar. *Ordinary Kriging* yang merupakan metode interpolasi geostatistik secara teroris

menghasilkan DEM yang baik. Terlebih pada wilayah datar dengan kemampuan membaca korelasi spasial datanya sehingga menjadi lebih akurat dalam menginterpolasi.

Metode interpolasi *Inverse Distance Weighted* dan *Universal Kriging* menjadi metode interpolasi yang menghasilkan nilai akurasi vertikal yang kurang baik atau nilai error terbesar. *Universal Kriging* memiliki nilai error terbesar pada 3 wilayah yang berbeda topografinya 3 wilayah lainnya memiliki nilai yang sama baiknya dengan *Ordinary Kriging*. Sedangkan *Inverse Distance Weighted* memiliki nilai error yang besar pada 6 wilayah kajian. Metode *Inverse Distance Weighted* memiliki nilai error yang besar karena nilai hasil interpolasi memiliki nilai rata-rata sampel disekitarnya namun tidak memiliki kecenderungan tertentu pada sampel tertentu. Hal tersebut disebabkan pola sampel berupa grid dan jaraknya serupa sehingga menjadi semua titik sampel disekitarnya punya pengaruh sama dan nilai sampel menjadi nilai puncak disetiap sampelnya.

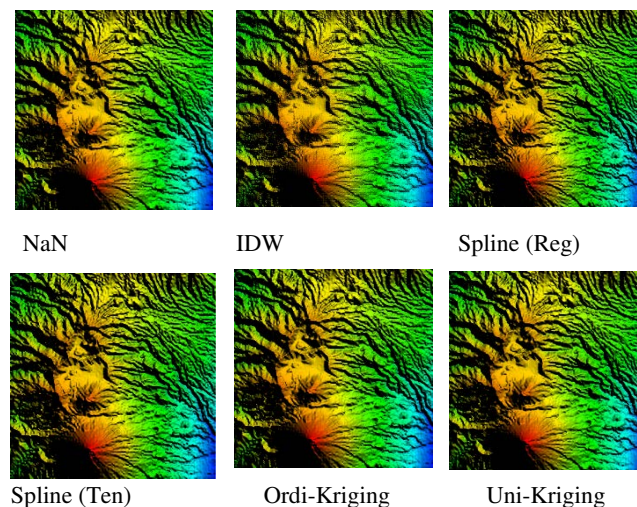
Nilai RMSE sebanding dengan tampilan grafis DEM. Pada wilayah datar metode *Ordinary Kriging* menghasilkan tampilan grafis yang baik, pada metode interpolasi lainnya pola cekungan di beberapa wilayah tergambar dengan jelas dan memberikan efek yang tidak serupa dengan permukaan yang datar terutama pada metode interpolasi *Spline*.



Gambar 2. Pola cekungan pada wilayah datar

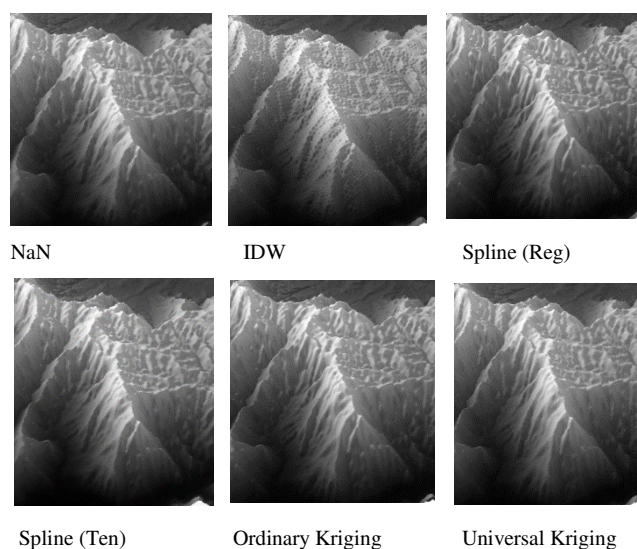
Sebaliknya pada wilayah relief berbukit, bergelombang, berbukit, perbukitan hingga bergunung *Spline* menghasilkan DEM yang tajam dalam memberikan kesan topografi begitu juga dengan metode *Ordinary Kriging* dan

*Natural Neighbor*, namun tidak lebih tajam dibandingkan metode *Spline*.

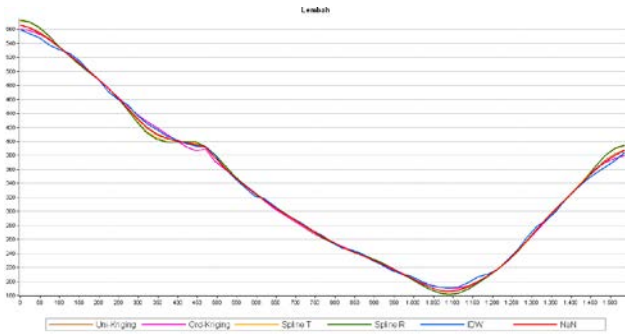


Gambar 3. Hillshade Relief Bergunung

Gambar 3 hasil *hillshade* wilayah relief bergunung hasil DEM 5 metode interpolasi. Wilayah bergunung menggambarkan topografi yang kompleks, metode *Spline* memiliki visualisasi kesan topografi yang bagus. Gambar 4 pada relief berbukit hingga perbukitan metode *Spline* menghasilkan bentuk 3D yang tajam menggambarkan igir-igir maupun lembah-lembah sehingga kesan topografinya dapat terlihat dengan baik.

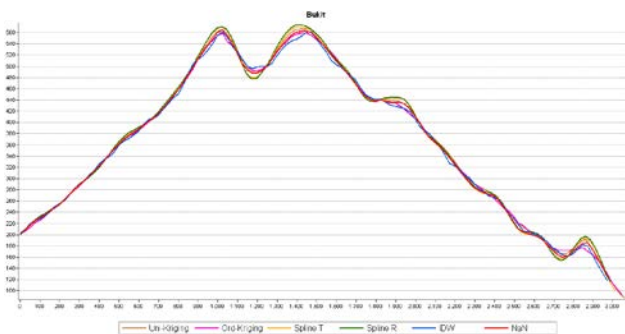


Gambar 4. 3D wilayah relief berbukit-perbukitan



Gambar 5. Profil salah satu lembah

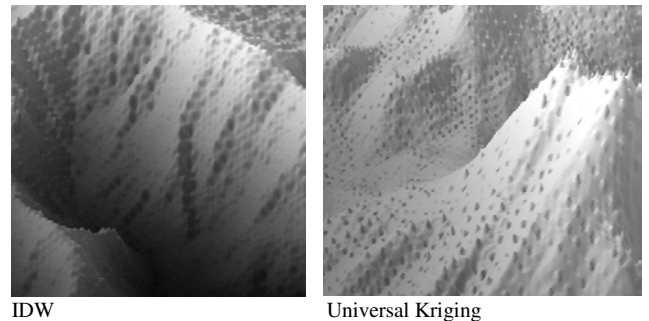
Profil penampang melintang pada gambar 5 menunjukkan metode interpolasi *Spline* menghasilkan lembah yang lebih dalam dan tidak datar. Empat metode interpolasi lainnya menggambarkan lembah yang cenderung datar. Sedangkan pada gambar 6 metode *Spline* memiliki puncak bukit yang lebih tinggi. Hal inilah yang membuat metode *Spline* dapat menghasilkan tampilan grafis dengan kesan topografi yang lebih baik dibandingkan metode lainnya



Gambar 6. Profil salah satu bukit

Metode *Inverse Distance Weighted* dan *Universal Kriging* menghasilkan DEM dengan tampilan grafis yang tidak serupa dengan permukaan elevasi karena terdapat pola-pola tonjolan tertentu. Pada *Inverse Distance Weighted* pola tersebut membentuk puncak yang tumpul berbeda dengan *Universal Kriging* yang cenderung runcing. Pola tersebut merupakan elevasi nilai sampel. Pola tersebut disebabkan metode interpolasi oleh sistem sampling yang tidak begitu baik pada perhitungan yang menjadikan jarak sebagai nilai pembobot. Sistem sampling *systematic* menyebabkan nilai jarak antar sampel bernilai sama atau bernilai

kelipatannya. Sehingga pada hasil perhitungan tiap sampel memiliki bobot yang sama dan menyebabkan nilai interpolasi menjadi lebih rendah dari nilai-nilai disekelilingnya. Metode *Universal Kriging* juga disebabkan oleh model yang dipilih untuk memilih sampel berdasar korelasi spasial dengan melihat *trend* menjadi sama perhitungannya dengan metode *Inverse Distance Weighted*. Pola tersebut terjadi disemua wilayah pada metode interpolasi *Inverse Distance Weighted* dan *Universal Kriging* pada relief berombak dan perbukitan hingga bergunung.



Gambar 7. Hasil 3D metode interpolasi IDW pada relief berbukit – perbukitan dan *Universal Kriging* pada relief perbukitan – bergunung

## KESIMPULAN

Metode interpolasi *Ordinary Kriging* menjadi metode interpolasi dengan nilai akurasi terbaik dengan nilai akurasi 2,00865 m pada wilayah dengan relief datar sedangkan metode interpolasi *Spline* khususnya tipe *Regularized* menjadi metode interpolasi dengan nilai akurasi terbaik pada 5 wilayah lainnya yaitu 4,17768 m pada relief berombak, 9,285591 m pada wilayah relief berombak hingga bergelombang, 10,66748 m pada wilayah relief berbukit hingga perbukitan, 13,93205 m pada wilayah relief perbukitan hingga bergunung dan 15,46237 m pada wilayah relief bergunung.

Metode Interpolasi *Spline* baik tipe *Tension* maupun *Regularized*, menghasilkan tampilan grafis dengan permukaan yang halus dan menghasilkan kesan topografi yang tajam

begitu juga dengan *Natural Neighbor* dan *Ordinary Kriging* namun tidak lebih tajam dan halus dibandingkan metode interpolasi *Spline*. Metode Interpolasi *Inverse Distance Wiegthed* dan *Universal Kriging* menghasilkan DEM dengan tampilan grafis yang memiliki pola tonjolan-tonjolan dan tidak sesuai dengan permukaan bumi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aguliar, F. J., Francisco A., Manuel A. A., dan Fernando C. 2005, *Effect of Terrain Morphology, Sampling Density and Interpolation Methods on Grid DEM Accuracy*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 71, No.7, pp. 805-816
- Alnabi, I. G, Elshami M. M. dan Awadelgeed M. A., 2011, *Impact of Spatial Interpolation Methods on Digital Elevation Models Quality*, UofKEJ Vol. 1, pp.29-39
- Aronof, 1989. *GIS : A Management Prespective*. WDL Publication, Ottawa.
- Binh, T. Q., dan N. T. Thuy, 2008. *Assessment of Techniques on The Accuracy of Digital Elevation Model*, Journal of Scinces, Vol. 24, pp 176-183
- Bolstad, P, 2012, *GIS Fundamentals A First Text on Geogrpahic Information Systems Fourth Edition*, Eider Press, Minnesota
- Chang, K, 2012, *Introduction to Geographic Information Systems*, The Mc Graw-Hill Companies, Singapore
- Erdogan, S., 2009. *A Comparision of Interpolation Methods for Producing Digital Elevation Model at The Field Scale*. Earth Surface Processes and Landforms Vol. 34, pp. 366-376
- Jin Li dan Andrew, 2008. *A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientist*. Geoscience Australia, Canberra
- Jensen, J dan Jensen R. 2013, *Introductory Gepgraphic Information Systems*, Pearson, Uniated State of America
- Liu, X dan Hu Peng, 2009, *Accurcay Assessment of Digital Elevation Model based on Approximation Theory*. San Fransisco State University, USA
- Li, Z, Zhu, Q dan Gold C. 2004, *Digital Terrain Modelling Principle and Methodology*. CRC Press, Florida
- Mahariana N, R. 2004. *Akurasi Metode Interpolasi pada Pembentukan Model Elevasi Digital* untuk Memperoleh Informasi Relief (Studi Kasus Peta RBI Lembar 1110-311, Bojonegara, Banten). UGM, Yogyakarta
- Pasaribu, M. J & Haryani, N. S., 2012. *Perbandingan Teknik Interpolasi DEM SRTM dengan Metode Inverse Distance Weighted, Natural Neighbour dan Spline*. Jurnal Penginderaan Jauh Vol 9 No. 2, pp. 126-139
- Shan J, Zaheer M dan Hussain E, 2003, *Study on Accuracy of 1-Degree DEM Versus Topographic Complexity Using GIS Zonal Analysis*, Jurnal of Surveying Engineering DOI:10.1061/(ASCE)073 3-9453(2003)192:2(85)
- Tempfli, K dan Tuladhat A.M., 1991, *Digital Terrain Modelling*, ITC Enschede, The Netherlands
- Tempfli, K. 1991, *Interpolation and Filtering*, ITC Enschede, The Netherla

