

Teknik Resampling Citra Satelit

Ogi Gumelar¹

¹Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, LAPAN, Email: ogumelar@yahoo.com

Abstrak - Proses pengolahan citra mulai dari pembesaran (*enlargement*), pengecilan (*shrinking*), perputaran (*rotating*), koreksi geometri, rektifikasi, registrasi citra, pergeseran (*translasi*) dan lainnya. Semua proses pengolahan citra digital tersebut menggunakan resampling yang berarti merubah nilai piksel raster asal (*domain*) menjadi suatu nilai piksel raster hasil (*kodomain*). Terdapat tiga teknik resampling yang umum digunakan dalam proses resampling yaitu tetangga terdekat, interpolasi bilinear dan konvolusi kubik. Ketiga teknik ini sering digunakan perangkat lunak pengolahan citra secara digital. Untuk resampling dengan metode tetangga terdekat tidak mengubah nilai piksel asli dari input raster tetapi hasilnya menjadi *jaggy* atau *checkerboard* (kotak-kotak). Sedangkan untuk teknik resampling bilinear dan konvolusi kubik menghasilkan citra lebih halus tetapi membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan tetangga terdekat. Waktu tersebut digunakan untuk komputasi lebih rumit dibanding teknik tetangga terdekat.

Kata Kunci : Spasial, Resampling, Interpolasi, Nearest neighbour, Bilinear, Cubic Convolution, fungsional, rektifikasi

PENDAHULUAN

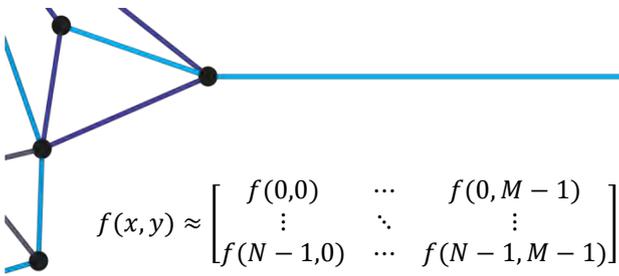
Aplikasi kamera yang sering digunakan dalam handphone atau komputer banyak sekali diunduh oleh pengguna android, ios, windows. Penggunaan aplikasi kamera ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas wajah atau pun pemandangan sekitarnya, selain memperindah aplikasi ini dapat memberikan efek yang unik terhadap sebuah citra foto. Pada dasarnya aplikasi pengolah citra ini telah melakukan banyak proses resampling citra baik itu menghilangkan *noise* (derau), memperbesar citra, *zoom in*, *zoom out* serta proses *masking* pada citra seperti menghilangkan jerawat atau noda hitam pada muka. Teknik resampling selalu digunakan dalam memberikan filter penghilang derau serta mengubah kecerahan citra foto agar lebih terlihat putih pada kulit. Berbagai jenis teknik resampling digunakan oleh perangkat lunak pengolah citra foto akan tetapi teknik resampling yang akan dibahas dalam tulisan ini hanya tiga teknik resampling citra secara umum. Proses pengolahan yang dibahas di sini lebih ke arah pemanfaatan citra satelit seperti proses registrasi citra, koreksi geometrik, koreksi radiometrik, translasi citra, rotasi citra, rektifikasi, dan proses lainnya yang digunakan dalam mendukung pemanfaatan citra satelit.

Definisi

Citra adalah sebuah fungsi $f(x,y)$ dimana x dan y merupakan koordinat bidang datar dan harga fungsi f di setiap pasangan koordinat (x,y) disebut intensitas atau tingkat keabuan (*grey level*) dari gambar di titik tersebut. Jika x , y dan f berhingga dan bernilai diskret maka gambar tersebut disebut citra digital. **Piksel** (*pixel* singkatan dari *picture element*) merupakan elemen yang menyusun sebuah citra digital dimana tiap elemen memiliki lokasi dan nilai tertentu. [11]

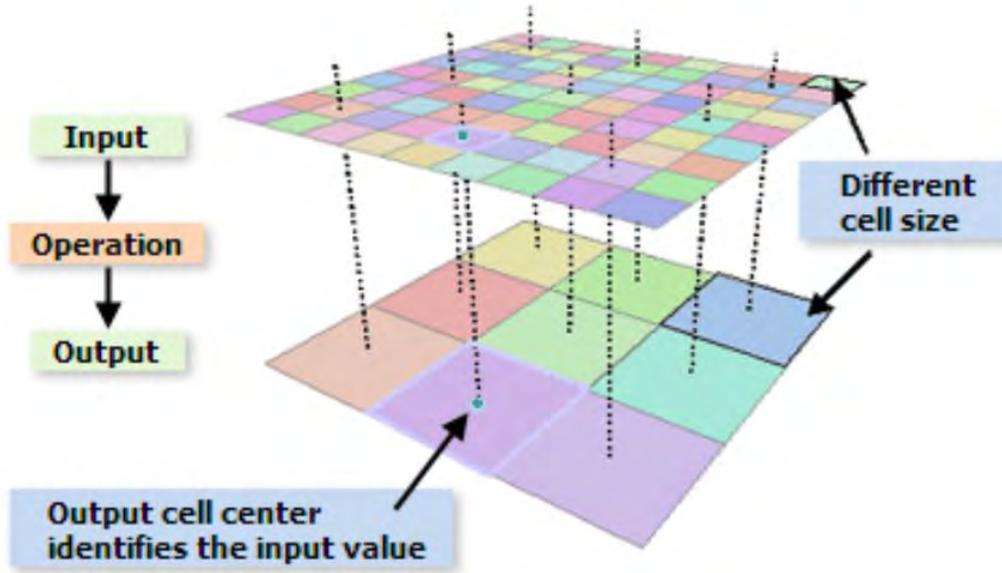
Interpolasi adalah metode penentuan nilai yang didasarkan pada sejumlah nilai acuan (titik referensi) dengan pendekatan fungsi matematika. Secara harfiah istilah interpolasi diambil dari dua kata latin yaitu "*inter*" yang berarti antara dan "*polire*" yang berarti perbaikan[2]. Pengertian fundamental untuk interpolasi sebenarnya merupakan proses menggunakan data yang diketahui dalam memprediksi nilai pada lokasi yang tidak diketahui. [1]

Image Sampling adalah proses perubahan dari citra kontinu menjadi citra digital beserta nilai koordinatnya. Citra kontinu $f(x,y)$ yang diwakili oleh ruang sampel dalam bentuk matriks $N \times M$ dimana setiap elemennya merupakan kuantitas diskret.[11]



Gambar.1 Matriks NxM

Proses **resampling** merupakan sebuah proses transformasi dari nilai input raster (citra masukan) menuju nilai output raster (citra keluaran).

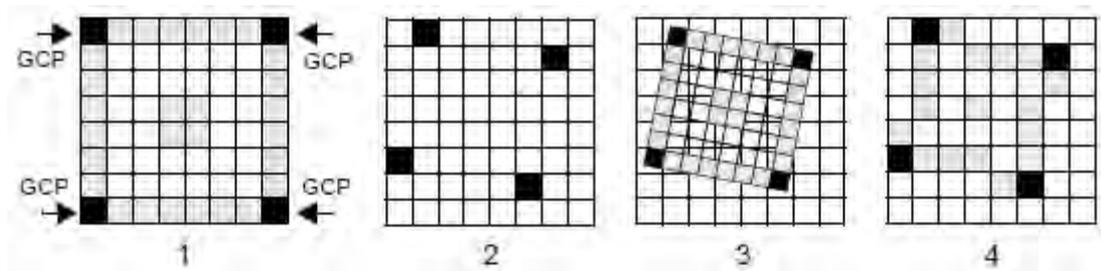


Gambar.2 Proses resampling (Citra milik EsriArcGis [6])

Metode resampling

Contoh resampling pada pengolahan rektifikasi dan registrasi pada citra keluaran, oleh karena piksel-piksel dalam citra asal jarang sekali menyerupai citra referensi maka piksel-piksel asal diubah sedemikian sehingga nilai data baru dalam citra keluaran dapat dikalkulasikan.

Proses Rektifikasi



Gambar 3. Rektifikasi dengan resampling [9]

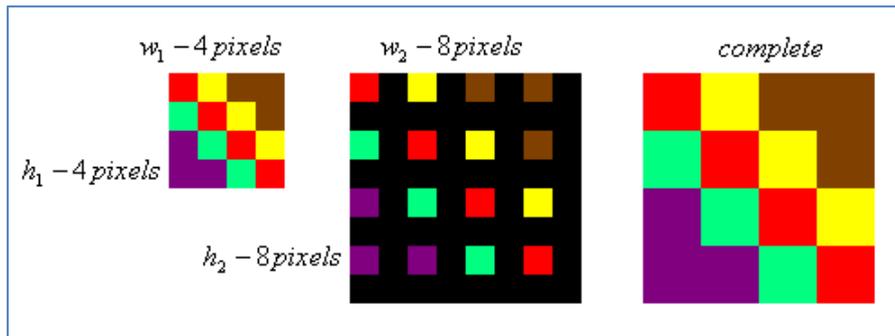
Pada gambar diatas terdapat beberapa langkah resampling yang harus diikuti

- 1 - Grid 1 menunjukkan citra masukan yang berisi dari titik-titik GCP
- 2 - Grid 2 menampilkan grid yang berisi titik-titik referensi GCP
- 3 - Untuk perbandingan dua grid maka citra masukan ditumpangtindihkan dengan citra keluaran sehingga titik-titik GCP dari kedua grid dapat disesuaikan bersama.

4 - Penggunaan metode resampling nilai piksel citra masukan di transformasikan ke dalam grid keluaran

Teknik Resampling

A. Nearest neighbour (Tetangga terdekat) merupakan teknik resampling yang memetakan tiap nilai intensitas citra raster menuju lokasi baru. Jika kita lihat Gambar 4 berikut maka dapat dimengerti bahwa citra dengan ukuran 4x4 piksel ingin diperbesar menjadi 8x8 piksel oleh karena itu ukuran citra diperbesar terlebih dahulu kemudian pengisian mengikuti nilai awal. Lihat piksel berwarna merah di pojok kiri atas memiliki kerenggangan piksel berupa 3 buah piksel berwarna hitam kemudian piksel warna hitam diisi dengan piksel warna di ketiga piksel tetangganya.



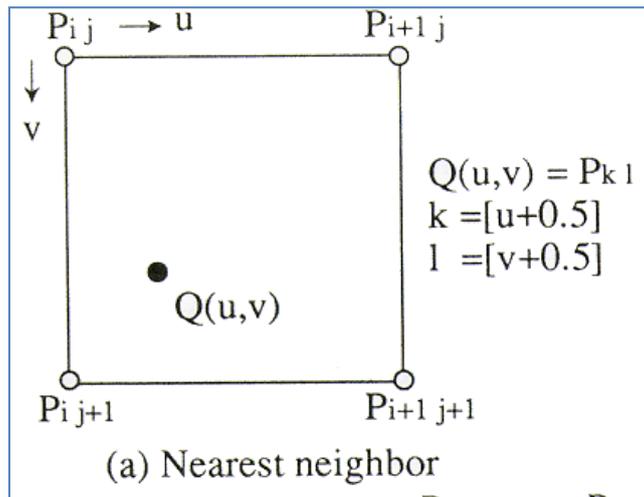
Gambar 4. Perubahan ukuran citra 4x4 piksel menjadi 8x8 piksel tetangga terdekat [8]

Sedangkan untuk proses sebaliknya yaitu perubahan dari 6x6 piksel menjadi 3x3 piksel maka dapat dilihat pada gambar 5 berikut, dimana piksel berwarna hitam, hijau dan biru diganti dengan piksel berwarna cyan. Pemetaan nilai piksel dari piksel pertama sampai dengan 36 ($a_{11} \dots a_{66}$ menuju citra $a'_{11} \dots a'_{33}$ (piksel pertama sampai dengan piksel ke sembilan), dimana $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ dipetakan ke a'_{11} .



Gambar 5. Perubahan ukuran citra dari 6x6 piksel menjadi 3x3 piksel dengan tetangga terdekat

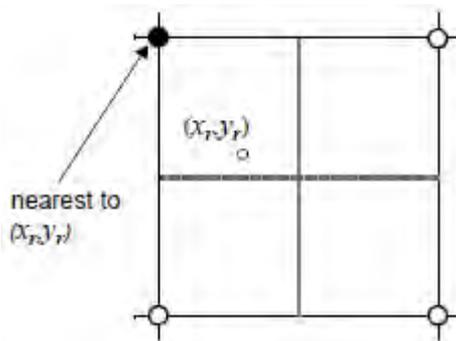
A.1. Contoh transformasi spasial tetangga terdekat dengan rumus penambahan setengah piksel pada tiap-tiap piksel citra masukan



Gambar 6. Tetangga terdekat dengan penambahan 0.5 piksel [3]

A.2. Tetangga Terdekat yang digunakan dalam rektifikasi citra

Untuk menentukan sebuah piksel hasil interpolasi tetangga terdekat maka koordinat yang sudah terektifikasi (x_o, y_o) dari piksel di transformasikan kembali ke sistem koordinat awal menggunakan invers dari sebuah transformasi. Transformasi ulang koordinat (x_r, y_r) juga digunakan dalam interpolasi lainnya seperti interpolasi bilinear dan konvolusi kubik.



Gambar.7

Keuntungan interpolasi tetangga terdekat

Nilai data asli ditransformasikan tanpa ada perubahan (tidak adanya pembagian terhadap piksel lainnya). Pada tekni tetangga terdekat data yang bernilai ekstrim dan derau tidak dihilangkan. Kondisi ini penting untuk pertimbangan dalam penentuan jenis vegetasi, penempatan tepi yang memiliki fitur linear, atau menentukan tingkat perbedaan suhu atau tingkat kekeruhan air dalam danau. Metode tetangga terdekat sesuai jika digunakan pra proses klasifikasi citra. Metode ini termasuk yang termudah jika dibandingkan dengan bilinear dan konvolusi kubik. Sesuai untuk citra satelit tematik dimana memiliki nilai data berdasarkan sistem kualitas (nominal atau ordinal) ataupun sistem kuantitas (rasio atau interval). Interpolasi bilinear dan konvolusi kubik tidak cocok untuk sistem kelas kualitas nilai.

Kelemahan interpolasi tetangga terdekat

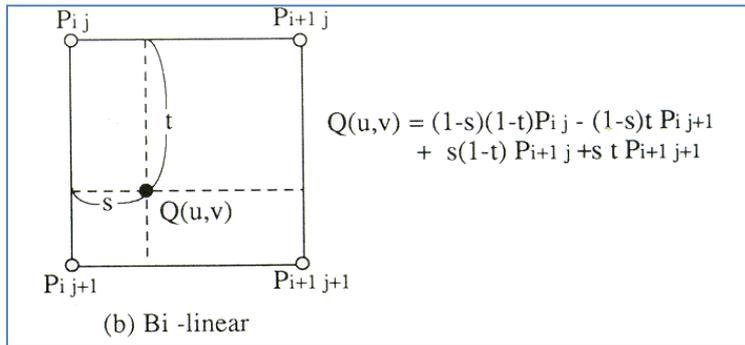
Ketika metode ini digunakan untuk mengubah ukuran grid yang besar menjadi kecil maka hasilnya dapat membentuk hasil keluaran yang kotak-kotak. Untuk data tematik dengan fitur linear seperti jalan atau sungai maka menghasilkan jaringan yang terputus atau adanya gap diantara fitur yang seharusnya menyambung.

B. Interpolasi bilinear merupakan metode interpolasi yang menggunakan empat tetangga terdekat dari sebuah titik (nilai keabuan sebuah piksel) kemudian merubahnya menjadi nilai keabuan baru. Jika dituliskan secara matematis maka dapat dikatakan bahwa interpolasi bilinear merupakan sebuah fungsi (katakanlah v) yang membawa titik koordinat (x,y) dimana fungsi $v(x,y)$ dinyatakan dalam

$$v(x, y) = ax + by + cxy + d$$

Keempat koefisien ditentukan dari empat persamaan dalam empat variabel yang tidak diketahui dan dapat ditulis menggunakan empat tetangga terdekat dari titik (x,y) . [1]

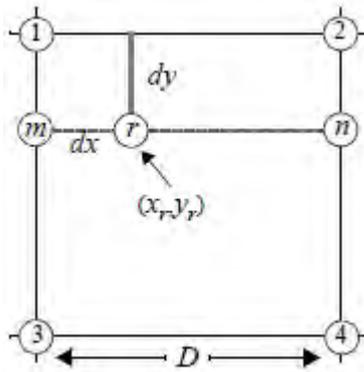
B.1. Contoh pencaharian parameter a,b,c,d



Gambar 8.

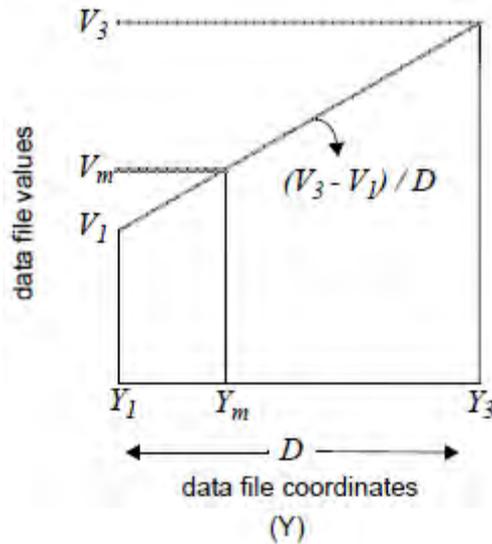
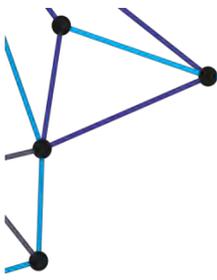
B.2 Interpolasi bilinear dalam rektifikasi

Dalam interpolasi bilinear nilai data dari piksel yang terekstifikasi mengacu pada jarak antara lokasi koordinat transformasi ulang (x_r, y_r) dan empat piksel terdekat dari citra masukan. Pada gambar berikut titik r adalah lokasi dari koordinat transformasi ulang. Contoh ini menjelaskan bahwa tetangga piksel diberi nomor sesuai urutan 1, 2, 3, dan 4. Empat nilai data dalam piksel bertugas untuk menghitung nilai data r (V_r).



Gambar 9.

Untuk melakukan proses perhitungan V_r maka perlu dilakukan interpolasi V_m dan V_n terlebih dahulu dimana interpolasi linear sederhana dapat diaplikasikan. Jika nilai data digambarkan dalam sebuah grafik terkait masalah jarak mereka antara satu dengan lainnya maka tampak visual dari interpolasi linear akan mudah terlihat. Nilai data dari m (V_m) merupakan sebuah fungsi perubahan nilai data antara piksel ketiga dan kesatu (yaitu $V_3 - V_1$). Interpolasi linear menghitung nilai data sebagai fungsi jarak spasial antara dua buah piksel.



Gambar 10.

Persamaan untuk perhitungan V_m dari V_1 dan V_3 yaitu

$$V_m = \left[\frac{V_3 - V_1}{D} \right] \times dy + V_1$$

Dimana:

Y_i = Koordinat Y untuk piksel i

V_i = nilai data untuk piksel i

dy = jarak antara Y_1 dan Y_m dalam sistem koordinat citra masukan

D = jarak antara Y_1 dan Y_3 dalam sistem koordinat citra masukan

$(V_3 - V_1 / D)$ adalah kemiringan atau (*slope*) dari garis dalam grafik di atas maka persamaan ini dapat ditranslasikan sebagai sebuah persamaan dari garis dalam bentuk $y = mx + b$. Secara serupa maka berlaku juga persamaan untuk menghitung nilai data untuk n (V_n) dalam grid piksel yaitu:

$$V_n = \left[\frac{V_4 - V_2}{D} \right] \times dy + V_2$$

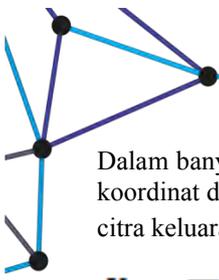
Dari nilai data V_n and V_m , untuk r yang berada pada lokasi koordinat transformasi ulang (x_r, y_r) dapat dihitung dengan cara yang mirip yaitu

$$V_r = \left[\frac{V_n - V_m}{D} \right] \times dx + V_m$$

Substitusikan persamaan V_m dan V_n maka persamaan terakhir untuk V_r menjadi:

$$V_r = \frac{\left[\frac{V_4 - V_2}{D} \times dy + V_2 \right] - \left[\frac{V_3 - V_1}{D} \times dy + V_1 \right]}{D} \times dx + \left[\frac{V_3 - V_1}{D} \times dy + V_1 \right]$$

$$V_r = \frac{V_1(D - dx)(D - dy) + V_2(dx)(D - dy) + V_3(D - dx)(dy) + V_4(dx)(dy)}{D_2}$$



Dalam banyak kasus nilai $D=1$ lihat gambar 8, oleh karena koordinat data digunakan sebagai koordinat asal dan koordinat data ditambahkan dengan nilai 1. Beberapa persamaan untuk interpolasi bilinear menyatakan nilai data citra keluaran sebagai:

$$V_r = \sum w_i V_i$$

dimana

w_i merupakan faktor pembobotan.

Persamaan diatas dapat juga diekspresikan dalam format serupa dimana perhitungan w_i dicari dalam cara berikut

$$V_r = \sum_{i=1}^4 \frac{(D - \Delta x_i)(D - \Delta y_i)}{D^2} \times V_i$$

Dimana:

Δx_i = perubahan dalam arah sumbu X antara (x_r, y_r) dan data koordinat piksel i

Δy_i = perubahan dalam arah sumbu Y antara (x_r, y_r) dan data koordinat piksel i

V_i = nilai data untuk piksel i

D = jarak antara piksel (dalam X atau Y) dalam sistem koordinat citra masukan Untuk setiap empat piksel nilai data dilakukan rerata pembobotan jika piksel tersebut berada dekat dengan (x_r, y_r) .

Keuntungan

Hasil dari citra keluaran lebih halus selain itu tidak ada hasil yang kotak-kotak seperti tetangga terdekat. Secara spasial lebih akurat dibanding tetangga terdekat, dan metode ini sering digunakan untuk merubah ukuran sel dari data seperti penggabungan citra SPOT dengan Landsat TM dengan batas matriks resampling 2×2 .

Kelemahan

Piksel dijumlah secara rerata oleh metode interpolasi bilinear dan metode ini memiliki dampak konvolusi frekuensi rendah. Tepi citra dihaluskan dan nilai berkas data yang ekstrim dihilangkan.

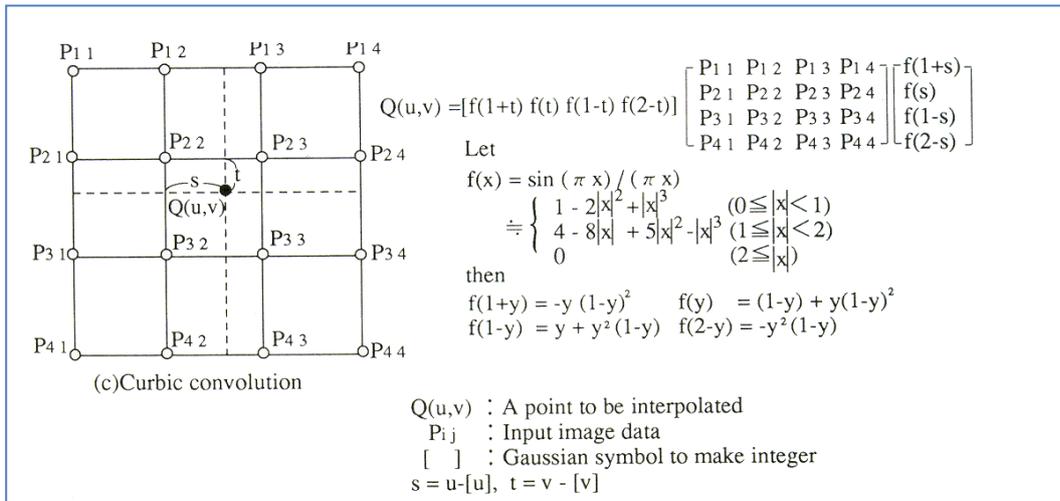
C. (Cubic Convolution) Konvolusi kubik

Konvolusi kubik merupakan teknik interpolasi yang menggunakan enam belas tetangga terdekat dari sebuah titik (nilai keabuan sebuah piksel) kemudian merubahnya menjadi nilai keabuan baru. Jika dituliskan secara matematis maka dapat dikatakan bahwa konvolusi kubik merupakan sebuah fungsional atau operator (katakanlah v) yang membawa titik koordinat (x,y) dimana fungsi $v(x,y)$ dapat dinyatakan dalam

$$v(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j$$

Keempat koefisien ditentukan dari empat persamaan dalam empat variabel yang tidak diketahui dan dapat ditulis menggunakan empat tetangga terdekat dari titik (x,y) .

C.1 Penggunaan konvolusi kubik dalam mencari koefisien $a_{00} \dots a_{ij}$



Gambar 11.

C.2 Penggunaan konvolusi kubik di dalam proses rektifikasi

Konvolusi kubik serupa dengan interpolasi bilinear hanya saja interpolasi ini merupakan:

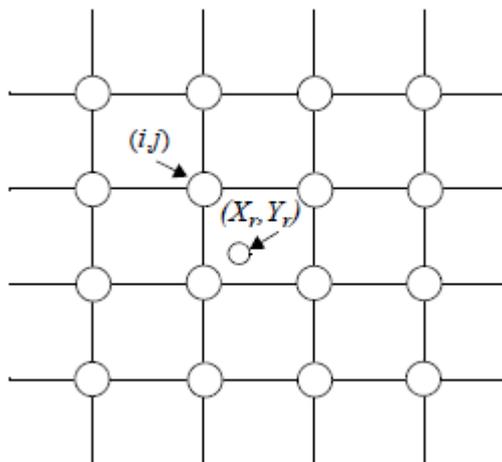
- Sebuah kumpulan 16 piksel dengan bentuk 4×4 array, kemudian mulai proses hitung perataan untuk menentukan nilai data citra keluaran.
- Sebuah pendekatan fungsi kubik diaplikasikan kepada 16 nilai piksel terdekat dari nilai data citra masukan.

Untuk mengidentifikasi 16 piksel dalam hubungan transformasi ulang koordinat (x_r, y_r) maka piksel (i, j) digunakan sedemikian sehingga:

$i = \text{int}(x_r)$

$j = \text{int}(y_r)$

Ini berasumsi bahwa (x_r, y_r) dapat dinyatakan dalam koordinat nilai data (piksel). Piksel-piksel antara (i, j) membentuk sebuah grid 4×4 grid piksel masukan tampak seperti gambar berikut.



Gambar 12.

Oleh karena fungsi tersebut berbentuk kubik dimana fungsi tersebut digunakan untuk bobot 16 piksel masukan, piksel-piksel yang berada lebih jauh dari (x_r, y_r) lebih sedikit pembobotan secara eksponensial jika dibandingkan dengan piksel yang berada lebih dekat dengan (x_r, y_r) . Beberapa versi dari persamaan konvolusi kubik telah digunakan dalam interpolasi citra, beberapa persamaan memiliki perbedaan pengaruh pada nilai data citra

keluaran. Versi lainnya memiliki pengaruh *low-frequency filter* (seperti interpolasi bilinear), dimana fungsi ini melakukan perataan dan menghaluskan nilai-nilai data. Selain itu ada juga fungsi yang berguna untuk mempertajam citra seperti *high-frequency filter*. Konvolusi kubik yang digunakan di dalam ERDAS IMAGINE adalah sebuah perpaduan antara *low-frequency filter* dan *high-frequency filter*.

Formula konvolusi kubik ini digunakan dalam ERDAS IMAGINE

$$V_r = \sum_{n=1}^4 V(i-1, j+n-2) \times f(d(i-1, j+n-2)+1) + \\ V(i, j+n-2) \times f(d(i, j+n-2)) + \\ V(i+1, j+n-2) \times f(d(i+1, j+n-2)-1) + \\ V(i+2, j+n-2) \times f(d(i+2, j+n-2)-2)$$

Dimana:

$i = \text{int}(x_r)$

$j = \text{int}(y_r)$

$d(i,j)$ = jarak antara piksel dengan koordinat (i,j) dan (x_r, y_r)

$V(i,j)$ = nilai data piksel (i,j)

V_r = nilai data citra keluaran

$a = -1$ (a konstanta) ... lihat Gambar 11.

$f(x)$ = fungsi dengan definisi berikut:

$$f(x) = \begin{cases} (a+2)|x|^3 - (a+3)|x|^2 + 1 & \text{if } |x| < 1 \\ a|x|^3 - 5a|x|^2 + 8a|x| - 4a & \text{if } 1 < |x| < 2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Sumber: [Atkinson, 1985](#)

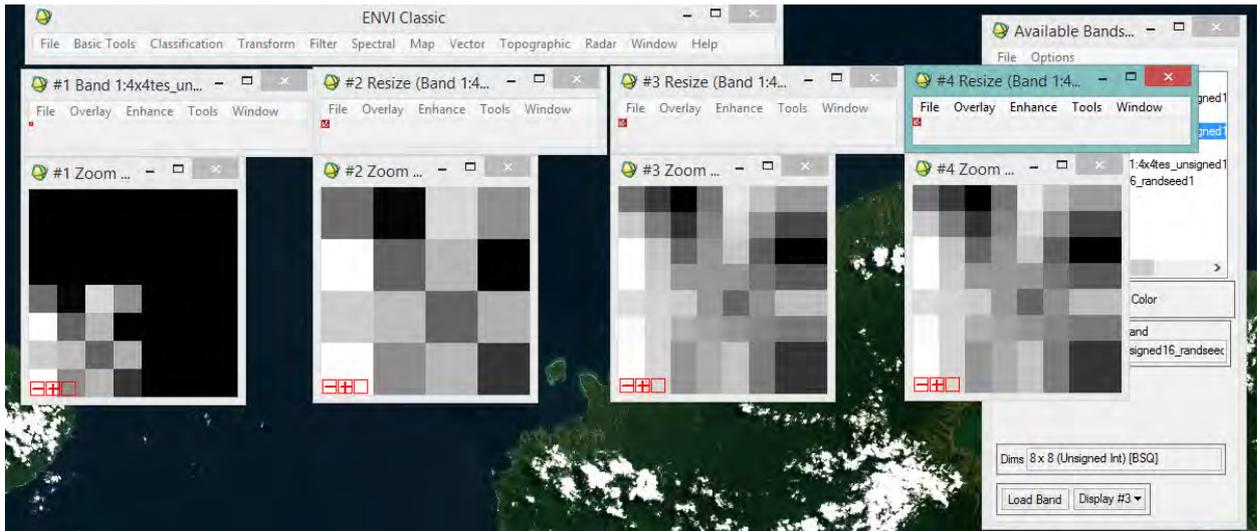
Keuntungan

Konvolusi kubik menggunakan resampling jendela 4x4 dalam banyak kasus perataan dan deviasi standar dari citra keluaran lebih sesuai dengan piksel masukan jika dibandingkan dengan metode resampling lainnya. Pengaruh konvolusi kubik dapat mempertajam citra dan menghaluskan derau. Metode ini direkomendasikan ketika akan merubah ukuran sel sebuah data seperti pada citra Landsat TM dan citra aerial foto (misal jendela 4x4 memiliki hasil interpolasi yang lebih baik daripada jendela 2x2).

Kelemahan

Nilai data keluaran dapat berubah dari nilai data citra masukan dan proses metode ini berjalan sangat lambat.

Penggunaan teknik resampling zoom in dengan menggunakan perangkat lunak ENVI.



Gambar 13. Contoh pada 4 x 4 piksel dengan nilai digital acak



Gambar 14. Contoh pada citra 512 x 512 piksel dengan nilai digital diberikan secara acak



Gambar 15. Contoh pada citra WorldView 1

Tampilan pertama dari kiri interpolasi tetangga terdekat, bilinear dan bicubic, dari gambar ini maka dapat disimpulkan bahwa interpolasi tetangga terdekat menghasilkan citra yang menyerupai tangga (*stair shape*). Memang sangat jelas jika lahan terbuka yang memiliki intensitas lebih berbentuk kotak-kotak jika dibandingkan obyek lain pada citra WorldView 1 di atas. Sedangkan untuk citra hasil interpolasi bilinear tampak lebih halus selain itu interpolasi konvolusi kubik memberikan hasil halus juga tetapi lekukan pada obyek vegetasi terlihat lebih gelap.

Penggunaan teknik resampling dengan menggunakan ARCGIS Phytion

Untuk penggunaan teknik resampling dengan ArcGis pada ukuran sel akan berubah tetapi batas luasan kumpulan data raster akan tetap sama. Perangkat lunak ini dapat menyimpan hasil keluaran citra dalam format BIL, BIP, BMP, BSQ, DAT, Esri Grid, GIF, IMG, JPEG, JPEG 2000, PNG, TIFF, dan lainnya. Terdapat empat teknik resampling pilihan yaitu

- Tetangga terdekat merupakan metode interpolasi tercepat, biasanya interpolasi ini digunakan untuk data diskret seperti klasifikasi penggunaan lahan. Interpolasi ini juga tidak mengubah nilai dari sel serta kesalahan maksimum spasial nya sekitar satu setengah piksel ukuran sel asli.
- Mayoritas merupakan interpolasi yang menentukan nilai baru berdasarkan nilai yang sering muncul di sekitar jendela filter. Biasanya interpolasi ini digunakan pada data diskret sama dengan tetangga terdekat akan tetapi interpolasi ini memberikan nilai yang lebih halus jika dibandingkan dengan interpolasi tetangga terdekat.
- Bilinear merupakan interpolasi yang menentukan nilai baru berdasarkan nilai pembobotan rerata jarak dari keempat titik terdekat citra masukan. Sangat berguna sekali jika diaplikasikan kepada data kontinyu dan menghaluskan citra keluaran
- Kubik merupakan interpolasi yang menentukan nilai baru berdasarkan penyesuaian kurva halus yang berasal dari 16 titik sel terdekat. Sangat sesuai untuk data kontinyu walaupun menghasilkan citra keluaran yang berisi nilai-nilai di luar citra masukan.

Secara geometri hasil interpolasi ini memiliki sedikit distorsi jika dibandingkan dengan tetangga terdekat. Tetapi konvolusi kubik memakan waktu lebih lama. Serta nilai hasil citra keluaran berada di luar jangkauan nilai asli disarankan menggunakan bilinear jika hal ini terjadi. Pilihan interpolasi Kubik dan bilinear tidak dapat digunakan untuk data kategorik oleh karena nilai tiap piksel kemungkinan berubah.

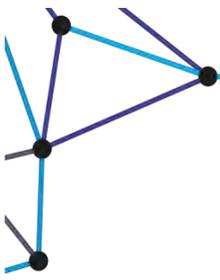
Untuk contoh citra gambar dalam jpg



Gambar 17. Nearest Neighbour



Gambar 18. Bilinear



Gambar 19. Cubic

Contoh resampling pada citra Satelit Landsat 8.

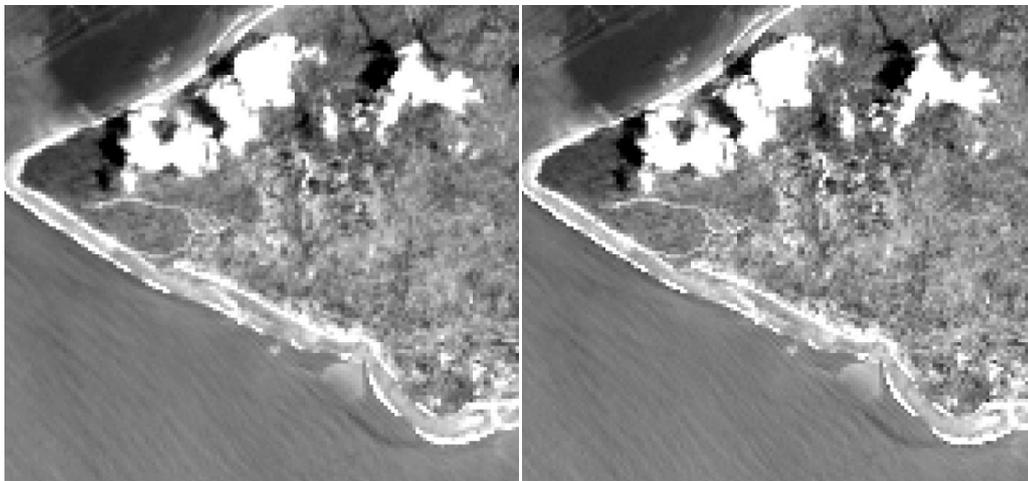
```

7% resampling_4met_ls8.py - C:\Users\ENVY700\Documents\raster\L8OL_112_067_20131022_L1T_001\resampling_4met_ls8.py
File Edit Format Run Options Windows Help
import arcpy
arcpy.env.workspace = r"C:/Users/ENVY700/Documents/raster/L8OL_112_067_20131022_L1T_001/"

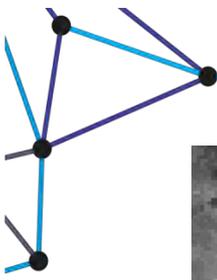
arcpy.Resample_management("LO81120672013295RPI00_B1.TIF", "resampleB1_cubic_60.tif", "60", "CUBIC")
arcpy.Resample_management("LO81120672013295RPI00_B1.TIF", "resampleB1_bilinear_60.tif", "60", "BILINEAR")
arcpy.Resample_management("LO81120672013295RPI00_B1.TIF", "resampleB1_majority_60.tif", "60", "MAJORITY")

arcpy.Resample_management("LO81120672013295RPI00_B1.TIF", "resampleB1_NEAREST_60.tif", "60", "NEAREST")
Ln: 4 Col: 78
    
```

Gambar 20. Kode skrip pada Arcgis Python

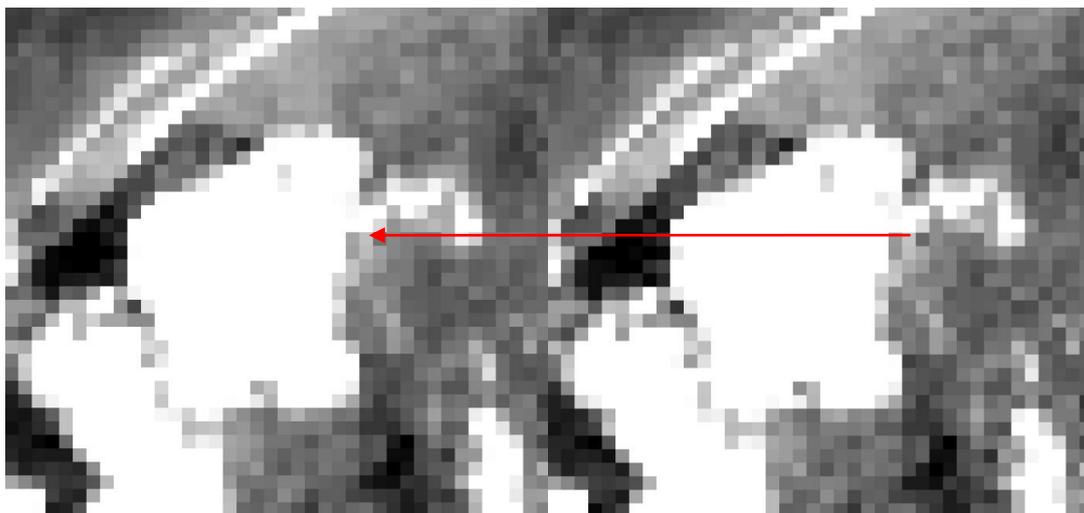


Gambar 21. a. (Kiri) Interpolasi bilinear b. (Kanan)Konvolusi Kubik



c. (Kiri) Mayoritas d. (Kanan)Tetangga terdekat

Pada gambar diatas dapat dilihat hasil resampling citra Landsat 8 untuk Band 1 terlihat jelas perbedaan antara metode tetangga terdekat dengan konvolusi kubik, sedangkan jika dilihat perbedaan antar bilinear dengan dengan kubik hampir serupa tetapi tidaklah sama. Oleh karena itu untuk melihat perbedaan secara rinci maka harus di perbesar kembali citra nya agar lebih jelas, seperti gambar berikut:



Gambar 22. a. bilinear (kiri) b. kubik (kanan)

Pada skala gambar 22.a terlihat bahwa titik di dalam gambar awan tidak terlihat pada interpolasi bilinear.

Selain ketiga teknik resampling terdapat beberapa teknik lain yang dapat digunakan dalam resampling citra. Teknik resampling citra tersebut yaitu *aggregated average* (Idrisi Andes), *bicubic spline interpolation* (erdas), *pixel resize* (Paint shop pro), *majority* (Arcgis), dan *weighted average* (Corel). Teknik tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan yang dianggap mempengaruhi hasil resampling citra.

KESIMPULAN

Untuk teknik tetangga terdekat maka interpolasi ini sangat direkomendasikan untuk data tematik, data kategorikal atau data yang memiliki sistem kelas nilai selain itu waktu proses resampling yang singkat menjadi keunggulan teknik ini. Akan tetapi fitur linear seperti jalan, rel kereta api, bangunan akan tampak patah-patah atau tidak lurus. Hal ini disayangkan jika citra satelit ataupun foto ditampilkan dalam resolusi tinggi. Sedangkan untuk interpolasi bilinear lebih sesuai untuk data elevasi karena data yang ekstrim dapat dikurangi. Seperti *Digital Elevation Model* dimana citra ini membutuhkan nilai-nilai digital yang sebarannya merata maksudnya tidak ada data ekstrim. Data ekstrim dalam DEM bermakna kondisi dimana satu sel diantara yang lainnya memiliki nilai elevasi yang tertinggi dan perbedaan nilai nya sangat jauh. Kemudian interpolasi konvolusi kubik

lebih bagus digunakan untuk proses pembuatan tampilan citra (*imagery*) atau analisis visual. Banyak perangkat lunak seperti adobe photoshop, er mapper, paint shop pro, erdas imagine menggunakan teknik kubik ini untuk menampilkan citra dalam *high definition*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Allah S.W.T yang telah memberikan kesempatan hidup kepada penulis. Serta penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada (Alm) Dr. Wiweka Hartojo yang telah memberikan gagasan serta nasihatnya selama masa hidup beliau, semoga amal dan ibadahnya di terima di sisi Allah S.W.T.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gonzalez,R. C., Woods, R. E. [2008]. *Digital Image Processing*. 3rd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- [2]Rafsanjani, F.[2008]. *Pengambilan Data 2,5 D untuk Visualisasi Kota 3D*, Skripsi ITB Teknik Geodetik dan Geomatika. <http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/597/jbptitbpp-gdl-faridrafs-29808-3-2008ta-2.pdf>
- [3] <http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/~wataru/lecture/rsgis/rsnote/cp9/9-7-2.gif>
- [4] http://northstar-www.dartmouth.edu/doc/idl/html_6.2/Interpolation_Methods.html
- [5] http://bme.med.upatras.gr/improc/image_sampling.htm
- [6]http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#/Welcome_to_the_ArcGIS_Help_Library/00qn000001p000000/
- [7] <http://gis.stackexchange.com/questions/20353/how-does-nearest-neighbor-image-resampling-work-in-arcgis>
- [8] <http://tech-algorithm.com/articles/nearest-neighbor-image-scaling/>
- [9] https://wiki.hexagongeospatial.com/index.php?title=Resampling_Methods
- [10]Yeung,A.K.W, Lo,C.P.2012. *Concept and Techniques of Geographic Information System*.New Delhi:PHI Learning Private Limited.
- [11]Hermawati, F.A.2013. *Pengolahan Citra Digital*.Yogyakarta:Penerbit ANDI
- [12] Stein, A., Van der Meer, F., Gorte, B. [1999] *"Spasial tatistics for Remote Sensing"* Kluwer Academic Publisher
- [13] Jensen, John R. [2007]. *Remote Sensing of the Environment*. Prentice Hall