

KLASIFIKASI ALZHEIMER DAN NON ALZHEIMER MENGUNAKAN FUZZY C-MEAN, GRAY LEVEL CO- OCCURRENCE MATRIX DAN SUPPORT VECTOR MACHINE

Dian C. R. Novitasari¹, Wahyu T. Puspitasari², Putri Wulandari³, A. Z. Foady⁴, M. Fahrur Rozi⁵

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya^{1,2,3,4,5}, diancrini@uinsby.ac.id¹

DOI:<https://doi.org/10.15642/mantik.2018.4.1.83-89>

Abstrak

Berdasarkan Piagam *Alzheimer*, dua sampai tiga juta kasus demensia oleh penyakit *Alzheimer* terjadi setiap tahun. Penderita penyakit *Alzheimer* mengalami gangguan memori dan kognitif secara progresif selama 3 sampai 9 tahun. Penderita mengalami kebingungan dalam memahami pertanyaan serta memiliki urutan memori yang kacau, sehingga dapat mengganggu aktivitas sehari-hari dan apabila dibiarkan akan menyebabkan kematian. Klasifikasi yang dilakukan berdasarkan data *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) penyakit *alzheimer* dan non *alzheimer* menggunakan *Support Vector Machine* (SVM). Segmentasi fitur data menggunakan *Fuzzy C-Means* (FCM) dan Ekstraksi fitur menggunakan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) memperoleh hasil akurasi yang baik sebesar 93,33 %

Kata kunci: Alzheimer, Fuzzy C-Means, Gray Level Co-occurrence Matrix, Support Vector Machine

Abstract

Based on the Alzheimer's Charter, 2-3 million cases of dementia by Alzheimer's disease occur every year. People with Alzheimer's disease experience memory and cognitive disorders progressively for 3 to 9 years. Patients experience confusion in understanding the question and have a chaotic sequence of memory, which can interfere with daily activities and unchecked well, it cause death. The classification system is based on Alzheimer's and non-Alzheimer's disease Magnetic Resonance Imaging (MRI) using Support Vector Machine (SVM). The feature data segmentation using Fuzzy C-Means (FCM) and feature extraction using Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) and give accuracy result of 93.33%.

Keywords: Alzheimer, Fuzzy C-Means, Gray Level Co-occurrence Matrix, Support Vector Machine

1. Pendahuluan

Seseorang yang telah memasuki usia lanjut seringkali mengalami gangguan ingatan. Gangguan ingatan pada usia lanjut disebabkan karena saraf pusat mengalami degenerasi pada saraf pusat. Gangguan ingatan yang terjadi disebut demensia atau *Alzheimer*. Sebagian besar penderita *Alzheimer* mengalami gangguan memori, perubahan kepribadian, suasana hati dan perilaku, bermasalah dalam interaksi [1]. Seseorang yang terkena *Alzheimer* akan mengalami gangguan secara bertahap. Rata rata gangguan penurunan akan dialami selama tiga sampai sembilan tahun [2].

Teknologi yang semakin maju memungkinkan untuk melakukan deteksi penyakit *Alzheimer* dapat dilakukan dengan mengambil gambar melalui proses *Magnetic resonance imaging* (MRI). Hasil dari proses MRI menghasilkan gambar yang dapat dilihat untuk deteksi beberapa penyakit. Menggunakan gambar MRI deteksi penyakit *Alzheimer* dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan numerik. Perhitungan numerik dilakukan dengan mengambil nilai piksel pada gambar MRI pasien. Penggunaan gambar MRI sering dilakukan untuk proses pemeriksaan berbagai macam penyakit pada tubuh. Pada penelitian sebelumnya gambar MRI juga digunakan

untuk melakukan deteksi kanker prostat [3]. Selain itu penelitian yang lain citra MRI digunakan juga untuk melihat kandungan lemak pada sumsum tulang belakang [4]. Dari beberapa penelitian tersebut menghasilkan hasil yang maksimal dengan menggunakan citra MRI sebagai citra masukan yang dapat digunakan sebagai acuan.

Menggunakan hasil MRI, deteksi *Alzheimer* dapat dilakukan dengan melakukan segmentasi pada gambar. Segmentasi dilakukan untuk membantu pengambilan fitur-fitur yang diinginkan dan membuang background yang dapat mengganggu proses klasifikasi penyakit *Alzheimer*. Pada penelitian sebelumnya segmentasi optik disk dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* [5]. Selain itu pada penelitian sebelumnya, metode *Fuzzy C-Means* juga digunakan untuk segmentasi gambar MRI [6]. Menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* gambar MRI akan memisahkan antara fitur yang diperlukan ataupun fitur yang tidak diperlukan untuk proses selanjutnya. *Fuzzy C-Means* juga dapat digunakan untuk melakukan segmentasi pada citra mammogram untuk melakukan deteksi kanker payudara [7]. Penelitian sebelumnya menyatakan *Fuzzy C-Means* dapat digunakan secara optimal untuk melakukan segmentasi pada sebuah citra [8]. Melalui algoritma *Fuzzy C-Means* gambar MRI akan memisahkan antara fitur yang diperlukan ataupun fitur yang tidak diperlukan untuk proses selanjutnya.

Pengambilan fitur *Alzheimer* dapat diambil dengan melakukan ekstraksi fitur. Hasil dari proses segmentasi *Fuzzy C-Means* dapat dilakukan ekstraksi fitur menggunakan metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM). Pada penelitian sebelumnya GLCM digunakan untuk pengenalan karakteristik suatu partikel [9]. Selain itu pada penelitian sebelumnya, GLCM digunakan untuk ekstraksi fitur pada gambar yang memiliki motif berbeda-beda [10]. GLCM juga digunakan pada analisis tekstur pada kulit [11]. Pada penelitian yang sudah dilakukan, menyatakan GLCM merupakan salah satu metode yang dapat digunakan

untuk melakukan ekstraksi fitur pada suatu data [12]. *Gray Level Co-Occurrence Matrix* digunakan untuk pengambilan fitur yang dapat digunakan sebagai acuan dalam proses klasifikasi.

Nilai fitur yang dihasilkan pada proses GLCM dapat digunakan untuk klasifikasi pada gambar yang diuji. Pada penelitian sebelumnya klasifikasi dilakukan menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) sebagai metode untuk melakukan entifikasi jenis kanker [13]. Klasifikasi menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) juga digunakan untuk melakukan klasifikasi pada kanker payudara [14]. Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan, klasifikasi dari gambar penyakit otak dapat menggunakan *Support Vector Machine* (SVM).

Melihat dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan dan permasalahan yang ada, penelitian ini bertujuan untuk melakukan klasifikasi gambar MRI penderita *Alzheimer* dan gambar MRI yang bukan penderita *Alzheimer*. Untuk segmentasi gambar dilakukan dengan menggunakan *Fuzzy C-Means* dan ekstraksi fitur menggunakan *Gray Level Co-Occurrence Matrix*, sedangkan klasifikasi dilakukan dengan menggunakan metode SVM.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 *Fuzzy C-Means* Segmentation

Fuzzy C-Means merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan clustering atau pengelompokan suatu data. Penggunaan *clustering* yang dimiliki oleh *Fuzzy C-Means* dapat juga digunakan untuk pengelompokan nilai piksel pada citra atau sering disebut segmentasi citra. Segmentasi menggunakan *Fuzzy C-Means* dilakukan dengan menghitung nilai keanggotaan pada setiap pikselnya. Metode ini akan digunakan jika pada suatu bagian citra memiliki dua atau lebih kelompok atau kelas. Data piksel pada citra akan diubah menjadi beberapa kelas yang memiliki derajat keanggotaan yang berbeda-beda. Nilai keanggotaan mempunyai rentang antara nol sampai satu [15]. Beberapa langkah yang digunakan untuk segmentasi menggunakan *Fuzzy C-Means* yaitu:

1. Menyiapkan data yang akan dikelaskan dengan membentuk suatu matriks yang mempunyai ukuran $M \times N$, dengan M sebagai banyak data dan N merupakan banyak variabel yang digunakan.
2. Menentukan nilai eror (e), banyak kelas (C), bobot (w), awal iterasi dan banyaknya iterasi (t), dan fungsi objektif awal (p).
3. Membuat bilangan acak sebagai awal elemen matriks partisi dengan ukuran $M \times C$.
4. Menghitung pusat kelompok menggunakan persamaan 1 sebagai berikut.

$$v_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^m \mu_{ik}^w x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \mu_{ik}^w} \quad (1)$$

Dengan :

v_{kj} = pusat cluster ke k untuk atribut ke j

μ_{ik} = derajat keanggotaan untuk

data sampel ke i pada cluster ke k

x_{ij} = data ke i, atribut ke j

5. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke t dengan persamaan 2 sebagai berikut.

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

6. Menghitung perubahan matriks partisi

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^n (x_{ij} - v_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[\sum_{j=1}^n (x_{ij} - v_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{w-1}}} \quad (3)$$

2.2 Gray Level Co-occurrence Matrix

Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) merupakan salah satu metode ekstraksi fitur yang menggunakan histogram orde kedua dari tingkat keabuan [16]. Pengambilan fitur didasarkan pada dua parameter, yaitu jarak dan sudut, dimana jarak adalah selisih piksel yang digunakan untuk the second order statistics, dan sudut yang terbentuk antara pasangan piksel. Dalam metode GLCM, orientasi sudut dinyatakan dalam derajat. Orientasi sudut

dibagi menjadi 4 arah sudut yang berbeda dengan interval 45° , yaitu $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ [17]. Misalkan $f(a,b)$ adalah citra dengan ukuran N_a dan N_b yang memiliki piksel dengan kemungkinan L level dan p adalah vektor arah offset spasial. GLCM (i,j) didefinisikan sebagai jumlah piksel (j) yang terjadi pada offset r terhadap piksel (i) yang dapat dinyatakan ssebagai berikut

$$GLCM(i, j) = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2)\} \quad (4)$$

dimana offset r dapat berupa sudut atau jarak, $j \in 1, \dots, L$, dan $i \in 1, \dots, L$. Matriks co occurrence digunakan untuk mendapatkan fitur dari citra. Beberapa besaran yang diusulkan Harlick untuk mendapatkan fitur dari GLCM yaitu *Angular Second Moment* (ASM), kontras, *Inverse Difference Moment* (IDM), energi, korelasi [18].

2.2.1 Angular Second Moment (ASM)

ASM juga dikenal sebagai keseragaman. ASM berhubungan dengan energi, dimana energi merupakan jumlah kuadrat elemen-elemen GLCM *angular second moment* untuk mengukur homogenitas. Nilai tertinggi dicapai ketika gambar memiliki homogenitas yang sangat baik yaitu saat elemen GLCM semuanya sama [19]. ASM dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 6 berikut.

$$ASM = \sum_i \sum_j (GLCM(i, j))^2 \quad (5)$$

2.2.2 Kontras

Kontras merupakan ukuran variasi aras keabuan piksel citra. Kontras dihitung dengan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut.

$$Contras = \sum_i \sum_j (i - j)^2 GLCM(i, j) \quad (6)$$

2.2.3 Invers Difference Moment (IDM)

IDM memiliki nilai tinggi saat tingkat keabuan lokal sama dan balikan GLCM tinggi. IDM dihitung dengan menggunakan persamaan 7 sebagai berikut.

$$IDM = \sum_i \sum_j \frac{GLCM(i, j)}{1 + (i, j)^2} \quad (7)$$

2.2.4 Entropy

Entropy merupakan pengukuran keacakan aras keabuan di dalam citra. Mencapai nilai tertinggi ketika elemen-elemen GLCM memiliki nilai yang relatif sama dan memiliki nilai rendah apabila elemen-elemen GLCM mendekati 0 atau 1. Entropi dihitung dengan menggunakan rumus [20].

$$Entropy = - \sum_i \sum_j GLCM(i, j) \log GLCM \quad (8)$$

2.2.5 Korelasi

Korelasi digunakan menghitung ketergantungan linear tingkat keabuan dari piksel tetangga. Untuk mendapatkan nilai korelasi dapat menggunakan rumus berikut :

$$Corelation = \frac{\sum_i \sum_j (ij)GLCM(i, j) - \mu_i' \mu_j}{\sigma_i' \sigma_j'} \quad (9)$$

2.3 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan klasifikasi suatu data. *Support Vector Machine* akan melakukan klasifikasi data dengan membagi data menjadi beberapa daerah sesuai dengan banyaknya klasifikasi yang diinginkan. Untuk melakukan pembagian data, metode *Support Vector Machine* menggunakan hyperplane sebagai garis bagi sebagai garis pemisah antara kelompok pada kelas satu dengan kelas yang lain. Pembuatan garis bagi atau *hyperplane* dapat dibentuk menggunakan beberapa fungsi kernel yang ada pada metode *Support Vector Machine*. Beberapa fungsi kernel yang dapat digunakan untuk membangkitkan suatu *hyperplane* yaitu kernel *gaussian*, *linear*, ataupun *polynomial* [21].

Pada penelitian ini fungsi kernel yang digunakan menggunakan fungsi polinomial. Pemilihan fungsi polinomial karena pada penelitian ini hasil *Support Vector Machine* menunjukkan hasil yang optimal menggunakan fungsi kernel polinomial. Adapun fungsi kernel polinomial dibentuk menggunakan persamaan 10.

$$K(x, y) = (x \cdot y)^d \quad (10)$$

3. Penulisan Tabel dan Gambar

3.1 Jenis Penelitian

Pada penelitian mengenai identifikasi penyakit Alzheimer menggunakan metode GLCM dan SVM termasuk kedalam jenis penelitian aplikatif karena data input dan output yang digunakan dalam penelitian ini berupa data numerik, dan hasil dari penelitian ini bertujuan sebagai alternatif diagnosa penyakit *Alzheimer*.

3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data axial otak MRI yang akan digunakan untuk mendapatkan karakteristiknya dengan menggunakan metode DWT. Terdapat 95 data citra axial otak MRI. Data tersebut diperoleh dari *Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (ADNI)* dan *E-Health Laboratory*.

3.3 Pengolahan Data

Tahap-tahap yang dilakukan dalam identifikasi penyakit *Alzheimer* yaitu, *preprocessing*, segmentasi fitur, ekstraksi fitur, dan pengklasifikasian. Pada penelitian ini, data akan diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu *Alzheimer* dan *non-Alzheimer*.

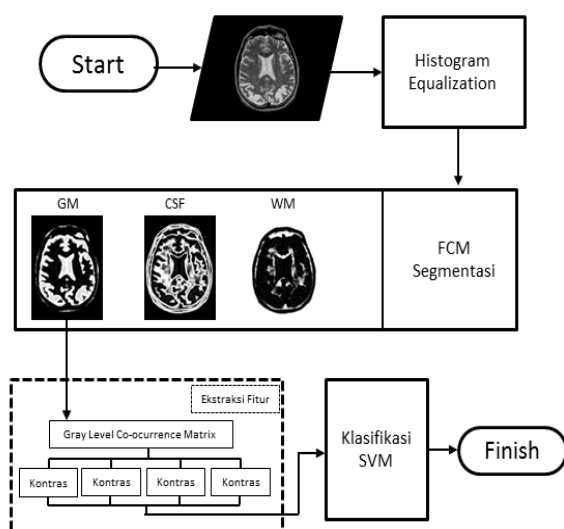
Tahap pertama, dilakukan *preprocessing* yang berfungsi untuk mempermudah proses dalam pengolahan citra, karena tidak semua data citra memiliki kualitas yang baik sehingga kontras dan pencahayaan terkadang tidak merata. Selain itu, terdapat *noise* yang berbeda dari masing-masing data citra. Pada tahap *pre-processing*, data otak MRI merupakan citra *grayscale*. Selanjutnya dilakukan peningkatan cahaya dengan mengubah histogram yang bertujuan untuk menormalisasi citra.

Citra yang telah diproses akan digunakan sebagai masukan dalam segmentasi fitur menggunakan Fuzzy C-Mean (FCM). Jumlah cluster yang dimasukkan sebanyak tiga sehingga diperoleh tiga fitur yaitu *gray matter* (GM), *white matter* (WM), dan *cerebrospinal fluid* (CSF). Dari tiga fitur tersebut, fitur yang diambil hanya fitur GM.

Tahap ketiga adalah ekstraksi fitur. Dalam penelitian ini, ekstraksi fitur dengan metode GLCM menggunakan derajat ketetanggaan 0°. Dari setiap sub-band diambil

beberapa fitur yaitu kontras, korelasi, energi, dan homogenitas. Fitur tersebut akan digunakan dalam tahapan klasifikasi.

Dalam proses klasifikasi terdapat beberapa step yaitu menentukan parameter ciri, memilih kernel mana yang cocok dengan data. Melakukan pelatihan dan melakukan pengujian data hingga mendapatkan hasil klasifikasi. Dalam penelitian ini menggunakan kernel polinomial. Skema tahap-tahap identifikasi *Alzheimer* ditunjukkan dalam Gambar. 1.

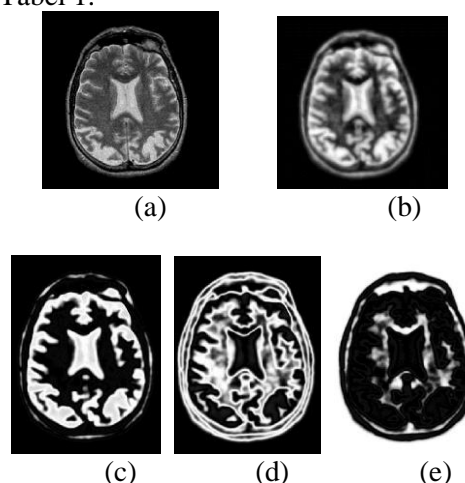


Gambar 1 Flowchat identifikasi *Alzheimer*

4. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengidentifikasi penyakit *Alzheimer* dilakukan menggunakan metode FCM, GLCM dan SVM dengan fungsi secara berurutan untuk segmentasi, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Sebelum dilakukan segmentasi diperlukan *preprocessing* citra yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra. Pada tahap *preprocessing*, citra diperbaiki menggunakan *histogram equalization*. Proses *Histogram equalization* digunakan untuk memperoleh penyebaran histogram derajat keabuan citra yang merata dan relatif sama. Hasil *histogram equalization* tersebut akan disegmentasi fitur berupa *Gray Matter (GM)*, *White Matter (WM)* dan *Cerebrospinal fluid (CSF)*. Fitur yang diambil untuk proses ekstraksi fitur hanya GM. Pada Gambar 3 ditunjukkan Citra hasil *preprocessing* dan segmentasi fitur.

Setelah didapatkan hasil segmentasi kemudian dilakukan proses ekstraksi fitur menggunakan metode GLCM. Proses ekstraksi fitur dilakukan untuk mendapatkan ciri statistik pada citra. Pada penelitian ini menggunakan GLCM dengan derajat ketetanggaan 0° diambil ciri statistik yang berupa kontras, korelasi, energi, homogenitas. Sampel hasil ekstraksi fitur menggunakan GLCM ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 3 (a) Barin MRI (b) *Histogram Equalization* (c) *Gray Matter* (d) *Cerebrospinal Fluid* (e) *White Matter*

Selanjutnya akan dilakukan klasifikasi menggunakan SVM. Fitur-fitur yang telah diperoleh pada proses ekstraksi fitur akan digunakan sebagai parameter dalam klasifikasi. Pada proses klasifikasi dilakukan melalui dua tahap yaitu tahap training dan tahap testing. Tahap training merupakan tahap pembuatan model, sedangkan tahap testing merupakan tahap pengujian keakuratan model. Data training yang digunakan sebanyak 50 data dan data uji yang digunakan sebanyak 45 data yang kemudian akan diklasifikasi kedalam dua kelas yaitu *Alzheimer* dan non-*Alzheimer*. Proses klasifikasi dilakukan dengan menggunakan kernel polinomial.

Tabel 1. Sampel Hasil ekstraksi fitur menggunakan GLCM.

Data ke-	Kontras	Korelasi	Energi	Homogeniti
1	0,608802	0,929677	0,700024	0,944456
2	0,830997	0,915252	0,662213	0,938277
3	0,682498	0,916594	0,720156	0,947706

4	0,660632	0,924824	0,705951	0,947408
5	0,710567	0,925752	0,686143	0,945724
6	0,733653	0,921226	0,690052	0,946255
7	0,757863	0,926632	0,662385	0,942731
8	0,788584	0,930982	0,636891	0,940234
9	0,802268	0,921175	0,626319	0,935237
10	0,815404	0,92574	0,629073	0,936168

Dari hasil klasifikasi tersebut, terdapat 45 data testing, 14 data benar terklasifikasi non-*Alzheimer* dan 28 data benar terklasifikasi *Alzheimer* sehingga diperoleh akurasi sebesar 93,333% dengan tingkat sensitivitas 93,333% dan spesifisitas 93,333%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa metode ini mampu mengenali masing-masing kelas dengan sangat baik. Sehingga metode ini cocok digunakan untuk mengidentifikasi *Alzheimer*.

5. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, identifikasi penyakit *Alzheimer* menggunakan *Fuzzy C-Means* untuk segmentasi fitur, *Gray Level Co-Occurrence Matrix* untuk proses ekstraksi fitur sedangkan untuk klasifikasi menggunakan *Support Vector Machine* diperoleh hasil terbaik dengan nilai akurasi sebesar 93,33%. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa metode tersebut sangat cocok digunakan untuk indentifikasi penyakit *Alzheimer* dengan tingkat sensitifitas 93.33% dan spesifitas 93.33%.

Referensi

[1] N. Gharaibeh and A. A. Khashman, “Automated Detection of *Alzheimer* Disease Using Region Growing technique and Artificial Neural Network,” vol. 7, no. 5, pp. 204–208, 2013.

[2] D. Zhang, Y. Wang, L. Zhou, H. Yuan, and D. Shen, “Multimodal classification of *Alzheimer*’s disease and mild cognitive impairment,” *Neuroimage*, vol. 55, no. 3, pp. 856–867, 2011.

[3] M. R. Pokorny *et al.*, “Prospective study of diagnostic accuracy comparing prostate cancer detection by transrectal ultrasound-guided biopsy versus magnetic resonance (MR) imaging with subsequent mr-guided biopsy in men without previous prostate

biopsies,” *Eur. Urol.*, vol. 66, no. 1, pp. 22–29, 2014.

[4] E. Michael and S. Vinitiski, “BONE MARROW FINDINGS ON MAGNETIC RESONANCE IMAGES OF THE KNEE: ACCENTUATION BY FAT SUPPRESSION,” vol. 8, pp. 27–31, 1990.

[5] N. Elaiza, A. Khalid, N. Mohamed, and N. Ariff, “*Fuzzy C-Means (FCM)* for Optic Cup and Disc Segmentation with Morphological Operation,” *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 42, pp. 255–262, 2014.

[6] S. Kumar, J. Kanta, D. Kumar, and M. Nasipuri, “Conditional spatial *Fuzzy C-Means* clustering algorithm for segmentation of MRI images,” *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 34, pp. 758–769, 2015.

[7] S. R. Kannan, S. Ramathilagam, R. Devi, and A. Sathya, “Expert Systems with Applications Robust kernel FCM in segmentation of breast medical images,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 4, pp. 4382–4389, 2011.

[8] X. Wang and J. Bu, “A fast and robust image segmentation using FCM with spatial,” *Digit. Signal Process.*, vol. 20, no. 4, pp. 1173–1182, 2010.

[9] K. Manivannan, P. Aggarwal, V. Devabhaktuni, A. Kumar, D. Nims, and P. Bhattacharya, “Particulate matter characterization by *Gray Level Co-Occurrence Matrix* based support vector machines,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 223–224, pp. 94–103, 2012.

[10] G. Y. Peng Yang, “Author ’ s Accepted Manuscript Reference : To appear in : Neurocomputing,” *Neurocomputing*, 2016.

[11] P. M. Arabi, G. Joshi, and N. V. Deepa, “Performance evaluation of GLCM and pixel intensity matrix for skin texture analysis,” *Perspect. Sci.*, 2016.

[12] Ş. Öztürk and B. Akdemir, “Application of Feature Extraction and Classification Methods for Histopathological Image using GLCM, LBP, LBGLCM, GLRLM and SFTA,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 132, no. Iccids, pp. 40–46, 2018.

[13] S. P. Wang and Y. D. Cai, “Identification of the functional alteration signatures across different cancer types with *Support*

- Vector Machine* and feature analysis,” *Biochim. Biophys. Acta - Mol. Basis Dis.*, vol. 1864, no. 6, pp. 2218–2227, 2018.
- [14] C. S. Lo and C. M. Wang, “*Support Vector Machine* for breast MR image classification,” *Comput. Math. with Appl.*, vol. 64, no. 5, pp. 1153–1162, 2012.
- [15] M. C. J. Christ, “*Fuzzy C-Means Algorithm* for Medical Image Segmentation,” no. 1, pp. 33–36, 2011.
- [16] S. E. Embough, *Digital Image Processing and Analysis Application with MATLAB and CVIP Third Edition*. Boca Raton: CRC Press, 2017.
- [17] Y. Q. Shi and B. Jeon, *Digital Watermarking*. Korea: Springer, 2006.
- [18] A. Kadir, *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Andi, 2013.
- [19] P. Mohanaiah, P. Sathyanarayana, and L. GuruKumar, “image Texture Feature Extraction Using GLCM Approach,” *IJSRP*, vol. 3, no. 5, 2013.
- [20] N. Zulpe and V. Pawar, “GLCM Texture Features for Brain Tumor Classification,” *IJCSI*, vol. 9 No. 3. 1, 2012.
- [21] Jiawei Han and Micheline Kamber, *Data Mining*, Second. San Francisco: Morgan Kaufmann Publisher, 2006.