

RANCANGAN TEKNIK INTERPOLASI JST-LANGSUNG GLOBAL PADA DIGITAL TERRAIN MODEL

Octavianus Cakra Satya
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dirancang suatu teknik interpolasi menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) yang dapat melakukan interpolasi pada Digital Terrain Model, yang dinamakan Teknik JST Langsung-Global.

Teknik JST Langsung-Global melakukan interpolasi 3 dimensi secara langsung dengan pelatihan data secara global. Teknik JST ini menggunakan kaidah belajar propagasi balik dengan algoritma Levenberg-Marquardt.

Pelatihan dan pengujian JST terhadap DTM yang diperoleh dari model yang diturunkan dari data terrain sesungguhnya yaitu berupa daerah 1, daerah 2 dan daerah 3 dengan perbedaan tinggi maksimum masing-masingnya 5000 m, 10000 m dan dan 20000 m.

Secara umum hasil interpolasi DTM Irregular oleh teknik JST Langsung-Global lebih baik dari metoda Kuadrat Terkecil dan metoda Permukaan Bergerak. Teknik JST Langsung-Global memberikan hasil yang lebih baik pada terrain yang memiliki kemiringan linear seperti pada terrain Daerah 2.

PENDAHULUAN

Bentuk permukaan bumi pada dasarnya merupakan gabungan dari titik-titik ketinggian. Di dalam menggambarkan bentuk permukaan bumi tersebut biasanya disajikan dari sekumpulan titik-titik yang diukur tingginya dalam jumlah yang terbatas dan titik tersebut dapat terdistribusikan secara teratur maupun secara acak. Kumpulan titik tersebut dalam sistem koordinat 3 dimensi disebut *Digital Terrain Model* (Model Lapangan Digital) atau disingkat DTM.

Dalam praktek, untuk menggambarkan relief dari permukaan bumi tersebut diperoleh dengan melakukan pengukuran ketinggian pada titik-titik tertentu dari permukaan bumi yang akan diamati. Titik-titik ini disebut sebagai titik acuan (titik referensi). Sedangkan ketinggian titik-titik di antara titik-titik acuan tersebut diperoleh dengan melakukan hitungan dengan menggunakan fungsi dan metode interpolasi.

Sedangkan di lain pihak, teori Jaringan Syaraf Tiruan atau di singkat JST sedang berkembang dengan pesatnya dan

penerapannya mulai merambah ke hampir semua bidang aplikasi ilmu. Dalam beberapa penerapan sering kali pendekatan melalui JST memberikan hasil yang lebih baik dari metoda lain yang biasa diterapkan.

Pada penelitian ini, akan dipelajari kemampuan JST mengenali fungsi nonlinear untuk dikembangkan menjadi suatu teknik interpolasi menggunakan JST. Jadi, arsitektur JST yang dirancang ditujukan untuk melakukan tugas interpolasi pada suatu DTM *irregular*, DTM grid dan DTM profil. Data pelatihan dan pengujian di ambil dari model yang diturunkan dari terrain yang sesungguhnya.

Kemudian hasil interpolasi JST akan dibandingkan dengan hasil yang diperoleh menggunakan metoda dan fungsi interpolasi yang biasa digunakan dalam DTM.

DIGITAL TERRAIN MODEL

Secara khusus DTM dapat didefinisikan sebagai kumpulan dari titik-titik dengan koordinat ruang (x,y,z) yang mewakili bentuk suatu permukaan fisis 3 dimensi. Sedangkan secara umum dapat didefinisikan selain untuk menyatakan bentuk suatu permukaan, dimensi ke 3 yaitu z dapat dipergunakan untuk berbagai jenis informasi lainnya.

Posisi planimetris dari titik-titik yang diketahui maupun diukur ketinggiannya untuk dapat mewakili bentuk suatu permukaan bumi akan membentuk pola tertentu yaitu pola penyebaran titik. Ditinjau dari bentuk pola penyebaran titik ini dapat diklasifikasi menjadi : DTM tidak beraturan (*Irregular DTM*), DTM Grid, DTM Profil, dan DTM Kontur. (Hendriatiningsih,1987)

INTERPOLASI

Untuk memperoleh ketinggian pada sebuah titik perantara dari ukuran-ukuran ketinggian yang diberikan adalah merupakan suatu masalah interpolasi.

Fungsi interpolasi yang umum digunakan dalam DTM adalah fungsi-fungsi polinomial. Bentuk umum model matematikanya adalah sebagai berikut :

$$F(X,Y) = \sum_{i=0}^v \sum_{j=0}^u C_{ij} X^i Y^j \quad (1)$$

untuk setiap $u=v$.

dengan C_{ij} = koefisien fungsi interpolasi

v = derajat interpolasi

Fungsi interpolasi yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a. Fungsi Interpolasi Polinomial Linear

$$F(X,Y) = C_{00} + C_{10}X + C_{01}Y \quad (2a)$$

atau

$$Z = a + bX + cY \quad (2b)$$

b. Fungsi Interpolasi Polinomial Bilinear

$$F(X, Y) = C_{00} + C_{10}X + C_{01}Y + C_{11}XY \quad (3a)$$

atau

$$Z = a + bX + cY + dXY \quad (3b)$$

c. Fungsi Interpolasi Polinomial Derajat Dua

$$F(X, Y) = C_{00} + C_{10}X + C_{01}Y + C_{11}XY + C_{20}X^2 + C_{02}Y^2$$

atau (4a)

$$Z = a + bX + cY + dXY + eX^2 + fY^2 \quad (4b)$$

Dalam penelitian ini metode interpolasi yang akan dipakai sebagai pembanding adalah metode interpolasi Kuadrat Terkecil dan metode interpolasi Permukaan Bergerak.

a. Metode Interpolasi Kuadrat Terkecil

Metode Interpolasi cara Kuadrat Terkecil adalah metode dimana data yang digunakan adalah data lebih di dalam penentuan parameter pada persamaan interpolasi, dengan prinsip jumlah kuadrat dari residu adalah minimum.

Fungsi interpolasi dapat berupa fungsi interpolasi linear, bilinear atau polinomial derajat dua dengan merubahnya ke bentuk matriks. Kemudian dilakukan langkah-langkah sbb. :

Dari persamaan :

$$Z = A \cdot D_{xx} \quad (5)$$

Dengan :

D_{xx} = matriks parameter (p,1)

A = matriks koefisien (n,p)

Z = matriks tinggi titik acuan (n,1)

n = banyak titik acuan yang diamati

p = banyak parameter

Titik-titik acuan yang digunakan untuk hitungan adalah semua tinggi titik-titik acuan pada daerah yang akan dihitung ketinggian dari titik kisinya.

Sehingga parameter fungsi dapat dihitung yaitu :

$$D_{xx} = (A' \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot A' \cdot P \cdot Z \quad (6)$$

P = matriks berat pengamatan

Seluruh tinggi titik-titik kisi pada daerah tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Z_g = A \cdot D_{xx} \quad (7)$$

Dengan Z_g = matriks tinggi titik kisi

A = matriks koefisien

D_{xx} = parameter

b. Metode Interpolasi Permukaan yang Bergerak

Konsep dasarnya adalah melihat kenyataan bahwa titik-titik kisi yang akan diukur ketinggiannya berada pada suatu permukaan yang berbeda-beda (seolah-olah bergerak).

Pada metode ini, titik-titik acuan yang digunakan untuk menghitung titik kisi terletak dalam batasan panjang jari-jari R. Bila pada jari-jari R tersebut jumlah titik acuannya lebih kecil dari jumlah parameter, maka besar jari-jari dapat ditingkatkan, atau sebaliknya.

Persamaan permukaan dapat dibentuk dari fungsi interpolasi polinomial linear, bilinear atau derajat dua.

Prinsip penyelesaian hitungannya serupa dengan metode interpolasi Kuadrat Terkecil. Perbedaannya yaitu titik acuan yang digunakan untuk menghitung hanya yang terletak di daerah yang berjari-jari R dengan titik kisi sebagai titik pusat daerahnya. (Hendriatiningsih, 1987)

Teknik Evaluasi

Penilaian hasil hitungan dilakukan secara statistik dengan menghitung harga Simpangan Baku (*Standard Deviation*) dari ketinggian titik-titik interpolasinya.

$$\text{Simpangan Baku} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta Z)^2}{n}} \quad (8)$$

Dengan :

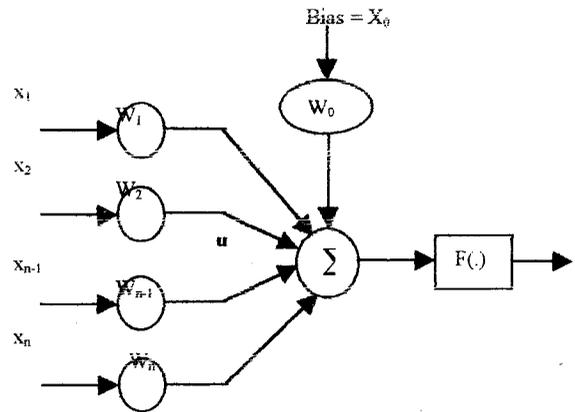
ΔZ = residu (selisih) antara ketinggian titik interpolasi dengan ketinggian sebenarnya.

n = jumlah titik interpolasi.

(Andelo, Baltasar Emmanuel, 1986)

JARINGAN SYARAF TIRUAN

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan salah satu pendekatan yang sangat populer untuk suatu sistem belajar. JST merupakan model sederhana dari sistem syaraf biologis makhluk hidup dan berfungsi sebagai sistem pengolahan informasi.



Gambar 1 : Elemen dasar JST dengan neuron (Edgar Sanchez, 1992)

Model tersebut mempunyai banyak input berupa vektor dgn n dimensi $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ dan hanya satu output (u).

Keterangan gambar :

- x_1, x_2, \dots, x_n adalah input data untuk simpul
- w_1, w_2, \dots, w_n adalah bobot, yang diberikan pada input data dan berfungsi untuk menyimpan informasi.
- B adalah bias dengan harga konstan ($w_0 = 1$), berfungsi mengatur daerah nilai ambang.
- Σ adalah elemen pemroses yang berfungsi untuk menjumlahkan data input berikut bobot dan bias.
- $F(.)$ adalah fungsi aktivasi yang berfungsi untuk memproses informasi, sehingga didapatkan output (u).

Persamaan umum matematikanya adalah sebagai berikut:

$$U = f(z) , \quad z = \sum_{j=1}^n x_j w_j + w_0 x_0 \quad (9)$$

Dengan: x_j = input data ke neuron
 w_j = bobot input neuron

JST dengan Aturan Belajar Propagasi Balik (Back Propagation)

Misalkan vektor input adalah $x_j = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$, dikenakan pada lapisan *node-node* (simpul) dalam lapisan input dan JST mempunyai satu lapis tersembunyi, maka deskripsi dari operasi algoritma aturan belajar *Back Propagation* adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi dari faktor bobot secara acak
2. Inisialisasi dari harga vektor input.
3. Menghitung harga net-input masing-masing simpul pada lapisan tersembunyi

$$net_j^h = \sum_{i=1}^n w_{ji}^h x_i + \theta_j^h \quad (10)$$

dengan fungsi aktivasi berbentuk

$$i_j = f_j^h(net_j^h) \quad (11)$$

4. Aktivasi yang dihasilkan setiap simpul pada lapisan tersembunyi ini disebarkan ke setiap simpul pada lapisan output, dan dilakukan perhitungan aktivasi simpul pada lapisan output, persis sama dengan perhitungan pada simpul lapisan tersembunyi dengan faktor bobot yang berbeda, sehingga didapatkan persamaan input :

$$net_k^o = \sum_{j=1}^L w_{kj}^o i_j + \theta_k^o \quad (12)$$

dengan fungsi aktivasi

$$O_k^o = f_k^o(net_k^o) \quad (13)$$

5. Menghitung kesalahan pada lapisan output dan tersembunyi.

$$\delta_k^o = (y_k - O_k^o) x f_k^o'(net_k^o) \quad (14)$$

$$\delta_k^h = f_j^h'(net_k^o) x \sum_k \delta_k^o w_{kj}^o \quad (15)$$

6. Perbaharui faktor bobot pada lapisan output dan tersembunyi

$$w_{kj}^o(t+1) = w_{kj}^o(t) + \eta \delta_k^o i_j \quad (16)$$

$$w_{ji}^h(t+1) = w_{ji}^h(t) + \eta \delta_j^h x_j \quad (17)$$

dimana

y_k = output yang diinginkan dari JST simpul ke-k

η = konstanta laju belajar (*learning rate, lr*)

7. Hitung jumlah kuadrat kesalahan, jika harganya masih besar maka ulangi langkah i. (Mauludy Manfaluthfi, 1998)

Memperbaiki Kinerja dengan Algoritma Levenberg-Marquardt

Penerapan metoda belajar *Back Propagation* pada Trainbp maupun Trainbpx tersebut didasarkan pada penurunan gradien atau generalisasi aturan delta (*Generalized Delta rule - GDR*) yang dikenalkan oleh *Widroff*, sedangkan Trainlm berdasarkan pada metoda perbaikan bobot dengan Jacobian yang diperkenalkan *Levenberg-Marquardt* ^(2,8).

Perbaikan metoda belajar tersebut (TRAINLM) menjadikan faktor bobot pada persamaan (16) dan (17) menjadi :

$$w_{kj}^o(t+1) = w_{kj}^o(t) + \eta \delta_{pk}^o i_{pj} + \Delta w_{ji}^o \quad (18)$$

dimana $\Delta w_{kj}^o = (J^T J + \mu I)^{-1} J^T e$

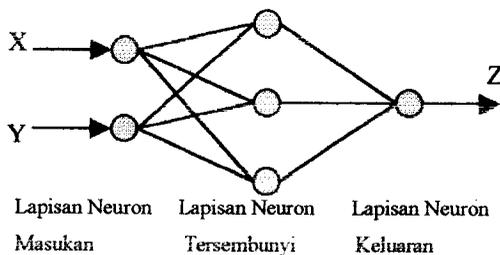
$$w_{ji}^h(t+1) = w_{ji}^h(t) + \eta \delta_{pj}^h x_{pi} + \Delta w_{ji}^h \quad (19)$$

dimana $\Delta w_{ji}^h = (J^T J + \mu I)^{-1} J^T e$

(Demuth Howard & Mark Beale, 1995)

PERANCANGAN SISTEM INTERPOLASI JST-LANGSUNG 3 DIMENSI DENGAN PELATIHAN TITIK SECARA GLOBAL (JST LANGSUNG-GLOBAL)

Sistem ini dirancang untuk melakukan interpolasi terhadap suatu data DTM *Irregular*. Pada sistem ini masukan yang diberikan kepada JST berupa 2 variabel yaitu X dan Y sedangkan keluaran JST berupa variabel Z. Sedangkan data uji diambil dari nilai X,Y dan Z yang berupa suatu Grid teratur yang diturunkan dari model yang sama.



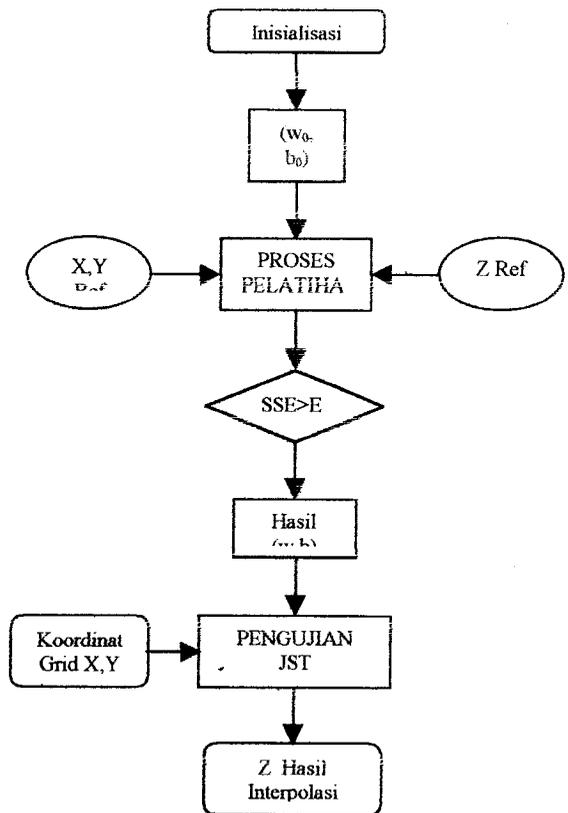
Gambar 2 : Arsitektur JST untuk DTM Irregular

Arsitektur jaringan tersebut adalah jaringan umpan maju (*feed forward*) dengan satu lapisan tersembunyi (*Multi layer perceptron*). Metode pembelajaran berupa propagasi balik menggunakan algoritma Levenberg-Marquardt. Fungsi basis berbentuk

Linear dan fungsi aktivasi berupa Bipolar Sigmoid.

Pengujian pendahuluan yang dilakukan meliputi : uji performansi, pengaruh jumlah neuron, jumlah *epoch* dan *error goal*.

Secara umum proses keseluruhan dapat digambarkan dalam bagan sebagai berikut :

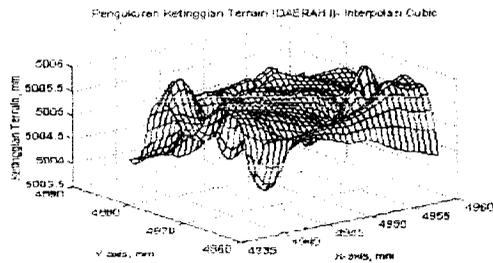


Gambar 3 : Sistem JST Langsung-Global DATA TERRAIN

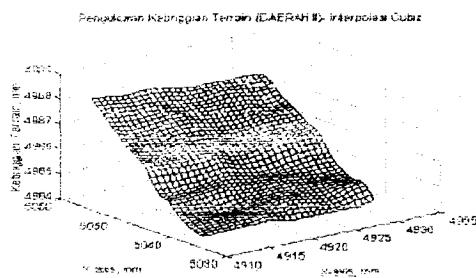
Data terrain yang digunakan dalam penelitian ini berupa data yang berasal dari model yang diturunkan dari data terrain sesungguhnya. Data tersebut diambil dari data sekunder yang diperoleh dari penelitian Sri.

Hendriatiningsih mengenai perilaku beberapa fungsi interpolasi.

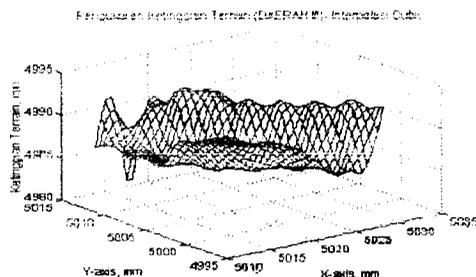
Bentuk terrainnya adalah :



Gambar 4 : Bentuk Terrain Daerah 1



Gambar 5 : Bentuk Terrain Daerah 2

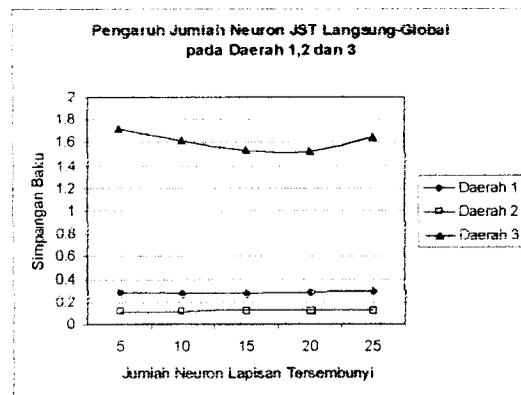


Gambar 6 : Bentuk Terrain Daerah 3

Banyak titik acuan pada DTM Irregular dari Daerah 1 ada 118 titik, Daerah 2 ada 99 titik, dan Daerah 3 ada 139 titik. Sedangkan untuk pengujian digunakan DTM grid dengan jumlah titik untuk Daerah 1 ada 143 titik, Daerah 2 ada 121 titik, Daerah 3 ada 90 titik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian, pengaruh perubahan jumlah neuron pada lapisan tersembunyi terhadap simpangan baku dari teknik interpolasi JST Langsung-Global pada terrain Daerah 1, 2 dan 3 terlihat pada grafik berikut :



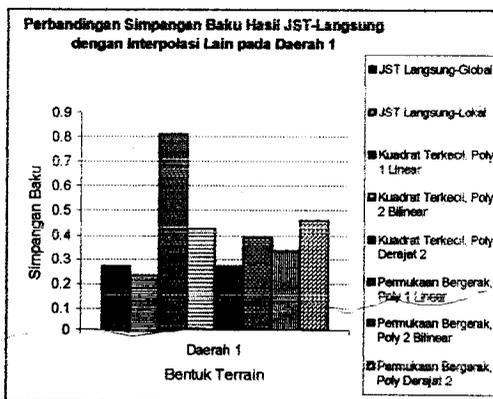
Gambar 7: Pengaruh jumlah neuron terhadap hasil interpolasi JST pada Daerah 1,2 dan 3

Dari hasil interpolasi JST Langsung-Global terlihat bahwa untuk Daerah 1 dan 2, jumlah neuron optimum pada 10 neuron, dan Daerah 3 pada 20 neuron. Bentuk Daerah 1 dan 2 memiliki struktur yang agak linear hanya tingkat kemiringannya saja berbeda sehingga

JST Langsung-Global mampu memberikan hasil optimum hanya dengan jumlah 10 neuron. Sedangkan Daerah 3 yang memiliki struktur patahan, membutuhkan lebih banyak neuron. Pengaruh jumlah neuron relatif kecil.

Perbandingan Hasil JST Langsung dengan Metode Kuadrat Terkecil dan Metode Permukaan Bergerak

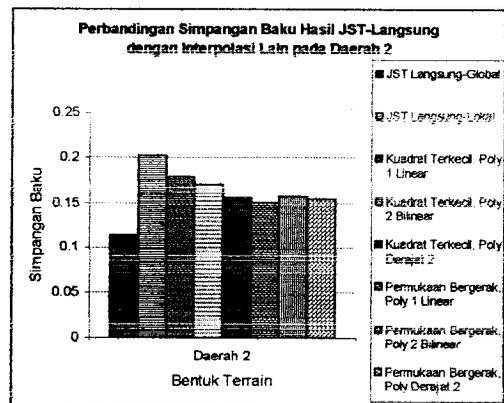
Untuk melihat performansi JST Langsung-Global yang diterapkan pada DTM Irregular, maka hasilnya dibandingkan dengan metoda interpolasi Kuadrat Terkecil dan metoda Permukaan Bergerak. Pada metoda interpolasi Kuadrat Terkecil digunakan fungsi polinomial linear, bilinear dan derajat-2. Sedangkan pada metoda Permukaan Bergerak digunakan fungsi linear, bilinear dan derajat-2 dengan jari-jari referensi $R = 2 \text{ mm}, 4 \text{ mm}$ dan 6 mm .



Gambar 8 : Perbandingan hasil interpolasi pada Daerah 1

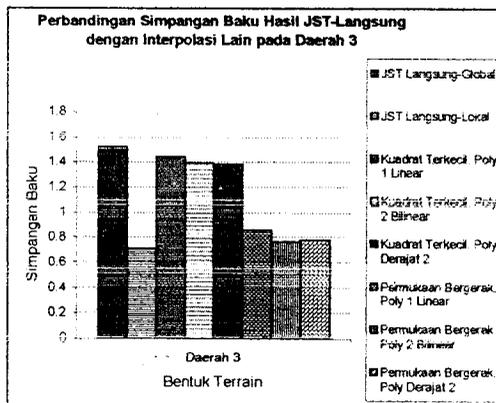
Dari gambar di atas terlihat bahwa proses interpolasi menggunakan JST Langsung-Global dengan jumlah neuron 10 buah memberikan nilai simpangan baku yang lebih kecil dari metoda Kuadrat Terkecil dan Permukaan Bergerak.

Secara umum hasil JST Langsung Global pada Daerah 1 memberikan hasil yang lebih baik dari metoda Kuadrat Terkecil dan Permukaan Bergerak.



Gambar 9 : Perbandingan hasil interpolasi pada Daerah 2

Dari hasil di atas terlihat bahwa proses interpolasi menggunakan JST Langsung-Global dengan jumlah neuron 10 buah memberikan nilai simpangan baku yang lebih kecil dari metoda Kuadrat Terkecil dan Permukaan Bergerak.



Gambar 10 : Perbandingan hasil interpolasi pada Daerah 3

Dari gambar di atas terlihat bahwa proses interpolasi menggunakan JST Langsung-Global dengan jumlah neuron 20 buah belum dapat mengungguli hasil dari metoda Kuadrat Terkecil dan metoda Permukaan Bergerak. Jadi pada terrain yang banyak memiliki struktur patahan dengan perbedaan ketinggian yang besar seperti Daerah 3, hasil interpolasi menggunakan metode konvensional masih lebih baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan tentang teknik interpolasi menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan pada Model Lapangan Digital dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Jaringan Syaraf Tiruan yang telah dirancang yaitu dengan arsitektur *Multi Layer Perseptron (Feed Forward)* yang

terdiri dari 3 lapisan neuron dapat melakukan tugas interpolasi 3 dimensi pada Digital Terrain Model (DTM).

2. Hasil interpolasi DTM *Irregular* yang dilakukan oleh teknik JST Langsung-Global pada Daerah 1,2 dan 3 lebih baik dari metoda Kuadrat Terkecil dan metoda Permukaan Bergerak.
3. Teknik JST Langsung-Global memberikan hasil interpolasi yang lebih baik pada terrain yang memiliki kemiringan linear pada terrain Daerah 2.

Saran

Dari serangkaian proses kerja yang dilakukan dan hasil yang diperoleh pada penelitian ini maka perlu disarankan beberapa hal sebagai berikut :

- Untuk mengetahui keandalan dari teknik interpolasi JST di atas maka perlu dilakukan pengujian lanjutan pada data terrain yang lebih bervariasi dan membandingkan dengan metoda interpolasi yang lain

DAFTAR PUSTAKA

Andelo, Baltasar Emmanuel, 1986, Aplikasi Prediksi Kuadrat Terkecil pada Digital Terrain Model, Teknik Geodesi , ITB, Bandung.

- Demuth Howard & Mark Beale, 1995, Neural Network Tool Box for use with Matlab, The Math Works, Inc. Natick M.A..
- Edgar Sanchez; Clifford Lau, 1992, Artificial Neural Network, IEEE Press, New York.
- Hendriatiningsih, 1987, Perilaku Beberapa Fungsi dan Metode Interpolasi pada Digital Terrain Model, Teknik Geodesi, PPS-ITB.
- Mauludy Manfaluthfi, 1998 , Aplikasi JST sebagai Alternatif Solusi Matriks Bobot Regulator Optimal Kuadratik, PINK, PPS-ITB.
- Villiers, Jacques de and Etienne Barnard , 1993, Back Propagation Neural Nets with One and Two Hidden Layers, IEEE Transaction on Neural Network, Vol.NN-4, no.1.www.num.math.uni-goettingen.de/rbf/R.Franke/rbfmeet.html, 1977, Radial BasisFunctions – Imacs Conference on Radial Basis Functions, Asilomar, May 27-30.