

Segmentasi Buah Mangga Menggunakan MLE dan GMM Sebagai Klasterisasi *Pixel*

Steven Pranata¹, Derry Alamsyah^{*2}

^{1,2}STMIK GI MDP; Jalan Rajawali 14, Palembang, 0711-376-400

^{1,2}Jurusan Teknik Informatika, STMIK GI MDP Palembang

e-mail: ¹stevnpranata@mhs.mdp.ac.id, ²derry@mdp.ac.id

Abstrak

Segmentasi membagi suatu citra menjadi bagian-bagian atau segmen yang lebih sederhana dan bermakna sehingga dapat dianalisis lebih lanjut. Penyelesaian yang telah ditemukan adalah menggunakan metode Maximum Likelihood Estimation (MLE) dan Gaussian Mixture Model. GMM adalah salah satu metode clustering. GMM adalah fungsi yang terdiri dari beberapa Gaussian, masing-masing diidentifikasi oleh $k \in \{1, \dots, K\}$, di mana K adalah jumlah cluster dataset kita. Maximum Likelihood estimation adalah teknik yang digunakan untuk mencari titik tertentu untuk memaksimalkan sebuah fungsi, teknik ini sangat luas dipakai dalam penaksiran suatu parameter distribusi data. Pengujian dilakukan dengan menggunakan citra mangga dengan 10 background yang berbeda. GMM akan melakukan clustering pada pixel citra mangga tersebut akan menghasilkan rata-rata dan kovarian. Kemudian rata-rata dan kovarian akan dipakai oleh MLE untuk mengkasifikasi setiap pixel citra mangga. Pada penelitian ini dilakukanlah pengujian GMM dan MLE untuk melakukan segmentasi buah mangga. Berdasarkan hasil yang didapat, metode GMM dan MLE mempunyai tingkat kesalahan sebesar 13,07% untuk 3 cluster, 8,06% untuk 4 cluster, dan 6,63% untuk 5 cluster dan mempunyai kualitas klaster yang baik dengan nilai silhouette coefficient sebesar 0,37686 untuk 3 cluster, 0,29577 untuk 4 cluster, dan 0,26162 untuk 5 cluster.

Kata kunci— Segmentasi, Clustering, GMM, MLE, Silhouette

Abstract

Segmentation divides an image into parts or segments that are simpler and more meaningful so they can be analyzed further. The solution that has been found is using the Maximum Likelihood Estimation (MLE) method and the Gaussian Mixture Model. GMM is a clustering method. GMM is a function consisting of several Gaussian, each identified by $k \in \{1, \dots, K\}$, where K is the number of clusters in our dataset. Maximum Likelihood estimation is a technique used to find a certain point to maximize a function, this technique is very widely used in estimating a data distribution parameter. Tests carried out using mango images with 10 different backgrounds. GMM will cluster the pixels of the mango image to produce averages and covariates. Then the average and covariance will be used by MLE to qualify each pixel of the mango image. In this study GMM and MLE tests were carried out to segment mangoes. Based on the results obtained, the GMM and MLE methods have an error rate of 13.07% for 3 clusters, 8.06% for 4 clusters, and 6.63% for 5 clusters and good cluster quality with silhouette coefficient values of 0.37686 for 3 clusters, 0.29577 for 4 clusters, and 0.26162 for 5 clusters.

Keywords— Segmentation, Clustering, GMM, MLE, Silhouette

1. PENDAHULUAN

Buah adalah unsur makanan yang tidak dapat terpisahkan dari masyarakat Indonesia. Buah yang sering dikonsumsi atau diminati oleh masyarakat Indonesia adalah buah mangga. Kita dapat mengenali buah mangga berdasarkan ciri-ciri bentuknya. Dalam proses pengenalan buah mangga diperlukan suatu pemisahan atau segmen tertentu dalam citra yang akurat, proses pemisahan tersebut dikenal sebagai proses segmentasi (Putranto, dkk, 2010). Segmentasi membagi suatu citra menjadi bagian-bagian atau segmen yang lebih sederhana dan bermakna sehingga dapat dianalisis lebih lanjut.

Metode yang dapat digunakan dalam segmentasi, antara lain yaitu *Thresholding* untuk menghasilkan citra biner. Segmentasi Citra Digital Ikan Menggunakan Metode *Thresholding* berhasil memisahkan objek mata ikan dengan nilai $T3 = 61$ (Kumaseh, dkk, 2013). *Fuzzy C-Means*, Konsep dasar *Fuzzy C-means* adalah menentukan pusat kluster. Dengan cara memperbaiki pusat kluster dan nilai keanggotaan dari tiap-tiap data secara berulang, maka dapat dilihat bahwa pusat kluster akan menuju lokasi yang tepat (Amaluddin, dkk, 2015). Hasil dari metode *Fuzzy C-Means* memiliki tingkat akurasi sebesar 91,3%.

Selain itu segmentasi *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) merupakan salah satu metode *Supervised Learning*. *Maximum Likelihood Estimation* adalah metode yang menentukan nilai untuk parameter suatu model. Nilai parameter ditemukan sedemikian rupa sehingga mereka memaksimalkan kemungkinan proses yang digambarkan oleh model menghasilkan data yang benar-benar diamati. Penggunaan MLE pada *Regularized Weighted Collaborative Representation with Maximum Likelihood Estimation for Facial Expression Recognition* menunjukkan bahwa Hasil percobaan pada basis data *CohnKanade* menunjukkan bahwa metode yang diusulkan efektif dalam segmentasi dan dapat mencapai hasil akurasi yang memuaskan (Dang, dkk, 2017). Penggunaan MLE dalam *A Maximum Likelihood Classification Method For Image Segmentation Considering Subject Variability* menunjukkan model yang diusulkan dapat meningkatkan hasil segmentasi (Liu, 2010).

Selanjutnya *Gaussian Mixture Model* (GMM) merupakan salah satu metode *clustering* untuk melakukan segmentasi. Dalam model, objek data dianggap berasal dari berbagai komponen, dan masing-masing sumber dimodelkan oleh distribusi Gaussian. *Gaussian Mixture model* adalah salah satu model yang baik dan banyak digunakan untuk *clustering*. Penggunaan GMM dalam *Object Segmentation Based on Gaussian Mixture Model and Conditional Random Fields* menunjukkan bahwa GMM kompetitif untuk model segmentasi objek (Zhang, Li, 2016). Penggunaan GMM pada *Foreground Detection of Moving Object Using Gaussian Mixture Model* menunjukkan bahwa GMM mendeteksi objek bergerak secara efektif ketika terhalang oleh kotak (Aslam, Sharma, 2017). Penggunaan GMM pada Segmentasi Kendaraan Menggunakan *Gaussian Mixture Model* (GMM) dan *Fuzzy Cluster Means* (FCM) memiliki nilai akurasi sebesar 91,3%. Penggunaan GMM pada *Online Video Foreground Segmentation Using General Gaussian Mixture Modeling* menunjukkan hasil yang memuaskan dalam memisahkan *pixel foreground* dan *background* (Alili, dkk, 2007).

Berdasarkan uraian paragraf sebelumnya, penelitian ini akan menggunakan tahapan yaitu, tahapan ekstraksi fitur, tahap segmentasi, dan tahap segmentasi dengan metode yang berbeda. Tahap ekstraksi fitur menggunakan *raw pixel*, tahap *clustering* menggunakan *Gaussian Mixture Model* (GMM), dan tahap segmentasi *Supervised Learning* dengan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Penelitian segmentasi buah mangga menggunakan GMM dan MLE belum pernah dilakukan, oleh karena itu penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasinya. Maka dilakukan penelitian dalam menerapkan metode GMM dan MLE dalam melakukan segmentasi buah mangga.

2. METODE PENELITIAN

1. Identifikasi Masalah

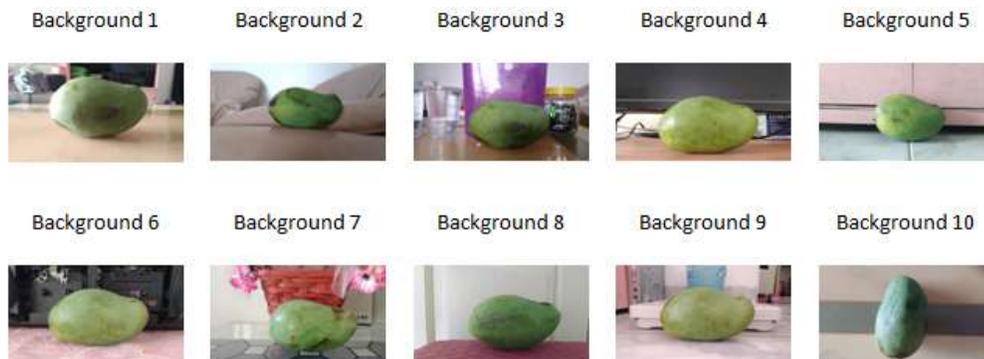
Pada tahapan ini yaitu menemukan permasalahan sesuai bidang ilmu, dalam hal ini adalah segmentasi buah mangga.

2. Studi Literatur

Pada tahapan ini, dilakukan pencarian beberapa jurnal, buku, dan hasil penelitian yang berkaitan dengan segmentasi buah mangga menggunakan berbagai macam metode, jurnal yang terkait mengenai *Gaussian Mixture Model* dan metode terkait yaitu metode *Maximum Likelihood Estimation*

3. Pengumpulan Data

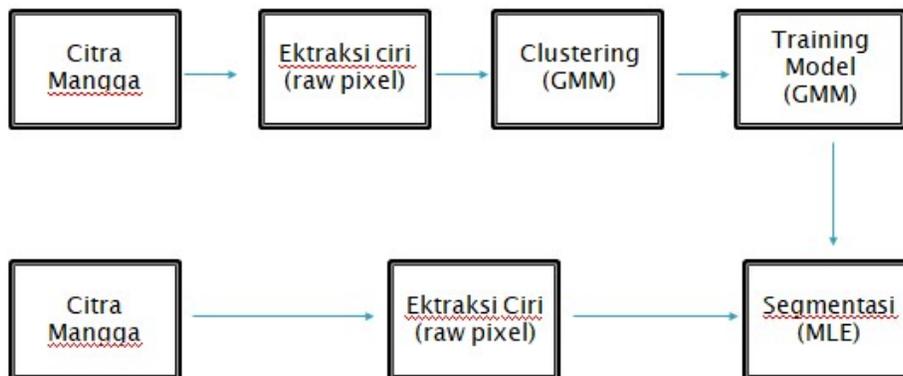
Pengumpulan data menggunakan *dataset* yang berjumlah 100 gambar yang terdiri dari 10 background yang berbeda yang setiap backgroundnya terdapat 10 citra mangga. Data tersebut diambil sendiri menggunakan kamera yang memiliki resolusi 8 *megapixel*. Contoh Dataset yang digunakan dapat dilihat seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Dataset Mangga

4. Perancangan Sistem

Perancangan dilakukan dengan mengumpulkan dataset buah mangga. Kemudian melakukan tahapan ekstraksi ciri menggunakan *raw pixel*, dilanjutkan dengan tahap *clustering* menggunakan *Gaussian Mixture Model*, dan disegmentasi menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation (MLE)* dengan tahap perancangan seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 2 Perancangan Sistem

5. Implementasi

Setelah melakukan analisis dan desain, tahap selanjutnya adalah melakukan implementasi terhadap rancangan yang telah dibuat ke bentuk program dalam bahasa pemrograman.

6. Evaluasi

Evaluasi program dilakukan untuk memastikan semua bagian berjalan sesuai dengan tujuan. Tujuan tahap ini adalah untuk mengukur tingkat kesalahan dan kualitas kluster serta memastikan keluaran yang dihasilkan sesuai keinginan. Hasil pengujian akan didokumentasikan dalam bentuk tabel dengan parameter *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Silhouette Coefficient*. Cara perhitungan Nilai *error* dan *Silhouette Coefficient* tersebut dapat dilihat pada persamaan (3.1) dan (3.2). Citra Mangga yang telah dilabel (*Ground Truth*) akan dibandingkan dengan hasil kluster mangga untuk mencari nilai selisih atau tingkat kesalahan dari mangga tersebut.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_i - y_i| \quad (1)$$

Dimana $f(i)$ adalah nilai hasil peramalan, $y(i)$ adalah nilai sebenarnya, dan n adalah jumlah data.

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \quad (2)$$

Dimana $a(i)$ sebagai rata-rata jarak antara objek i dengan semua objek lain dalam kluster tersebut dan $b(i)$ sebagai rata-rata jarak minimum dari objek i ke semua kluster lain. Jika nilai *Silhouette Coefficient* dari 0 mendekati 1, berarti kluster yang berisi objek i sangat padat dan objek i terpisah jauh dari kluster-kluster lain. Sebaliknya, jika nilai *Silhouette Coefficient* dari 0 mendekati -1, berarti kluster yang berisi objek i tidak padat dan objek i sangat dekat dengan kluster-kluster lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi

Tahap ini mengimplementasikan proses pada penelitian untuk mendapatkan hasil yang dibutuhkan pada penelitian ini, seperti klusterisasi GMM dan MLE untuk proses segmentasinya.

3.1.1 Implementasi GMM

Pada tahap ini, citra mangga akan di kluster menggunakan GMM. Kemudian hasil kluster GMM akan mendapatkan nilai rata-rata (σ) dan kovarian (Σ) untuk melakukan proses segmentasi MLE untuk setiap *pixel*, disini penulis memberikan contoh dengan menggunakan salah satu citra mangga. Setelah mendapatkan nilai rata-rata dan kovarian, akan digunakan oleh MLE untuk mengsegmentasi setiap *pixel* pada citra tersebut. Hasil GMM dapat dilihat pada Gambar 3

```
gm =
Gaussian mixture distribution with 3 components in 3 dimensions
Component 1:
Mixing proportion: 0.275075
Mean: 59.8514 64.4687 45.7275

Component 2:
Mixing proportion: 0.322248
Mean: 219.1611 195.7112 171.1486

Component 3:
Mixing proportion: 0.402677
Mean: 164.4187 160.6503 146.8483
```

Gambar 3 Klusterisasi GMM

3.1.2 Implementasi MLE

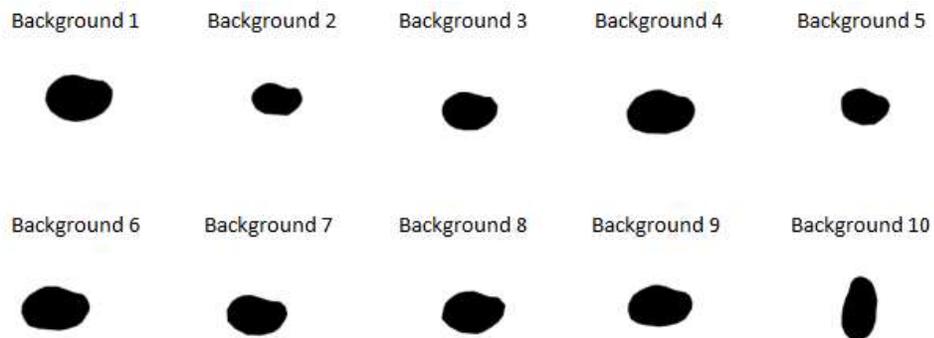
Pada tahap segmentasi MLE, citra mangga akan melakukan segmentasi dengan nilai rata-rata (σ) dan kovarian (Σ) yang telah didapatkan dari GMM menggunakan fungsi Multivariate Normal Distribution untuk setiap *pixel* pada citra mangga. Contoh Hasil segmentasi MLE dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar **Error! No text of specified style in document.** Hasil Segmentasi MLE

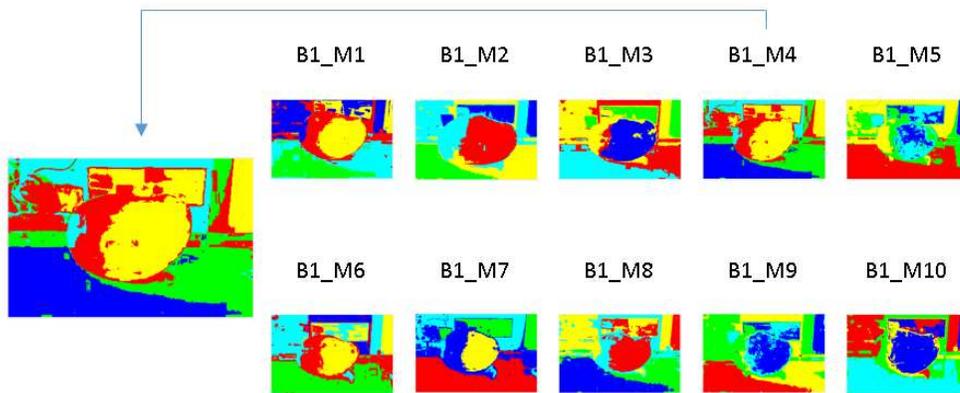
3.2 Pengujian dan Hasil

Pada tahap pengujian dilakukan pada 10 *background* berbeda, setiap *background* terdapat 10 gambar dan total seluruh mangga adalah seratus (100) gambar serta pengujian dilakukan dengan jumlah cluster yang berbeda, yaitu 3 cluster, 4 cluster, dan 5 cluster. Pada tahap penentuan hasil pengujian, dilakukan perhitungan dengan mencari selisih antara mangga yang telah dilabel (*Ground Truth*) dengan mangga hasil segmentasi untuk mendapatkan tingkat *error* menggunakan MAE dan nilai *Silhouette Coefficient* untuk mengukur kepadatan klaster dan jarak antar klaster. Contoh Citra yang telah dilabel (*Ground Truth*) dapat dilihat pada Gambar 4.3.

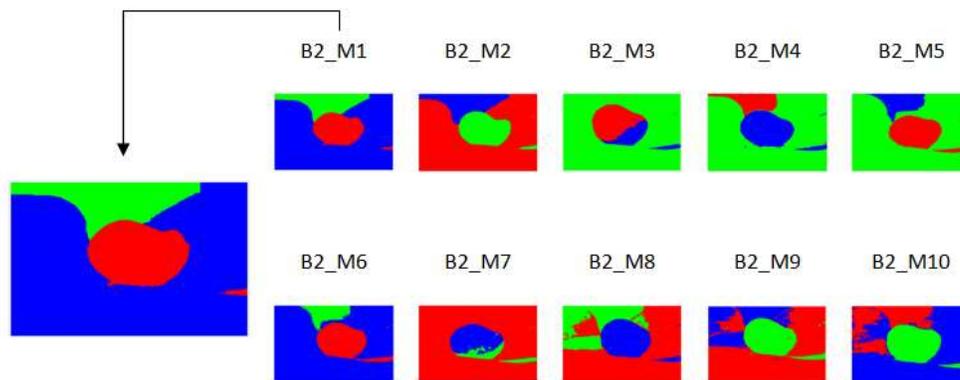


Gambar 5 Citra yang telah dilabel

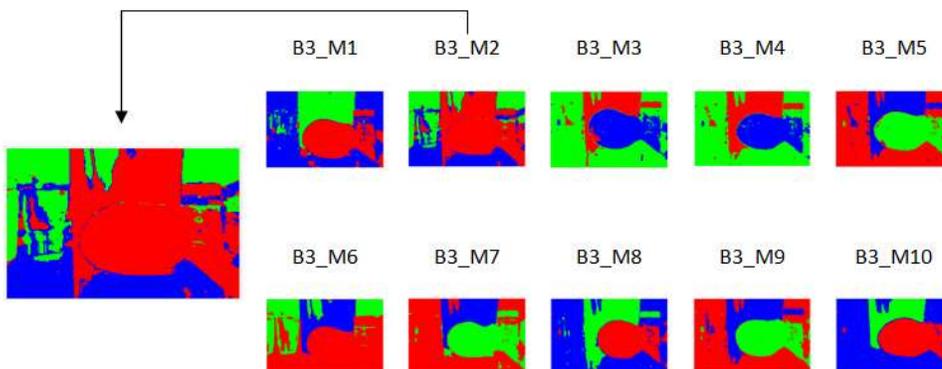
Berikut hasil yang didapat pada pengujian yang telah didapat menggunakan MAE dan *Silhouette Coefficient* yang ditampilkan dalam bentuk berupa tabel yang dapat dilihat pada Tabel berikut.



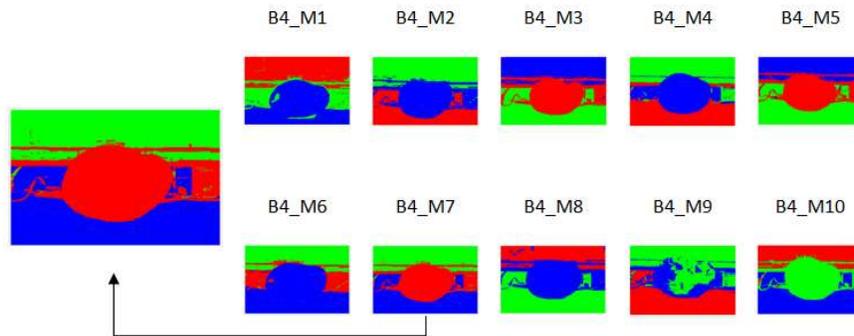
Gambar 1 Hasil Segmentasi 5 kluster pada background 1



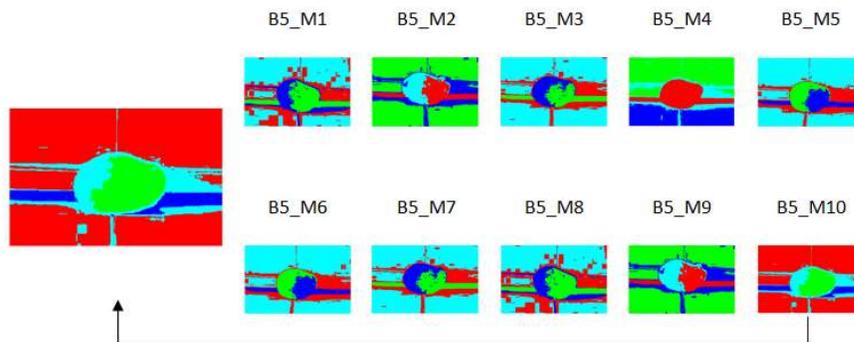
Gambar 7 Hasil Segmentasi 3 kluster pada background 2



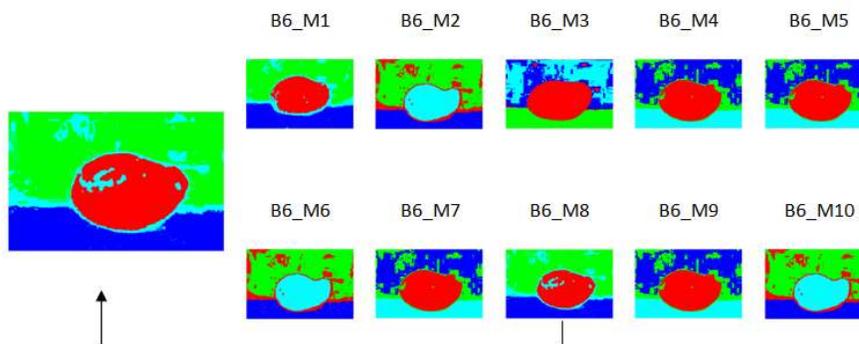
Gambar 8 Hasil Segmentasi 3 kluster pada background 3



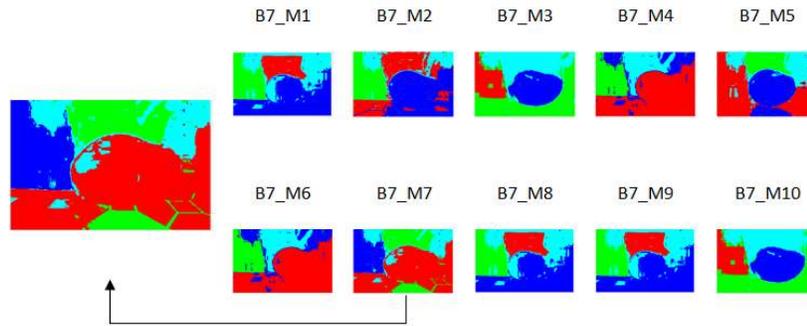
Gambar 9 Hasil Segmentasi 3 kluster pada background 4



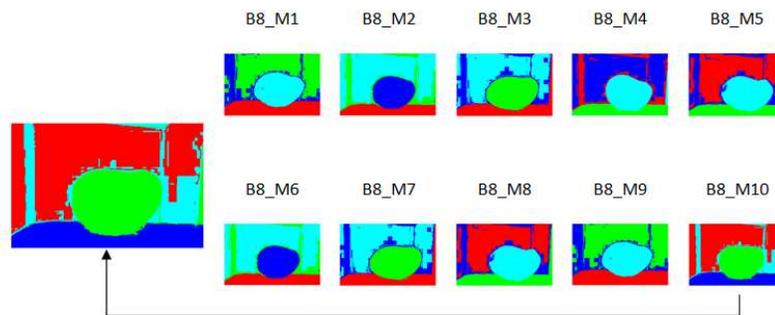
Gambar 10 Hasil Segmentasi 4 kluster pada background 5



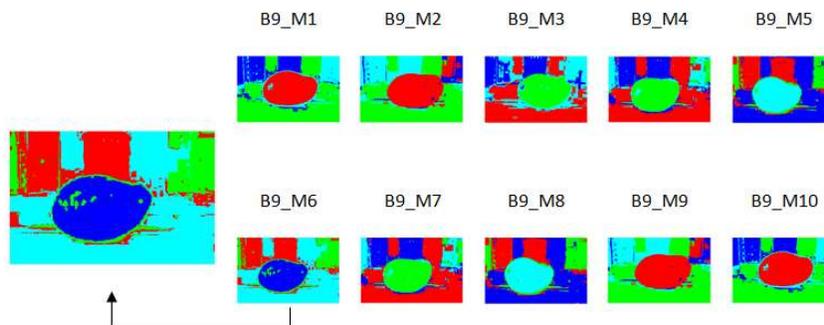
Gambar 11 Hasil Segmentasi 4 kluster pada background 6



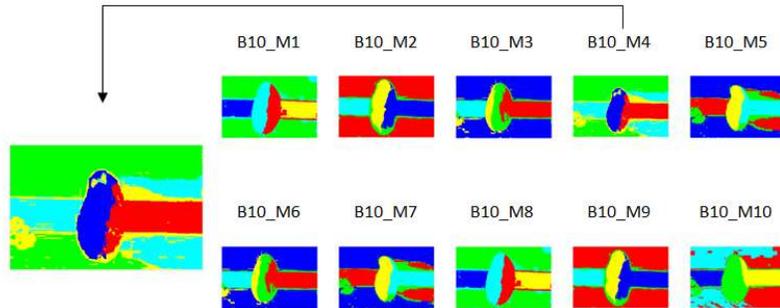
Gambar 12 Hasil Segmentasi 4 kluster pada background 7



Gambar 13 Hasil Segmentasi 4 kluster pada background 8



Gambar 14 Hasil Segmentasi 4 kluster pada background 9



Gambar 15 Hasil Segmentasi 5 kluster pada background 10

Tabel 1 Hasil Pengujian MAE Seluruh Background

Background	Nilai Rata-Rata		
	3 Cluster	4 Cluster	5 Cluster
Background1	20,22%	16,98%	14,17%
Background2	3,20%	3,41%	4,36%
Background3	14,54%	11,22%	8,61%
Background4	11,99%	3,48%	3,51%
Background5	8,89%	5,76%	4,94%
Background6	9,21%	4,15%	5,23%
Background7	20,32%	15,96%	5,84%
Background8	14,96%	4,13%	5,12%
Background9	7,45%	4,08%	4,96%
Background10	19,93%	11,46%	9,55%
Hasil	13,07%	8,06%	6,63%

Tabel 1 Hasil Pengujian *Silhouette Coefficient* Seluruh Background

Background	Silhouette Coefficient		
	3 Cluster	4 Cluster	5 Cluster
Background 1	0,27604	0,20161	0,14104
Background 2	0,3624	0,21218	0,2225
Background 3	0,15136	0,12376	0,15917
Background 4	0,35997	0,33509	0,32465
Background 5	0,58027	0,48139	0,3997
Background 6	0,58603	0,41399	0,32372

Background 7	0,23337	0,21163	0,25571
Background 8	0,47047	0,35279	0,33261
Background 9	0,37006	0,31089	0,27756
Background 10	0,37865	0,31435	0,17956
Hasil	0,37686	0,29577	0,26162

Dapat dilihat dari Tabel 1 dan Tabel 2, bahwa dari citra mangga pada 3 *cluster* yang mendapatkan nilai *Error* paling kecil yaitu citra mangga pada *background* 2 sebesar 13,07% dan citra mangga yang mendapatkan nilai *Silhouette Coefficient* paling tinggi yaitu citra mangga pada *background* 6, pada 4 *cluster* yang mendapatkan nilai *Error* paling kecil yaitu citra mangga pada *background* 2 sebesar 8,06% dan citra mangga yang mendapatkan nilai *Silhouette Coefficient* paling tinggi yaitu citra mangga pada *background* 5, dan pada 5 *cluster* yang mendapatkan nilai *Error* paling kecil yaitu citra mangga pada *background* 4 sebesar 6,63% dan citra mangga yang mendapatkan nilai *Silhouette Coefficient* paling tinggi yaitu citra mangga pada *background* 5.

4. KESIMPULAN

1. MLE mampu melakukan segmentasi mangga pada *background* yang berbeda dengan GMM sebagai klasterisasi *pixel* dengan rata-rata tingkat kesalahan (*error*) sebesar 13,07% untuk 3 *cluster*, 8,06% untuk 4 *cluster*, dan 6,63% untuk 5 *cluster*. Hasil dapat dilihat di Tabel 4.21 pada subbab 4.2.
2. Performa MLE dan GMM untuk segmentasi mangga pada *background* yang berbeda dengan GMM sebagai klasterisasi *pixel* dengan rata-rata *silhouette coefficient* sebesar 0,37686 untuk 3 *cluster*, 0,29577 untuk 4 *cluster*, dan 0,26162 untuk 5 *cluster*. Hasil dapat dilihat di Tabel 4.22 pada subbab 4.2
3. Performa MLE dan GMM untuk segmentasi mangga pada *background* 6 mendapatkan nilai rata-rata *silhouette coefficient* tertinggi dibanding *background* lain untuk 3 *cluster* dan *background* 5 mendapatkan nilai rata-rata *silhouette coefficient* tertinggi dibanding *background* lain pada 4 *cluster* dan 5 *cluster*.

5. SARAN

1. Menggunakan Metode segmentasi yang lain.
2. Menguji data yang memiliki lebih dari satu objek pada citra.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alili, M. S., Bouguila, N., & Ziou, D. ,2007, *Online Video Foreground Segmentation Using General Gaussian Mixture Modeling*, *IEEE International Conference*, Doi: [10.1109/ICSPC.2007.4728480](https://doi.org/10.1109/ICSPC.2007.4728480)
- [2] Amaluddin, F., Muslim, M. A., & Naba, A. , 2015, Segmentasi Kendaraan Menggunakan Gaussian Mixture Model (GMM) dan Fuzzy Cluster Means (FCM), *IECCIS Vol. 9, No. 1*
- [3] Aslam, N., & Sharma, V. , 2017, *Foreground Detection of Moving Object Using Gaussian Mixture Model*. *IEEE*, Doi: [10.1109/ICCSP.2017.8286540](https://doi.org/10.1109/ICCSP.2017.8286540)

- [4] Bhatia, M., & Gharge, S. , 2017, *Segmentation of Brain MR Image using Fuzzy Local Gaussian Mixture Model*, *IEEE*. Doi: [10.1109/EIC.2015.7230720](https://doi.org/10.1109/EIC.2015.7230720)
- [5] Harrabi, R., & Braiek, E. B. , 2014, *Color Image Segmentation Using a Modified Fuzzy C-Means Technique and different color spaces: Application in the Breast Cancer Cells Images*, *IEEE*, Doi: [10.1109/ATSIP.2014.6834612](https://doi.org/10.1109/ATSIP.2014.6834612)
- [6] Hung, C., Nieto, J., Taylor, Z., Underwood, J., & Sukkarieh, S. , 2013, *Orchard Fruit Segmentation using Multi-spectral Feature Learning*, *IEEE*. Doi: [10.1109/IROS.2013.6697125](https://doi.org/10.1109/IROS.2013.6697125)
- [7] Kumase, M. R., Latumakulita, L., & Nainggolan, N. , 2013, *Segmentasi Citra Digital Ikan Menggunakan Metode Thresholding*, *Jurnal Ilmiah Sains* Vol. 13 No. 1, Doi: <https://doi.org/10.35799/jis.13.1.2013.2057>
- [8] Liu, J., Narayanan, D., Chang, K., Kim, L., Turkbey, E., Lu, L., Yao, J., & Summers, R. M. 2015, *Automated Segmentation Of The Thyroid Gland On Ct Using Multi-Atlas Label Fusion And Random Forest*, *IEEE*, Doi: [10.1109/ISBI.2015.7164067](https://doi.org/10.1109/ISBI.2015.7164067)
- [9] Samet, R., Amrahov, S. E., & Ziroglu, A. H. , 2012, *Fuzzy Rule-Based Image Segmentation Technique for Rock Thin Section Images*. *IEEE*. Doi: [10.1109/IPTA.2012.6469555](https://doi.org/10.1109/IPTA.2012.6469555)
- [10] Tran, K. A., Vo, N. Q., & Lee, G. , 2013, *Maximum Likelihood Estimation of Gaussian Mixture Models using PSO for Image Segmentation*, *IEEE*. Doi: [10.1109/CSE.2013.81](https://doi.org/10.1109/CSE.2013.81)
- [11] Zheng, Y., & Zheng, P. , 2015, *Hand Segmentation based on Improved Gaussian Mixture Model*, *IEEE*, Doi : [10.1109/CSA.2015.14](https://doi.org/10.1109/CSA.2015.14)
- [12] Liu, W., Zhu, H., Wang, Y., Zhou, S., Bai, Y., & Zhao, C. , 2013, *Topology optimization of support structure of telescope skin based on bit-matrix representation NSGA-II*, *Chinese Journal of Aeronautics*, 26(6), 1422–1429. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2013.07.046>
- [13] Mahiba, A. A., & Durai, C. A. D. , 2012, *Genetic algorithm with search bank strategies for university course timetabling problem*, *Procedia Engineering*, 38, 253–263, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.033>
- [14] Parera, S., Sukmana, H. T., & Wardhani, L. K. , 2016, *Application of genetic algorithm for class scheduling (case study: faculty of science and technology UIN Jakarta)*, *2016 4th International Conference on Cyber and IT Service Management*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/CITSM.2016.7577525>
- [15] Yousef, A. H., Salama, C., Jad, M. Y., El-gafy, T., Matar, M., & Habashi, S. S. , 2016, *A GPU based genetic algorithm solution for the timetabling problem*, *2016 11th International Conference on Computer Engineering & Systems (ICCES)*, 103–109, <https://doi.org/10.1109/ICCES.2016.7821982>