

Karakterisasi Citra CT Scan Otak Menggunakan Analisis Fraktal Berbasis Transformasi Fourier

Resi Rusmawarningsih, Nurhasanah ✉, dan Joko Sampurno

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima:

8 Maret 2018

Disetujui:

13 April 2018

Dipublikasikan:

13 April 2018

Keywords:

CT Scan, Dimensi Fraktal, Intercept, Transformasi Fourier, Tumor

ABSTRAK

Citra *Computerized Tomography (CT) scan* otak normal dan citra *CT scan* otak abnormal (tumor) telah dianalisis dengan menggunakan metode fraktal berbasis transformasi Fourier. Analisis dilakukan untuk menentukan tingkat kompleksitas dan densitas citra berdasarkan nilai dimensi fraktal dan *intercept* dari masing-masing citra. Hasil citra *CT scan* otak normal memiliki dimensi fraktal antara 1,355 hingga 1,5851, dan citra *CT scan* otak abnormal (tumor) memiliki dimensi fraktal antara 0,66106 hingga 1,2888. Citra *CT scan* otak normal memiliki *intercept* antara 25,1434 hingga 26,5707, dan citra *CT scan* otak abnormal (tumor) memiliki *intercept* antara 27,6737 hingga 31,6697. Nilai dimensi menunjukkan tingkat kompleksitas citra dan nilai *intercept* citra mengindikasikan nilai densitas citra. Citra *CT scan* otak normal memiliki tingkat kompleksitas yang lebih tinggi dan citra *CT scan* otak abnormal (tumor) memiliki nilai densitas yang lebih tinggi.

ABSTRACT

Computerized Tomography (CT) images of normal brain scans and abnormal brain CT scan (tumor) have been analyzed based on Fourier transform fractal method. The analysis was performed to determine the level of image complexity and density based on fractal dimension as well as intercept dimension values of each image. Normal CT brain scan showed a fractal dimension between 1.355 and 1.5851, and abnormal brain CT scan (tumor) has a fractal dimension between 0.66106 and 1.2888. Normal CT brain scan image has an intercept between 25.1434 to 26.5707, and abnormal brain CT scan (tumor) has an intercept between 27.6737 to 31.6697. The dimension value indicated the level of image complexity and the value of the intercept image indicating the value of the image density. Normal CT brain scan image has higher level of complexity and abnormal brain CT scan (tumor) has higher density value.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

E-mail: nurhasanah@physics.untan.ac.id

p-ISSN 2088-1509

PENDAHULUAN

Pencitraan medis merupakan proses untuk memperoleh gambaran dari tubuh manusia dengan tujuan medis (Putra dkk, 2009). Pencitraan tersebut biasanya dilakukan dengan menggunakan alat radiologi seperti *CT scan*, Mamogram, MRI, dan lain sebagainya. *Computed Tomography Scanner* merupakan alat yang digunakan untuk mendapatkan gambaran dari bagian tubuh seperti mendeteksi jaringan yang rusak akibat stroke, tumor, atau jaringan lainnya. Prinsip kerja *CT scan* ialah dengan memanfaatkan radiasi sinar-x untuk membentuk citra atau gambar (Nurhayati, 2009).

Pengolahan citra merupakan proses pengolahan dan analisis yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra dan untuk memperbaiki citra. Metode ini memiliki peran penting dalam proses pengolahan citra karena kesalahan pada tingkat ini akan mempengaruhi proses analisis citra pada tingkat yang lebih maju (Jain, 1995).

Fraktal merupakan seperangkat matematika yang memiliki dua karakteristik dasar untuk pemodelan yaitu kemiripan dan keacakan. Dalam bidang pengolahan citra, metode fraktal telah terbukti berguna untuk mengkarakterisasi tingkat ketidakteraturan permukaan jaringan dari suatu citra (Lopes dan Betrouni, 2009). Aplikasi metode fraktal dalam dunia medis telah dilakukan diantaranya untuk identifikasi nilai fraktal otak (Gardiner dkk, 2010) dan untuk identifikasi nilai fraktal kanker (Baish dan Jain, 2000). Salah satu metode analisis fraktal yang dapat digunakan untuk membantu proses analisis ialah Transformasi Fourier.

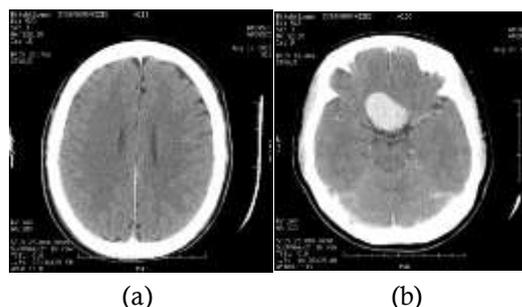
Transformasi Fourier merupakan alat matematik yang digunakan untuk pengolahan sinyal, meliputi analisis sinyal, pengolahan sinyal, serta menguraikan sinyal (domain waktu) menjadi komponen sinusoida (domain frekuensi). Dalam pengolahan citra, fungsi yang ditransformasi ialah fungsi diskrit dan hasil transformasinya juga merupakan fungsi diskrit (Astuti, 2010). Metode fraktal berbasis transformasi Fourier telah diaplikasikan untuk mengidentifikasi citra *rontgen* tulang tangan manusia (Nurhasanah dkk, 2015) dan untuk mengidentifikasi tumor pada citra Mammogram manusia (Nurhasanah dkk, 2015).

Metode analisis fraktal berbasis transformasi Fourier cukup mudah, dan efektif dalam mengkarakterisasi citra (Nurhasanah dkk, 2015). Parameter yang dicari ialah dimensi fraktal dan *intercept* citra. Parameter ini bertujuan untuk menentukan tingkat kompleksitas dan tingkat densitas dari suatu citra. Dimensi fraktal tersebut mengacu kepada nilai kompleksitas (ketidakteraturan) dari struktur jaringan citra (Kinser, 1994). Nilai *intercept* mengacu kepada nilai kerapatan (densitas) citra antara satu titik dengan titik lain yang terdistribusi dalam citra yang ditinjau (Riandini, 2010). Citra *CT scan* otak menggunakan metode fraktal berbasis transformasi Fourier menjadi fokus yang dianalisis.

METODE

Data Citra

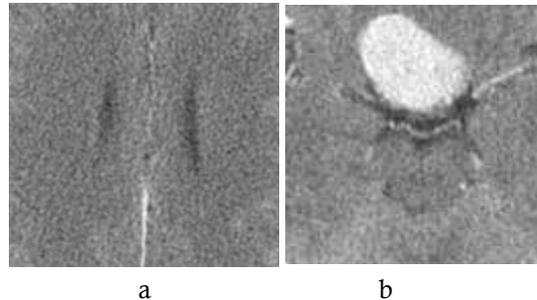
Data yang digunakan berupa citra *CT scan* otak berukuran 512 x 512 piksel dalam format '.jpeg.'. Citra tersebut terdiri dari 10 citra otak normal dan 10 citra otak abnormal (tumor). Sampel citra dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Citra *CT scan* otak normal dan (b) Citra *CT scan* otak abnormal (tumor)

Cropping

Proses *cropping* bertujuan mengambil bagian citra yang diinginkan untuk dianalisis. Proses ini menggunakan perangkat *Image-J*. Citra tersebut di-*cropping* hingga semua berukuran 206 x 203 piksel. Citra hasil *cropping* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Hasil *cropping* citra CT scan otak normal dan (b) Hasil *cropping* citra CT scan otak abnormal (tumor)

Analisis

Citra merupakan gambar pada bidang dua dimensi yang memiliki matriks dengan elemen-elemen yang menyatakan tingkat keabuan sebuah gambar, sehingga informasinya bersifat diskrit (Russ, 2007). Tahapan analisis citra menggunakan analisis fraktal berbasis transformasi Fourier. Fungsi pada proses pengolahan citra yang akan ditransformasi harus fungsi diskrit. Transformasi Fourier diskrit atau *Discrete Fourier Transform* (DFT) dikenakan pada fungsi diskrit dan hasil transformasinya juga merupakan fungsi diskrit (Astuti, 2010).

Citra digital merupakan besaran diskrit dua dimensi. Oleh karena itu, untuk menganalisis citra digital hanya dibutuhkan transformasi Fourier dua dimensi. Dalam dua dimensi, DFT mempunyai data masukan berupa matriks dan akan menghasilkan matriks data keluaran dengan ukuran yang sama. Jika input $f(x, y)$ maka akan menghasilkan output $F(u, v)$.

Fungsi diskrit dari domain spasial didefinisikan pada Persamaan 1, (Astuti, 2010).

$$f(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \cdot \exp \left[2\pi j \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right) \right] \tag{1}$$

Citra dengan nilai intensitas secara spasial ditransformasikan ke dalam wilayah frekuensi. Tujuan transformasi ini untuk memperoleh nilai intensitas citra ke dalam domain frekuensi. $F(u, v)$ adalah hasil transformasi Fourier dari $f(x, y)$. Proses transformasi dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2, (Astuti, 2010);

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot \exp \left[-2\pi j \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right) \right] \tag{2}$$

dengan : $u= 1,2,3.....M-1$; $x=1,2,3.....M-1$; $v= 1,2,3.....N-1$; $y=1,2,3.....N-1$

Sehingga akan terbentuk data berupa nilai bilangan kompleks seperti berikut ini:

$$0,0042 + 0.0004 i$$

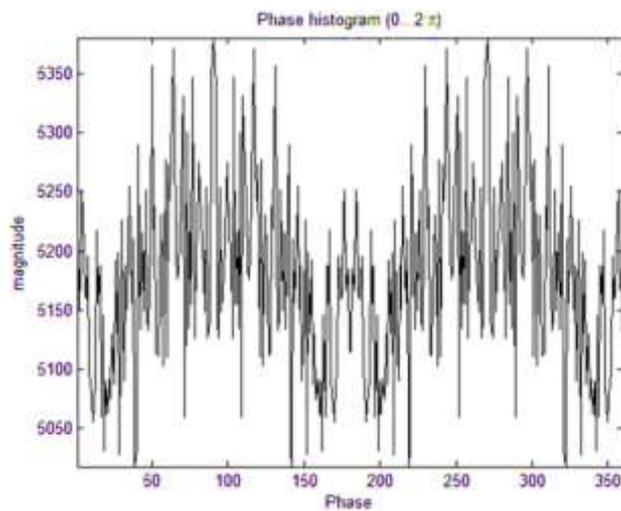
Selanjutnya penentuan sudut dari masing-masing nilai intensitas frekuensi berdasarkan nilai bilangan kompleksnya. Perhitungan menggunakan Persamaan 3, (Astuti, 2010).

$$\Phi(u, v) = \tan^{-1} \left[\frac{I(u,v)}{R(u,v)} \right] \tag{3}$$

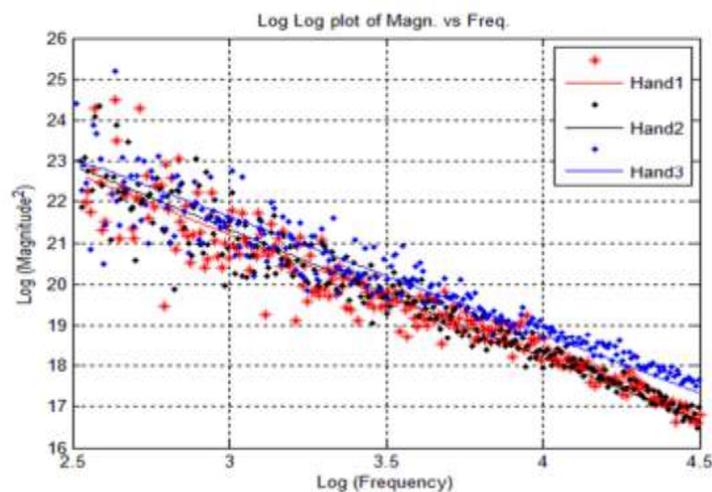
Penentuan nilai *magnitude* dari masing-masing intensitas frekuensinya. Perhitungan menggunakan persamaan 4. Setelah diperoleh nilai *magnitude*, maka akan dihitung *log magnitude* kuadratnya, (Astuti, 2010).

$$\text{Magnitude} = \log [F(u, v) \times F^*(u, v)] \tag{4}$$

Histogram fasa citra akan terbentuk dengan nilai *magnitude* berdasarkan arah fasenya. Jika gambaran hasil histogram fasa citra berbentuk random dan seragam, maka citra tersebut berkelakuan sebagai fraktal dan sebaliknya. Contoh histogram fasa dapat dilihat pada Gambar 3. Citra berkelakuan sebagai fraktal maka kurva *log magnitude*² terhadap log (frekuensi) harus berbentuk linear. Kurva linear diperlukan untuk menentukan nilai *slope* (α). Contoh kurva linear citra dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Plot fasa histogram dari citra *Rontgen* tulang tangan manusia (Nurhasanah, 2015)



Gambar 4. Kurva *log magnitude*² terhadap log frekuensi dari 3 citra tulang tangan (Nurhasanah, 2015)

Penentuan nilai *slope* (α) dan *intercept* dilakukan berdasarkan kurva linearnya. Nilai *slope* (α) ditentukan melalui persamaan garis $y = mx + c$ sedangkan *intercept* berdasarkan titik potong sumbu y . Dimensi fraktal dihitung berdasarkan nilai *slope* (α) menggunakan Persamaan 5, (Russ, 1994);

$$D = \frac{6+\alpha}{2} \tag{5}$$

dengan:

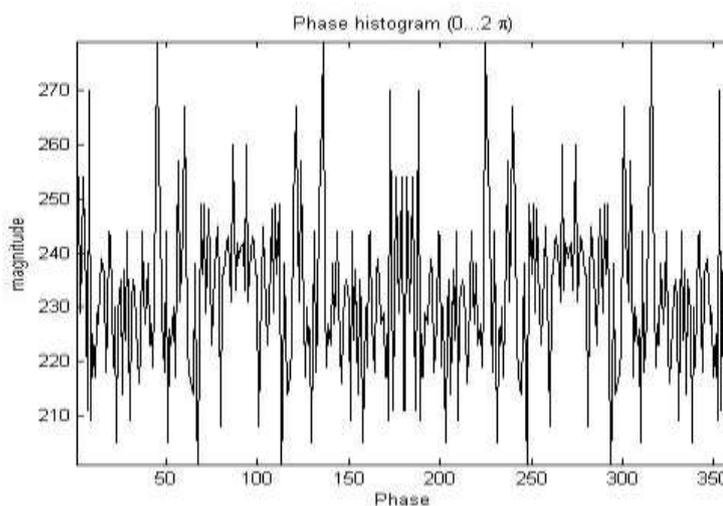
D = Dimensi Fraktal Permukaan

α = Nilai kemiringan (*Slope*).

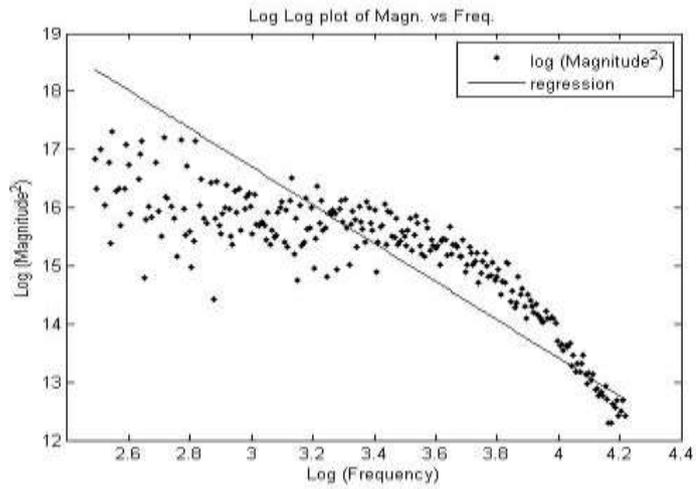
HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode analisis fraktal berbasis Transformasi Fourier digunakan untuk menentukan nilai dimensi dan *intercept* citra. Pada metode ini, intensitas citra dalam domain spasial ditransformasikan ke dalam domain frekuensi. Transformasi ini memperoleh *Power Spectra Density* (PSD) yang selanjutnya terbentuk histogram fasa citra dari data spasial tersebut. Secara umum, hasil histogram fasa citra otak normal dan citra abnormal (tumor) otak dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 memperlihatkan *plot* histogram fasa dari citra CT *Scan* otak yang ditinjau berbentuk random dan seragam. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi nilai intensitas frekuensinya tidak berkumpul pada satu titik saja sehingga dapat diketahui seluruh sampel yang ditinjau berkelakuan sebagai fraktal. Berdasarkan histogram fasa, diperoleh hasil plot log ($magnitude^2$) terhadap log (frekuensi) beserta kurva linear yang mewakili distribusi data tersebut. Secara umum, hasil plot log ($magnitude^2$) terhadap log (frekuensi) dari citra tersebut dilihat pada Gambar 6 yang merupakan kurva berbentuk kurva linear. Berdasarkan kurva linear tersebut, diperoleh nilai *slope* dan *intercept* dari masing-masing arah sudut fase setiap citra.



Gambar 5. Gambar Histogram fasa citra



Gambar 6. Gambar kurva log (*magnitude*²) terhadap log frekuensi

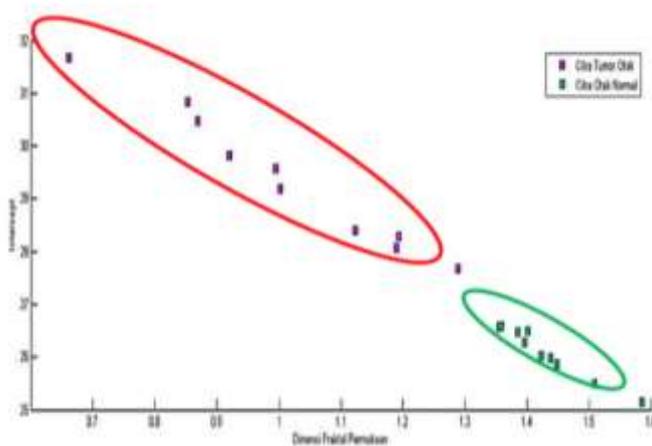
Nilai dimensi fraktal dan nilai *intercept* citra dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 memperlihatkan bahwa citra otak normal memiliki nilai dimensi fraktal rata-rata sebesar 1,42982, nilai tertinggi yaitu sebesar 1,5851, dan nilai terendah yaitu 1,355. Sedangkan citra tumor otak memiliki nilai dimensi fraktal rata-rata sebesar 1,009455, nilai tertinggi yaitu sebesar 1,2888, dan nilai terendah yaitu 0,66106. Nilai dimensi fraktal permukaan pada citra otak normal lebih besar dibandingkan dengan nilai dimensi fraktal permukaan pada citra tumor otak. Peningkatan nilai dimensi fraktal permukaan menunjukkan bahwa citra otak normal memiliki ketidakteraturan (kompleksitas) struktur jaringan semakin meningkat (Russ, 1994). Ketidakteraturan ini mengindikasikan bahwa jaringan bersifat heterogen dan tidak membentuk jaringan yang homogen (Vazquez, 2007). Seluruh citra otak normal yang ditinjau memiliki tingkat ketidakteraturan (kompleksitas) struktur jaringan yang besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa citra otak normal bersifat heterogen.

Tabel 1. Hasil analisis nilai dimensi fraktal permukaan dan nilai *intercept*

No	Dimensi Fraktal		<i>Intercept</i>	
	Normal	Tumor	Normal	Tumor
1	1,355	0,66106	26,5707	31,6697
2	1,3583	0,85321	26,5873	30,8314
3	1,3847	0,86912	26,463	30,4624
4	1,396	0,92003	26,2805	29,8349
5	1,4008	0,99493	26,4933	29,5734
6	1,4226	1,0021	26,0216	29,1883
7	1,4382	1,1228	25,9937	28,4036
8	1,4486	1,1895	25,8655	28,0663
9	1,5089	1,193	25,4912	28,2876
10	1,5851	1,2888	25,1434	27,6737
	$\bar{D} = 1,42982$	$\bar{D} = 1,009455$	$\bar{I} = 26,09102$	$\bar{I} = 29,39913$

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa citra otak normal memiliki nilai *intercept* rata-rata sebesar 26,09102, nilai tertinggi sebesar 26,5707, dan nilai terendah yaitu 25,1434. Sedangkan citra tumor otak memiliki nilai *intercept* rata-rata sebesar 29,39913, nilai tertinggi yaitu sebesar 31,6697, dan nilai terendah yaitu 27,6737. Nilai *intercept* mewakili nilai kerapatan (densitas) citra antara satu titik dengan titik yang lain yang terdistribusi. Nilai *intercept* pada citra tumor otak lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *intercept* pada citra otak normal. Peningkatan nilai *intercept* menunjukkan bahwa kerapatan (densitas) citra semakin besar (Russ, 1994). Seluruh citra tumor otak yang ditinjau memiliki tingkat kerapatan (densitas) yang tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya jaringan homogen berupa tumor otak. Jaringan padat yang bersifat homogen tersebut ditandai oleh keberadaan tumor.

Untuk melihat wilayah antara citra otak normal dan wilayah tumor otak, maka dibuat grafik nilai dimensi fraktal permukaan terhadap nilai *intercept* citra sebagaimana ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Nilai *intercept* terhadap dimensi fraktal permukaan.

SIMPULAN

Transformasi Fourier dapat digunakan untuk menganalisis citra CT *scan* otak normal dan abnormal (tumor). Citra CT *scan* otak normal memiliki dimensi fraktal antara 1,355 hingga 1,5851, dan citra CT *scan* otak abnormal (tumor) memiliki dimensi fraktal antara 0,66106 hingga 1,2888. Citra CT *scan* otak normal memiliki *intercept* antara 25,1434 hingga 26,5707, dan citra CT *scan* otak abnormal (tumor) memiliki *intercept* antara 27,6737 hingga 31,6697. Citra CT *scan* otak normal bersifat heterogen dan citra CT *scan* otak abnormal (tumor) memiliki nilai densitas yang lebih tinggi.

REFERENSI

- Putra DK, Santoso I, Zahra AA. (2009). Identifikasi Keberadaan Kanker pada Citra Mammografi Menggunakan Metode Wavelet HAAR. *Teknik Elektro*. II(2).
- Nurhayati OD. (2009) Penerapan Metode Segmentasi pada Analisis Citra Digital Head CT-Scan. *Tecno*. VIII(1).
- Jain AK. (1995). *Fundamental of Digital Image Processing*. New Delhi: Prentice-Hall of India.
- Lopes R, Betrouni N. (2010). Fractal and Multifractal. *A review medical image analysis*. p. 634-649.
- Gardiner J. R. Overall, Marc.J. (2010). The Fractal Nature of the Brain : EEG Data Suggests that the Brain Functions as a "Quantum Computer" in 5-8 Dimensions. *Neuro Quantology*. VIII(2): p. 137-141.
- Baish J. W., dan Jain R. K. (2010). Fractal and Cancer. *Cancer Research* 60. p. 3683-3688.

- Astuti EZ. (2010). Transformasi Fourier untuk Peningkatan Citra. *Tecno*. IX(1).
- Nurhasanah, Sampurno J. (2015). Penentuan Densitas Citra X-Ray Tulang Tangan dengan Metode Fraktal Berbasis Analisis Fourier. *In Prosiding Semirata bidang MIPA BKS-PTN Barat, Universitas Tanjungpura*; p. 311-318.
- Nurhasanah , Sampurno J, Faryuni ID, Ivansyah O. Automated Analysis of Image Mammogram for Breast. *International Conference On Theoretical and Applied Physics*. 2014 Oktober.
- Kinser W. (1994). Fractal Dimension Morphology Entropy Spectrum and Variance Classes: Departement of Electrical Engginering Universitas of Monitoba.
- Riandini M. (2010) Penentuan Kanker payudara dengan metode canny dan global feature diameter. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Industri.
- Russ J. (2007). *Image Processing Handbook the Fifth Edition New York*: Taylor and Francis Group.
- Russ J. (1994). *Fractal surface new york*: plenium publishing corporation.
- Vazquez EV, Miranda JGV, Gonzalez AP. (2007). Describing soil surface microrelief by crossover lenght and fractal dimension. *Nonlin. Processes Geophys.* XIV(223-35).