

# Klasifikasi *Nonsupervised* Citra *Thermal* Kanker Payudara Berbasis *Fuzzy C-MEANS*

Octa Herliana<sup>1</sup>, Thomas Sri Widodo<sup>2</sup>, Indah Soesanti<sup>3</sup>

**Abstract**—Breast cancer was a disease with the condition of the breast tissue became abnormal due to the development of cancer cells in the breast area. One method of breast cancer nondestructive detection was through shooting the indicated breast cancer by using an infrared camera.

The emission variations of infrared radiation on the image captured showed the level of cancer. The results of infrared camera imaging was called as thermograph image processed in computing for the classification of cancer in breast areas according to the characteristics of each image. The image feature extraction was obtained through the calculation of the fractal dimension of the image by using the box counting algorithm. Image classification process was done by using the Fuzzy C Means algorithm to determine the level of the breast cancer size based on the T component of the TNM system, namely T0, T1, T2 and T3 to the 22 image data to obtain the value of the parameter cluster centers in Fuzzy C Means.

The results of test showed that the feature extraction of breast thermography image using box counting fractal method gave the different value between normal breast and inflammatory cancer breast tissues. Normal breast tissue (T0) has fractal dimension mean less than T1, there was about 1.161525 with deviation standard value was about 0.593625. Breast with tumor T1 has fractal dimension mean less than T2, there was about 1.45455 with deviation standard value was about 0.4645. Breast with tumor T2 had fractal dimension mean less than T3, there was about 1.6596 with deviation standard value was about 0.2925, and breast with tumor T3 has fractal dimension mean about 1.81294 with deviation standard value was about 0.20199. The classification using Fuzzy C Means in 32x32 pixel box counting testing showed different result with 64x64 pixel box counting testing, there are 27% differences for cluster = 3, and 45% differences for cluster = 4.

**Intisari**—Kanker payudara adalah penyakit dengan kondisi sifat jaringan pada payudara tersebut menjadi abnormal yang disebabkan oleh perkembangan sel-sel kanker di daerah payudara. Salah satu metoda pendeteksian nondestruktif yang dilakukan adalah melalui pemotretan bagian payudara yang diindikasikan mengidap kanker dengan menggunakan kamera infra merah.

Variasi pancaran radiasi infra merah pada citra hasil pemotretan menunjukkan tingkat/level kanker. Hasil pencitraan kamera infra merah yang disebut sebagai citra termografi diproses secara komputasi untuk proses pengklasifikasian kanker di daerah payudara berdasarkan ciri masing-masing citra. Ekstraksi ciri citra didapat melalui penghitungan dimensi fraktal

citra dengan algoritma *box counting*. Proses klasifikasi citra dilakukan untuk menentukan tingkat ukuran kanker payudara berdasarkan komponen T pada sistem TNM, yaitu T0, T1, T2 dan T3 dengan menggunakan algoritma *Fuzzy C Means* terhadap 22 data citra untuk mendapatkan nilai parameter *cluster center* pada *Fuzzy C Means*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ekstraksi ciri citra termal payudara dengan metode fraktal *box counting* dapat menunjukkan nilai perbedaan yang jelas antara jaringan payudara normal, dengan payudara yang terjangkit kanker. Jaringan payudara normal (T0) memiliki nilai rerata dimensi fraktal lebih kecil daripada T1 yaitu di sekitar 1.161525 dengan nilai standar deviasi sekitar 0.593625. Payudara dengan tumor T1 memiliki nilai rerata dimensi fraktal lebih kecil daripada T2 yaitu sekitar 1.45455 dengan nilai standar deviasi sekitar 0.4645, jaringan payudara dengan tumor T2 memiliki nilai rerata dimensi fraktal lebih kecil daripada T3 yaitu sekitar 1.6596 dengan nilai standar deviasi sekitar 0.2925, jaringan payudara dengan tumor T3 memiliki nilai rerata dimensi fraktal sekitar 1.81294 dengan nilai standar deviasi sekitar 0.20199. Klasifikasi dengan *Fuzzy C Means* pada pengujian dengan *box counting* (ukuran *box* 32x32 piksel) memperlihatkan perbedaan dengan hasil pengujian *box counting* (ukuran *box* 64x64 piksel) sebesar 27% pada jumlah *cluster* = 3, dan sebesar 45% pada jumlah *cluster* = 4.

**Kata Kunci**— citra, termografi, klasifikasi, *Fuzzy C Means*

## I. PENDAHULUAN

Citra merupakan media informasi yang tersusun atas kombinasi warna. Suatu informasi citra dapat dianalisis dengan cara pengelompokan berdasarkan persamaan pada bentuk dimensi citra maupun warna. Citra yang mengandung banyak unsur warna dapat dikelompokkan ke dalam beberapa warna dasar tertentu. Bagian warna-warna pada citra yang memiliki kemiripan terhadap warna dasar yang ditentukan, dapat diarahkan untuk menjadi bagian pada kelompok warna dasar tersebut.

Suatu cara pengelompokan data (*clustering*) yang sudah lama berkembang hingga saat ini adalah dengan menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means*. Algoritma *Fuzzy C-Means* dikembangkan untuk membuat klasifikasi suatu kelompok objek berdasarkan persamaan ciri atau suatu ukuran [1]. Metode pengelompokan data untuk segmentasi citra berwarna dengan cara pengklasifikasian berdasarkan komponen warna dapat memberikan hasil segmentasi yang baik. Algoritma *clustering Fuzzy C-Means* yang digunakan untuk proses segmentasi citra membutuhkan komputasi yang kompleks, dengan faktor yang sangat penting dalam proses *clustering* data adalah mengetahui nilai inisial *cluster center* [2]. Proses segmentasi citra pada umumnya berfungsi memisahkan suatu kelompok data citra dari bagian yang menjadi latar belakangnya. Segmentasi citra berfungsi untuk memisahkan

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA (e-mail: octaherliana@gmail.com)

<sup>2,3</sup> Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA (e-mail: indah@mti.ugm.ac.id)

antara obyek yang satu dengan obyek yang lain pada citra, berdasarkan batas awal tertentu [3].

Pengolahan citra telah banyak digunakan sebagai alat bantu dalam bidang kedokteran, salah satunya adalah untuk mendiagnosis suatu penyakit ataupun gangguan dalam tubuh manusia. Kualitas dan detail citra medis seperti citra hasil *rontgen*, *mamografi*, *Medical Resonance Image (MRI)* atau *ultrasonografi (USG)* dapat memperlihatkan struktur anatomi tubuh sehingga kelainan anatomi dapat diketahui. Namun demikian ada beberapa faktor yang mempengaruhi mutu citra medis yakni; sensitifitas kontras, keaburan, kejernihan tampak, bercak dan detail bagian [4]. Kanker payudara merupakan penyakit yang sangat berbahaya, yang sebagian besar menyerang kalangan perempuan. Salah satu upaya untuk mengetahui keberadaan penyakit tersebut yaitu dengan proses pengolahan citra dari hasil pemotretan kamera infra merah pada area payudara, sehingga didapat citra *thermal* payudara.

Penentuan stadium yang banyak dianut pada saat ini adalah stadium kanker berdasarkan klasifikasi sistem TNM, yakni penentuan stadium kanker melalui penilaian tiga kriteria, dengan T (*Tumor*) adalah ukuran tumor dan lokasinya, N (*Node*) adalah keberadaan kelenjar getah bening di sekitar tumor, dan M (*Metastasis*) adalah kemungkinan tumor telah menjalar ke organ lain [5]. Penelitian ini didasarkan pada pengkajian komponen T, yaitu klasifikasi ukuran tumor menjadi kelas T0 yang artinya tidak ditemukan tumor primer, T1 yang berarti ukuran tumor memiliki diameter 2 cm atau kurang, kemudian T2 yang berarti ukuran tumor berdiameter antara 2 hingga 5 cm, dan T3 yang artinya ukuran tumor berdiameter lebih dari 5 cm. Proses penelitian ini mengaplikasikan metode segmentasi citra untuk pengklasifikasian citra *thermal* kanker payudara berbasis algoritma *Fuzzy C-Means*.

## II. PENGOLAHAN CITRA

Citra digital merupakan fungsi dua buah variabel dari intensitas cahaya  $f(x,y)$ , dimana harga  $x$  dan  $y$  merupakan koordinat spasial dan harga fungsi tersebut pada setiap titik  $(x,y)$  merupakan tingkat intensitas citra pada titik koordinat tersebut [6]. Proses pengolahan citra pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yang masing-masing prosesnya saling terkait. Secara garis besar, tahapan pengolahan citra pada penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian. Adapun langkah-langkah proses pengolahan citra dijelaskan sebagai berikut:

### 1) Tahap pengolahan awal citra

Pengolahan awal citra terdiri dari proses konversi citra dari format asal citra RGB ke dalam format *grayscale* (skala keabuan), proses pemotongan citra (*cropping*) dengan skala ukuran yang ditentukan, dan proses konversi citra ke dalam format biner (hitam putih) dengan penentuan *thresholding* pada interval tertentu.

### 2) Ekstraksi ciri citra dengan metoda *box counting*

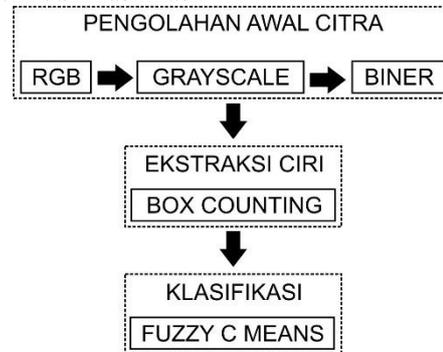
Proses ekstraksi ciri citra dilakukan untuk mendapatkan vektor ciri masing-masing citra. Hasil ekstraksi ciri ini sebagai data yang akan digunakan kemudian untuk proses klasifikasi citra menjadi beberapa kelompok atau kelas yang ditentukan. Metoda yang digunakan untuk ekstraksi ciri citra adalah

metoda perhitungan dimensi fraktal dengan algoritma *box counting*.

### 3) Klasifikasi dengan *Fuzzy C Means*

Sejumlah vektor ciri yang didapatkan dari proses ekstraksi ciri citra dikelompokkan ke dalam tiga kelompok melalui proses klasifikasi dengan algoritma *Fuzzy C Means*.

Gbr. 1 di bawah ini menggambarkan diagram blok sistem, dengan tiga bagian utama yaitu; pengolahan awal citra, ekstraksi ciri dan klasifikasi.



Gbr.1 Diagram blok sistem

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra berformat jpg dengan ukuran 256x192 piksel. Sebanyak 22 data citra digunakan untuk data awal dalam perhitungan algoritma *clustering Fuzzy C-Means*, yang berperan untuk membentuk sejumlah *cluster* awal. *Cluster* awal tersebut dibentuk berdasarkan nilai pusat *cluster* dari masing-masing *cluster* data citra. Nilai pusat *cluster* ini adalah nilai referensi untuk menentukan data citra input termasuk ke dalam kelompok *cluster* yang mana. Data citra input ini dimasukkan ke dalam proses perhitungan algoritma *Fuzzy C-Means* untuk bisa dikelompokkan berdasarkan pusat *cluster* yang tersedia.

## III. PENGOLAHAN CITRA AWAL

Pengolahan citra awal pada penelitian ini adalah tahap pengkondisian awal sebelum citra diolah agar lebih memudahkan untuk proses pengolahan selanjutnya. Pengolahan citra awal ini terdiri dari beberapa langkah diantaranya adalah:

### A. Konversi Citra RGB ke Grayscale

Data citra berwarna secara umum lebih banyak ditemui dengan komposisi warna tiga dimensi, yang dikenal dengan format RGB (*Red Green Blue*). Demikian pula pada penelitian ini, data citra yang digunakan berformat RGB. Pengolahan citra awal pada sistem ini memerlukan konversi data citra menjadi format *grayscale*. Tujuannya adalah untuk mengkondisikan format citra agar sesuai dengan proses selanjutnya, yaitu proses segmentasi dengan metode *thresholding*. Adapun cuplikan program konversi dari format citra RGB ke *grayscale* adalah:

```

r=gambar1(:,1);
g=gambar1(:,2);
b=gambar1(:,3);
gray=uint8(0.3*r+0.5*g+0.2*b);
  
```

Citra *grayscale* didapat melalui pembobotan tiap komponen RGB berdasarkan persamaan (2.4). Langkah awal konversi ini adalah dengan cara menguraikan komponen RGB dari citra,

dan untuk memudahkan langkah pemrograman, hasil dari penguraian diberi label r,g dan b. “r” merupakan label yang didefinisikan sebagai komponen R dari citra input, kemudian “g” dan “b” merupakan label untuk komponen G dan B. Hasil perhitungan konversi merupakan matriks data citra dengan format 1 dimensi.

### B. Pemotongan (cropping) Citra

Tahapan berikutnya adalah pemotongan citra untuk menandai ROI (*Region of Interest*) sebagai data yang akan diteliti. Data citra yang diteliti diseragamkan dengan ukuran kebutuhan pada sistem ini, yaitu citra berukuran 64 piksel x 64 piksel, dan bisa disesuaikan berdasarkan kebutuhan. Cuplikan program proses ini adalah:

```
h = imrect(gca, [1 1 63 63]);
...
setPositionConstraintFcn(h,fcn);
position=wait(h);
crop=imcrop(gray,position);
```

Ukuran ROI ditandai dengan bidang “h”. Posisi penempatan bidang “h” pada citra ditentukan oleh pengguna dengan mengarahkan *pointer* pada daerah yang diinginkan. Hasil *cropping* merupakan citra *grayscale* yang luas daerahnya sudah dipersempit dari daerah asalnya.

### C. Thresholding Citra

Proses segmentasi citra pada penelitian ini terletak pada proses binerisasi citra hasil *cropping*. Proses binerisasi citra hasil *cropping* pada dasarnya yaitu proses perubahan citra *grayscale* yang sudah di-*crop* menjadi citra biner. Citra biner yang dihasilkan adalah citra hitam putih dengan nilai *threshold* tertentu berdasarkan pengaturan yang dikehendaki. Nilai *threshold* pada penelitian ini dibuat berubah-ubah dalam kisaran nilai minimum dan maksimum dari nilai-nilai piksel citra *grayscale*. Perubahan nilai *threshold* dari nilai minimum dan maksimum citra *grayscale* berselang sejauh 5 langkah. Hal ini dilakukan untuk meringankan komputasi saat proses konversi berlangsung. Cuplikan program berikut ini menunjukkan proses binerisasi dari citra *grayscale* hasil *cropping*.

```
[m,n]=size(crop);
min_tresh=min(min(crop));
max_tresh=max(max(crop));
tresh=(min_tresh:5:max_tresh);
for t=1:length(tresh),
    for i=1:m,
        for j=1:n,
            if crop(i,j)>=tresh(t),
                data_bin(i,j,t)=1;
            else
                data_bin(i,j,t)=0;
            end
        end
    end
    data_bin(:, :, t);
end
```

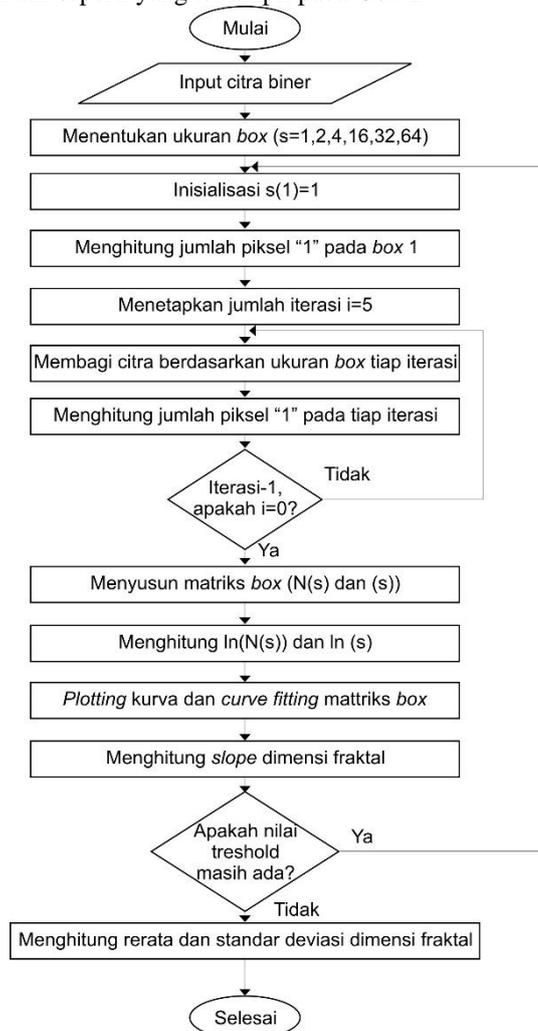
Cara kerja program adalah dengan membandingkan tiap nilai piksel terhadap nilai *threshold*. Apabila nilai piksel tersebut lebih besar atau sama dengan nilai *threshold*, maka

nilai piksel pada koordinat tersebut diubah menjadi “1”. Sebaliknya, apabila nilai piksel pada koordinat tersebut kurang dari nilai *threshold*, maka nilai piksel diubah menjadi “0”. Perbandingan tersebut dilakukan sampai semua piksel pada citra terpenuhi. Susunan data citra yang hanya terdiri dari nilai “0” dan “1” itulah yang disebut sebagai citra biner.

## IV. EKSTRAKSI CIRI CITRA DENGAN BOX COUNTING

Langkah selanjutnya setelah proses pengolahan citra awal adalah pemrosesan citra untuk memperoleh data ciri citra. Proses ini disebut proses ekstraksi ciri citra. Data ciri citra merupakan data yang akan diolah untuk proses perhitungan dalam algoritma *Fuzzy C-Means*.

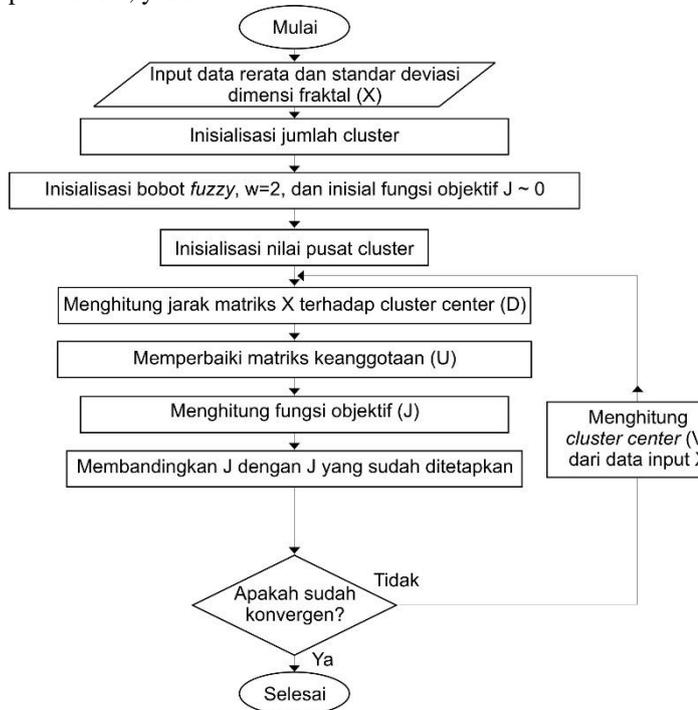
Data ekstraksi ciri dari citra diperoleh melalui perhitungan dimensi fraktal. Pada penelitian ini, dimensi fraktal diperoleh melalui perhitungan algoritma *box counting*. Matriks hasil perhitungan *box counting* merupakan matriks dengan ukuran 2 kolom, dengan kolom pertama menunjukkan ukuran *box* dan kolom kedua menunjukkan jumlah hasil penghitungan *box* yang menutupi objek. Dimensi fraktal diketahui dari hasil *plotting* kurva matriks *box counting*, yaitu nilai *slope* dari persamaan garis lurus hasil *curve fitting*. Langkah-langkah algoritma *box counting* dapat diperlihatkan berdasarkan diagram alir seperti yang tertampil pada Gbr. 2.



Gbr. 2 Diagram alir algoritma *box counting*

## V. KLASIFIKASI DENGAN FUZZY C MEANS

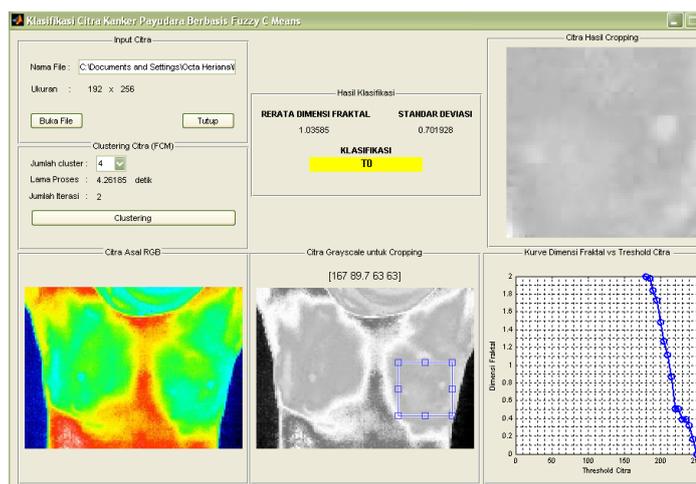
Proses klasifikasi pada penelitian ini menggunakan algoritma Fuzzy C-Means. Data input yang diperlukan pada perhitungan dengan algoritma ini adalah data dengan format matriks dua kolom. Kolom pertama adalah data rerata dimensi fraktal dan kolom kedua adalah data standar deviasi dimensi fraktal yang sudah didapat dari perhitungan sebelumnya. Adapun diagram alir dari algoritma Fuzzy C-Means dijelaskan pada Gbr 3, yaitu:



Gbr. 3 Diagram blok algoritma *Fuzzy C-Means*

## VI. HASIL DAN ANALISA

Software aplikasi yang digunakan untuk pengujian 22 data citra adalah seperti tertampil pada Gbr. 4.



Gbr. 4 Software Aplikasi

Hasil dari pengujian dengan jumlah *cluster* sebanyak 3 diperlihatkan pada TABEL I, dan hasil pengujian dengan jumlah *cluster* sebanyak 4 diperlihatkan pada TABEL. II.

TABEL I  
HASIL PENGUJIAN *SOFTWARE* PADA DATA DENGAN JUMLAH *CLUSTER* 3

No. Citra	Rerata Dimensi Fraktal	Standar Deviasi	Klasifikasi
1	1.1623	0.6256	T0
2	1.3268	0.5647	T0
3	1.3610	0.5627	T0
4	1.6451	0.5147	T1 dan T2
5	1.7704	0.2545	T3
6	1.8256	0.2476	T3
7	1.8399	0.1697	T3
8	1.8367	0.2090	T3
9	1.7241	0.1876	T3
10	1.7266	0.2103	T3
11	1.3059	0.7239	T0
12	1.2658	0.6442	T0
13	1.0873	0.5490	T0
14	1.3633	0.5381	T0
15	1.6285	0.2840	T1 dan T2
16	1.5283	0.3125	T1 dan T2
17	1.6891	0.3074	T1 dan T2
18	1.4553	0.4289	T1 dan T2
19	1.7941	0.2227	T3
20	1.8172	0.1520	T3
21	1.8046	0.2099	T3
22	1.8557	0.1864	T3

TABEL II  
HASIL PENGUJIAN *SOFTWARE* PADA DATA DENGAN JUMLAH *CLUSTER* 4

No. Citra	Rerata Dimensi Fraktal	Standar Deviasi	Klasifikasi
1	1.2456	0.5204	T0
2	1.4679	0.4662	T1
3	1.4846	0.5342	T1
4	1.5461	0,6064	T1
5	1.7647	0.2594	T3
6	1.8533	0.2359	T3
7	1.8407	0.1713	T3
8	1.8555	0.1823	T3
9	1.7484	0.1945	T3
10	1.7294	0.2126	T3
11	1.0503	0.6039	T0
12	1.2195	0.7154	T0
13	1.1307	0.5348	T0
14	1.1990	0.6452	T1
15	1.6404	0.2630	T2
16	1.5241	0.3013	T1
17	1.6788	0.3220	T2
18	1.5056	0.3756	T1
19	1.7871	0.2313	T3
20	1.8915	0.1431	T3
21	1.8139	0.2045	T3
22	1.8449	0.1850	T3

Hasil pengklasifikasian dari pengujian dengan *box counting* (ukuran *box* 64x64 piksel) dibandingkan dengan pengujian menggunakan *box counting* (ukuran *box* 32x32 piksel). Hasil perbandingan ditampilkan pada TABEL III untuk jumlah *cluster* =3 dan data perbandingan pada TABEL IV untuk jumlah *cluster* sebanyak 4.

TABEL III  
PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN ANTARA UKURAN BOX 64X64  
PIKSEL DENGAN UKURAN BOX 32X32 PIKSEL, PADA JUMLAH  
*CLUSTER* = 3

No. Citra	Klasifikasi dengan ukuran box 64x64 piksel	Klasifikasi dengan ukuran box 32x32 piksel
1	T0	T0
2	T0	T0
3	T0	T0
4	T1 dan T2	T0
5	T3	T1 dan T2
6	T3	T1 dan T2
7	T3	T3
8	T3	T1 dan T2
9	T3	T3
10	T3	T3
11	T0	T0
12	T0	T0
13	T0	T0
14	T0	T0
15	T1 dan T2	T3
16	T1 dan T2	T1 dan T2
17	T1 dan T2	T1 dan T2
18	T1 dan T2	T0
19	T3	T3
20	T3	T3
21	T3	T3
22	T3	T3

TABEL IV  
PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN ANTARA UKURAN BOX 64X64  
PIKSEL DENGAN UKURAN BOX 32X32 PIKSEL, PADA JUMLAH  
*CLUSTER* = 4

No. Citra	Klasifikasi dengan ukuran box 64x64 piksel	Klasifikasi dengan ukuran box 32x32 piksel
1	T0	T0
2	T1	T0
3	T1	T0
4	T1	T0
5	T3	T2
6	T3	T2
7	T3	T3
8	T3	T2
9	T3	T3
10	T3	T2
11	T0	T0
12	T0	T0

13	T0	T1
14	T1	T0
15	T2	T2
16	T1	T1
17	T2	T1
18	T1	T1
19	T3	T3
20	T3	T3
21	T3	T3
22	T3	T3

Berdasarkan perbandingan antara hasil pengujian dengan *box counting* (ukuran *box* 64x64 piksel) dan dari pengujian dengan *box counting* (ukuran *box* 32x32 piksel), dan berdasarkan pengamatan keadaan nilai-nilai rerata dimensi fraktal dengan standar deviasi terhadap hasil klasifikasi, terlihat bahwa penggunaan *box counting* dengan ukuran *box* 64x64 piksel lebih konsisten dibandingkan dengan penggunaan *box counting* dengan ukuran *box* 32x32 piksel.

## VII. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pengujian dan pembahasan, maka hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Ekstraksi ciri citra termal payudara dengan metode fraktal *box counting* dapat menunjukkan nilai perbedaan yang jelas antara jaringan payudara normal, dengan payudara yang terjangkit kanker. Jaringan payudara normal (T0) memiliki nilai rerata dimensi fraktal lebih kecil daripada T1 yaitu di sekitar 1.161525 dengan nilai standar deviasi sekitar 0.593625. Payudara dengan tumor T1 memiliki nilai rerata dimensi fraktal lebih kecil daripada T2 yaitu sekitar 1.45455 dengan nilai standar deviasi sekitar 0.4645, jaringan payudara dengan tumor T2 memiliki nilai rerata dimensi fraktal lebih kecil daripada T3 yaitu sekitar 1.6596 dengan nilai standar deviasi sekitar 0.2925, jaringan payudara dengan tumor T3 memiliki nilai rerata dimensi fraktal sekitar 1.81294 dengan nilai standar deviasi sekitar 0.20199.
- Klasifikasi dengan *Fuzzy C Means* pada pengujian dengan *box counting* (ukuran *box* 32x32 piksel) memperlihatkan perbedaan dengan hasil pengujian *box counting* (ukuran *box* 64x64 piksel) sebesar 27% pada jumlah *cluster* = 3, dan sebesar 45% pada jumlah *cluster* = 4.

## REFERENSI

- Cheng X., Gong X., 2008, "An Image Segmentation of Fuzzy C-means Clustering Based on the Combination of Improved Ant Colony Algorithm and Genetic Algorithm," 2008 International Workshop on Education Technology and Training & 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing, IEEE.
- Kaiqi Z., Zhiping W., and Ming H., 2008, "An Improved FCM algorithm for Color Image Segmentation," The 3rd International Conference on Innovative Computing Information and Control (ICIC'08), IEEE.
- Gunadi K., Galatia B. C., Siswanto Y., 2007, "Aplikasi Segmentasi Citra dengan Menggunakan Metode Level Set," Jurnal Informatika vol. 8, no. 2, November 2007: 130 – 133.
- Indrati A., Madenda S., "Ekstraksi Fitur Bentuk Tumor Payudara," Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2009 (SNATI 2009) Yogyakarta, 2009.
- Singletary S. E., et al, 2003, "Staging system for breast cancer: revisions for the 6th edition of the AJCC Cancer Staging Manual", Surgical Clinics of North America 83, page 803-819