

SEGMENTASI CITRA *MAGNETIC RESONANCE IMAGING* (MRI) MENGGUNAKAN *FUZZY C-MEANS* (FCM)

Erva Ani Dwi Katwarti¹⁾

Jurusan Matematika, Universitas Negeri Surabaya
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
¹⁾ervaani44@yahoo.co.id

Abstrak

Pada dunia medis segmentasi citra merupakan hal yang penting, karena proses segmentasi yang dilakukan dalam sebuah citra harus sesuai dan tepat agar informasi yang ada di dalam citra dapat diterjemahkan dengan baik. Salah satu contoh aplikasi segmentasi citra di dunia medis adalah *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). Ada beberapa metode yang digunakan dalam segmentasi citra MRI diantaranya region growing, thresholding, clustering dan lainnya, namun yang sering digunakan adalah metode clustering. Metode *clustering* merupakan metode yang baik dalam melakukan segmentasi citra. Metode dalam segmentasi yang berbasis *clustering* salah satunya adalah *Fuzzy C-Means* (FCM). FCM merupakan pengembangan metode K-Means yang diimprovisasi dengan menerapkan derajat keanggotaan, dimana beberapa cluster dapat memiliki satu piksel citra yang sama. Dalam menentukan keanggotaan dari *cluster*, *clustering* ini adalah komputasi yang lebih tepat. Skripsi ini membahas tentang segmentasi citra MRI otak menggunakan FCM. Dataset yang digunakan dalam penelitian skripsi ini diambil dari Brainweb yang disediakan oleh McConnell Brain imaging Centre of the Montreal Neurological Institute, McGill University. Data tersebut disegmentasi menjadi tiga bagian, yaitu *Grey Matter* (GM), *White Matter* (WM), dan *Cerebrospinal Fluid* (CSF). Hasil segmentasi citra MRI otak menggunakan FCM memiliki nilai akurasi yang baik yaitu pada CSF sebesar 0,90, GM sebesar 0,91 dan WM sebesar 0,94.

Kata Kunci: *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), Segmentasi citra, Citra Otak, Fuzzy C-Means (FCM).

Abstract

In the medical world image segmentation is important, because the process segmentation is done in an image must be appropriate for the information contained in the image can be translated properly. One example of image segmentation application in the medical world is *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). There are several methods used in the image segmentation of MRI such as region growing, thresholding, clustering, and the others, but which is often used is the clustering method. Clustering method is a good method in doing image segmentation. Methods in segmentation based on clustering one of them is *Fuzzy C-Means* (FCM). FCM is an improved K-Means method by applying membership degree, where multiple clusters can have one image pixel in common. In determining the membership of the cluster, this clustering is a more appropriate computation. This thesis discusses about the segmentation of MRI brain images using FCM. The dataset used in this thesis in the study were taken from Brainweb provided by McConnell Brain Imaging Centre of the Montreal Neurological Institute, McGill University. The data is segmented into three parts, namely the Gray Matter (GM), White Matter (WM), and cerebrospinal fluid (CSF). The results of MRI brain image segmentation using FCM has good accuracy value that is on the CSF of 0.90, GM of 0.91 and WM of 0.94.

Keyword: *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), Image segmentation, brain image, Fuzzy C-Means (FCM).

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Segmentasi citra merupakan langkah penting dalam analisis pencitraan medis [4]. Dalam segmentasi citra medis, komponen citra yang berbeda digunakan untuk analisis struktur yang berbeda, jaringan, dan daerah patologis. Segmentasi manual adalah sebuah tugas rumit dan membutuhkan waktu yang lama, sehingga segmentasi

yang dibantu dengan komputer sangat signifikan untuk mencapai hasil yang efektif. Salah satu contoh aplikasi segmentasi citra di dunia medis adalah segmentasi citra *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) otak. MRI merupakan peralatan radiologi terbaik untuk melakukan diagnosa tumor otak yang rumit dan intensitasnya beragam [2]. Sebagian besar penelitian di segmentasi citra

medis menggunakan citra MRI, karena citra MRI memiliki kontras yang baik dibandingkan dengan yang lain seperti *computed tomography* (CT) atau sinar-X.

Lapisan otak manusia secara umum terbagi menjadi tiga bagian yaitu *White metter* (WM), *Gray Metter* (GM), dan *Cerebrospinal Fluid* (CSF). Metode segmentasi citra medis untuk citra MRI otak diantaranya metode *region growing*, *thresholding*, *clustering*, dan *region splitting and marging*. Namun, metode clustering merupakan metode yang sering digunakan. Metode *clustering* adalah suatu metode yang dapat mempartisi data pada suatu data set, yang akan dikelompokkan dalam segmentasi citra ini yaitu piksel-piksel citra. Pada Segmentasi citra yang berbasis *clustering* ini bisa diterapkan dalam citra *grayscale* maupun citrawarna.

Fuzzy C-Means (FCM) disini adalah algoritma *clustering* yang akan digunakan dalam penelitian ini. Karena algoritma FCM lebih efektif [3]. FCM memungkinkan piksel memiliki hubungan dengan beberapa *cluster* dengan berbagai derajat keanggotaan dan lebih memungkinkan dalam aplikasi nyata.

Algoritma FCM merupakan algoritma yang baik dalam melakukan proses *clustering* sehingga bisa digunakan untuk segmentasi citra MRI otak. MRI yang digunakan dalam skripsi ini menggunakan MRI otak karena ada *citra ground truthnya* sebagai pembanding untuk mencari akurasi yang diperoleh dari algoritma FCM.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Segmentasi Citra

Dalam analisis citra, segmentasi citra merupakan bagian yang penting. Segmentasi citra bertujuan memperoleh informasi yang terdapat dalam citra tersebut. Citra tersebut dibagi ke dalam daerah-daerah yang terpisah dimana pada setiap daerah adalah homogen dan sesuai dengan kriteria keseragaman. Proses segmentasi pada citra harus sesuai dan tepat agar informasi yang ada di dalam citra dapat diterjemahkan dengan baik. Berdasarkan sifatnya, pendekatan segmentasi citra terbagi menjadi dua kategori, yaitu *discontinuity* (mempartisi citra bila terdapat perubahan secara tiba-tiba) dan *similarity* (mempartisi citra menjadi daerah-daerah yang mempunyai kesamaan sifat tertentu).

2.2 Fuzzy C-Means (FCM)

Pertama kali algoritma Fuzzy C-Means (FCM) diperkenalkan pada tahun 1974 oleh Dunn, kemudian pada tahun 1981 algoritma tersebut dikembangkan oleh Bezdek dan selanjutnya direvisi oleh ilmuwan-ilmuwan selanjutnya. Namun algoritma yang sering digunakan adalah pengembangan dari Bezdek. FCM merupakan pengembangan dari algoritma sebelumnya yaitu algoritma

K-Means. Perbedaan antara *K-Means* dengan FCM adalah proses *clusteringnya*.

FCM merupakan beberapa derajat keanggotaan dalam semua titik data dan deretan pusat cluster. FCM bersifat sederhana serta dapat mengelompokkan data yang besar. Menentukan pusat cluster merupakan konsep dasar FCM. Setiap data mempunyai derajat keanggotaan pada setiap cluster. Pusat cluster akan menuju ke daerah atau lokasi yang tepat dengan memperbaiki nilai keanggotaan setiap data dan pusat *cluster* secara berulang.

Langkah-langkah algoritma *Fuzzy C-Means* [5] adalah seperti yang terlihat dibawah ini :

- 1) Input data matriks X yang berukuran $n \times m$. dengan :
 - n : jumlah data sample
 - m : atribut setiap data
 - X_{ij} : data sample ke- i ($i=1,2,\dots,n$), atribut ke- j ($j=1,2,\dots,m$)
- 2) Tentukan :
 - a. Banyaknya *cluster* : c
 - b. Pangkat : w
 - c. *Error* terkecil : ξ
 - d. Maksimum iterasi : $MaxIter$
 - e. Fungsi objektif awal : $P_0 = 0$
 - f. Iterasi awal : $t = 1$
- 3) Bangkitkan μ_{ik} bilangan random (nilai acak), $i = 1,2,\dots,c$, $k = 1,2,\dots,c$; sebagai elemen-elemen matriks partisi awal U.

Hitung semua kolom (atribut):

$$Q_j = \sum_{k=1}^c \mu_{ik}$$

dimana $j = 1,2,\dots,m$

Selanjutnya melakukan normalisasi pada μ_{ik} :

$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_j}$$

- 4) Hitung nilai pusat *cluster* ke- k : V_{kj} , dimana $k = 1,2,\dots,c$ dan $j = 1,2,\dots,m$.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{ik}^w X_{ij}}{\sum_{i=1}^n \mu_{ik}^w} \quad (2.1)$$

dimana :

V_{kj} = pusat *cluster* ke- k untuk atribut ke- j

μ_{ik} = derajat keanggotaan pada data sampel ke- i untuk *cluster* ke- k

X_{ij} = data ke- i , atribut ke- j

- 5) Hitung fungsi objektif (iterasi ke- t , P_t)

Dalam memperoleh kecenderungan data agar masuk ke cluster pada langkah akhir, maka dilakukan perulangan dalam prosesnya. Perulangan ini adalah fungsi dari objektif ini agar memperoleh pusat cluster yang tepat..

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) \quad (2.2)$$

dengan :

P_t = fungsi objektif pada iterasi ke-t

6) Hitung perubahan nilai matriks partisi:

$$\mu_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^m [(x_{ij} - v_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}} \quad (2.3)$$

dimana $i = 1, 2, \dots, n$, dan $k = 1, 2, \dots, c$

7) Mengecek kondisi berhenti :

Jika :

$(|P_t - P_{t-1}| < \epsilon)$ dimana nilai $\epsilon < 1$

atau

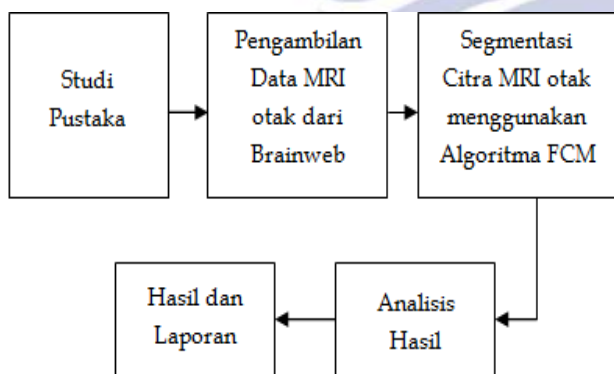
$(t > \text{maxIterasi})$ maka iterasi akan berhenti;

jika tidak : $t = t + 1$, dilakukan pengulangan langkah ke-4.

3. METODE

Dalam penelitian ini, skripsi yang dibahas termasuk ke dalam jenis penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif merupakan suatu metode penelitian yang lebih banyak menggunakan analisis dan bersifat deskriptif. Metode yang digunakan dalam segmentasi citra MRI otak adalah menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM). Dari Citra MRI otak ada tiga bagian yang tersegmentasi, yaitu *Cerebrospinal Fluid* (CSF), *White Matter* (WM), dan *Gray Matter* (GM).

Berdasarkan permasalahan yang akan ditangani oleh sistem ini merupakan alur analisis penelitian yang akan dilakukan, dimana dalam penelitian ini sistematika penelitian yang digunakan adalah seperti berikut:



Gambar 1. Sistem Penelitian Skripsi

Pada langkah studi pustaka ini merupakan langkah tahapan pendalaman materi tentang permasalahan yang akan diambil pada penelitian ini, guna untuk mendukung pelaksanaan penelitian serta memberikan wawasan tentang metode *Fuzzy C-Means* (FCM). Studi pustaka ini memiliki manfaat yaitu dapat memberikan pandangan yang menyeluruh mengenai perkembangan tentang penelitian yang berkaitan dengan penelitian yang selanjutnya.

Pengambilan data MRI diambil dari brainweb. Data uji yang digunakan sebuah citra MRI yang tersegmentasi menjadi tiga bagian yaitu *Cerebrospinal Fluid* (CSF), *White Matter* (WM), dan *Grey Matter* (GM).

Segmentasi citra MRI otak menggunakan algoritma Fuzzy C-Means (FCM). Tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada langkah ini bisa diuraikan secara detail sebagai di bawah ini:

a) Iniliasi awal FCM:

1. Jumlah Cluster ($c = 3$)
2. Pangkat ($w = 2$)
3. Maksimum Iterasi (maks_iter = 50)
4. Threshold = 0,00001
5. Fungsi Objektif awal ($P_0 = 0$)
6. Iterasi awal ($t = 1$)

b) Bangkitkan matriks partisi U_{ik} , dimana i = jumlah data; dan k = jumlah cluster (dibangkitkan secara random atau acak, dimana nilai interval antara 0 sampai dengan 1).

c) Sesudah diperoleh matriks partisi, maka langkah berikutnya yaitu hitung pusat cluster dengan menerapkan persamaan berikut:

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^N \mu_{ik}^w x_{ij}}{\sum_{i=1}^N \mu_{ik}^w}$$

d) Sesudah pusat-pusat cluster diperoleh, maka langkah berikutnya adalah perhitungan fungsi objektif (cost function) dengan menggunakan persamaan seperti berikut:

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right)$$

e) Langkah terakhir dari tahapan ini adalah memperbarui matriks partisi μ dengan menerapkan persamaan berikut:

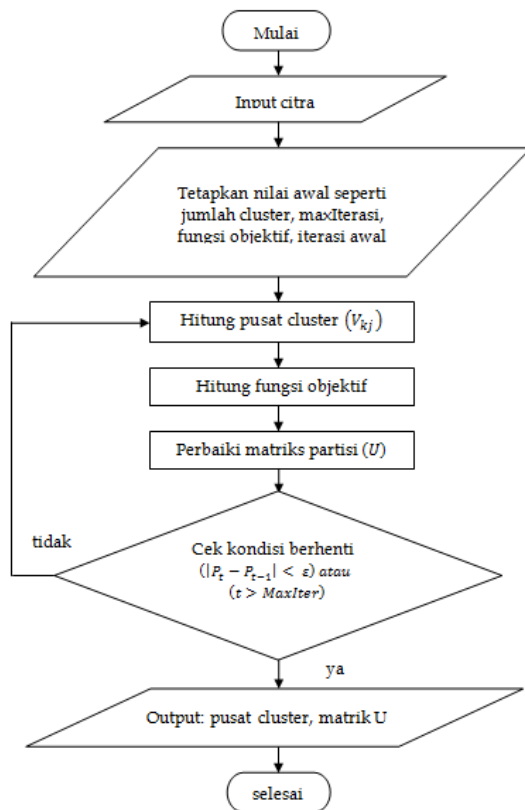
$$\mu_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^m [(x_{ij} - v_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}}$$

Pada tahap analisis hasil terdapat beberapa langkah. Langkah-langkah dalam penelitian skripsi ini mulai dari mengambil data pada situs Brainweb yang disediakan oleh, kemudian selanjutnya segmentasi citra MRI otak menggunakan algoritma FCM dengan software Matlab R2009a. Setelah tahap-tahap itu dilakukan maka selanjutnya adalah menganalisa hasil segmentasi citra tersebut. Hasilnya berupa citra *Cerebrospinal Fluid* (CSF), *Grey Matter* (GM), dan *White Matter* (WM). Apabila penelitian tersebut sesuai dengan *ground truth* maka penelitian tersebut berhasil. Kemudian menuliskan laporan hasil dari penelitian tersebut.

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah menyusun laporan penelitian. Laporan penelitian dibuat dengan tujuan sebagai dokumentasi pelaksanaan penelitian yang

berisi tentang tahapan-tahapan eksperimen dan hasil penelitian.

Berikut adalah diagram Alir algoritma FCM:



Gambar 2. Flowchart FCM

Langkah pertama dalam algoritma FCM adalah input data. Selanjutnya menetapkan nilai awal seperti, jumlah *cluster*, *maxIterasi*, fungsi objektif, dan iterasi awal. Setelah menetapkan nilai awal langkah selanjutnya menghitung pusat *cluster* kemudian menghitung fungsi objektif, dimana fungsi objektif pada langkah ini digunakan untuk syarat perulangan agar mendapatkan pusat *cluster* yang sesuai dan tepat. Langkah selanjutnya adalah memperbaiki matriks partisi, dan langkah terakhir yaitu cek kondisi berhenti. Iterasi akan berhenti jika memenuhi syarat cek kondisi berhenti tetapi sebaliknya jika belum memenuhi maka akan kembali ke langkah menghitung pusat *cluster* dan seterusnya, hingga memenuhi cek kondisi berhenti. Setelah iterasi berhenti maka akan diperoleh hasil output berupa pusat *cluster* dan matriks U.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem menggunakan citra MRI otak yang diambil dari Brainweb yang disediakan oleh McConnell Brain imaging Centre of the Montreal Neurological Institute, McGill University. Sebelumnya citra MRI otak

berukuran 1749x2048 yang diperkecil menjadi 256x256 dikarenakan agar proses iterasi semakin cepat. Karena dalam penelitian skripsi ini menggunakan citra *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) maka citra yang digunakan adalah berupa citra *grayscale*.



Gambar 3. Citra MRI Otak

Dari citra uji yang ada dalam Brainweb ini terdapat citra *ground truth* segmentasi. Citra *ground truth* segmentasi adalah hasil dari segmentasi citra yang diinginkan dari citra yang akan diuji. Berikut adalah citra *ground truth* sesuai dengan citra uji pada gambar 3. Citra *ground truth* dalam penelitian ini digunakan untuk mencari nilai akurasi dalam segmentasi citra MRI otak menggunakan FCM.



a. CSF

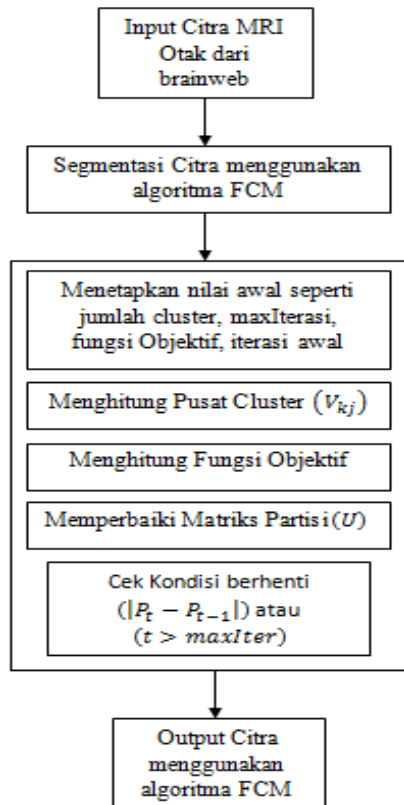
b. GM

c. WM

Gambar 4. Citra ground truth dari citra uji pada gambar 3: (a) CSF, (b) GM, (c) WM

CSF adalah cairan berair yang berfungsi sebagai bantal untuk guncangan fisik, WM berfungsi sebagai perantara antara otak dan seluruh tubuh (bagian yang terhubung yang berbatasan dengan GM dan CSF), dan GM terdiri dari korteks yang melapisi permukaan luar otak dan inti abu-abu jauh di dalam otak termasuk talamus dan ganglia basal [6].

Dari citra MRI otak diatas maka akan diproses dalam segmentasi citra MRI menggunakan FCM. Berikut adalah blog diagram metode FCM dalam segmentasi citra MRI otak.



Gambar 5. Metode FCM dalam Segmentasi Citra

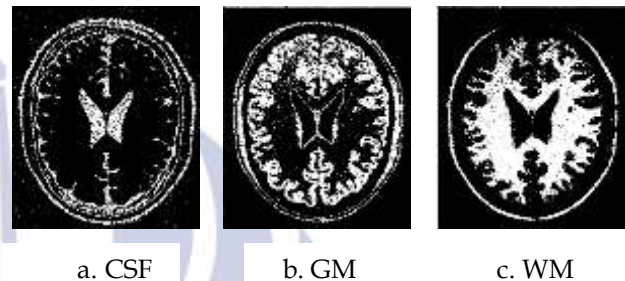
Pemrosesan data dimulai dengan input data citra yang diambil dari brainweb. Sebelum dilakukan proses segmentasi pada citra yang akan diuji menggunakan metode FCM, dibutuhkan beberapa penetapan nilai awal seperti jumlah cluster, maxIterasi, threshold dan fungsi objektif. Fungsi dari input jumlah cluster adalah untuk menentukan jumlah kelompok yang akan dibentuk dalam proses segmentasi citra. Fungsi dari maxIterasi adalah untuk semakin banyak iterasi maka akan semakin jelas *noise* nya. Untuk mendapatkan pusat cluster yang tepat diperlukan perulangan dalam prosesnya, fungsi objektif disini digunakan sebagai syarat perulangan. Penetapan nilai awal bersifat bebas sehingga user bisa menggunakan nilai input awal yang berbeda.

Nilai matriks dibangkitkan secara acak, dimana nilai keanggotaan berkisar interval antara 0 sampai 1. Matriks partisi U semula tidak akurat begitupun dengan pusat *cluster*nya, sehingga kecenderungan data agar masuk ke *cluster* juga belum akurat. Jarak yang digunakan dalam algoritma FCM adalah jarak euclidean.

Setelah penetapan nilai awal dilakukan maka selanjutnya adalah menghitung pusat cluster dari data input tadi dengan persamaan (2.1), kemudian menghitung fungsi Objektifnya dengan persamaan (2.2). setelah diperoleh fungsi objektif maka dilakukan langkah selanjutnya dengan memperbaiki matriks partisi U dengan persamaan (2.3). Dan langkah terakhir pada algoritma ini

adalah cek kondisi berhenti. Iterasi akan berhenti jika memenuhi syarat cek kondisi berhenti jika belum memenuhi maka perhitungan akan kembali ke langkah perhitungan pusat *cluster*. Begitu seterusnya sampai cek kondisi berhenti terpenuhi maka iterasi akan berhenti. Jika iterasi berhenti maka akan keluar output dari segmentasi citra berupa citra sesuai dengan *jumlah* cluster yang diinput diawal.

Pada algoritma FCM diperoleh hasil segmentasi citra sebagai berikut :



a. CSF

b. GM

c. WM

Gambar 6. Hasil segmentasi citra dari CSF, GM, WM dan Citra Asli (dari kiri ke kanan).

Untuk mencari nilai akurasi [1] menggunakan persamaan berikut:

$$SA = \frac{\sum_{k=1}^M \text{card}(A_k \cap C_k)}{\sum_{k=1}^M \text{card}(C_k)}$$

Dimana M adalah jumlah total piksel dalam cluster, A_k adalah himpunan piksel milik k *th cluster* yang ditemukan oleh algoritma atau data hasil setelah proses segmentasi citra menggunakan algoritma FCM, C_k adalah himpunan piksel k *th cluster* citra *ground truth*. Untuk hasil yang ideal nilai SA adalah 1, dengan nilai yang lebih tinggi menjadi “lebih baik”, karena mendekati nilai angka 1.

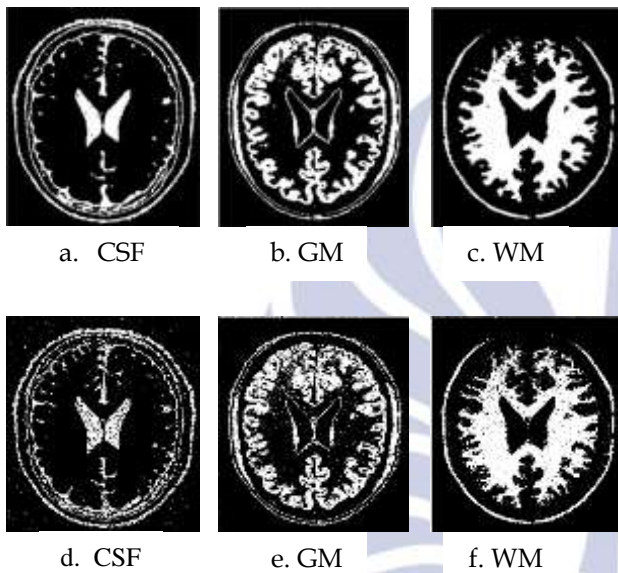
Untuk mencari nilai SA adalah dengan mencari irisan jumlah piksel dari data hasil segmentasi menggunakan algoritma FCM dan citra *ground truth* dari citra uji (data benar) dibagi dengan jumlah total piksel dari data hasil segmentasi menggunakan algoritma FCM atau citra *ground truth*. Dalam mencari nilai irisan antara piksel milik k *th cluster* dari hasil algoritma FCM dan piksel milik k *th cluster ground truth* adalah mencari irisan tiap-tiap piksel yang bersesuaian kemudian dijumlahkan. Bersesuaian disini adalah piksel pada citra hasil algoritma FCM misal $f(1,1)$ maka diiriskan dengan $f(1,1)$ pada piksel *ground truth*.

Nilai akurasi yang diperoleh dari penelitian segmentasi citra MRI otak dengan menggunakan algoritma FCM ini pada bagian CSF, GM, dan WM adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil akurasi segmentasi citra MRI menggunakan FCM.

| No | Bagian dari Otak yang tersegmentasi | Nilai Akurasi |
|----|-------------------------------------|---------------|
| 1 | CSF | 0,90 |
| 2 | GM | 0,91 |
| 3 | WM | 0,94 |

Berikut adalah output hasil segmentasi citra MRI otak menggunakan FCM dibandingkan dengan *ground truth* dari masing-masing bagian otak.



Gambar 7. Hasil segmentasi citra dari CSF, GM, dan WM. (a)-(c) *ground truth* dari segmentasi citra MRI otak. (d)-(f) adalah hasil segmentasi citra MRI otak menggunakan FCM.

5. PENUTUP

Keimpulan

Berdasarkan uji coba diatas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Algoritma Fuzzy C-means (FCM) bisa diterapkan pada segmentasi citra MRI otak dengan proses clustering.
2. Akurasi CSF sebesar 0.9, GM sebesar 0.91 dan WM sebesar 0.94.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhikari, S. K., Sing, J. K., Basu, D. K., & Nasipuri, M. (2015). Conditional spatial fuzzy C-means clustering algorithm for segmentation of MRI images. *Applied Soft Computing Journal*, 1–12. <http://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.05.038>
- [2] Balafar, M. . (2010). A Review : *Brain MRI image*

segmentation methods, 261–274. <http://doi.org/10.1007/s10462-010-9155-0>

- [3] Bezdek, J. C. (1939). *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*.
- [4] Duncan, J. S., Member, S., & Ayache, N. (2000). *Medical Image Analysis: Progress over Two Decades and the Challenges Ahead*, 22(1).
- [5] Kusumadewi, S. dan Purnomo, H, 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [6] Yambal, M., & Gupta, H. (2013). Image Segmentation using Fuzzy C Means Clustering: A survey, 2(7), 2927–2929.