

**PERBANDINGAN TEKNIK INTERPOLASI DEM SRTM DENGAN METODE  
INVERSE DISTANCE WEIGHTED (IDW),  
NATURAL NEIGHBOR DAN SPLINE  
(COMPARISON OF DEM SRTM INTERPOLATION TECHNIQUES USING  
INVERSE DISTANCE WEIGHTED (IDW), NATURAL NEIGHBOR AND  
SPLINE METHOD)**

**Junita Monika Pasaribu, Nanik Suryo Haryani**  
Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN  
email: [junita.monika@lapan.go.id](mailto:junita.monika@lapan.go.id)  
Diterima 20 September 2012; Disetujui 15 November 2012

**ABSTRACT**

Flood simulation model requires input data, such as 10 meters spatial resolution of DEM (Digital Elevation Model) which is higher than the available data DEM SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Detail DEM can be made using interpolation method of height points. The research has two purposes, first is to generate DEM with 10 meters spatial resolution and the second is to study the differences of the DEM interpolation result by using Inverse Distance Weighted, Natural Neighbor and Spline. Height points of DEM SRTM were extracted and converted into point format data, and then it was used as the input data in interpolation process. The quality of DEM from the interpolation result was influenced by weighting model used in the process, therefore the effects of weighting model on height value obtained by the interpolation result was also observed. The result indicates that the best DEM with 10 meters spatial resolution can be produced using Natural Neighbor and Regularized Spline type method. The DEMs have low error value, smooth surface and closer appearance to the earth's surface observed visually from Google Earth. Another influential factor to improve the quality of DEM in interpolation process, is the height points of the input data should be evenly distributed over the study area.

Key word: DEM, *Interpolation*, *Inverse Distance Weighted*, *Natural Neighbor*, *Spline*

**ABSTRAK**

Model simulasi banjir membutuhkan *input* data berupa *Digital Elevation Model* (DEM) dengan resolusi spasial 10 meter yang lebih tinggi dibandingkan data DEM *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) yang tersedia saat ini. Pembuatan DEM yang lebih detil dapat dilakukan dengan metode interpolasi titik ketinggian. Pada penelitian ini dilakukan penurunan DEM dengan spasial 10 meter dan kajian mengenai perbedaan hasil proses interpolasi dari DEM dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weighted* (IDW), *Natural Neighbor*, dan *Spline*. Titik-titik ketinggian dari data DEM SRTM diekstrak dan dirubah menjadi data format *point*, yang selanjutnya digunakan sebagai *input* data pada proses interpolasi. Kualitas DEM hasil interpolasi dipengaruhi oleh nilai bobot yang digunakan dalam proses, sehingga dilakukan juga kajian mengenai pengaruh perbedaan bobot terhadap nilai ketinggian hasil interpolasi. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa DEM dengan resolusi spasial 10 m yang terbaik dihasilkan dengan menggunakan metode interpolasi *Natural Neighbor* dan tipe *regularized spline*. DEM yang dihasilkan mempunyai nilai *error* rendah, permukaan yang halus dan lebih mendekati kenampakan permukaan bumi yang diamati secara visual dari *Google Earth*. Faktor lain yang berpengaruh untuk

meningkatkan kualitas DEM dalam proses interpolasi adalah titik-titik ketinggian sebagai input data harus terdistribusi secara merata di daerah kajian.

Kata Kunci: *DEM, Interpolasi, Inverse Distance Weighted, Natural Neighbor, Spline*

## 1 PENDAHULUAN

Pengolahan citra merupakan proses pengolahan dan analisis citra secara visual dan berbagai proses secara digital. Pengolahan citra digital tersebut saat ini telah banyak dilakukan secara digital dengan berbagai perangkat lunak yang handal. Pengolah citra secara digital dapat mengubah ukuran suatu citra melalui pembesaran ukuran piksel atau resolusi yang sering diperlukan untuk memperlihatkan citra secara detil. Dalam proses pengolahan citra penginderaan jauh untuk menyamakan ukuran piksel dalam citra dilakukan cara yang disebut dengan interpolasi.

Interpolasi sering disebut dengan *resampling*, dimana interpolasi merupakan suatu metode pencitraan untuk menambah atau mengurangi jumlah piksel dalam citra digital. Proses interpolasi ini digunakan untuk menghasilkan citra yang lebih detil. Hampir semua perangkat lunak untuk *editing* citra mendukung satu atau lebih metode interpolasi. Bagaimana proses interpolasi citra dapat menghasilkan citra dengan piksel yang lebih halus, tergantung dari algoritma interpolasi.

Salah satu permasalahan dalam proses pengolahan data secara digital adalah adanya perbedaan resolusi citra antar data sehingga memberikan hasil yang kurang akurat. Untuk itu diperlukan teknik yang mampu memberikan informasi resolusi citra yang sama. Salah satu cara yang akan digunakan adalah dengan cara interpolasi. Interpolasi merupakan sebuah metode atau fungsi matematika yang mengestimasi nilai pada lokasi yang tidak memiliki nilai. Interpolasi

spasial memperkirakan data atribut yang kontinyu di lokasi kajian. Asumsi lainnya adalah atribut tersebut bergantung secara spasial yang menandakan bahwa nilai yang saling berdekatan lebih memiliki kemiripan dibandingkan nilai yang berjauhan. Hasil akhir yang ingin dicapai dari interpolasi spasial adalah untuk menciptakan permukaan yang mampu merepresentasikan keadaan empiriknya, sehingga harus memperkirakan tingkat akurasi metode yang dipilih (Azpurua dan Ramos, 2010).

Pada penelitian ini interpolasi data DEM dilakukan untuk masukan pada penelitian lebih lanjut, yaitu permodelan simulasi banjir. Data yang digunakan adalah *Digital Elevation Model-Shuttle Radar Topography Mission* (DEM SRTM) 30 m, dimana dalam hal ini DEM SRTM 30 m diinterpolasi menjadi 10 m agar sesuai dengan resolusi penggunaan lahan yang menggunakan data SPOT 5 yang mempunyai resolusi 10 m dengan daerah kajian adalah Kabupaten Sampang. Tujuan yang lain adalah untuk mempelajari kelebihan dan kekurangan masing-masing metode interpolasi yang digunakan.

Beberapa metode interpolasi yaitu *Inverse Distance Weighted* (IDW), *Natural Neighbor*, dan *Spline*. Metode IDW memiliki pengaruh yang bersifat lokal yang berkurang terhadap jarak yang memberikan bobot yang lebih besar pada sel yang terdekat dibandingkan dengan sel yang lebih jauh (Watson dan Philip, 1985). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sibson R. (1981), metode *Natural Neighbor* yang dikenal juga sebagai interpolasi *Sibson* atau

“Area-Stealing” juga memiliki sifat lokal, dimana hanya menggunakan nilai sampel yang berada disekitar titik yang akan diinterpolasi. Metode lain yang digunakan adalah metode *spline*, dimana metode ini mengestimasi nilai dengan menggunakan fungsi matematika yang meminimalisir total kelengkungan permukaan.

## 2 KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Inverse Distance Weighted (IDW)

Metode ini memiliki asumsi bahwa setiap titik *input* mempunyai pengaruh yang bersifat lokal yang berkurang terhadap jarak. Metode mIDW umumnya dipengaruhi oleh *inverse* jarak yang diperoleh dari persamaan matematika. Pada metode interpolasi ini kita dapat menyesuaikan pengaruh relatif dari titik-titik sampel. Nilai *power* pada interpolasi IDW ini menentukan pengaruh terhadap titik-titik masukan (*input*), dimana pengaruh akan lebih besar pada titik-titik yang lebih dekat sehingga menghasilkan permukaan yang lebih detail. Pengaruh akan lebih kecil dengan bertambahnya jarak dimana permukaan yang dihasilkan kurang detail dan terlihat lebih halus. Jika nilai *power* diperbesar berarti nilai keluaran (*output*) sel menjadi lebih terlokalisasi dan memiliki nilai rata-rata yang rendah. Penurunan nilai *power* akan memberikan keluaran dengan rata-rata yang lebih besar karena akan memberikan pengaruh untuk area yang lebih luas. Jika nilai *power* diperkecil, maka dihasilkan permukaan yang lebih halus. Bobot yang digunakan untuk rata-rata adalah turunan fungsi jarak antara titik sampel dan titik yang diinterpolasi (Philip dan Watson, 1982 dalam Merwade et al., 2006). Fungsi umum pembobotan adalah *inverse* dari kuadrat jarak, dan persamaan ini digunakan pada metode *Inverse Distance*

*Weighted* yang dirumuskan dalam formula berikut ini (Azpurua dan Ramos, 2010):

$$Z^* = \sum_{i=1}^N \omega_i Z_i \dots \dots \dots (2 - 1)$$

Dimana  $Z_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ) merupakan nilai ketinggian data yang ingin diinterpolasi sejumlah  $N$  titik, dan bobot (*weight*)  $\omega_i$  yang dirumuskan sebagai:

$$\omega_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=0}^n h_j^{-p}} \dots \dots \dots (2 - 2)$$

$p$  adalah nilai positif yang dapat diubah-ubah yang disebut dengan parameter *power* (biasanya bernilai 2) dan  $h_j$  merupakan jarak dari sebaran titik ke titik interpolasi yang dijabarkan sebagai:

$$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \dots \dots \dots (2 - 3)$$

$(x, y)$  adalah koordinat titik interpolasi dan  $(x_i, y_i)$  adalah koordinat untuk setiap sebaran titik. Fungsi *weight* bervariasi untuk keseluruhan data sebaran titik sampai pada nilai yang mendekati nol dimana jarak bertambah terhadap sebaran titik.

Kelebihan dari metode interpolasi IDW ini adalah karakteristik interpolasi dapat dikontrol dengan membatasi titik-titik masukan yang digunakan dalam proses interpolasi. Titik-titik yang terletak jauh dari titik sampel dan yang diperkirakan memiliki korelasi spasial yang kecil atau bahkan tidak memiliki korelasi spasial dapat dihapus dari perhitungan. Titik-titik yang digunakan dapat ditentukan secara langsung, atau ditentukan berdasarkan jarak yang ingin diinterpolasi. Kelemahan dari interpolasi IDW adalah tidak dapat mengestimasi nilai diatas nilai maksimum dan dibawah nilai minimum

dari titik-titik sampel (Pramono, 2008). Efek yang terjadi jika interpolasi IDW diaplikasikan pada elevasi permukaan adalah terjadinya perataan (*flattening*) puncak dan lembah, kecuali jika titik-titik tertinggi dan terendah merupakan bagian dari titik sampel. Karena nilai estimasi merupakan nilai rata-rata, hasil permukaan tidak akan tepat melewati titik-titik sampel. Kelemahan lain dari metode interpolasi ini adalah adanya efek *bull-eye*.

Terdapat dua metode penentuan luas daerah yang dipengaruhi oleh titik sampel (Watson dan Philip, 1985) yaitu:

#### a. Variable search radius

Titik-titik yang digunakan dalam interpolasi ini ditentukan oleh *user*, sehingga nilai *search radius* bervariasi untuk setiap interpolasi. Hal ini bergantung pada seberapa jauh titik tersebut mencari sel-sel yang berada disekitarnya, sehingga beberapa bagian akan menjadi lebih besar dan beberapa bagian lain akan menjadi lebih kecil, tergantung pada kerapatan titik-titik disekitar sel yang diinterpolasi.

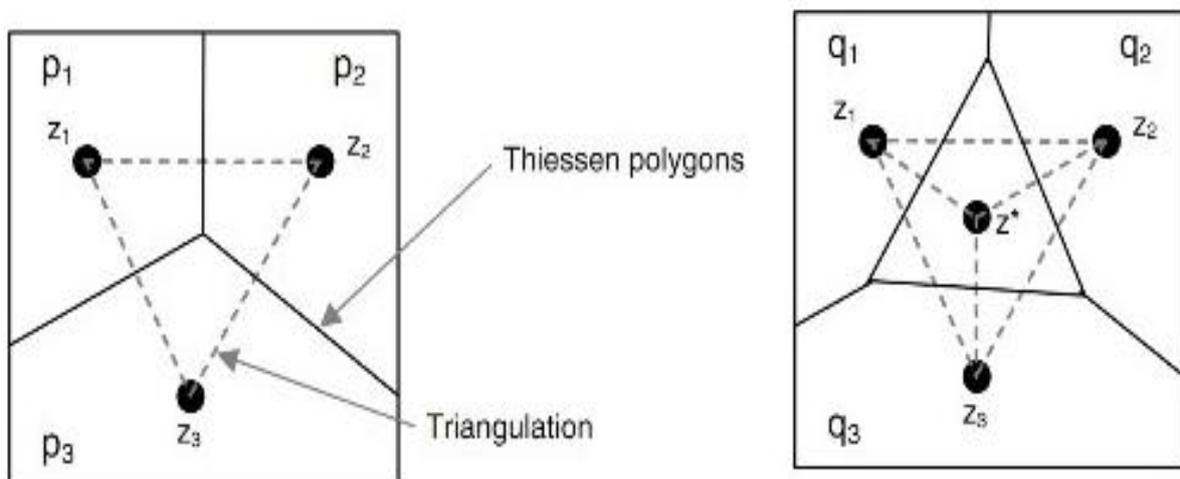
#### b. Fixed search radius

*Fixed search radius* membutuhkan jarak lingkungan dan jumlah titik yang minimum. Besarnya radius yang digunakan dalam metode ini adalah konstan untuk semua titik sel yang diinterpolasi.

## 2.2 Natural Neighbor

Algoritma yang digunakan pada interpolasi *Natural Neighbor* ini bekerja dengan mencari titik-titik yang berdekatan dengan titik sampel dan mengaplikasikan bobot (*weight*) pada titik-titik tersebut (Sibson, 1981). Metode ini dikenal juga sebagai interpolasi *Sibson* atau "*Area-Stealing*". Sifat dasar metode interpolasi ini adalah lokal, dimana hanya menggunakan sampel yang berada disekitar titik yang ingin diinterpolasi, dan hasil yang diperoleh akan mirip dengan ketinggian titik sampel yang digunakan sebagai nilai masukan proses interpolasi.

Setiap titik dalam metode *Natural Neighbor* adalah titik-titik yang dihubungkan dengan diagram *Voronoi* (*Thiessen Polygon*). Proses pertama yang terjadi adalah membangun poligon untuk semua titik-titik masukan yang digunakan dalam interpolasi. Berikutnya *Thiessen Polygon* yang baru akan dibuat dari sekitar titik-titik interpolasi. Metode Interpolasi *Natural Neighbor* mirip dengan metode IDW dalam menentukan pembobotan (*weight*) untuk data dengan nilai yang berbeda-beda (Sibson, 1981; Mitas dan Mitasova, 1999).



Gambar 2-1: Diagram Vononoi (*Thiessen Polygon*) (Merwade et al., 2006)

Konsep dasar dari perhitungan elevasi dengan menggunakan *Thiessen Polygon* dapat dilihat pada Gambar 2-1a. Tidak seperti IDW, nilai *weight*  $w$  dihitung berdasarkan luas area disekitar titik-titik yang akan diinterpolasi bukan berdasarkan jarak. Jika titik yang ingin diinterpolasi  $z^*$  dimasukkan kedalam data set, *Thiessen Polygon* untuk titik-titik  $(z_1, z_2, \dots, z_n)$  disekitar  $z^*$  berkurang (Gambar 2-1b.). Jika  $p_i$  dan  $q_i$  merupakan area *Thiessen Polygon* dari titik-titik sampel  $z_i$  sebelum dan sesudah penambahan  $z^*$ , maka bobot (*weight*) untuk titik sampel  $z_i$  dirumuskan sebagai berikut (Merwade et al., 2006):

$$\omega_i = \frac{(p_i - q_i)}{p_i} \dots \dots \dots (2 - 4)$$

Untuk estimasi nilai  $z^*$  untuk titik yang ingin diinterpolasi dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

**2.3 Spline**

Metode *Spline* merupakan metode yang mengestimasi nilai dengan menggunakan fungsi matematika yang meminimalisir total kelengkungan permukaan. (Binh dan Thuy, 2008; Childs, 2004). Efek *stretching* yang dimiliki *Spline* sangat berguna jika kita ingin memperkirakan nilai dibawah nilai minimum dan nilai diatas nilai maksimum yang mungkin ditemukan dalam data set yang digunakan. Hal ini membuat metode interpolasi *Spline* merupakan metode yang baik untuk mengestimasi nilai rendah dan tinggi yang tidak terdapat pada sampel data. Pada metode *Spline* ini permukaan yang dihasilkan tepat melewati titik-titik sampel.

Kelabihan dari metode *Spline* ini adalah kemampuan untuk menghasilkan akurasi permukaan yang cukup baik walaupun data yang digunakan hanya

sedikit. Metode ini baik digunakan dalam membuat permukaan seperti ketinggian permukaan bumi, ketinggian muka air tanah, ataupun konsentrasi polusi udara. Metode ini kurang baik jika diaplikasikan untuk situasi dimana terdapat perbedaan nilai yang signifikan pada jarak yang sangat dekat (Sibson,1981). Kekurangan dari metode *spline* ini adalah ketika titik-titik sampel yang berdekatan memiliki perbedaan nilai yang sangat besar, metode *Spline* tidak dapat bekerja dengan baik. Hal ini disebabkan karena metode *Spline* menggunakan perhitungan *slope* yang berubah berdasarkan jarak untuk memperkirakan bentuk dari permukaan. Untuk kasus tertentu sebaiknya digunakan interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW) dimana mampu menginterpolasi nilai dengan perbedaan ketinggian yang cukup besar.

Persamaan yang digunakan pada metode *Spline* adalah dengan menggunakan formula interpolasi permukaan :

$$S(x, y) = T(x, y) + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j) \dots \dots \dots (2 - 5)$$

Keterangan:

- $j$  : 1,2,... n
- $N$  : jumlah titik
- $\lambda_j$  : koefisien yang ditemukan dari system persamaan linier.
- $r_j$  : jarak antara titik  $(x, y)$  ke titik  $j^{th}$

$T(x, y)$  dan  $R(r)$  didefinisikan secara berbeda, berdasarkan cara seleksi.

Untuk tujuan komputasi, semua bagian keluaran *raster* dibagi menjadi beberapa bagian dengan ukuran yang sama. Jumlah bagian untuk arah  $x$  dan arah  $y$  adalah sama dengan bentuk persegi. Jumlah bagian ditentukan dengan membagi total jumlah titik masukan dengan nilai yang ditentukan untuk jumlah titik. Untuk data dengan distribusi yang kurang seragam, bagian-

bagian ini mungkin berisi jumlah titik yang berbeda secara signifikan, dan nilai yang dihasilkan menjadi kasar.

Terdapat dua jenis metode dalam interpolasi *spline* (Mitas dan Mitasova, 1988) yaitu:

**- Tipe Regularized Spline**

Tipe *regularized spline* memodifikasi kriteria minimum sehingga turunan ketiga digabungkan menjadi kriteria minimum. Parameter spesifik *weight* menentukan bobot yang diambil dari turunan ketiga selama proses minimalisasi, disebut sebagai  $\tau$  (*tau*). Besarnya nilai *tau* ini menentukan kemulusan permukaan. Nilai *tau* atau *weight* yang tinggi akan menghasilkan nilai permukaan yang halus. Nilai parameter ini harus lebih besar atau sama dengan nol. Biasanya nilai yang digunakan adalah 0, 0.001, 0.01, 0.1 dan 0.5. Dengan menggunakan tipe *regularized spline*, permukaan yang halus dihasilkan untuk turunan pertama. Teknik ini berguna juga untuk turunan kedua.

Persamaan yang digunakan dalam metode *regularized spline* adalah sebagai berikut:

$$T(x, y) = a_1 + a_2x + a_3y \dots\dots\dots(2-6)$$

Keterangan:

$a_i$  : koefisien yang diperoleh dari persamaan linear dan

$$R(r) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{r^2}{4} \left[ \ln \left( \frac{r}{2\tau} \right) + c - 1 \right] + K_0 r \tau + c + \ln r 2\pi \dots\dots\dots 2-7 \right.$$

dimana :

- r : merupakan jarak antara titik ke sampel.
- $\tau^2$  : parameter *weight*
- $K_0$  : Fungsi Bessel
- c : konstanta dengan nilai 0.577215

**- Type Tension Spline**

Tipe *tension spline* ini memodifikasi kriteria minimum, sehingga turunan pertama digabungkan ke dalam kriteria minimum. Parameter spesifik *weight* menentukan bobot yang diambil dari turunan ketiga selama proses minimalisasi, disebut sebagai  $\phi$  (*phi*). Semakin besar nilai *weight*, hasil permukaannya akan lebih kasar. Nilai masukan parameter ini harus lebih besar atau sama dengan nol. Nilai yang biasa digunakan adalah 0, 1, 5 dan 10.

Persamaan yang digunakan dalam metode *tension spline* adalah sebagai berikut:

$$T(x, y) = a_1 \dots\dots\dots(2-8)$$

Keterangan:

$a_1$  : koefisien yang diperoleh dari persamaan linear

dan

$$R(r) = -\frac{1}{2\pi\phi^2} \left[ \ln \left( \frac{r\phi}{2} \right) + c + K_0(r\phi) \right] \dots(2-9)$$

Keterangan:

- r : jarak antara titik dan sampel.
- $\phi^2$ : Parameter *Weight*
- $K_0$  : Fungsi Bessel
- c : konstanta yang memiliki nilai 0.577215

**3 METODOLOGI PENELITIAN**

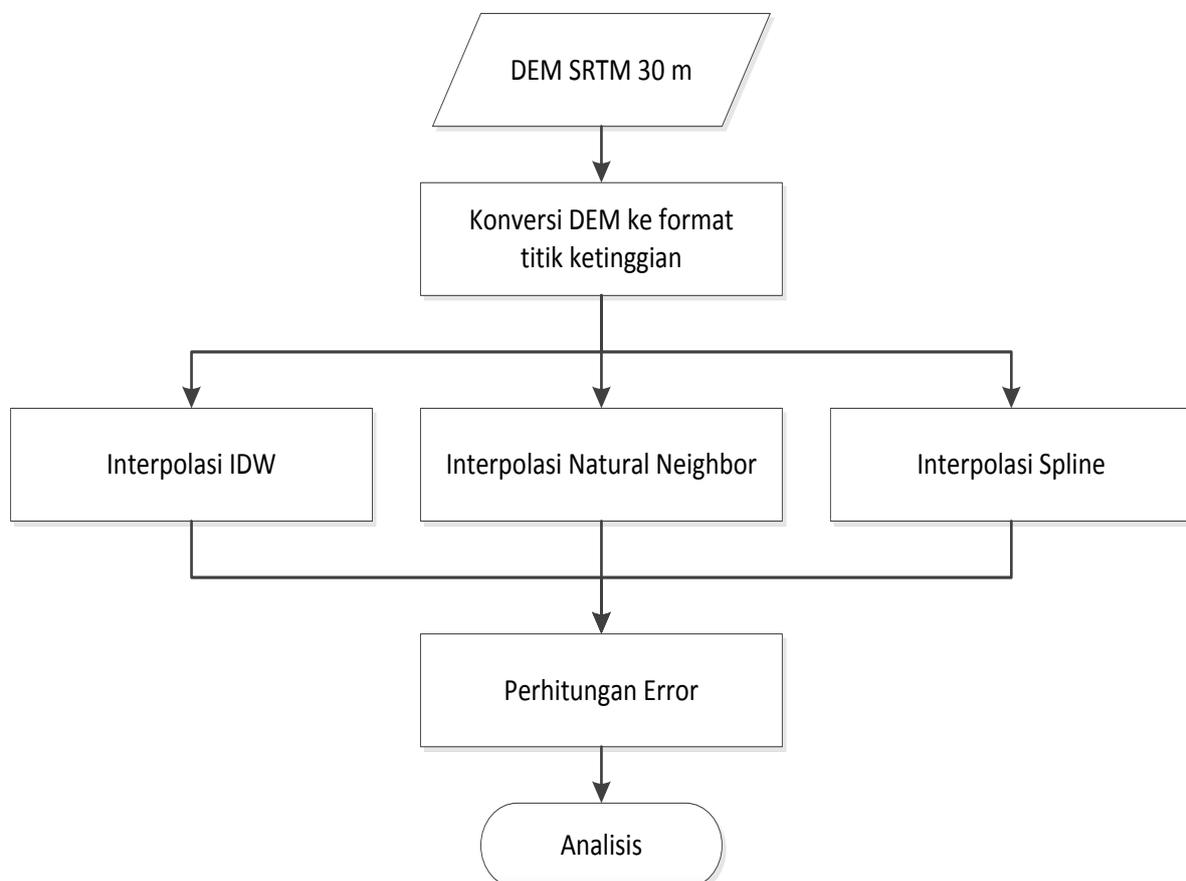
Penelitian ini mengkaji beberapa metode interpolasi terhadap citra DEM SRTM 30 m (Gambar 3-1) dengan menggunakan *software* ArcGIS versi 10.0 untuk memperoleh nilai ketinggian dengan resolusi yang sama dengan data lainnya yang akan digunakan dalam model simulasi banjir untuk penelitian berikutnya. Gambar 3-1 merupakan diagram alir penelitian interpolasi dengan menggunakan data penginderaan jauh DEM SRTM 30 m.

Diagram alir penelitian metode interpolasi menggunakan data peng-

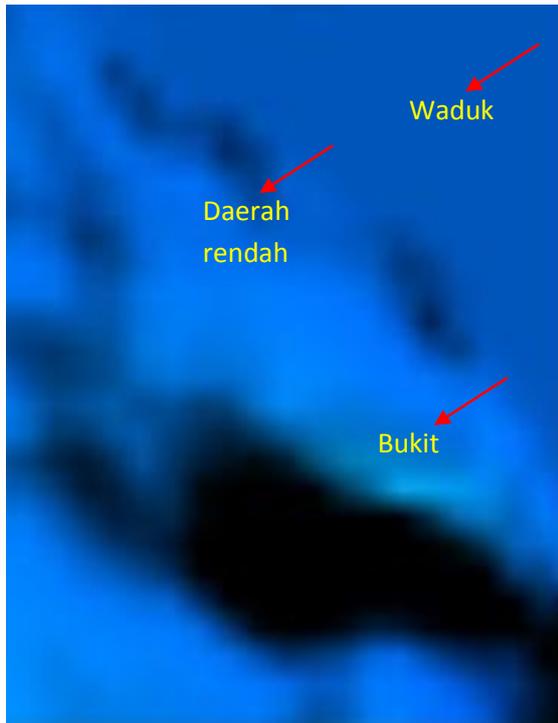
inderaan jauh DEM SRTM 30 m pada Gambar 3-1 dapat diuraikan dengan dilakukannya konversi nilai DEM daerah kajian ke dalam format *point*, kemudian dilakukan interpolasi beberapa metode interpolasi yaitu metode *Inverse Distance Wiehted* (IDW), *Natural Neighbor*, dan *Spline*. Hasil yang dinilai lebih baik akan digunakan sebagai masukan dalam model simulasi banjir, yang dalam hal ini akan digunakan untuk penentuan *slope*, arah aliran dan akumulasi aliran. Beberapa nilai pembobotan yang berbeda juga dilakukan dalam kajian ini untuk pemahaman dan analisa hasil. Bobot (*weight*) memiliki pengaruh dalam penentuan nilai untuk setiap titik yang diinterpolasi dalam satu wilayah. Jadi setiap titik yang diinterpolasi dipengaruhi oleh titik-titik sampel yang ada disekitarnya.

Nilai ketinggian permukaan hasil interpolasi kemudian diekstraksi untuk setiap pembobotan, dimana dari hasil

ekstraksi ini dapat diperoleh nilai maksimum, minimum, rata-rata, standar deviasi ketinggian untuk setiap pembobotan. Berikutnya dapat dilakukan perhitungan statistik untuk menghitung *Root Mean Square Error* (RMSE). Perhitungan ini dilakukan dengan memberikan masukan nilai ketinggian daerah kajian, kemudian mengaplikasikan metode interpolasi yang diinginkan, sehingga perhitungan *error* ini diperoleh dari nilai masukan awal DEM SRTM 30 m dan nilai hasil perkiraan setiap titik yang ingin diinterpolasi yaitu DEM 10 m (Merwade et al., 2006; Chaplot et al., 2006). Pemilihan titik yang digunakan sebagai masukan dalam perhitungan RMSE dipilih secara *random*. Kemudian hasil interpolasi beberapa metode ini akan dibandingkan secara visual dengan kenampakan muka bumi dengan citra yang diperoleh dari *Google Earth* tahun 2005 (Gambar 3-3).



Gambar 3-1: Diagram alir penelitian



Gambar 3-2: DEM SRTM 30 m untuk lokasi kajian di Kabupaten Sampang



Gambar 3-3: Lokasi kajian di Kabupaten Sampang dilihat dari citra Google Earth Tahun 2005.

#### 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpolasi yang dilakukan terhadap citra DEM SRTM 30 m ini, menghasilkan permukaan yang berbeda-beda tergantung pada pembobotan yang diberikan pada masing-masing proses interpolasi. Perbedaan ketinggian permukaan hasil perkiraan yang diperoleh dari masing-masing metode interpolasi ini cukup bervariasi.

##### 4.1 Interpolasi IDW

Pada metode *interpolasi Inverse Distance Weighted (IDW)* digunakan beberapa pembobotan untuk kedua jenis penentuan radius interpolasi yaitu *variable search radius* dan *fixed search radius*. Pembobotan yang dilakukan pada kajian ini adalah dengan penggunaan nilai *power* 0.5, 1, 2 dan 3. Penentuan nilai harus bernilai positif dan beberapa nilai *power* yang digunakan ini hanya dengan memilih beberapa nilai untuk melihat perbedaan yang dihasilkan.

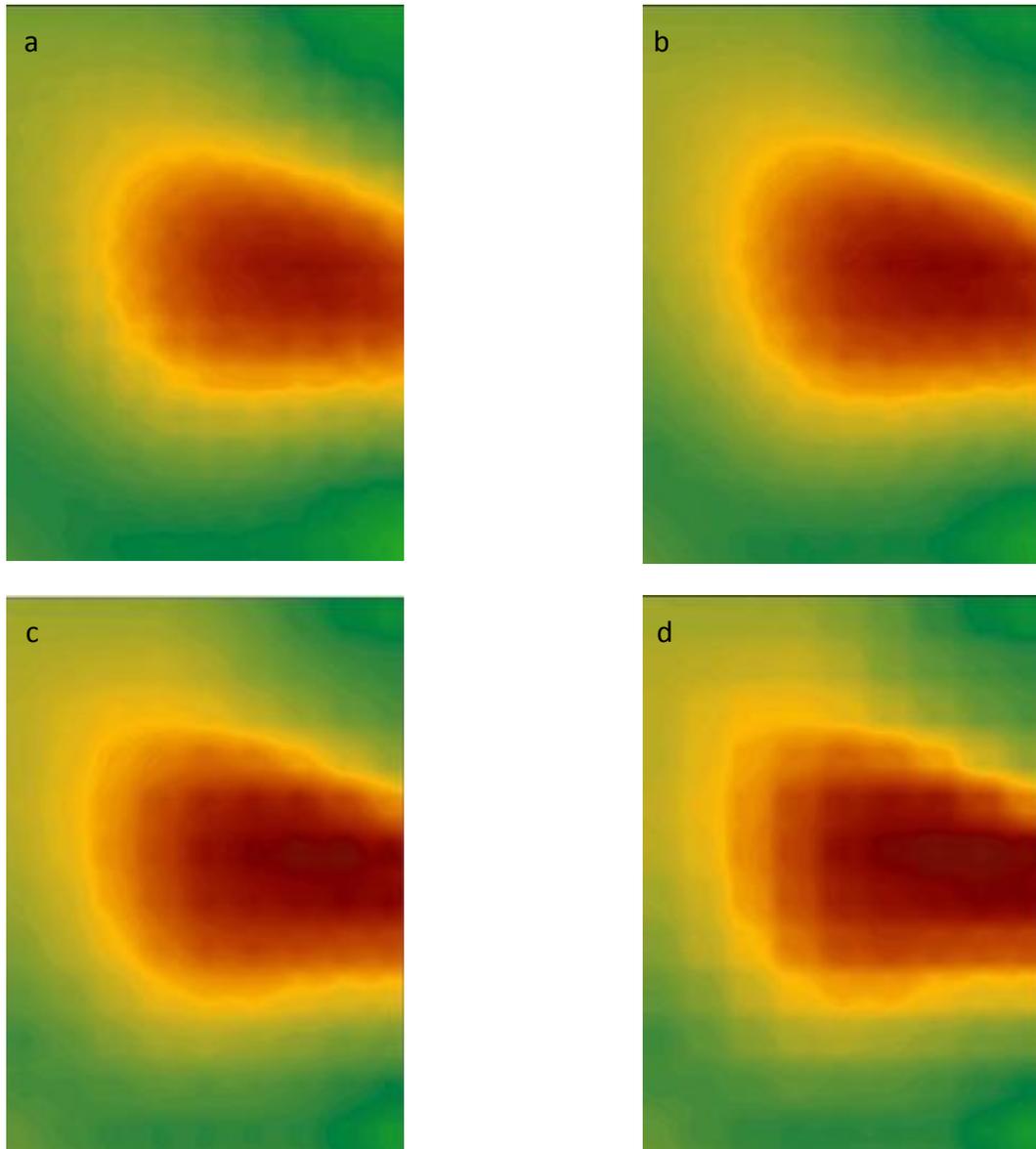
Berdasarkan hasil interpolasi dari pengolahan data ini diperoleh pemahaman yang cukup mendukung

kajian pustaka yang ada yaitu semakin besar nilai *power* yang digunakan, maka hasil yang diperoleh semakin terpusat dan memiliki perataan yang rendah. Terpusatnya sel-sel yang diinterpolasi ini menyebabkan perataan yang terjadi tidak lebih jauh dari radius pemusatan sel-sel interpolasi tersebut. Hasil beberapa metode interpolasi IDW *variable search radius* dapat dilihat pada Gambar 4-1a, Gambar 4-1b, Gambar 4-1c, dan Gambar 4-1d.

Nilai statistik ketinggian permukaan yang mencakup nilai maksimum, minimum, rata-rata dan standar deviasi untuk setiap pembobotan metode IDW *variable search radius* dapat dilihat pada Tabel 4-1. Perbedaan nilai ini cukup besar pada nilai maksimum ketinggian, yang disebabkan semakin besar nilai parameter *power* maka nilai maksimum ketinggian lebih besar dibanding dengan nilai parameter *power* yang lebih kecil. Hal ini berkaitan dengan luas daerah yang mempengaruhi titik yang diinterpolasi tersebut, dimana jika nilai *power* lebih besar, luas daerah yang berpengaruh pada titik yang ingin

diinterpolasi tersebut lebih kecil sehingga menghasilkan nilai perataan yang besar. Dari hasil prediksi *error* yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai RMSE yang lebih besar (sebesar 0.279) diperoleh untuk nilai *power* yang lebih besar (nilai *power* 3), karena titik-

titik masukan yang berpengaruh pada titik interpolasi ini lebih sedikit. Sebaliknya jika nilai *power* kecil (nilai *power* 0.5), maka diperoleh RMSE sebesar 2.642.



Gambar 4-1: Interpolasi dengan menggunakan *variable search radius*  
 a. *Power* : 0.5, b. *Power* : 1, c. *Power* : 2 dan d. *Power* : 3

Tabel 4-1: Statistik Ketinggian metode IDW dengan Menggunakan *Variable Search Radius*

<b>Power</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Std Dev</b>	<b>RMSE</b>
<b>0.5</b>	84.75	23.42	49.79	14.57	2.642
<b>1</b>	86.80	23.02	49.82	14.95	1.744
<b>2</b>	90.24	22.33	49.86	15.67	0.453
<b>3</b>	90.92	22.06	49.89	16.11	0.279

Hasil yang sama juga dapat diperhatikan untuk interpolasi IDW yang menggunakan *fixed search radius*. Apabila nilai *power* diperbesar dengan nilai sebesar 3, maka hasil yang diperoleh menjadi semakin terpusat dengan perataan yang rendah seperti diperlihatkan pada Gambar 4-2d. Sebaliknya jika nilai *power* diperkecil menggunakan *fixed search radius* dengan *power* sebesar 0,5, maka hasil permukaan interpolasi menjadi lebih halus dengan perataan nilai interpolasi yang lebih luas seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4-2a. Sedangkan menggunakan *fixed search radius* dengan *power* berturut-turut sebesar 1 dan 2 diperoleh seperti pada Gambar 4-2b dan Gambar 4-2c.

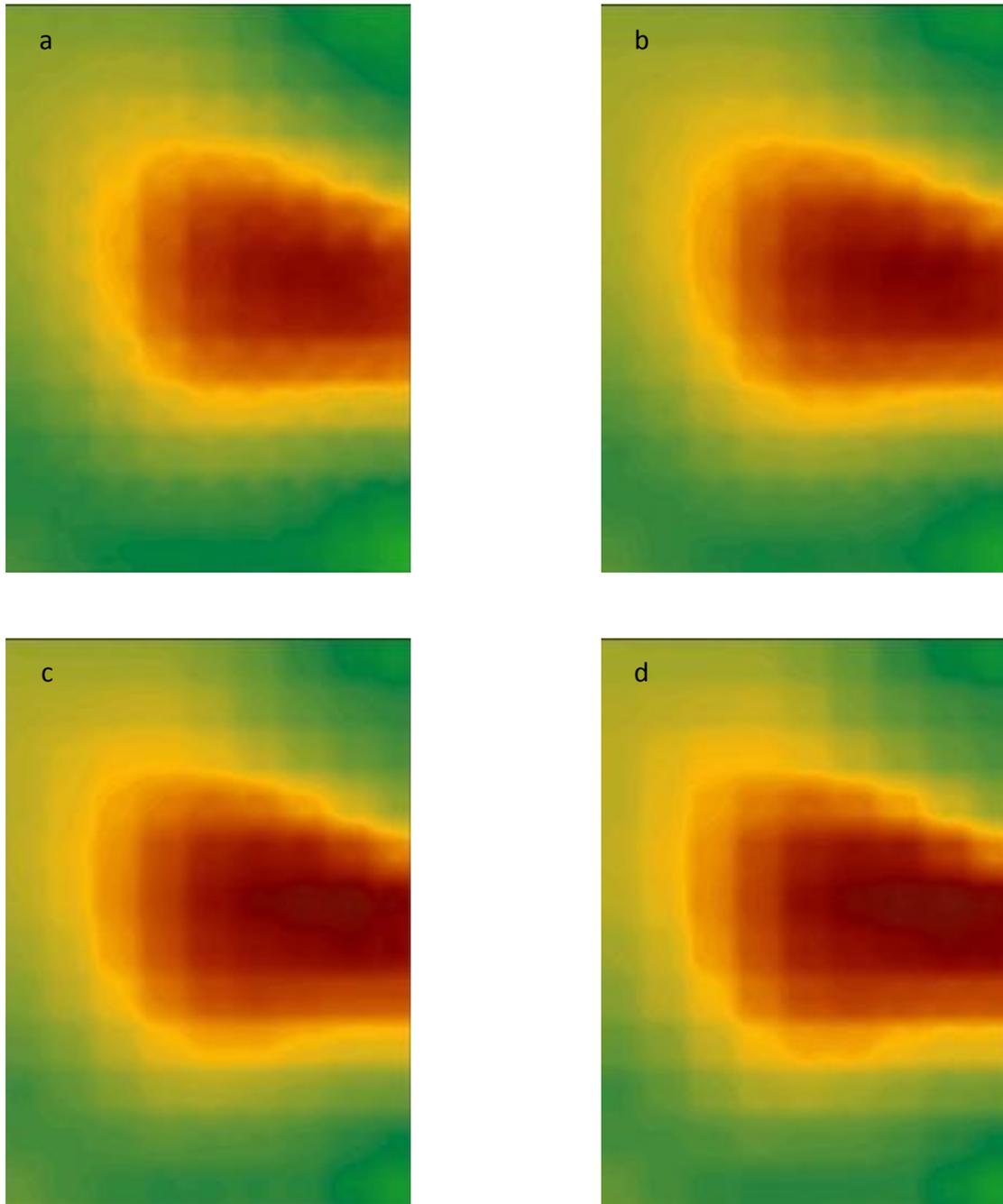
Nilai statistik ketinggian permukaan yang mencakup nilai maksimum, minimum, rata-rata dan standar deviasi untuk setiap pembobotan metode IDW *fixed search radius* dapat dilihat pada Tabel 4-2. Diperoleh perbedaan nilai maksimum ketinggian yang cukup besar jika nilai *power* diperbesar. Perbedaan nilai maksimum ketinggian ini menunjukkan teori yang sama dengan nilai maksimum ketinggian dengan menggunakan *variable search radius*, dimana pengaruh *power* lebih terpusat dengan semakin besarnya nilai *power*. Dari statistik ketinggian yang diperoleh ditemukan juga bahwa nilai RMSE menggunakan *fixed search radius* lebih besar dibandingkan dengan RMSE yang diperoleh dengan menggunakan *variable search radius*, dimana jika nilai *power* diperbesar (nilai *power* 3) diperoleh RMSE sebesar 0.088, begitu juga sebaliknya. Nilai minimum, rata-rata dan standar deviasi ketinggian untuk kedua jenis metode interpolasi IDW ini tidak berbeda jauh untuk setiap pembobotan, sedangkan pengaruh perbedaan *power* lebih besar terhadap nilai

maksimum ketinggian. Dari hasil ekstraksi nilai ketinggian ini ditemukan bahwa akan lebih baik jika menggunakan metode interpolasi IDW *variable search radius*. Nilai *power* yang biasa digunakan dalam interpolasi IDW ini adalah sebesar 2. Penggunaan metode interpolasi IDW memberikan hasil yang mirip dengan kondisi topografi daerah kajian, hal ini dapat dilihat pada citra *Google Earth* (Gambar 3-3).

#### 4.2 Interpolasi *Natural Neighbor*

Sifat dasar yang dimiliki oleh metode interpolasi *Natural Neighbor* ini yaitu bersifat local, dimana hanya menggunakan *sampel* yang berada disekitar sel-sel yang akan diinterpolasi, sehingga ketinggian yang diinterpolasi akan mirip dengan nilai ketinggian titik sampel yang digunakan. Interpolasi ini menghasilkan permukaan yang halus seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 4-3.

Nilai maksimum ketinggian yang diperoleh adalah sebesar 90.41 m, dimana nilai ini tidak berbeda jauh dengan nilai *power* yang biasa digunakan dalam interpolasi IDW yaitu sebesar 2. Nilai minimum ketinggian yang diperoleh dengan menggunakan metode *natural neighbor* ini lebih rendah dibandingkan nilai minimum ketinggian interpolasi IDW. Diperoleh juga nilai RMSE yang dapat dilihat pada Tabel 4-3 yaitu sebesar 1.041. Dengan menggunakan metode interpolasi ini dihasilkan juga permukaan dengan topografi yang lebih landai dibandingkan dengan kenampakan permukaan bumi (Gambar 3-3), yang disebabkan oleh teori yang terdapat pada metode interpolasi, ini dimana digunakan sistem *Thiessen Polygon* yang menghitung nilai interpolasi titik berdasarkan luas area yang berpengaruh terhadap titik interpolasi tersebut.



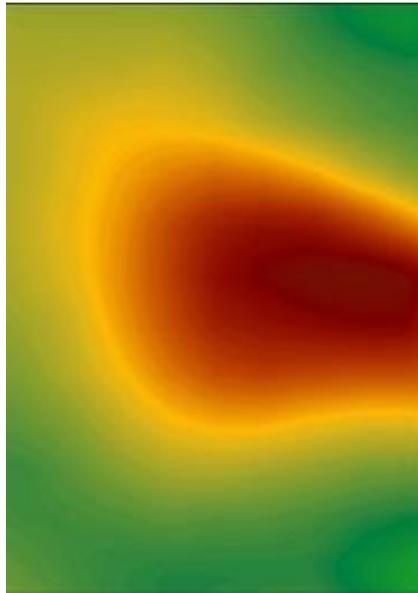
Gambar 4-2: Interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW) dengan menggunakan *fixed search radius*.  
 a. *Power* : 0.5, b. *Power* : 1, c. *Power* : 2, dan d. *Power* : 3

Tabel 4-2: Statistik Ketinggian Metode IDW dengan Menggunakan *Fixed Search Radius*

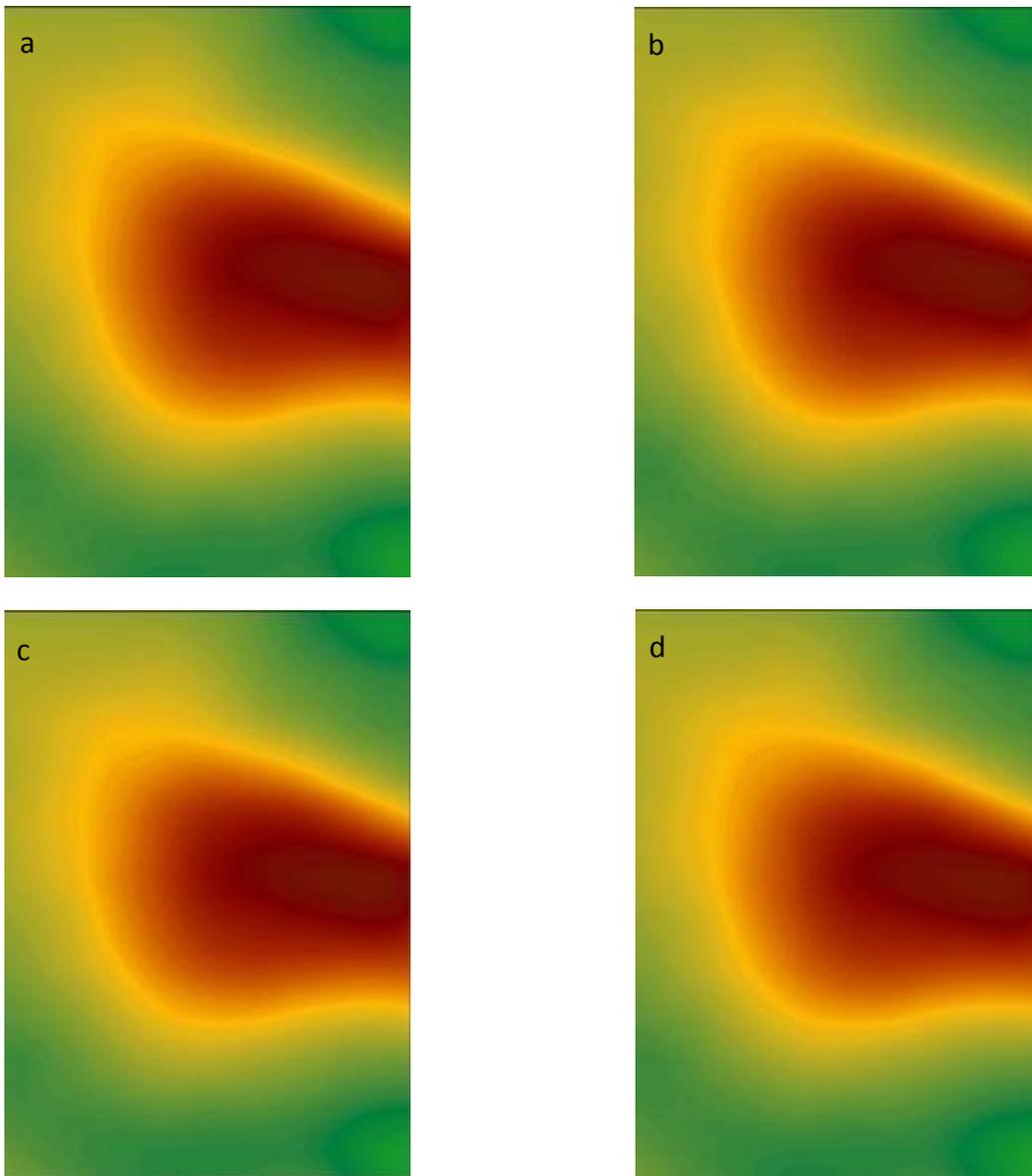
<b>Power</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Std Dev</b>	<b>RMSE</b>
<b>0.5</b>	85.77	22.80	49.88	15.24	2.354
<b>1</b>	87.35	22.56	49.88	15.49	1.547
<b>2</b>	90.37	22.18	49.89	15.96	0.468
<b>3</b>	90.93	22.04	49.89	16.24	0.088

Tabel 4-3: Statistik Ketinggian Metode *Natural Neighbor*

<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Std Dev</b>	<b>RMSE</b>
90.41	21.91	49.90	16.14	1.041



Gambar 4-3: Interpolasi dengan menggunakan *Natural Neighbor*



Gambar 4-4: Interpolasi dengan menggunakan *Spline*

- i. *Regularized Spline* dengan *power* : 0.1, b. *Regularized Spline* dengan *power* : 0.5, c. *Tension Spline* dengan *power* : 0, dan d. *Tension Spline* dengan *power* : 5

### 4.3 Interpolasi Spline

Pada metode interpolasi *spline* digunakan beberapa pembobotan untuk kedua jenis interpolasi *spline* ini yaitu *regularized spline* dengan menggunakan *power* sebesar 0.1 dan 0.5 dan *tension spline* dengan menggunakan *power* sebesar 0 dan 5. Hasil yang diperoleh dari metode interpolasi *Spline* ini adalah permukaan interpolasi yang sama-sama halus untuk semua pembobotan. Hal ini disebabkan karena metode ini menggunakan fungsi matematika yang meminimalisir total kelengkungan permukaan. Perbedaan ketinggian masing-masing pembobotan tidak terlalu jauh berbeda.

Statistik ketinggian yang diperoleh dari ekstraksi nilai ketinggian hasil interpolasi dapat dilihat pada Tabel 4-4. Untuk hasil interpolasi dengan menggunakan tipe *tension spline* nilai maksimum ketinggian semakin besar dengan bertambah nilai *power*, walaupun perubahan yang terjadi tidak terlalu besar. Namun berbeda dengan tipe *regularized spline*, dimana ketinggian maksimum akan berkurang seiring bertambah besarnya nilai *power*.

Sedangkan untuk nilai minimum, rata-rata dan standar deviasi ketinggian untuk masing-masing tipe dan pembobotan memiliki perbedaan nilai yang tidak terlalu jauh. Sedangkan nilai RMSE yang diperoleh memperlihatkan rata-rata *error* yang kecil dibandingkan rata-rata *error* yang dihasilkan dengan menggunakan interpolasi IDW dan *natural neighbor* dengan nilai *error* rata-rata 0.935. Hasil interpolasi pada daerah kajian dimana memiliki permukaan dengan topografi yang lebih halus dibandingkan dengan kenampakan permukaan bumi (Gambar 3-3). Hal ini dipengaruhi oleh persebaran titik-titik masukan yang merata yang diperoleh dari ekstraksi DEM SRTM 30 m. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sibson (1981), metode ini baik digunakan untuk interpolasi permukaan seperti ketinggian permukaan bumi, ketinggian muka air tanah, ataupun konsentrasi polusi udara. Metode ini kurang baik jika diaplikasikan untuk situasi dimana terdapat perbedaan nilai yang signifikan pada jarak yang sangat dekat.

Tabel 4-4: Statistik Ketinggian Metod *Spline*

Tipe	Max	Min	Rata-rata	Std Dev	RMSE
<b>Regularized Spline Power : 0.1</b>	92	21.47	49.93	16.62	1.001
<b>Regularized Spline Power : 0.5</b>	91.89	21.51	49.93	16.62	0.889
<b>Tension Spline Power : 0</b>	91.59	21.23	49.94	16.51	0.895
<b>Tension Spline Power : 5</b>	91.76	21.48	49.94	16.58	0.957

## 5 KESIMPULAN

Berdasarkan analisa hasil pengolahan data dan nilai *error* yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa hasil interpolasi yang dinilai lebih baik digunakan adalah metode interpolasi IDW dengan *power* yang lebih besar rata-rata RMSE yang diperoleh adalah sebesar 1.197. Pen ggunaan metode interpolasi IDW memberikan hasil yang mirip dengan kondisi topografi daerah kajian. Sedangkan rata-rata RMSE yang diperoleh dengan menggunakan interpolasi *Spline* diperoleh sebesar 0.935.

Hasil interpolasi yang baik pada daerah kajian ini juga dipengaruhi oleh distribusi titik-titik masukan (*input*), dimana titik-titik masukan memiliki persebaran yang merata, sehingga pada saat proses interpolasi dilakukan akan memetakan secara halus dengan mengambil nilai diantara titik-titik masukan tersebut. Sehingga untuk penelitian berikutnya akan digunakan hasil interpolasi DEM dengan menggunakan metode interpolasi IDW dan *Spline*, pemilihan ini juga disebabkan karena kondisi topografi daerah kajian memiliki perbedaan ketinggian permukaan yang tidak terlalu signifikan dan cenderung datar. Keterbatasan data yang dimiliki yaitu tidak tersedianya data lapangan sehingga analisis *error* yang dilakukan pada kajian ini hanya sebatas perhitungan nilai RMSE yang diperoleh dengan membandingkan data masukan dan estimasi nilai yang dihasilkan dari proses interpolasi dimana titik yang dipilih secara *random*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Mahdi Kartasmita, Ph.D., yang telah memberikan masukan dan koreksinya dalam paper ini.

## DAFTAR RUJUKAN

Azpurua, M., and K. D. Ramos, 2010, "A Comparizon of Spatial Interpolation Methods for Estimation of Average Electromagnetic Field Magnitude",

- Progress in Electromagnetics Research M.*, Vol. 14, pp.135-145.
- Binh, T. Q., and N. T. Thuy, 2008, "Assessment of Influence of Interpolation Techniques on The Accuracy of Digital Elevation Model", *Journal of Sciences*, Vol.24, pp.176-183.
- Chaplot, V., Darboux F., Bourennane H., Leguêdois S., Silvera N., and K. Phachomphon, 2006, "Accuracy of Interpolation Techniques for The Derivation of Digital Elevation Models in Relation to Landform Types and Data Density", *Geomorphology*, Vol.77, pp.126-141.
- Childs C., 2004, *Interpolating Surface in ArcGIS Spatial Analyst*. ESRI Educations Services.
- Merwade V. M., Maidment D. R., and J. A. Golff, 2006, "Anisotropic Considerations while Interpolating River Channel Bathymetry", *Journal of Hydrology*, Vol.331, pp.731-741.
- Mitas, L., and H. Mitsova, 1988, "General Variational Approach to the Interpolation Problem", *Computer and Mathematics with Appllications*, Great Britain. Vol. 16, No. 12, pp.983-992.
- Mitas, L., and H. Mitsova, 1999, "Spatial Interpolation", In: Longley, P., K. F. Goodchild, D. J. Maguire, D. W. Rhind (Eds.), *Geographical Information Systems: Principles, Management and Application*. Wiley, New York, pp.481-492.
- Pramono G. H., 2008, "Akurasi Metode IDW dan Krigging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan", *Forum Geografi*, Vol. 22, No. 1, pp.145-158.
- Sibson, R., 1981, "A Brief Description of Natural Neighbor Interpolation", chapter 2 in *Interpolating Multivariate Data*. New York: John Wiley & Sons, pp.21-36.
- Watson, D. F., and G. M. Philip, 1985, "A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation", *Geo-processing*, Vol.2, pp.315-327.

