

Perbandingan Implementasi Algoritma K-Means++ Dan Fuzzy C-Means Pada Segmentasi Citra Wajah

Fitri Nuraeni¹, Helfy Susilawati², Yoga Handoko Agustin³

^{1,3}Ilmu Komputer, Institut Teknologi Garut
Jalan Mayor Syamsu No. 1, Garut,
Indonesia

¹yoga.handoko@itg.ac.id

²fitri.nuraeni@itg.ac.id (Corresponding
author)

² Teknik Elektronik, Universitas Garut
Jl. Raya Samarang, Jl. Hampor
Kecamatan No.52A, Garut, Indonesia

³helfy.susilawati@uniga.ac.id

Ringkasan

Dalam pengenalan wajah menggunakan metode pengolahan citra, dibutuhkan proses segmentasi citra agar dapat dilakukan proses analisis citra selanjutnya. Segmentasi citra dapat dilakukan dengan metode clustering yang memiliki beberapa algoritma berbasis centroid, seperti k-means dan fuzzy c-means. Algoritma k-means sendiri memiliki beberapa varian, salah satunya k-means++ dimana varian ini lebih cerdas dalam memilih inisial centroid dibanding k-means yang memilih inisial centroid secara acak. Algoritma fuzzy c-means sendiri telah memiliki keunggulan dalam mengelompokkan objek yang tersebar secara tidak teratur. Untuk mendapatkan segmentasi yang baik untuk pengenalan wajah, perlu dicari algoritma mana yang dapat menghasilkan segmentasi citra dengan kualitas baik. Sehingga pada penelitian ini, dilakukan penelitian eksperimental dengan menggunakan citra wajah yang disegmentasi dengan algoritma k-means++ dan fuzzy c-means, kemudian dilakukan evaluasi menggunakan RSME, PSNR dan SSIM. Dari penelitian ini dihasilkan segmentasi citra dengan fuzzy c-means lebih baik dibandingkan hasil k-means++ berdasarkan nilai RSME, PSNR dan SSIM

Kata kunci: Citra, Clustering, Centroid-Base Algorithm, K-Means++, Fuzzy C-Means, Segmentasi

1. Pendahuluan

Pada aplikasi pengenalan wajah, hal terpenting adalah ketepatan dalam pengenalan wajah itu sendiri. Dalam proses pengenalan wajah ini, untuk mendapatkan bagian objek yang diinginkan, maka citra yang tertangkap harus dilakukan segmentasi atau dibagi menjadi beberapa bagian[1] yang lebih sederhana dengan karakteristik visual yang serupa seperti warna, gerakan dan tekstur[2]. Segmentasi ini membagi citra digital ke dalam himpunan piksel yang dimana tujuannya adalah menyederhanakan citra agar mudah untuk dianalisis.

Segmentasi ini merupakan proses utama yang melandasi analisis dan pengenalan citra, yang dapat menggunakan berbagai metode, salah satunya metode clustering. *Clustering* adalah teknik untuk mengelompokkan data dalam beberapa grup berdasarkan tingkat kemiripan (*similarity*) dan menganalisis cluster yang terbentuk sehingga dapat diketahui keadaan data setiap cluster-nya[3]. Metode clustering atau pengelompokan merupakan metode yang mudah diterapkan dan menghasilkan segmentasi yang memuaskan[4]. Metode clustering dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai algoritma diantaranya k-means, fuzzy c-means, density-based clustering, dan sebagainya. Centroid-based clustering algorithm merupakan algoritma dalam metode clustering yang menggunakan jarak ke centroid sebagai dasar pengelompokan[5], dan termasuk pada jenis algoritma ini diantaranya k-means dan fuzzy c-means.

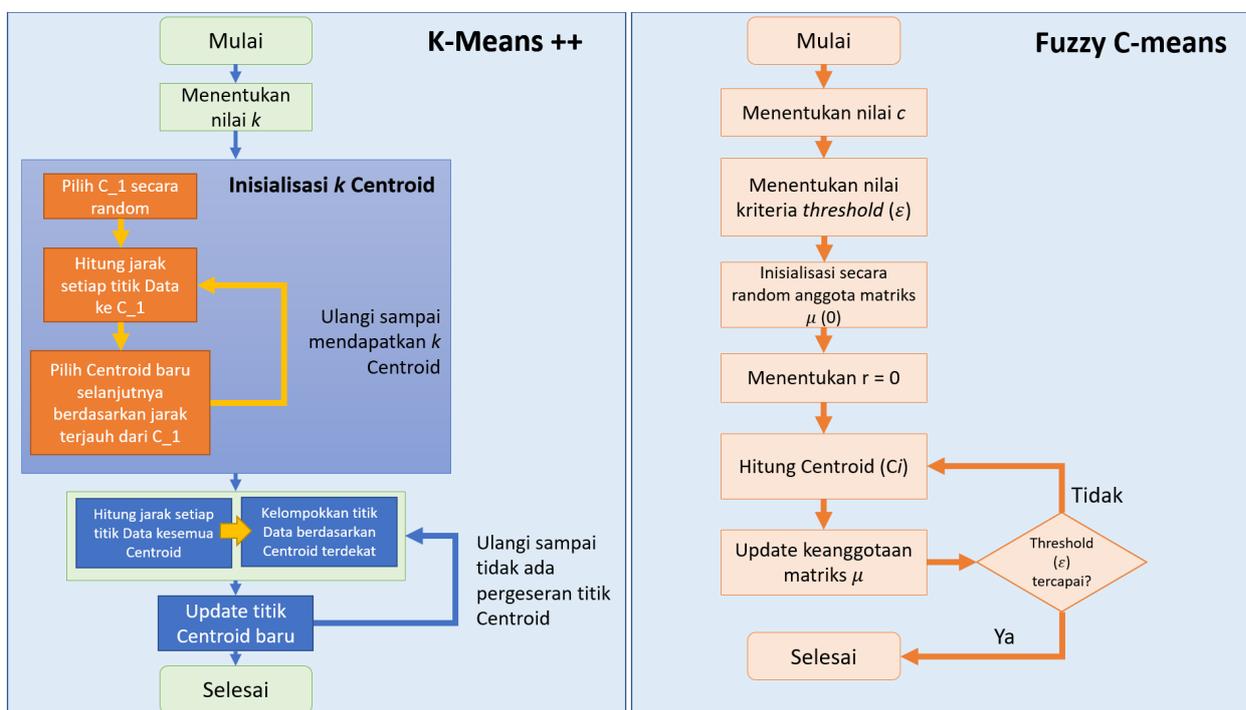
Algoritma k-means memiliki keunggulan pada ketelitian terhadap urutan objek yang cukup tinggi dan membagi cluster berdasarkan tingkat kemiripan anggotanya, sampai mencapai tingkat akurasi 82% untuk segmentasi objek makanan dan background pada citra[6]. Selain itu, k-means memiliki perhitungan yang simpel dan cepat[7]. Pada algoritma k-means, inisialisasi titik centroid ditentukan secara random berakibat pada peningkatan jumlah perulangan pengelompokan data sampai mencapai kondisi yang konvergen[8]. Untuk mengoptimalkan pemilihan titik data yang berfungsi sebagai centroid awal, maka algoritma k-means++ digunakan dengan menjaga jarak centroid awal sejauh mungkin[9]. Untuk segmentasi citra, algoritma k-means++ telah dapat memberikan visualisasi yang lebih baik dan akurat dibanding algoritma k-means biasa[10][11].

Sedangkan algoritma fuzzy c-means sendiri memiliki keunggulan yang dapat mengelompokkan objek-objek yang tersebar secara tidak teratur yang memungkinkan suatu titik data mempunyai sifat atau karakteristik dari cluster lain[12]. Algoritma ini juga digunakan untuk segmentasi citra yang terdistorsi dengan nilai MSE dan PNSR yang lebih kecil dibandingkan metode Otsu[2].

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis perbandingan terhadap hasil segmentasi citra buah-buahan, dimana dihasilkan segmentasi hasil k-means lebih baik dibanding fuzzy c-means[1][13]. Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan hasil segmentasi citra menggunakan 2 algoritma clustering berbasis centroid, yaitu k-means++ dan fuzzy c-means, dengan data set berupa citra wajah manusia. Evaluasi hasil segmentasi dilakukan dengan perbandingan root mean square error (RMSE), peak signal-to-noise ratio (PSNR) dan Structural Similarity Index Measure (SSIM), yang dapat dijadikan dasar untuk mengetahui algoritma mana yang baik untuk segmentasi citra wajah pegawai untuk diterapkan pada aplikasi pengenalan wajah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan tahapan penelitian seperti pada Gambar1 dibawah ini, menggunakan algoritma *centroid clustering* yaitu k-means++ dan fuzzy c-means.



Gambar 1. Proses K-means++(kiri) dan Fuzzy C-means (kanan)

2.1. Tahapan Penelitian

Dataset yang digunakan adalah citra wajah pegawai suatu kantor desa di Kabupaten Garut, yang diambil dengan Kamera pada aplikasi presensi pegawai.

Seperti pada Gambar1, citra masuk proses segmentasi menggunakan 2 algoritma yaitu k-means dan

fuzzy c-means. Pada proses clustering ini akan ditentukan nilai k untuk jumlah cluster yang dihasilkan yaitu 2, untuk membagi antara objek wajah dan latar belakang citra.

Kemudian masing-masing hasil segmentasi dihitung nilai RMSE dan PSNR-nya, sehingga didapat nilai rata-rata RMSE, PSNR dan SSIM dari 2 algoritma. Nilai rata-rata tersebut dibandingkan untuk menentukan algoritma mana yang memiliki kinerja terbaik berdasarkan ketiga kriteria tersebut.

2.2. Segmentasi Citra

Segmentasi citra adalah proses yang dilakukan untuk mendapatkan objek yang terkandung dalam citra dengan membaginya ke dalam beberapa daerah yang objeknya memiliki kemiripan. Segmentasi merupakan langkah awal yang dilakukan sebelum dilakukan analisis citra dan pengenalan pola lebih lanjut, seperti klasifikasi citra.

Segmentasi citra menggunakan metode clustering berarti menggunakan data berdimensi banyak yang dikelompokkan dalam beberapa cluster berdasarkan piksel dari citra tersebut. Kesuksesan proses segmentasi citra dengan metode clustering ditentukan dari ketepatan dalam mengelompokkan fitur-fitur yang berdekatan ke dalam satu cluster[1].

2.3. Centroid-Based Clustering Algorithm

Pada penelitian ini proses clustering bertujuan untuk mengelompokkan objek-objek berdasarkan karakteristik sehingga didapatkan homogenitas internal cluster yang tinggi dan heterogenitas antar cluster yang tinggi[14]. Algoritma Centroid-Based Clustering (berbasis centroid) adalah algoritma clustering yang menggunakan titik centroid dalam melakukan pengelompokan objek. Dalam salah satu algoritma berbasis centroid, tema utama yang mendasari adalah aspek penghitungan ukuran jarak antara objek dari kumpulan data yang dipertimbangkan[15]. Metode yang paling dominan dari algoritma berbasis centroid diantaranya yaitu k-means, k-medoids, dan fuzzy c-means.

Algoritma K-means++ memiliki dua fase dimana pada fase pertama; k-centroid diidentifikasi tergantung pada nilai k yang telah dipilih secara umum ukuran jarak dihitung menggunakan jarak Euclidian. Sesuai Gambar 1 (kiri), pemilihan titik centroid awal ini diambil berdasarkan jarak terjauh antar titik centroid. Hal tersebut berdampak pada pengurangan jumlah perulangan pengelompokan data sehingga proses klusterisasi menjadi lebih cepat dan mudah. Fase kedua melibatkan penentuan centroid baru berdasarkan nilai rata-rata objek kelompok pada cluster. Proses perulangan dalam menemukan centroid baru sampai konvergensi terpenuhi.

Algoritma Fuzzy c-means (FCM) adalah algoritma pengelompokan khas yang memungkinkan titik data tertentu untuk berada dalam satu atau lebih cluster[15], dan tingkat keberadaan data dalam suatu cluster ditentukan oleh derajat keanggotaannya[16]. Sesuai gambar1 (kanan), tahapan kerja dari fuzzy c-means dimulai dengan menentukan banyak cluster (k) yang akan dibuat. Lalu dilanjutkan dengan menentukan nilai proporsi untuk setiap data poin secara random dengan persamaan 1, untuk masuk dalam suatu cluster.

$$\sum_{k=1}^c \mu_{ik} = 1 \quad (1)$$

dengan,

c = jumlah cluster

k = indeks cluster

μ_{ik} = nilai keanggotaan

Kemudian menghitung nilai centroid menggunakan Persamaan 2.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{ik}^w * X_{ij}}{\sum_{i=1}^n \mu_{ik}^w} \quad (2)$$

dengan,

V_{kj} = hasil pusat cluster yang dihasilkan

n = jumlah data

μ_{ik} = nilai keanggotaan

w = pangkat

X_{ij} = data ke- i dan parameter ke- j

Kemudian menghitung kembali nilai proporsi untuk setiap data poin untuk masuk pada setiap cluster dengan persamaan 3.

$$P_i = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (X_{ik} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) \quad (3)$$

2.4. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

PSNR adalah perbandingan nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya derau yang berpengaruh pada sinyal tersebut. Untuk kualitas citra hasil rekonstruksi atau kompresi yang baik, dibutuhkan nilai PSNR yang besar. Namun, untuk evaluasi hasil segmentasi citra, dibutuhkan nilai PSNR yang rendah[17].

2.5. Structural Similarity Index Measure (SSIM)

SSIM digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesamaan antara gambar asli dan gambar tersegmentasi, dengan menggunakan nilai kecerahan, nilai kontras, dan kovarians sebagai pengukuran kesamaan struktural[18]. Rentang indeks kesamaan struktur adalah dari -1 hingga 1. Jika kedua gambar sama persis, hasil SSIM adalah 1. Nilai SSIM semakin mendekati nilai 1 maka semakin baik, artinya proses penapisan derau tidak terlalu banyak mengubah struktur citra namun cukup efektif untuk mereduksi derau[19].

2.6. Root Mean Squared Error (RMSE)

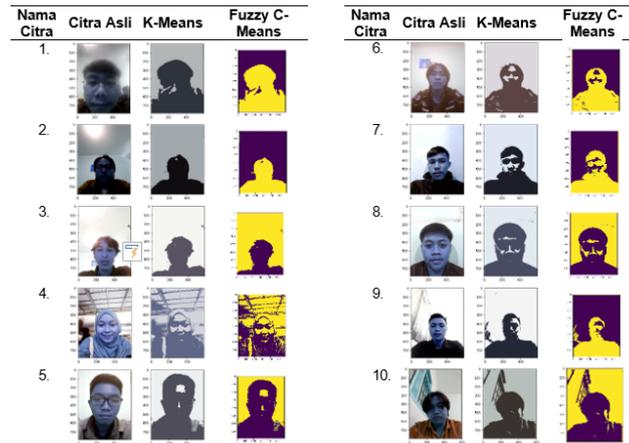
RMSE dihitung menggunakan rumus sebagai berikut[20]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Y_{pred} - Y_{actual})^2}{N}} \quad (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, citra wajah masuk proses segmentasi dengan menggunakan 2 algoritma clustering yaitu k-means dan fuzzy c-means, disini nilai k yang digunakan adalah 2. Nilai k ini merupakan angka banyaknya cluster (pengelompokan) yang akan dihasilkan dari proses clustering. Nilai 2 ini digunakan adalah untuk membagi citra dalam 2 objek yaitu wajah pegawai dan latar belakang objek pada citra.

Proses segmentasi menggunakan IDE PyCharm dengan bahasa python menggunakan library openCV. Hasil segmentasi citra dapat dilihat di Gambar 2, dimana sample 11 citra wajah dibaca dari file bertipe png, dengan objek orang dan latar belakang dinding.



Gambar 2. Hasil Segmentasi dengan k=2

Dari Gambar 2 diatas dapat dilihat bahwa hasil segmentasi dapat mengelompokkan nilai piksel pada citra dalam 2 bagian, yaitu objek manusia pada citra dan latar belakang, walaupun hasil segmentasi ini masih dipengaruhi oleh nilai kontras dari masing-masing citra. Setiap citra hasil segmentasi kedua algoritma tersebut kemudian dihitung nilai PSNR, RMSE dan SSIM-nya, kemudian hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

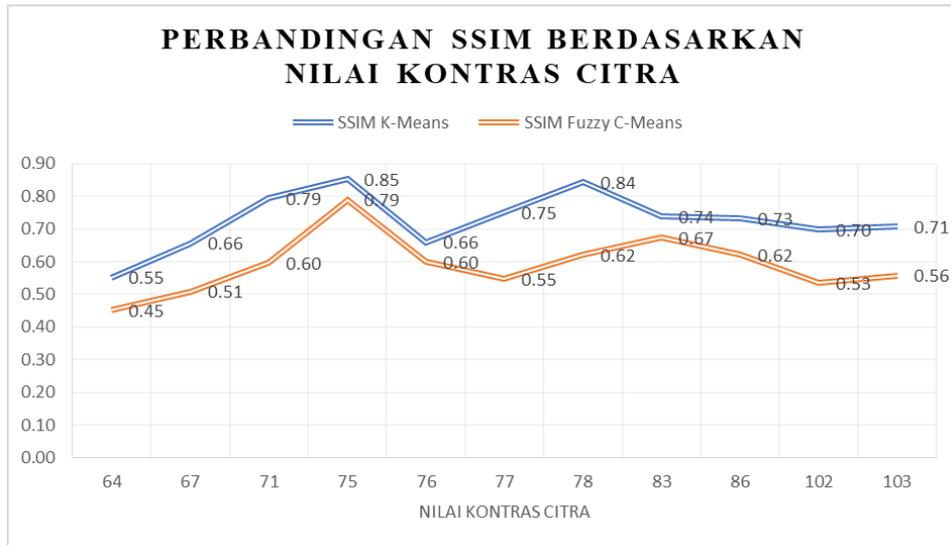
Tabel 1. Nilai PSRN, RMSE dan SSIM Hasil Segmentasi Kedua Algoritma

Image		Image Segmented: FCM				Image Segmented: K-Means++			
Name	Contrast	PNSR	MSE	RMSE	SSIM	PNSR	MSE	RMSE	SSIM
1	71.283	5.199	19,639.633	140.141	0.596	17.906	3,159.294	56.208	0.794
2	77.514	4.985	20,632.852	143.641	0.546	18.539	2,730.737	52.256	0.751
3	74.600	9.597	7,134.386	84.465	0.790	19.909	1,992.282	44.635	0.853
4	63.176	7.289	12,140.013	110.182	0.452	16.326	4,545.752	67.422	0.552
5	85.569	6.963	13,085.867	114.393	0.621	16.669	4,200.756	64.813	0.733
6	77.614	5.836	16,963.303	130.243	0.621	18.827	2,555.836	50.555	0.843
7	103.890	5.055	20,302.147	142.486	0.558	17.646	3,354.240	57.916	0.708
8	83.017	7.646	11,179.856	105.735	0.674	17.275	3,653.359	60.443	0.738
9	102.862	4.712	21,971.909	148.229	0.535	17.270	3,657.520	60.477	0.698
10	75.243	6.594	14,244.358	119.350	0.600	17.940	3,134.717	55.989	0.660
11	67.249	6.053	16,134.032	127.020	0.509	16.731	4,141.252	64.353	0.657
Rata-Rata		6.357	15,766.214	124.171	0.591	17.731	3,375.068	57.733	0.726

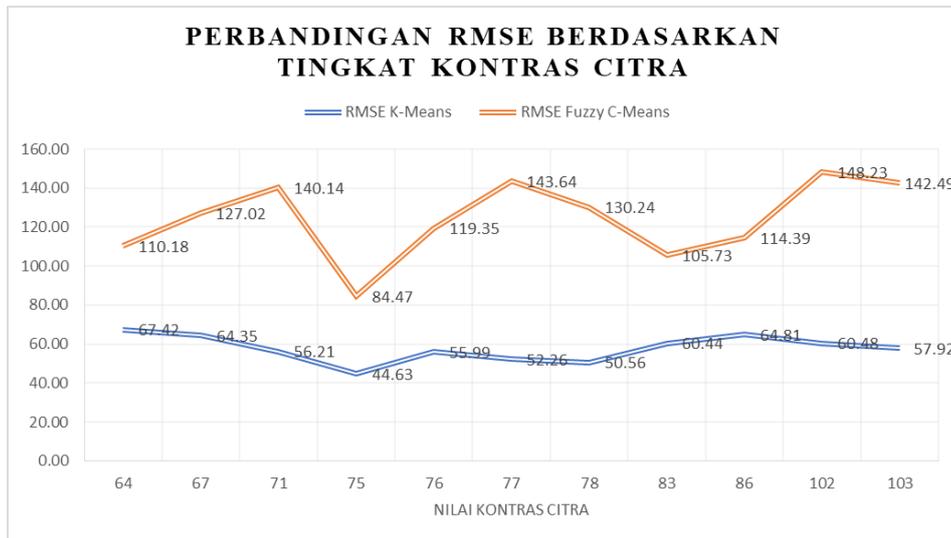
Dari nilai-nilai kriteria pada Tabel 1, kemudian dibuat analisis masing-masing kriteria terhadap nilai contrast dari citra asal. Pada Gambar 3, terlihat bahwa citra dengan nilai kontras yang kecil memiliki nilai SSIM yang kecil untuk citra segmentasi hasil kedua algoritma. Begitupun citra dengan nilai kontras tinggi, memiliki nilai SSIM yang cukup kecil, dibanding citra-citra yang memiliki tingkat kontras sedang. Ini berarti nilai kontras citra mempengaruhi tingkat kemiripan struktur citra itu sendiri.

Namun, jika membandingkan nilai SSIM antara 2 hasil segmentasi algoritma clustering ini, terlihat nilai hasil segmentasi k-means lebih tinggi dibanding hasil segmentasi fuzzy c-means, artinya hasil k-means memiliki nilai luminasi, kontras dan struktur lebih mirip dengan citra aslinya. Namun, dari visual efek yang muncul pada Gambar 2, terlihat segmentasi hasil fuzzy c-means dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam membedakan antara objek manusia dan latar belakang pada citra.

Pada Gambar 4, dibandingkan nilai RMSE pada Gambar 3 antara 2 hasil segmentasi algoritma clustering ini, terlihat nilai hasil segmentasi fuzzy c-means lebih tinggi dibanding hasil segmentasi k-means, artinya hasil k-means memiliki tingkat eror lebih kecil. Padahal dalam pendeteksian tepi, nilai RMSE yang tinggi memiliki kemampuan lebih baik dalam mendeteksi tepi-tepi citra yang lemah.



Gambar 3. Grafik perbandingan SSIM citra hasil segmentasi berdasarkan nilai kontras

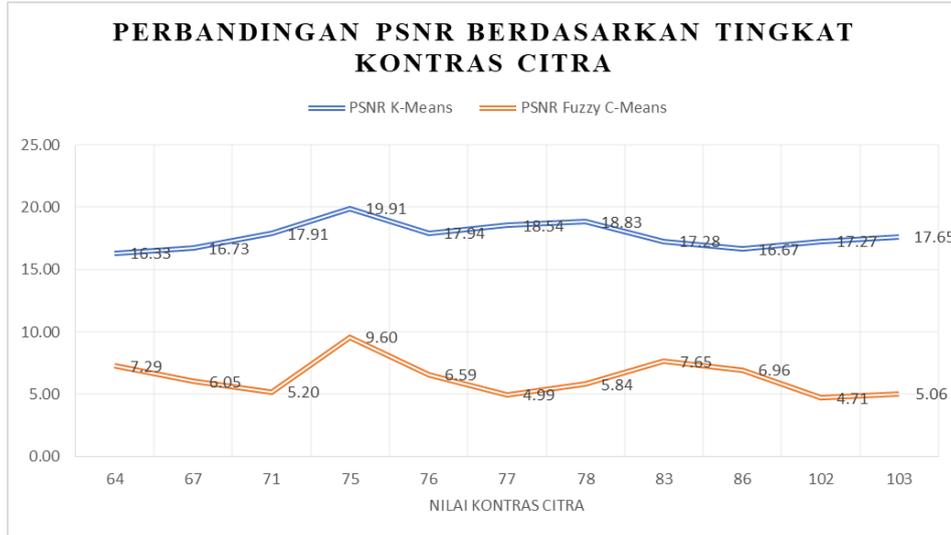


Gambar 4. Grafik perbandingan RSME citra hasil segmentasi berdasarkan nilai kontras

Pada Gambar 5, dibandingkan nilai PSNR antara 2 hasil segmentasi algoritma clustering ini, terlihat nilai hasil segmentasi fuzzy c-means lebih rendah dibanding hasil segmentasi k-means, artinya hasil k-means memiliki kualitas citra yang lebih baik. Namun dalam pendeteksian tepi, nilai PSNR yang rendah dibutuhkan untuk mendeteksi tepi objek yang memisahkan dengan objek lainnya pada citra.

Berdasarkan Tabel 2, didapatkan bahwa untuk segmentasi citra dari fuzzy c-means memiliki nilai RMSE, PSNR dan SSIM yang dibutuhkan untuk kualitas segmentasi pada citra. Dalam pendeteksian pembagian bidang ini, dibutuhkan nilai RMSE yang tinggi, PSNR dan SSIM yang rendah, dimana ketiganya ada pada segmentasi citra hasil fuzzy c-means.

Melihat hal tersebut, hasil penelitian ini cukup berbeda dengan penelitian sebelumnya, dimana dimana dihasilkan segmentasi hasil k-means lebih baik dibanding fuzzy c-means[1][13]. Hal ini disebabkan oleh data citra yang berbeda, dimana penelitian sebelumnya menggunakan citra dengan objek buah-buahan dengan kualitas citra yang bagus, sehingga segmentasi lebih mudah dilakukan. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan citra wajah dengan kualitas cukup baik, sehingga segmentasi menggunakan fuzzy c-means yang hasilnya lebih baik. Hal ini disebabkan algoritma fuzzy c-means sendiri memiliki keunggulan yang dapat mengelompokkan objek-objek yang tersebar secara tidak teratur yang memungkinkan suatu titik data mempunyai sifat atau karakteristik dari cluster lain[12].



Gambar 5. Grafik perbandingan PSNR citra hasil segmentasi berdasarkan nilai kontras

Tabel 2. Perbandingan nilai rata-rata evaluasi hasil segmentasi

	K-Means	Fuzzy C-Means
RSME	57.7337	124.1714
PSNR	17.7306	6.3573
SSIM	0.7261	0.5910

4. Simpulan

Hasil dari penelitian ini, didapatkan bahwa hasil evaluasi didapatkan: a) nilai RMSE fuzzy c-means 124,17 yang lebih tinggi dari nilai RMSE k-means yaitu 57,73; b) nilai PSNR fuzzy c-means 6,35 yang lebih rendah dari nilai PSNR k-means yaitu 17,73; dan nilai SSIM fuzzy c-means 0,59 yang lebih rendah dari nilai SSIM k-means yaitu 0,73.

Dari hasil evaluasi tersebut dapat disimpulkan, untuk segmentasi citra wajah yang diambil dari aplikasi presensi pegawai ini, segmentasi hasil clustering dengan fuzzy c-means memiliki nilai RMSE, PSNR dan visual efek yang dibutuhkan untuk kualitas segmentasi pada citra yang lebih baik dibanding segmentasi citra hasil k-means.

Untuk selanjutnya, penelitian yang serupa dapat dikembangkan dengan menambah citra input yang lebih banyak dan kualitas citra yang lain baik sehingga proses segmentasi citra menjadi lebih efektif.

Pustaka

- [1] T. H. Andika and A. Hafiz, “Analisis perbandingan segmentasi citra menggunakan metode k-means dan fuzzy c-means,” vol. 1, 2018, p. 237–246.
- [2] J. Salat and S. Achmady, “Minimalisasi distorsi dari segmentasi citra metode otsu menggunakan fuzzy clustering,” *ILKOM Jurnal Ilmiah*, vol. 10, no. 1, pp. 80–85, 2018.
- [3] F. Nuraeni and L. Listiani, “Implementation of k-means algorithm with distance of euclidean proximity in clustering cases of violence against women and children,” *2019 1st International Conference on Cybernetics and Intelligent System (ICORIS)*, vol. 1, pp. 162–167, 2019.
- [4] R. M. H. B. A. Premana and D. Prayogi, “Segmentasi k-means clustering padacitra menggunakan ekstraksi fitur warna dan tekstur,” *Jurnal Ilmiah Intech: Information Technology Journal of UMUS*, vol. 2, no. 1, pp. 89–97, 2020.
- [5] Y. H. A. F. Nuraeni, D. Tresnawati and G. F. Dermawan, “Optimization of market basket analysis using centroid-based clustering algorithm and fp-growth algorithm,” *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, vol. 3, no. 6, p. 1581–1590, 2022.

- [6] Y. A. S. A. Setiawan and B. Rahayudi, “Segmentasi citra makanan menggunakan clustering improved k-means untuk estimasi sisa makanan,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 10, pp. 4400–4407, 2021.
- [7] D. Arthur and S. Vassilvitskii, “How slow is the k-means method?” in *Proceedings of the twenty-second annual symposium on Computational geometry*, 2006, pp. 144–153.
- [8] S. F. C. Ayudia and Y. Yamasari, “Analisa pemetaan kriminalitas kabupaten bangkalan menggunakan metode k-means dan k-means++,” *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, vol. 3, no. 4, p. 534–546, 2022.
- [9] A. Kapoor and A. Singhal, “A comparative study of k-means, k-means++ and fuzzy c-means clustering algorithms,” vol. 3, 2017, pp. 1–6.
- [10] K. Wisaeng, “Breast cancer detection in mammogram images using k-means++ clustering based on cuckoo search optimization,” *Diagnostics*, vol. 12, no. 12, p. 3088, 2022.
- [11] D. M. H. Biswas, S. E. Umbaugh and J. Sackman, “Comparison of k-means and k-means++ for image compression with thermographic images,” *Thermosense: Thermal Infrared Applications XLIII*, vol. 11743.
- [12] M. Mellyadi and P. Harliana, “Segmentasi citra satelit dalam observasi dan konservasi hutan lindung taman nasional gunung lauser menggunakan algoritma fuzzy c-means,” *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 2, p. 90–96, 2022.
- [13] T. H. Andika, “Pengenalan pola berbasis segmentasi citra menggunakan algoritma fuzzy c-means dan k-means,” *Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- [14] S. S. A. Badruttamam and D. A. I. Maruddani, “Penerapan analisis kluster k-modes dengan validasi davies bouldin index dalam menentukan karakteristik kanal youtube di indonesia (studi kasus: 250 kanal youtube indonesia teratas menurut socialblade),” *Jurnal Gaussian*, vol. 9, no. 3, p. 263–272, 2020.
- [15] S. K. Uppada, “Centroid based clustering algorithms- a clarion study,” *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, vol. 5, no. 6, p. 7309–7313, 2014.
- [16] M. A. Ramadhan and R. Handinata, “Implementasi algoritma fuzzy c means dan moora untuk pengelompokan dan penentuan wilayah penanggulangan bencana banjir,” in *SNTIKI*, vol. 11, Palembang, Indonesia, 2019, pp. 171–177.
- [17] G. I. W. Tamtama, “Perbandingan dan analisis untuk algoritma deteksi tepi pada jaringan saraf tiruan,” *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science)*, vol. 6, no. 1, p. 67, 2021.
- [18] Z. W. Y. W. J. Gao, B. Wang and F. Kong, “A wavelet transform-based image segmentation method,” *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, vol. 208, p. 506–575, 2020.
- [19] M. S. Wibawa, “Studi komparasi metode segmentasi paru-paru pada citra ct-scan aksial,” *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, vol. 7, no. 3, p. 283, 2019.
- [20] E. A. S. S. R. Vadyala, S. N. Betgeri and A. Amritphale, “Prediction of the number of covid-19 confirmed cases based on k-means-1stm,” *Array*, vol. 11, p. 100085, 2021.