

ANALISIS MATEMATIK FRAKTAL UNTUK KLASIFIKASI MENGUNAKAN CITRA PENGINDERAAN JAUH SPOT-4 (FRACTAL MATHEMATIC ANALYSIS FOR CLASSIFICATION USING SPOT-4 REMOTE SENSING IMAGE)

Muchlisin Arief

Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lapan
e-mail:muchlisin.arief@yahoo.com

Diterima 20 Maret 2014; Disetujui 16 Mei 2014

ABSTRACT

Fractal is a mathematical set that typically displays self-similar patterns. Fractal have two basic characteristic suitable for modeling the topography of the earth surface self similarity and randomness;. Applications of fractal geometry in remote sensing rely heavily on estimates of the non integer fractal dimension (D). The fractal dimension is calculated using the model of Surface Area Triangular Prism (TPSA). Fractal dimension is used to observe the spatial repetition (*morphologie*) of surface. In this study, fractal dimension is used to observe the relative height of a building / object of surface in urban area. This paper described image analysis using non integer fractal dimension used to determining the height of an object relative to the others, then do grouping of the object height by thresholding method. The result of the whole proses is presented after the density slicing proses. The analysis showed that the fractal dimension of the homogeneous object/surface is smaller than the heterogeneous objects. Based on it's fractal dimensional objects/buildings in Jakarta city (covering 1600 ha), can be grouped in 3 classes: very high object, high object and rather high object and there are approximately 178 ha using 9 x 9 windows dan approximately 30 ha using 17 x 17 windows very high object. However, the results of this study are still in the early stages that the fractal dimension can quantitatively interprets spatial structure and spatial complexity of remote sensed imagery. Therefore, research needs to be followed up to compare with the field measurements and very high resolution resolution data (such as IKONOS.)

Keywords: *Fractal Dimension, Classification, Tresholding, SPOT-4*

ABSTRAK

Fraktal adalah seperangkat matematika yang biasanya menampilkan pola kemiripan dirinya sendiri. Fraktal memiliki dua karakteristik dasar yang cocok untuk pemodelan topografi permukaan bumi, yaitu: kesamaan diri dan keacakan. Aplikasi geometri fraktal dalam penginderaan jauh sangat bergantung pada estimasi dimensi fraktal non integer (D). Dimensi fraktal dihitung menggunakan model Luas Permukaan Prisma Segitiga. Dimensi fraktal digunakan untuk mengamati pengulangan spasial suatu permukaan. Pada penelitian ini, dimensi fraktal digunakan untuk mengamati ketinggian relatif suatu bangunan/obyek dipermukaan di wilayah perkotaan. Pada makalah ini dijelaskan analisis dimensi fraktal non integer untuk menentukan ketinggian relatif suatu obyek terhadap lainnya, kemudian dilakukan pengelompokan ketinggian obyek dilakukan dengan metode *thresholding*. Hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi fraktal dari obyek homogen lebih kecil dari pada obyek/permukaan yang heterogen (permukaan kasar). Berdasarkan dimensi fraktalnya, obyek/bangunan di kota Jakarta (seluas 1600 ha) dapat dibagi dalam 3 klas, yaitu sangat tinggi, tinggi

dan agak tinggi dan terdapat bangunan sangat tinggi seluas kurang lebih 178 ha dengan windows 9 x 9 dan kurang lebih 30 ha dengan windows 17 x 17. Bagaimanapun juga, penelitian ini merupakan tahap awal dalam mengkuantifikasi interpretasi struktur dan kompleksitas spasial citra penginderaan jauh menggunakan Dimensi Fraktal. Oleh karena itu, penelitian perlu ditindak lanjuti untuk membandingkannya dengan pengukuran dilapangan dan menggunakan data satelit dengan resolusi sangat tinggi (seperti IKONOS)

Kata kunci: *Dimensi Fraktal, Klasifikasi, Pengambangan, SPOT-4*

1 PENDAHULUAN

Fraktal adalah seperangkat matematika yang memiliki dua karakteristik dasar cocok untuk pemodelan kemiripan diri (*self similarity*) dan keacakan (*randomness*) topografi permukaan bumi, sedangkan sifat penting dari fraktal geometris adalah tampilan kesamaan diri alami. Model fraktal sering muncul dalam berbagai ilmu seperti fisika, kimia biologi dan pengolahan citra. (Lopes and Betrouni 2009) Dalam bidang pengolahan citra digital, fraktal telah terbukti berguna untuk analisis jaringan, aplikasi tekstur, kompresi citra (Lam, 1990; Lam and De Cola, 1993; Klinkenberg,1992). Hal yang sangat penting dari karakteristik fraktal adalah dimensinya, dimana dimensi tersebut menunjukkan derajat dari kompleksitasnya. karena konsep fraktal yang berasal dari pendekatan geometris, maka analisis fraktal dari geometris obyek menjadi sangat natural dan kita dapat menentukan estimasi dimensi fraktal berdasarkan pendekatan geometris (Kinsner, 1994).

Teori fraktal adalah suatu pendekatan untuk mengukur bentuk atau menggambarkan kompleksitas obyek atau untuk menggambarkan variasi fitur yang tidak teratur (Burrough, 1993), aplikasi fraktal telah digunakan untuk mengkarakterisasi berbagai permukaan benda alam, seperti garis pantai (Lam dan Qiu 1992), permukaan lapisan es (Rees 1992), topografi (Klinkenberg dan Goodchild 1992), klasifikasi tutupan lahan dari data penginderaan data jauh (De Cola 1989), dan banyak lainnya (Lam dan De Cola 1993). Fraktal juga dapat digunakan

untuk menggambarkan serta mengklasikan ketidakteraturan tekstur (*textural irregularity*) dari citra yang tidak dapat diterangkan secara statistik, karena karakteristik spasial fraktal dapat diukur melalui dimension fraktal (Burrough,1993; Claken, 1986; Lam et. al., 1990; Sun et al. 2006; Jaggi et al. 1993).

Dimensi fraktal dapat dipandang sebagai ukuran ketidakteraturan/*irregularity* atau heterogenitas susunan dari suatu area pada skala yang berbeda. Dengan demikian, fraktal adalah obyek atau kuantitas yang menampilkan kemiripan-diri/*self-similarity*, dalam berbagai skala dengan tujuan untuk menunjukkan “tipe“ yang sama, walaupun menunjukkan strukturnya tidak perlu persis sama untuk semua skala (Nelson, 1996). Hal ini berarti bagian-bagian dari obyek akan tampak sebangun dengan obyek itu sendiri bila dilihat secara keseluruhan. Untuk lebih jelasnya untuk membuat segitiga Sierpinski, dimana masing-masing segitiga sebangun tetapi skalanya berbeda-beda sebagaimana dapat dilihat Gambar 1-1.



Gambar 1-1: Perulangan pada Fraktal Segitiga Sierpinski

Dewasa ini, telah banyak digunakan pemodelan aplikasi fraktal untuk menganalisa sifat/karakter permukaan obyek menggunakan data penginderaan jauh (Lam et al. 1998, Quattrochi et al. 2001, Sun et al. 2006, Chen et al. 1998). Pemodelan fraktal dapat memainkan peran penting dalam penginderaan jauh untuk interpretasi

fenomena fisik permukaan, deteksi dan klasifikasi obyek, karena permukaan obyek dapat mengekspresikan perilaku fraktal yang dapat disintetiskan melalui parameter intuitif seperti dimensi fraktal (Berizzi et al., 2002).

Hal yang memegang peranan penting dalam interpretasi dan analisis citra penginderaan jauh adalah resolusi spasial atau skala pengamatan (Quattrochi et al. 2001). Banyak metode interpretasi/ekstraksi citra umumnya dalam pengolahan citra digital dan khususnya dalam pengolahan citra penginderaan jauh misalnya klasifikasi citra. Akan tetapi, metode klasifikasi yang dikenal saat ini merupakan segmentasi citra yang pengambilan keputusannya pada perhitungan jarak terdekat maupun terjauh (Arief, et al. 2010).

Tujuan dari penelitian ini adalah pengelompokan/*grouping* ketinggian obyek atau bangunan yang terdapat pada citra, didasarkan pada analisis dimensi fraktal non integer. Hipotesisnya adalah bahwa pada citra penginderaan jauh (*remote sensed image*), untuk suatu area, obyek bangunan yang sangat tinggi misalnya bangunan pencakar langit mempunyai jarak antar bangunan yang cukup besar atau kerapatan obyek bangunan sangat tinggi tersebut adalah rendah. Hal ini akan memberikan Nilai Digital yang sangat bervariasi atau kompleks namun masih mempunyai keteraturan. Berbeda misalnya untuk obyek bangunan yang relatif rendah tingginya seperti perumahan maka jarak antar bangunan tersebut akan lebih kecil bahkan dalam banyak kasus antar bangunan saling menempel, di mana hal ini Nilai Digitalnya akan lebih seragam yang tidak terlalu kompleks.

Untuk menghitung tingkat kompleksitas tersebut digunakan pendekatan fraktal. Dimensi fraktal dapat menganggap bahwa antara nilai sembarang *pixel* mempunyai kaitan erat dengan *pixel* yang lainnya (*pixel*

terhadap) dan mempunyai sifat kesamaan diri jika dilihat dari berbagai skala. Nilai dimensi fraktal ini akan digunakan sebagai parameter untuk mengamati ketinggian relatif suatu obyek dari area tutupan lahan pada citra penginderaan jauh. Oleh karena itu, aplikasi teknik fraktal untuk analisis citra sangat bergantung pada estimasi dimensi fraktal (DF).

Ada banyak algoritma untuk menghitung dimensi fraktal, misalnya Hausdorff-Besicovitch dimensi (Qulin TAN et al. 2002), dimensi informasi dan kotak dimensi dan sebagainya. Sedangkan pada penelitian ini, algoritma yang digunakan didasarkan pada pendekatan luas permukaan prisma segitiga yang disajikan oleh Clarke pada tahun 1986. Algoritma Luas Permukaan Prisma Segitiga (*Triangular Prism Surface Area*) dipilih karena itu cocok untuk jendela gambar kecil, telah terbukti secara komputasi efisien dan akurat, dan telah memberikan hasil yang menggembirakan untuk berbagai aplikasi (Clarke; 1986).

Dalam paper ini diterangkan tentang klasifikasi citra yang didasarkan pada Dimensi Fraktal yang dihitung menggunakan metode *Triangular Prism Surface Area* (TPSA) dan proses klasifikasi dilakukan dengan metode *thresholding* (pengambilan), karena metode tersebut mempunyai keakuratan dan kecepatan perhitungan yang bisa diandalkan dibandingkan dengan metode lainnya (Arief, 2010). Sedangkan data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra SPOT-4 yang direkam pada tanggal 11 Januari 2007.

2 DIMENSI FRAKTAL

2.1 Dimensi Fraktal

Ide Dimensi Fraktal pertama kali dicetuskan oleh (Voss, 1988) yang menggunakannya untuk menentukan skala kemiripan-diri. Pemikirannya adalah andaikan suatu himpunan dianggap mempunyai sifat kemiripan diri, maka seluruh himpunan subset yang diperkecil akan mempunyai sifat

yang sama (Herzfeld dan Overbeck, 1999). Segmen garis (satu dimensi, $D=1$) dapat dibagi menjadi N bagian yang identik dan akan memiliki ratio $r_1 = 1/N^1$. Obyek dimensi dua ($D=2$) bila dibagi menjadi N bagian yang identik pada tiap sumbu utamanya akan memiliki ratio $r_2 = 1/N^2$, dengan cara yang sama untuk obyek tiga dimensi akan diperoleh ratio $r_3 = 1/N^3$. Secara umum untuk Dimensi = D maka ratio dapat ditulis sebagai berikut $r = 1/N^D$, atau dalam bentuk umum (Mandelbrot, 1977) dapat ditulis

$$N = r^{-D} \tag{2-1}$$

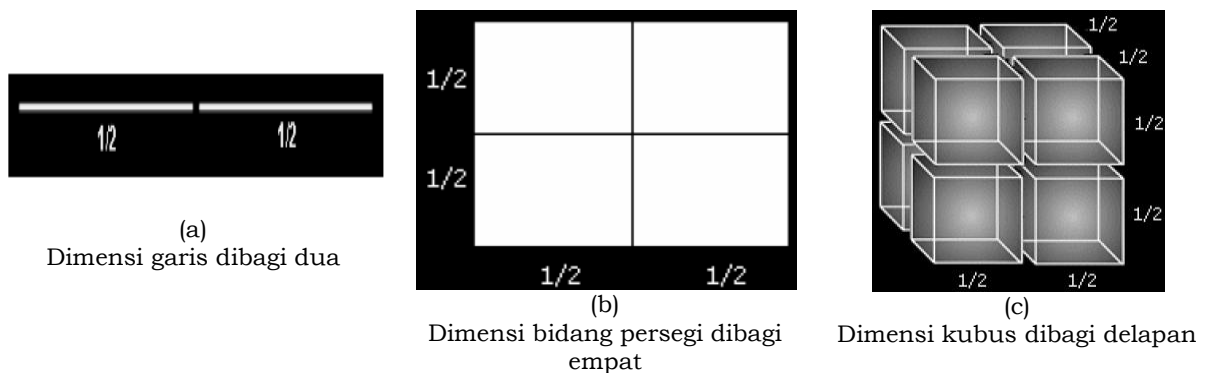
Berdasarkan idea tersebut, Dimensi Fraktal (DF) dari obyek *self similarity* yang dibagi menjadi N bagian skala dari keseluruhan obyek dapat dituliskan melalui persamaan 2-1 dibawah ini (Mandelbrot, 1977):

$$DF = \frac{\text{Log}(N)}{\text{Log}\left(\frac{1}{r}\right)} \tag{2-2}$$

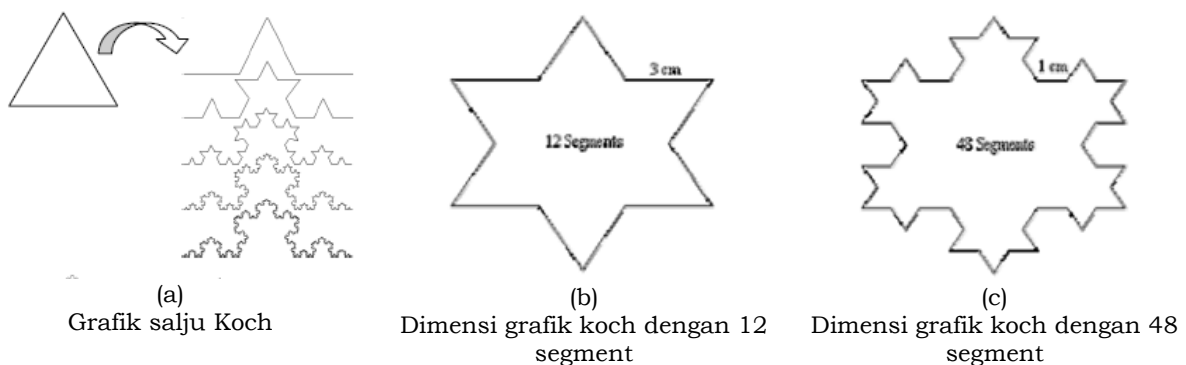
Contoh perhitungan dimensi untuk persamaan 2-2 dapat dilihat pada Gambar 2-1, untuk Gambar 2-1a, maka dimensi garis adalah $DF = \text{Log}(2)/\text{Log}(2/1) = 1$, untuk dimensi bidang $DF = \text{Log}(4)/\text{Log}(1/(1/2)) = 2$, sedangkan dimensi ruang adalah $DF = \text{Log}(8)/\text{Log}(1/(1/2)) = 3$.

Lain halnya dengan obyek yang tidak teratur seperti grafik kepingan salju dari Koch (*Koch snowflake*) sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2-2.

Gambar 2-2 tersebut menunjukkan bahwa setiap sisi *Koch snowflake* terbagi menjadi $N=4$ segmen yang sama, dimana setiap segmen berukuran $r=(1/3)$ dari keseluruhan, sehingga dimensinya adalah $DF = \text{Log}(4)/\text{Log}(1/(1/3)) = 1.26$. Nilai dimensi fraktal (DF) tersebut berupa pecahan pada interval antara 1 dan 2. Hal ini menunjukkan seberapa banyak *Koch snowflake* mengisi ruang, yaitu lebih banyak dari garis ($D=1$) tapi kurang dari bidang ($D=2$) (Barnsley 1988).



Gambar 2-1: Penentuan dimensi fraktal untuk obyek yang reguler



Gambar 2-2: Grafik salju Koch dan perhitungan dimensinya

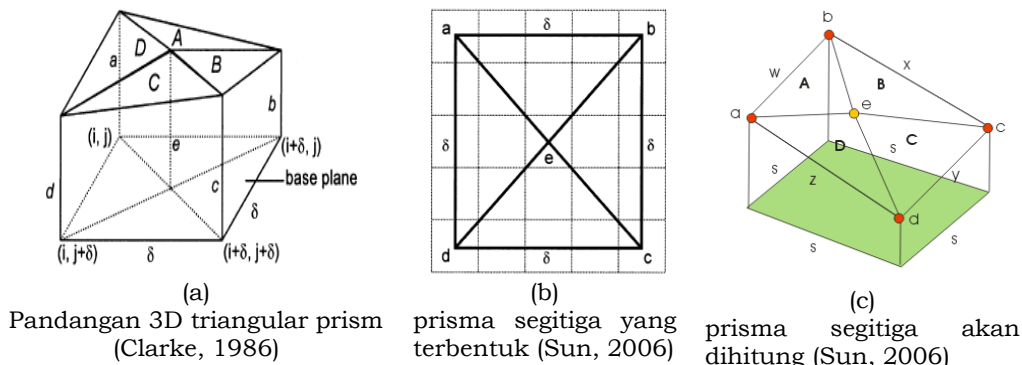
2.2 Metode *Triangular Prism Surface Area* (TPSA)

Metode untuk menghitung dimensi fraktal menggunakan Luas Permukaan Prisma segitiga atau disebut Metode *Triangular Prism Surface Area* (TPSA), dimana permukaan obyek dianggap sebagai Permukaan prisma segitiga. Permukaan segi tiga ini dapat di bentuk dari 4 buah titik (*pixel*) yang masing-masing *pixel* memiliki posisi x dan y dan juga memiliki nilai *Digital Number* (DN). Sebagai contoh nilai x, y untuk tiap-tiap 4 titik (*pixel*) dengan s adalah jarak tiap *pixel*, dapat dinotasikan sebagai (i, j), (i+s,j), (i+s,j+s), (i, j+s). Masing-masing *pixel* memiliki nilai *Digital Number* (DN) a, b, c, d. Maka dicari titik e sebagai titik tengah antara 4 nilai DN tersebut menggunakan rumus (a + b + c + d)/4. Maka akan terbentuk prisma segitiga

yang memiliki 4 buah sisi A, B, C, D, seperti terlihat pada Gambar 2-3.

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung Dimensi Fraktal (DF) dari Permukaan Prisma Segitiga tersebut di atas dapat dituliskan pada persamaan 2-3 (Clarke,1986; Sun et al., 2005). Andaikan a,b,c,d adalah nilai dijital dari sebarang *pixel* (persamaan 2-3).

Persamaan ini, menggambarkan keterkaitan antara nilai *Digital Number* tiap *pixel* dengan *pixel* tetangganya. Apabila obyek *pixel* memiliki nilai yang sama maka bentuk obyek tersebut dianggap sebagai permukaan datar dan dimensi fraktal yang dihasilkan akan bernilai 2. Tetapi apabila setiap *pixel* memiliki nilai digital yang berbeda satu sama lainnya, maka nilai dimensi fraktal lebih besar dari 2.



Gambar 2-3: Model *Triangular Prism Surface Area*

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{a + b + c + d}{4} \\
 x &= \sqrt{(c - b)^2 + s^2} \\
 y &= \sqrt{(d - c)^2 + s^2} \\
 w &= \sqrt{(b - a)^2 + s^2} \\
 z &= \sqrt{(a - d)^2 + s^2} \\
 o &= \sqrt{(a - e)^2 + (\sqrt{2} / 2s)^2} \\
 p &= \sqrt{(b - e)^2 + (\sqrt{2} / 2s)^2} \\
 q &= \sqrt{(c - e)^2 + (\sqrt{2} / 2s)^2} \\
 r &= \sqrt{(d - e)^2 + (\sqrt{2} / 2s)^2} \\
 sa &= \frac{1}{2}(w + p + o) \\
 sb &= \frac{1}{2}(x + p + q) \\
 sc &= \frac{1}{2}(y + q + r) \\
 sd &= \frac{1}{2}(z + o + r) \\
 A &= \sqrt{sa(sa - w)(sa - p)(sa - o)} \\
 B &= \sqrt{sb(sb - x)(sb - p)(sb - q)} \\
 C &= \sqrt{sc(sc - y)(sc - q)(sc - r)} \\
 D &= \sqrt{sd(sd - z)(sd - o)(sd - r)} \\
 \text{TPSA} &= A + B + C + D
 \end{aligned}
 \tag{2-3}$$

Sedangkan dimensi fraktal untuk windows tertentu (misalnya 9x9 atau 17x17) diperoleh dari nilai regresi linear antara logaritma natural (ln) jumlah total nilai TPSA yang dihitung perkotak dengan logaritmik natural (ln) jumlah total area penutup (top) dari TPSA per *step* atau *iterasi*, yang dapat dituliskan sebagai berikut (Sun et al., 2005):

$$DF = 2 - (\ln(\sum \text{nilai TPSA}) / \ln(\sum \text{area top TPSA})) \quad (2-4)$$

Persamaan 2-4 dapat dikatakan bahwa dimensi fraktal dapat dituliskan dengan (Sun et al., 2005)

$DF = 2 - \beta$
dimana β : slop regresi linear.

3 METODOLOGI

Untuk proses klasifikasi citra menggunakan analisa matematika fraktal terdiri dari empat bagian yaitu:

- a. Melakukan koreksi radiometrik dan geometrik, agar supaya visualisasi citra lebih terang dan juga agar citra dapat diintegrasikan atau koreksi ortho agar rebahan citra sama dengan rebahan peta.
- b. Proses perhitungan dimensi fraktal yang terdiri dari:
 - Menentukan windows untuk menghitung dimensi fraktal (ukuran windows 2^n-1). Pada penelitian ini menggunakan windows 9x9 dan 17x17. (Sun, 2006)
 - Menghitung dimensi Fraktal (DF) dari masing-masing *pixel* dengan menggunakan metode luas permukaan prisma segitiga/*Triangular Prism Surface Area* (Sun, 2006).

Prosedur/algorithm menghitung dimensi fraktal sebagai berikut (Clarke, 1986; Sun, 2006):

- a. Pertama, prosedur perhitungan dilakukan menurut profil baris dan kolom dan menghitung TPSA dari pasangan *pixel* yang dipisahkan dengan *step size* δ . Pasangan *pixel* yang diikuti sertakan dalam

perhitungan TPSA untuk *pixel* (i,j) adalah *pixel* (i,j), *pixel* (i,j + δ) *pixel* (i+ δ ,j) dan *pixel* (i+ δ , j+ δ) dan seterusnya (Gambar 2-3a).

- b. Kedua, untuk windows 9x9, maka ulangi prosedur di atas untuk *step size* $\delta = 1, 2, 4$ dan 8, sedangkan untuk windows 17x17, ulangi prosedur di atas dengan *step size* $\delta = 1, 2, 4, 8$ dan 16.
- c. Ketiga, menghitung dimensi fraktal dari tiap window dengan menggunakan formula $DF=2- \beta$.
- d. Keempat, diperoleh dimensi fraktal untuk seluruh citra dengan cara mengulangi prosedur nomor c di atas.
- e. Melakukan klasifikasi dengan menggunakan metode *thresholding*, Metode *thresholding* adalah mengelompokkan *pixel* yang mempunyai nilai dimensi fraktal berada pada interval nilai minimum dan maksimum tertentu. Nilai-nilai *threshold* dari masing-masing obyek diperoleh dari pengamatan citra dimensi fraktal.
- f. Menampilkan seluruh hasil proses setelah dilakukan *thresholding*.

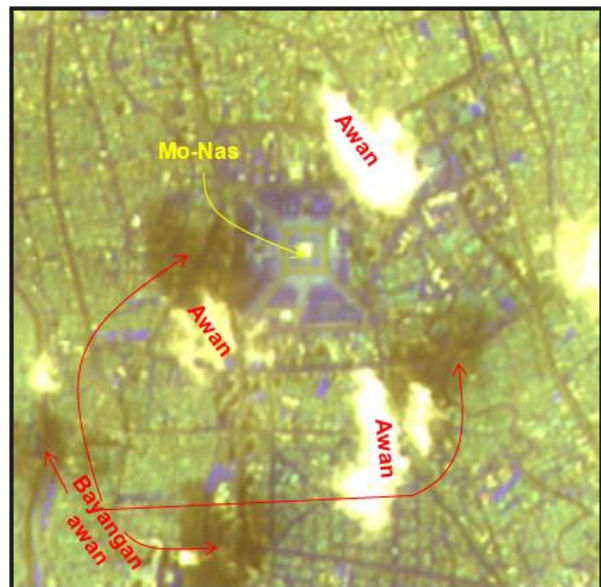
4 ANALISA DAN HASIL

Dalam penelitian ini digunakan data SPOT-4 daerah Jakarta tanggal 11 Jnuari 2007, dengan ukuran 200x200 *pixel* sebagaimana terlihat pada Gambar 4-1.

Gambar 4-1a adalah peta Jakarta sekitar Monumen Nasional dan Gambar 4-1b adalah citra RGB (432) SPOT tanggal 11 januari 2007. Gambar 4-1b memperlihatkan bahwa awan berwarna putih, Monumen nasional (Monas) berwarna putih kekuning-kuningan (bentuk segi empat), jalan raya berwarna kecoklatan dengan tekstur memanjang (mempunyai nilai *digital number* yang hampir sama dengan bayangan awan), sedangkan sisanya adalah bangunan yang bercampur dengan vegetasi yang berada disepanjang jalan raya atau yang berada disekitar bangunan.

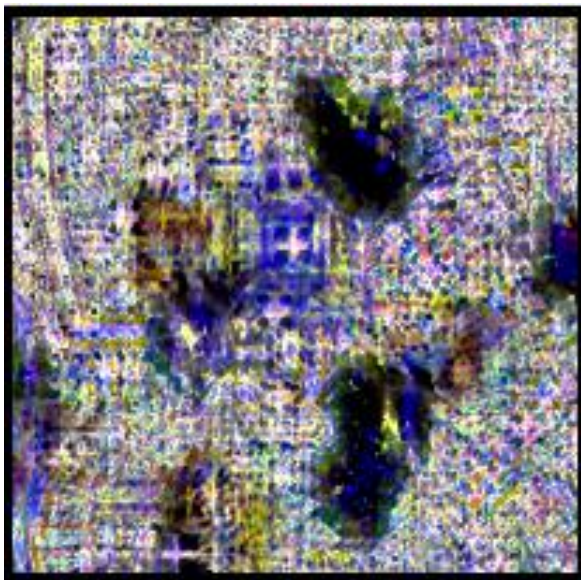


(a)



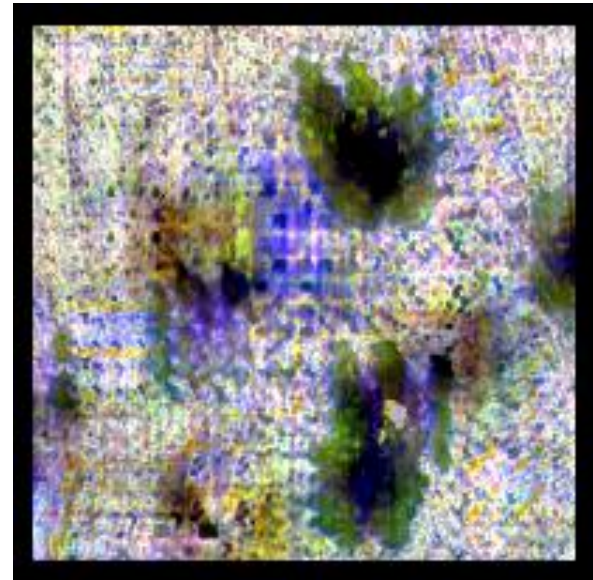
(b)

Gambar 4-1: Peta Jakarta dan Citra RGB (432) SPOT-4, tanggal 11 Januari 2007



(a)

Citra Dimensi fraktal hasil proses dengan windows 9x9



(b)

Citra Dimensi fraktal hasil proses dengan windows 17x17

Gambar 4-2: Citra RGB hasil perhitungan dimensi fraktal

Hasil perhitungan dimensi fraktal untuk seluruh citra yang menggunakan citra RGB 432 dapat dilihat pada Gambar 4-2.

Jika diamati, nilai *digital number* dan hasil proses dimensi fraktal sepanjang garis transek, dapat dilihat pada Gambar 4-3 sampai dengan 4-5.

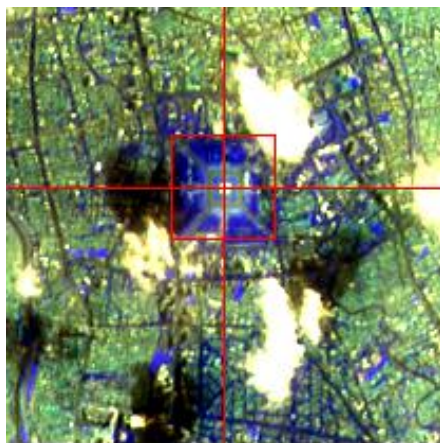
Gambar 4-3a menunjukkan bahwa awan, gedung perkantoran, monumen nasional mempunyai nilai

dijital maksimum (256) baik untuk band 3 dan band 2, sehingga pada citra berwarna putih kekuning-kuningan. Hal ini menandakan bahwa obyek tersebut mempunyai material yang dapat merefleksikan energi matahari maksimum pada band 3 dan 2, juga mempunyai ukuran spasial yang lebih besar dari ukuran spasial citra (lebih besar dari 10 meter persegi). Jika diamati nilai digital dari obyek di atas sebagaimana dapat

dilihat pada Gambar 4-3b menunjukkan bahwa bayangan awan mempunyai nilai digital yang berfluktuasi (tidak konstan), begitu juga dengan gedung perkantoran mempunyai nilai digital yang tidak konstan (tidak maksimum). Hal ini dikarenakan ukuran spasial dari obyek tersebut tidak semuanya lebih besar dari ukuran spasial *pixel* SPOT atau kadangkala terdapat vegetasi disekitarnya. Sedangkan untuk jalan raya, walaupun ukuran spasialnya lebih besar dari ukuran spasial citra akan tetapi tertutup oleh bayangan gedung atau tumbuhan yang berada dipinggirnya,

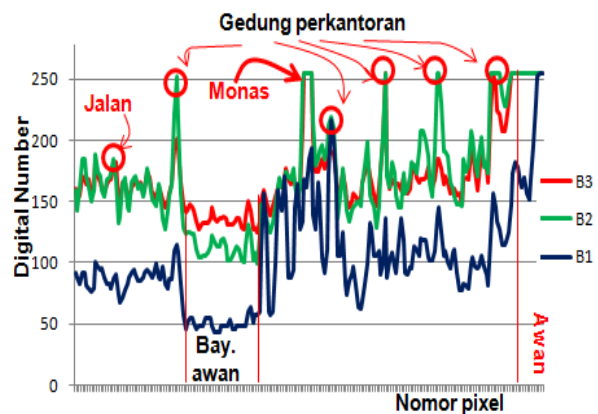
sehingga obyek jalan mempunyai nilai digital rendah.

Gambar 4-4 adalah citra RGB dimensi fraktal yang diproses menggunakan windows 9x9 dan nilai dimensi fraktal dari garis transeknya. Gambar 4-4a menunjukkan bahwa obyek monumen nasional mempunyai dimensi fraktal lebih besar dari 3 berarti monumen nasional dianggap sebagai obyek ruang (3 dimensi). Akan tetapi gedung perkantoran mempunyai dimensi fraktal lebih kecil dari 3 dan lebih besar dari 2 ($2 < DF < 3$). Ini berarti bahwa gedung perkantoran dianggap lebih datar.



(a)

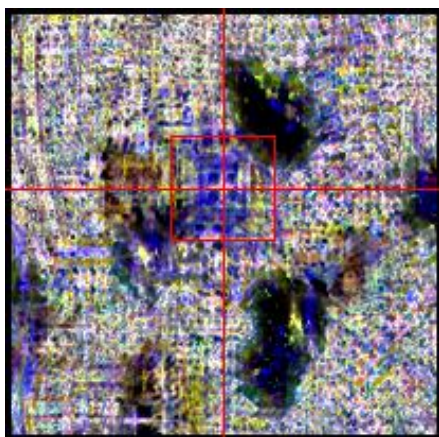
Garis transek dari citra RGB SPOT



(b)

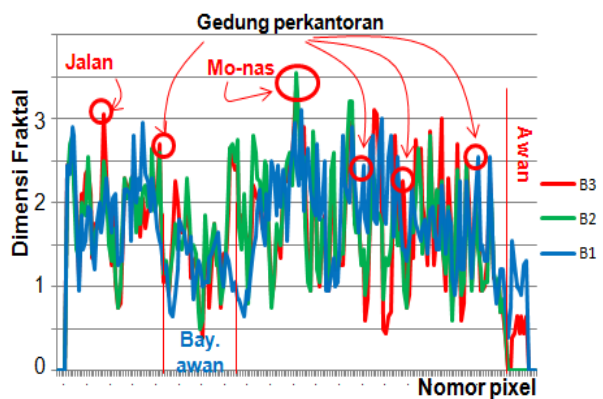
Nilai *digital Number* dari garis transek pada Gambar a

Gambar 4-3: Citra RGB SPOT dan nilai *digital number* dari garis transeknya



(a)

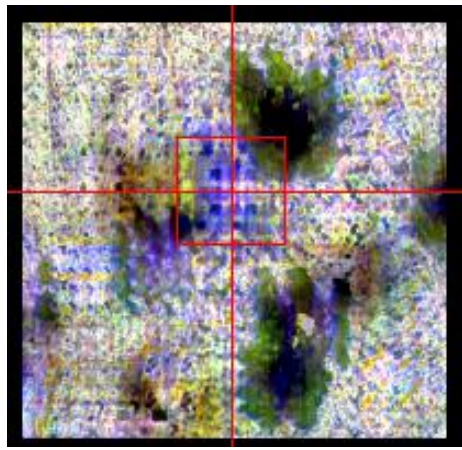
Garis transek dari citra RGB hasil proses window 9x9



(b)

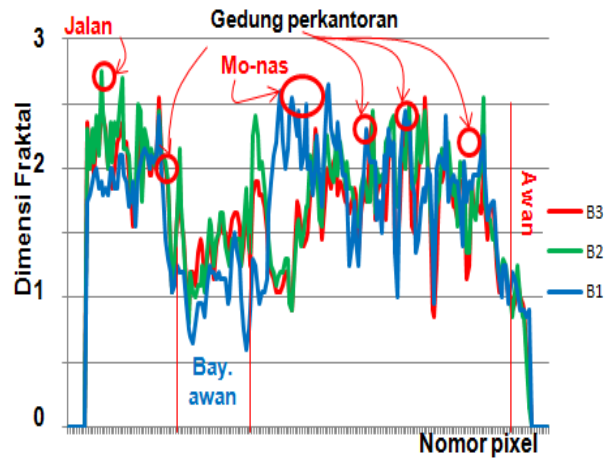
Dimensi Fraktal dair garis transek pada citra RGB hasil proses window 9x9

Gambar 4-4: Citra RGB dimensi fraktal dan nilai dimensi fraktal dari garis transeknya



(a)

Garis transek dari citra RGB hasil proses window 17x17



(b)

Dimensi Fraktal dari garis transek pada citra RGB hasil proses window 9x9

Gambar 4-5: Citra RGB dimensi fraktal dan nilai dimensi fraktal dari garis transeknya

Dilain pihak, untuk jalan raya mempunyai dimensi fraktal lebih besar dari 3. ini menandakan bahwa jalan raya dipandang sebagai satu kesatuan dengan obyek tetangganya seperti bangunan dan vegetasi yang berada di sepanjang jalan tersebut, sehingga jalan raya dianggap sebagai suatu obyek yang kekasarannya mirip dengan area Monas (dan dianggap mempunyai ketinggian relatif seperti 3 dimensi) yang tentunya ini merupakan satu kesalahan yang diakibatkan oleh pengambilan windows. Sedangkan bayangan awan mempunyai dimensi lebih kecil dari dua, yang menandakan bahwa awan bukan merupakan suatu permukaan yang *smooth* dibandingkan bayangan awan.

Gambar 4-5a dan b adalah citra RGB dimensi fraktal yang diproses menggunakan window 17x17 dan nilai dimensi fraktal dari garis transeknya. Pada Gambar 4-4a menunjukkan bahwa tekstur yang terbentuk lebih kompleks jika dibandingkan dengan citra dimensi fraktal yang diproses dengan windows 9x9, dimana obyek-obyek gedung perkantoran dan monumen nasional mempunyai dimensi fraktal lebih kecil dari 3. Ini berarti bahwa semua obyek yang ada pada citra dianggap sebagai permukaan bidang datar. Hal ini disebabkan oleh penggunaan windows yang terlalu besar.

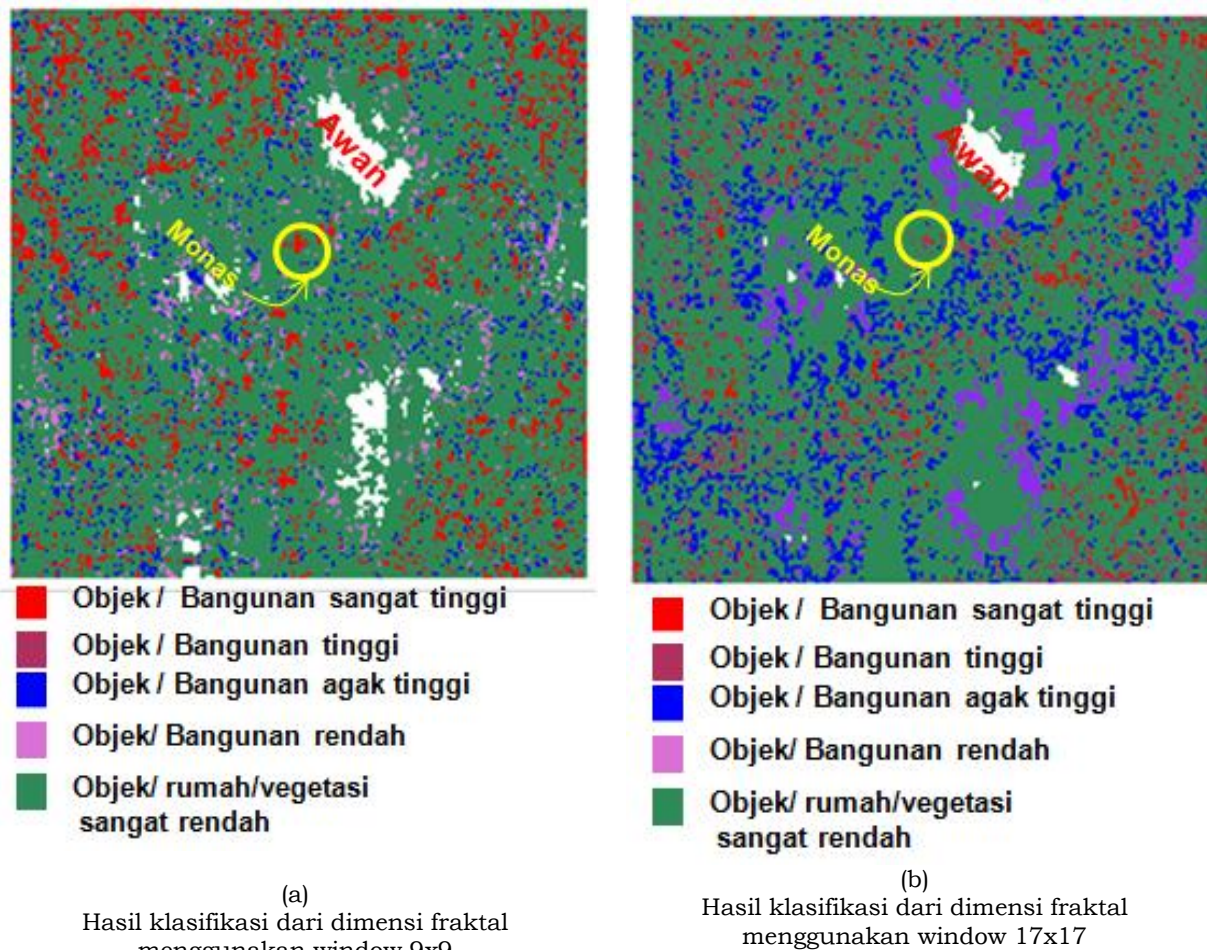
Berdasarkan kedua Gambar tersebut di atas (Gambar 4-4 dan 4-5) dapat disimpulkan bahwa penggunaan window sangat memegang peranan penting dalam menghasilkan derajat kekomplekan citra. Makin kecil windows yang digunakan maka akan menghasilkan derajat kekomplekan citra yang besar, sebaliknya makin besar window yang digunakan maka akan menghasilkan derajat kekomplekan citra yang rendah, karena penggunaan windows yang besar akan menghilangkan informasi lokal (citra dianggap sebagai obyek permukaan dua dimensi).

Klasifikasi citra dilakukan menggunakan metode *thresholding*. Metode *thresholding* untuk melakukan klasifikasi citra, diperoleh secara empiris dan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$T(i,j) = \begin{cases} x1 & \text{jika } a1 < B1(i,j) < a2 \text{ dan } b1 < B2(i,j) < b2 \text{ dan } c1 < B3(i,j) < c2 \\ x2 & \text{jika } a2 < B1(i,j) < a3 \text{ dan } b2 < B2(i,j) < b3 \text{ dan } c2 < B3(i,j) < c3 \\ x3 & \text{jika } a3 < B1(i,j) < a4 \text{ dan } b3 < B2(i,j) < b4 \text{ dan } c3 < B3(i,j) < c4 \\ x4 & \text{jika } a4 < B1(i,j) < a5 \text{ dan } b4 < B2(i,j) < b5 \text{ dan } c4 < B3(i,j) < c5 \\ 0 & \text{jika diluar itu.} \end{cases}$$

Dimana konstanta $a1, a2, a3, a4, a5, b1, b2, b3, b4, b5, c1, c2, c3, c4, c5$ diperoleh dari pengamatan citra dimensi fraktal yang diproses menggunakan window 9x9 dan 17x17.

Hasil proses menggunakan formulasi empiris tersebut dapat dilihat pada Gambar 4-6.



Gambar 4-6: Hasil klasifikasi citra menggunakan metode *thresholding*

Pada Gambar 4-6 menunjukkan bahwa awan berwarna putih. warna merah adalah obyek/gedung/bangunan yang sangat tinggi (seperti Monumen Nasional), warna maroon adalah obyek/bangunan seperti perkantoran, warna biru adalah obyek/bangunan yang relatif lebih tinggi dari sekitarnya seperti gedung istana negara perumahan dan sebagainya. Berdasarkan hasil analisis dimensi fraktal dapat disimpulkan bahwa obyek/permukaan homogen mempunyai dimensi fraktal lebih kecil dari pada obyek/permukaan yang heterogen (permukaan kasar) misalnya interval dimensi fraktal hutan kota lebih kecil dari pada interval dimensi fraktal perumahan.

Kalau dibandingkan antara Gambar 4-6a dengan Gambar 4-6b,

maka terlihat bahwa obyek yang diklaskan sebagai bangunan tinggi jauh lebih banyak. Hal ini disebabkan karena lebar window yang digunakan dalam pemrosesan citra sangat memegang peranan penting dalam menentukan hasil pemrosesan. Jika pada Gambar 4-6a dihitung luas bangunan yang terklaskan kedalam obyek 3 dimensi dari bangunan yang sangat tinggi hingga bangunan rendah berturut-turut adalah: 179 ha, 84 ha, 55 ha dan 1222 ha. sedangkan pada Gambar 4-6b luas bangunan yang terklaskan kedalam obyek 3 dimensi dari bangunan yang sangat tinggi hingga rendah berturut-turut adalah: 30 ha, 131 ha, 154 ha dan 73 ha. Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka perbedaan untuk ketiga klas di atas, dapat dilihat pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2: PERBEDAAN KLAS MENGGUNAKAN WINDOW BERBEDA

Objek/Bangunan	Window 9x9 (dalam ha)	Window 17x17 (dalam ha)	
Sangat tinggi	179	30	
Tinggi	84	131	
Agak tinggi	55	154	
Bangunan rendah	1222	73	

Pada Tabel 4-2 menunjukkan bahwa perbandingan antara obyek sangat tinggi dengan menggunakan windows 17x17 (seluas 11.5 ha) terdapat 30 ha bangunan. Arti fisiknya adalah bila sembarang *pixel* diklaskan kedalam obyek yang paling tinggi, maka titik tersebut dianggap titik yang tertinggi kekasarannya diantara obyek yang berada pada radius \pm 340 meter. Sedangkan menggunakan windows 9x9 (seluas 3.2 ha) terdapat 179 ha. Arti fisiknya adalah bila sembarang *pixel* diklaskan kedalam obyek yang paling tinggi, maka titik tersebut dianggap titik yang tertinggi kekasarannya diantara obyek yang berada pada radius \pm 180 meter. Dengan demikian makin kecil windows yang digunakan dalam pemrosesan maka makin banyak obyek yang diklaskan sebagai obyek 3 dimensi, sebaliknya makin besar windows yang digunakan dalam pemrosesan, maka obyek yang diklaskan dalam 3 dimensi semakin sedikit. Atau juga dapat dikatakan makin lebar windows yang digunakan maka akan banyak informasi lokal yang hilang dan kalau windows yang digunakan makin kecil, maka terjadi hal yang berkebalikannya.

Berdasarkan analisis tersebut di atas, dengan melihat berbagai kekurangannya, penggunaan Algoritma dimensi fraktal *non integer* menggunakan metode Luas Permukaan Prisma Segitiga/ *Triangular Prism Surface Area* (TPSA) cocok untuk *windows* kecil, karena terbukti secara komputasi efisien dan akurat serta telah memberikan hasil yang menggembarakan. Walaupun demikian masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memvalidasi dengan hasil pengukuran dilapangan dan

menentukan pembagian interval ketinggian serta dengan menggunakan citra dengan resolusi yang lebih tinggi (seperti IKONOS) guna melihat hubungan antara dimensi fraktal dengan ketinggian obyek atau hubungan antara ukuran windows dengan kekomplekan obyek.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini merupakan awal untuk menentukan hubungan antara nilai digital *pixel* dan dimensi fraktal non integer serta mnegkuantifikasional interpretasi citra penginderaan jauh. Perhitungan dimensi fraktal dengan menggunakan metode Luas Permukaan Prisma Segitiga *Triangular Prism Surface Area* (TPSA) dengan menggunakan ukuran windows 9x9 dan 17x17 pixel. Berdasarkan analisis hasil di atas maka dapat disimpulkan bahwa:

- Dimensi fraktal non integer dari obyek/bangunan homogen lebih kecil dari pada obyek yang heterogen (permukaan kasar) misalnya interval dimensi fraktal hutan kota lebih kecil dari pada interval dimensi fraktal perumahan.
- Berdasarkan analisis di atas, dari sebagian luas wilayah Jakarta (1600 ha), terdapat kurang lebih 178 ha dengan windows 9 x 9 dan kurang lebih 30 ha dengan windows 17 x 17 obyek/bangunan sangat tinggi, dan sisanya adalah obyek bangunan tinggi, rendah-perumahan, vegetasi/pohon, tanah terbuka dan sebagainya.

5.2 Saran

Bagaimanapun juga, penelitian di Indonesia menggunakan dimensi fraktal

non integer merupakan tahap awal dalam mencari salah satu cara mengkuantifikasi interpretasi struktur dan kompleksitas spasial citra penginderaan jauh.

Oleh karena itu, penelitian perlu ditindaklanjuti:

- agar supaya hasil yang diperoleh dapat divalidasi dengan data pengamatan/pengukuran dilapangan atau kerja sama dengan instansi terkait yang mempunyai data ketinggian.
- dengan menggunakan data satelit dengan resolusi sangat tinggi seperti IKONOS dan sebagainya.
- untuk membuka wawasan baru, menggunakan dimensi kekasaran yang dihasilkan oleh teori fraktal.

DAFTAR RUJUKAN

- Arief M., 2010. *Aplikasi Metode Threshold Guna Mendeteksi Hutan Mangrove Menggunakan Landsat MSS dan ETM*, Buku Bunag rampai Analisis mangrove Menggunakan Citra Satelit masma Sikumbang, Jakarta, ISBN 978-602-8564-21-3. pp.11-23.
- Arief M., Susanto, Atriyon, Siti Hawariyah, 2010. *Metode Klasifikasi Tetangga Terdekat untuk Inventarisasi Tutupan Lahan Dengan Menggunakan Data ALOS*, Studi kasus di Jawa Barat, Majalah Ilmiah GLOBE, Vol 12, No. 2 Desember, ISSN.1411-0512, No. Akreditasi: 253/Akred-LIPI/P2MB1/05/2010, pp. 114- 121.
- Clarke, K. C., 1986. *Computation of The Fractal Dimension of Topographic Surfaces using the Triangular Prism Surface Area Method*. Computers and Geosciences, 12, 713-722.
- Emerson, C. W., Lam, N. S.-N., and Quattrochi, D. A., 1999. *Multi-Scale Fractal Analysis of Image Texture and Pattern*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 65, 51-61.
- Falconer, K., 1990. *Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications*, John Wiley & Sons, Chichester, England, pp. 288.
- Goodchild, M.F.; Haining, M.; Wise, S., 1992. *Integrating GIS and Spatial Data Analysis: Problems and Possibilities*. Int. J. Geogr. Inf. Syst., 6, 407-423.
- Haralick, R.M., K. Shanmugan, and I. Dinstein, 1973. *Texture Features for Image Classification*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-3(6):610-621.
- Herzfeld, U. C., and C. Overbeck, 1999. *Analysis and Simulation of Scale-Dependent Fractal Surfaces with Application to Seafloor Morphology*, Computers and Geosciences, 25(9): 979-1007.
- Kinsner W., 1994. *Fractal Dimension Morphology Entropy Spectrum and Variance Classes*, Technical Report, Departement of Electrical Engineering, University of Manitoba.
- Klinkenberg, B., and Goodchild, M. F., 1992. *The Fractal Properties of Topography: a Comparison of Methods*, Earth Surface Processes and Landforms, 17, 217-234.
- Lam, N. S.-N., 1990. *Description and Measurement of Landsat TM Images using Fractals*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56, 187-195.
- Lam, N. S.-N., and De Cola, L., 1993. *Fractal Measurement*, In Fractals in Geography, Eds. Lam, N. S.-N., and De Cola, L. (Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall), pp. 23-55.
- Lam, N. S.-N., and Qiu, H.-L., 1992. *The Fractal Nature of the Louisiana Coastline*, In Geographical Snapshots of North America, Ed. Janelle, D. G. (New York: The Guilford Press), pp. 270-274.
- Lam, N. S.-N., Qiu, H.-L., and Quattrochi, D., 1997. *An Evaluation of Fractal*

- Surface Measurement Methods using ICAMS (Image Characterization and Modeling System)*, ACSM/ASPRS Annual Convention , Vol. 5 (Seattle, WA: ASPRS and ACSM), pp. 377–386.
- Lam, N. S.-N., and Quattrochi, D. A., 1992. *On the Issues of Scale, Resolution, and Fractal Analysis in the Mapping Sciences*, Professional Geographer, 44, 88–98.
- Lillesand, T. M., and Kiefer, R. W., 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 4th edn (New York: John Wiley & Sons, Inc),
- Mandelbrot, B., 1967, How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension, *Science*, 156, 636–638.
- Lopes R. and Betrouni N., 2009. *Fractal and Multifractal Analysis: A Review*, Medical Image Analysis Vol. 13 , pp. 634–649.
- Mandelbrot, B.B., 1977. *Fractal: Form, Chance and Dimension*, W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Mandelbrot, B.B., 1982. *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Company, New York.
- Mandelbrot, B.B., 1983. *The Fractal Geometry of Nature*. W. H. Freeman and Company, New York, 468 p.
- Mandelbrot, B.B., 1985. *Self-affine Fractals and the Fractal Dimension*, *Physica Scripta*, 32, pp. 257–260.
- Mark, D.M.; Aronson, P.B., 1984. *Scale-Dependent Fractal Dimensions of Topographic Surfaces: an Empirical Investigation*, with Applications in Geomorphology and Computer Mapping. *Math. Geol.* 1984, 11, 671-684.
- Quattrochi, D. A., Emerson, C. W., Lam, N. S.-N., and Qiu, H.-L., 2001, *Fractal Characterization of Multitemporal Remote Sensing Data*, In *Modelling Scale in Geographical Information Science*, Eds. Tate, N., and Atkinson, P. (West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd), pp. 13–34.
- Qulin TAN, Yun SHAO, Xiangtao FAN., 2002. *A Novel Edge Detection Algorithm for Remote Sensing Images based on the self-similarity of Fractal Character*, *IEEE transactions*.
- Rees, W. G., 1992. *Measurement of the Fractal Dimension of Ice-sheet Surfaces using Landsat Data*, *International Journal of Remote Sensing* , 13, 663–671.
- Sun W., Kollapal Z. A., Gong P., 2005. *Two Computation Methods for Detecting Anisotropy in Image Texture Geographic Information Science*, Vol.11 No. 2. Desember pp. 87-96.
- Sun W., 2006. *Three new Implementations of the Triangular Prism Method for Computing*, Three new implementations of the triangular prism method for computing the fractal dimension of remote sensing images, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* Vol. 72, No. 4, pp. 373–382.
- Voss, R.F., 1988. *Fractals in Nature: From Characterization to Simulation*, Chap. 1 in *The Science of Fractal Images*, edited by H.-O. Peitgen and D. Saupe, Springer-Verlag, New York.

