

Goldfish (*Carassius auratus*) Image Segmentation Using Expectation Maximization (EM) Algorithm

Yunda Heningtyas^{1*}, Rico Andrian^{2*}, Akmal Junaidi^{3*}, Susiyani^{4*}

* Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung
yunda.heningtyas@fmipa.unila.ac.id¹, rico.andrian@fmipa.unila.ac.id², susiyani226@gmail.com⁴

Article Info

Article history:

Received 2020-08-24

Revised 2020-09-14

Accepted 2020-09-17

Keyword:

Goldfish Identification,
Goldfish Segmentation,
Expectation Maximization,
Ornamental Fish.

ABSTRACT

Carassius Auratus, also known as goldfish, is the most commonly kept ornamental fish in an aquarium that has a variety of species, shapes, and colors. Goldfish anatomy is almost similar between species so it is difficult to distinguish. Goldfish identification has several processes to determine the level of success. One process that is very important for identification is segmentation. Segmentation is the stage to separate objects and backgrounds. Good segmentation results will provide maximum feature extraction results and it should impact on optimal identification results. This research aims to create a system that can be used to segment goldfish fish objects in the background using the Expectation-Maximization method. Expectation-Maximization is an algorithm for estimating a parameter in a function by using Maximum Likelihood Estimation (MLE). Goldfish fish species total of 72 images each totaling 216. Goldfish segmentation evaluation results using the Expectation-Maximization method can work well with an accuracy rate of 89.14%. Analysis of the results of the imperfect fish image segmentation is influenced by white light and the background color is almost similar to that of the goldfish. The results of the best goldfish image segmentation are influenced by a good goldfish image when the image capture process at the time of the screenshot has a stable focus and is not blurry so that the edges of the goldfish object appear clearly and sharply.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. PENDAHULUAN

Perairan di Indonesia yang sangat luas menjadikan Indonesia memiliki berbagai spesies ikan hias yang sangat beragam. Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya memiliki spesies ikan hias masing-masing. Ketersediaan sumber daya ikan hias yang berlimpah menjadikan ikan hias sebagai salah satu komoditas perdagangan dengan potensi tinggi baik domestik maupun ekspor [1]. Salah satu ikan hias yang memiliki jumlah peminat tinggi sepanjang tahun adalah ikan Maskoki [2].

Distribusi ikan hias didominasi oleh Kabupaten Tulung Agung, Jawa Timur [3]. Ikan Maskoki merupakan jenis ikan hias air tawar yang paling banyak dipelihara oleh masyarakat [4]. Spesies ikan Maskoki pun beragam, diantaranya *Oranda*, *Ranchu*, *Fantail*. Cara membedakan Ikan Maskoki berdasarkan warna, ukuran dan corak tubuh. Ikan Maskoki

mempunyai sirip ekor yang bervariasi [5]. Jenis yang beragam dan anatomi tubuh ikan Maskoki yang hampir serupa membuat pecinta, pengamat, dan peneliti ikan Maskoki kesulitan untuk membedakan jenis-jenis ikan Maskoki terutama menggunakan foto (citra) ikan Maskoki. Identifikasi citra ikan Maskoki melalui beberapa tahap yaitu segmentasi, ekstraksi ciri, dan klasifikasi. Tahap segmentasi memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap proses ekstraksi ciri. Semakin tinggi tingkat akurasi dalam segmentasi maka semakin tinggi tingkat keberhasilan proses ekstraksi ciri dalam mengidentifikasi sebuah citra. Segmentasi merupakan proses pemisahan citra menjadi bagian-bagian utama yang mengandung informasi paling penting dalam sebuah gambar [6].

Algoritma segmentasi citra umumnya didasarkan pada satu dari dua nilai intensitas, diskontinuitas dan similaritas. Pendekatan pertama dengan pemecahan citra berdasarkan

perubahan kasar dalam intensitas, seperti tepi dalam citra. Pendekatan kedua didasarkan pada pemecahan citra menjadi region-region tertentu. Pembagian region berdasarkan sejumlah kriteria yang telah didefinisikan seperti *thresholding*, *region growing* dan *region splitting* [7]. Penelitian ini menggunakan pendekatan region dengan algoritma *Expectation Maximization*. *Expectation Maximization* (EM) merupakan sebuah algoritma yang menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) untuk menduga parameter suatu fungsi yang memiliki data tidak lengkap. Algoritma EM terbagi menjadi dua tahap yaitu *Expectation (E-step)* dan *Maximization (M-step)*. *E-step* digunakan untuk mencari nilai ekspektasi untuk fungsi *likelihood* berdasarkan variabel yang diamati. *Maximization (M-step)* bertujuan untuk mencari MLE dari masing-masing parameter dengan memaksimalkan nilai ekspektasi dari *loglikelihood* yang dihasilkan oleh *E-step* [8].

Algoritma EM sudah digunakan untuk proses segmentasi gambar *Ultrasound* (US) Kista pada *Liver* [9]. Hasil segmentasi menggunakan EM berhasil mendeteksi kista pada *liver* daripada segmentasi menggunakan *K-means clustering*. Azhar et al. [10] menerapkan algoritma *Expectation Maximization* yang dikombinasikan dengan *Hidden Markov Random Field* (HMRF) pada segmentasi citra ikan tuna. Penelitian ini menggunakan tiga tahapan. Tahap pertama ialah konversi ruang warna HSI. Tahap kedua ialah segmentasi menggunakan *cluster* DBSCAN. Tahap terakhir adalah perbaikan tepi objek hasil segmentasi menggunakan HMRF-EM. Hasil uji coba menunjukkan bahwa ikan tuna berhasil terpisah dari *background* dengan tepi citra yang akurat.

Fokus penelitian ini ada pada proses segmentasi citra ikan Maskoki menggunakan algoritma EM. Proses segmentasi citra ikan maskoki merupakan salah satu rangkaian proses identifikasi spesies ikan Maskoki menggunakan citra digital. Hasil dari penelitian ini berupa citra ikan Maskoki dengan *background* berwarna *grayscale*. Citra ini akan mempermudah proses identifikasi ikan Maskoki secara keseluruhan. Spesies Ikan Maskoki yang akan digunakan adalah *Fantail*, *Ranchu* dan *Oranda*. Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan antara objek ikan Maskoki dengan *background* pada citra digital. Pemisahan tersebut dilakukan untuk meningkatkan nilai akurasi pada proses identifikasi citra ikan Maskoki.

II. METODE PENELITIAN

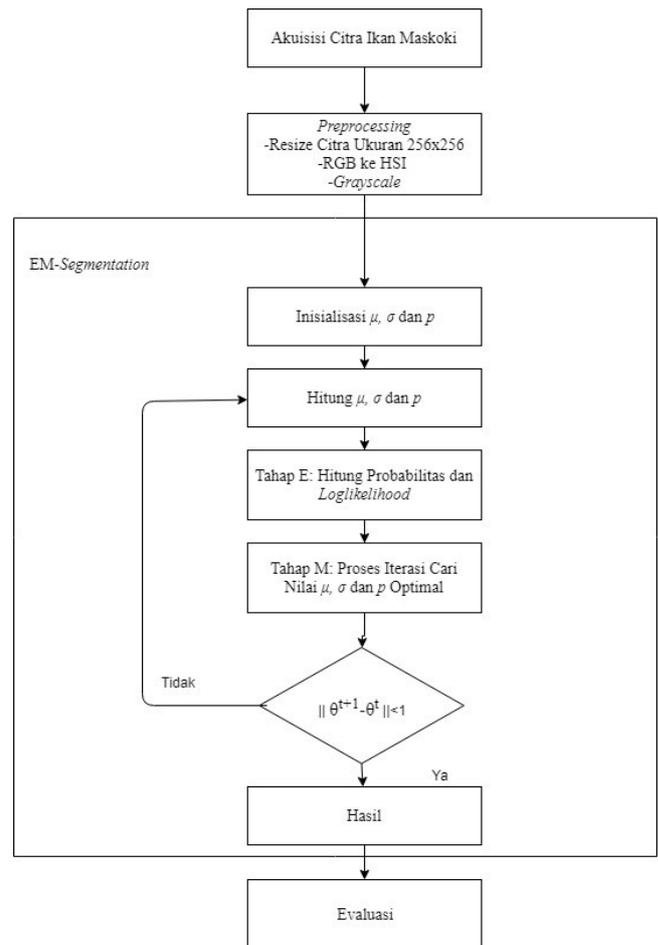
Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahapan yaitu akuisisi citra, *preprocessing* citra, dan segmentasi citra. Diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Data dalam penelitian ini berupa citra ikan Maskoki yang diperoleh dari pengambilan data secara manual di beberapa tempat penjualan ikan Maskoki.

A. Akuisisi Citra

Penelitian ini menggunakan citra RGB dari tiga spesies ikan Maskoki yaitu *Fantail*, *Oranda*, *Ranchu*. Total citra yang digunakan berjumlah 216 dalam format penyimpanan jpg dan berukuran 1920 x 1080 piksel.

B. Preprocessing Citra

Citra hasil akuisisi menjadi input pada *preprocessing*. Tahap *preprocessing* diawali dengan *re-size* ukuran citra menjadi lebih kecil dari aslinya. Selanjutnya, citra RGB diubah menjadi citra HSI. Langkah terakhir adalah merubah citra HSI menjadi citra *grayscale*.



Gambar 1. Diagram alir segmentasi ikan Maskoki menggunakan algoritma EM

C. Segmentasi

Teknik segmentasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik segmentasi berbasis *cluster*. Citra ikan Maskoki dibagi menjadi 2 *cluster*. *Cluster* yang digunakan yaitu *cluster* pertama adalah objek dan *cluster* kedua adalah *background*. Metode yang digunakan dalam segmentasi adalah metode *Expectation Maximization*.

D. Expectation Maximization (EM)

Algoritma EM merupakan algoritma iteratif yang menghasilkan nilai *Maximum Likelihood* (ML) serta

parameter-parameter baru, yaitu bobot *mixture*, *mean*, dan kovarian atau varian [11]. EM terdiri dari dua tahap yaitu *E-step* dan *M-step*. *E-step* digunakan untuk menghitung *expected values* (nilai dugaan) dari parameter berupa *mean*, varian serta probabilitas. *M-step* digunakan untuk menghitung kembali parameter yang sama dengan memaksimalkan nilai *mean* (rata-rata), varian serta probabilitas yang baru. Perbedaan yang digunakan untuk estimasi ulang parameter dilakukan secara berulang-ulang hingga mencapai lokal maksimum [8]. Tahapan penghitungan algoritma EM sebagai berikut:

1) *Histogram Citra* : Histogram citra adalah grafik yang menggambarkan frekuensi kemunculan nisbi (*relative*) dari intensitas pada citra tersebut [6]. Histogram digunakan sebagai alat bantu yang dapat menunjukkan kecerahan dan kontras dari citra ikan Maskoki. Perhitungan dari histogram akan digunakan untuk tahap segmentasi *Expectation* dan *Maximization*.

2) *Inisialisasi Parameter*: Parameter yang digunakan dalam proses inisialisasi adalah rata-rata (μ), varian (σ), dan probabilitas (p).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	97	94	104	97	97	81	58	42	31	32	36	37	37	37	36	37	37	37	34	68
2	64	74	83	94	110	113	102	85	59	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
3	74	95	134	143	161	166	173	181	187	160	75	18	0	0	0	0	0	0	0	41
4	77	141	198	198	196	196	203	218	215	223	190	100	4	0	0	0	0	0	0	40
5	80	101	156	200	210	214	196	182	188	186	207	196	133	57	0	0	0	0	0	41
6	68	70	105	171	185	181	196	198	181	157	155	155	165	169	67	0	0	0	0	41
7	70	69	112	149	188	194	193	193	178	184	190	186	211	212	182	63	0	0	0	41
8	78	95	106	100	145	197	206	187	154	153	196	225	237	254	235	182	77	10	0	41
9	74	70	105	121	105	131	179	198	186	183	168	195	202	215	236	233	209	113	1	40
10	62	51	88	134	138	146	189	201	225	224	187	197	227	222	241	255	241	157	45	37
11	63	47	63	112	154	161	172	171	179	210	209	189	223	227	215	240	224	157	68	38
12	64	60	66	68	114	142	154	179	202	202	216	216	173	173	202	193	207	168	54	38
13	78	73	93	92	92	133	163	177	183	180	209	179	135	131	169	176	129	58	20	40
14	77	60	67	83	94	172	188	171	172	199	199	151	132	142	160	131	39	1	0	40
15	74	51	69	96	119	182	162	146	123	141	168	142	148	164	131	50	0	0	0	41
16	74	62	85	101	125	137	137	137	102	106	157	158	132	101	15	0	0	0	0	40
17	77	73	82	81	127	136	110	110	112	111	119	108	55	10	0	0	0	0	0	40
18	70	62	73	81	104	129	135	103	99	109	89	34	0	0	0	0	0	0	0	41
19	60	56	98	121	137	133	115	93	99	78	20	0	0	0	0	0	0	0	0	35
20	91	92	121	124	123	112	93	74	61	38	32	34	35	35	34	34	34	34	32	66

Gambar 2. Contoh nilai matriks citra [12]

Dari Gambar 2, nilai maksimum dan minimum dapat ditentukan berdasarkan kolom matriks. Gambar 3 merupakan nilai minimum berdasarkan kolom dan Gambar 4 merupakan nilai minimum berdasarkan baris.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	60	47	63	68	92	81	58	42	31	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34

Gambar 3. Nilai minimum matriks citra [12]

1	97	141	198	200	210	214	206	218	225	224	216	225	237	254	241	255	241	168	68	68
---	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

Gambar 4. Nilai maksimum matriks citra [12]

Jumlah klastes yang diinginkan adalah 3. Selanjutnya menghitung inisialisasi parameter rata-rata, varian dan probabilitas.

Parameter rata-rata menunjukkan ukuran dispersi dari suatu citra. Parameter rata-rata digunakan untuk mendapatkan nilai rata-rata setiap cluster dengan nilai maksimal piksel citra. Nilai rata-rata dihitung menggunakan rumus (1). c merupakan nilai cluster, ma merupakan nilai maksimal piksel yang dihitung menggunakan rumus (2), k merupakan jumlah cluster [13].

$$\mu = \frac{c \times ma}{k+1} \dots\dots\dots (1)$$

$$ma = \max \text{ piksel} - \min \text{ piksel} + 1 \dots\dots\dots (2)$$

Contoh perhitungan parameter rata-rata menggunakan nilai matriks citra pada Gambar 2. Nilai maksimum (ma) yang digunakan dalam contoh perhitungan adalah kolom ke 5 pada Gambar 4. Hasil perhitungan ditampilkan dalam Gambar 5.

	1	2	3
1	52.5000	105	157.5000

Gambar 5. Nilai rata-rata dengan nilai maksimum [12]

Parameter varian menunjukkan variasi elemen dari citra ikan Maskoki. Nilai varian dihitung menggunakan rumus (3). m , n merupakan matriks baris dan kolom [13].

$$v = (m,n) \times ma \dots\dots\dots (3)$$

Contoh perhitungan parameter varian menggunakan nilai matriks citra pada Gambar 2. Nilai maksimum (ma) yang digunakan dalam contoh perhitungan adalah kolom ke 5 pada Gambar 4. Hasil perhitungan ditampilkan dalam Gambar 6.

	1	2	3
1	210	210	210

Gambar 6. Nilai varian dengan nilai maksimum [12]

Parameter probabilitas digunakan untuk mendapat nilai peluang kemunculan intensitas pada citra. Nilai probabilitas dihitung menggunakan rumus (4) [13].

$$p = (m,n) \times (1/k) \dots\dots\dots (4)$$

Contoh perhitungan parameter varian menggunakan nilai matriks citra pada Gambar 2. Hasil perhitungan ditampilkan dalam Gambar 7.

	1	2	3
1	0.3333	0.3333	0.3333

Gambar 7. Nilai probabilitas dengan nilai maksimum [12]

3) *Tahap Expectation*: Tahap *Expectation* (*E-step*) yang pertama adalah menghitung probabilitas dari distribusi parameter rata-rata, varian, dan probabilitas pada inisialisasi parameter. Nilai *E-Step* dihitung menggunakan rumus (5) dengan nilai x adalah nilai keabuan citra. *Loglikelihood* adalah parameter yang memberikan kemungkinan yang paling besar

untuk mendapatkan citra yang terobservasi. Nilai *loglikelihood* dihitung menggunakan rumus (6) [13].

$$E - Step = \frac{p}{\sqrt{2 \pi x v}} \times \exp - \frac{1(x-\mu)}{2 v} \dots\dots\dots (5)$$

$$loglikelihood = \sum Histogram \times \log(\sum_{i=1}^k distribusi_i) \dots\dots\dots (6)$$

4) *Tahap Maximization* : Tahap *Maximization (M-step)* yang pertama adalah menghitung kembali rata-rata, varian dan probabilitas pada *cluster* kedua untuk mendapatkan nilai yang lebih optimal [13].

Kedua tahap tersebut dilakukan berulang-ulang sampai hipotesa dari *converge* (nilai yang terpusat) mencapai nilai yang statis. Setiap *cluster* dalam algoritma EM memiliki *distribution probability* (kemungkinan penyebaran) yang sama dan untuk setiap kejadian data digunakan parameter nilai *estimate* (perkiraan) pada setiap *distribution* (penyebaran) [13].

E. Evaluasi

Proses segmentasi dengan metode *Expectation Maximization* menghasilkan *output* berupa gambar ikan yang terpisah antara objek ikan dan *background*. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan jumlah nilai piksel ikan Maskoki yang disegmentasi secara manual dengan jumlah nilai piksel ikan Maskoki yang disegmentasi menggunakan metode *Expectation Maximization*. Jumlah piksel ikan Maskoki yang lebih besar akan dijadikan sebagai pembandingan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berupa gambar ikan yang terpisah antara objek ikan Maskoki dan *background*.

A. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra ikan Maskoki spesies *Fantail*, *Oranda*, *Ranchu*. Ketiga spesies ini memiliki morfologi tubuh dan warna yang hampir serupa.

1) *Ikan Maskoki Fantail* : spesies *Fantail* memiliki bentuk tubuh mirip telur, sirip punggung tinggi, sirip ekor panjang empat kali lipat, dan tidak ada bonggol bahu. Sirip dubur memiliki ciri berjari tulang keras dan bergerigi serta seluruh bagian siripnya berbentuk rumbai-rumbai atau panjang [14]. Ciri-ciri tersebut merupakan bentuk morfologi yang hanya dimiliki oleh spesies *Fantail*. Ciri tersebut menjadi faktor pembeda spesies ini dengan spesies lainnya. Citra ikan Maskoki spesies *Fantail* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Ikan Maskoki spesies *Fantail*

2) *Ikan Maskoki Oranda*: spesies *Oranda* memiliki kepala berjambul, kotak dan lebar, sirip punggungnya sama seperti *Fantail*. *Oranda* memiliki sirip ekor ganda namun lebih panjang dibandingkan dengan spesies *Fantail* [5]. Spesies ini memiliki ciri morfologi ekor yang hampir serupa dengan *Fantail* namun memiliki bentuk kepala yang berbeda. Oleh sebab itu, ciri khusus yang menjadi faktor pembeda spesies *Oranda* dengan spesies lain adalah bentuk kepala. Citra ikan Maskoki spesies *Oranda* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Ikan Maskoki spesies *Oranda*

Ikan Maskoki Ranchu : spesies *Ranchu* memiliki bentuk kepala menyerupai segitiga tanpa jambul. Ikan Maskoki spesies ini tidak memiliki sirip punggung dan permukaan punggungnya yang sedikit lengkung atau bungkuk seperti busur panah. Sirip ekor *Ranchu* tergolong ekor ganda seperti spesies *Oranda* namun ukurannya lebih pendek daripada spesies *Oranda* [5]. Faktor pembeda utama spesies *Ranchu* dengan spesies lain terletak pada tidak adanya sirip punggung pada spesies ini. Citra ikan Maskoki spesies *Ranchu* dapat dilihat pada Gambar 10.

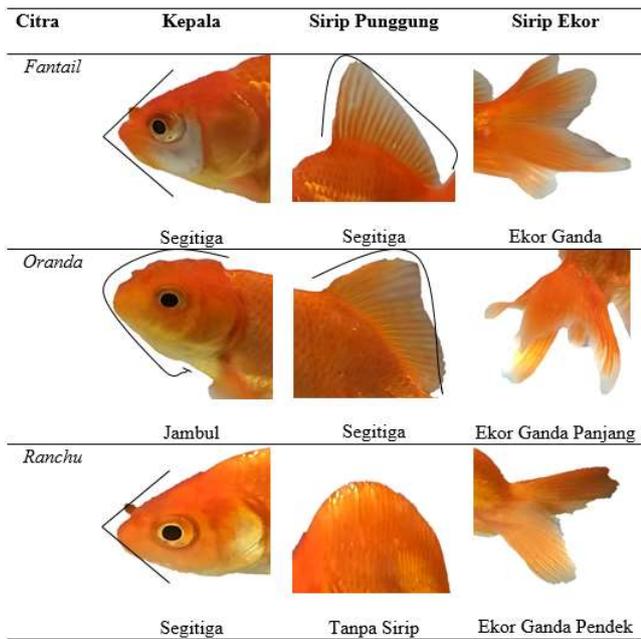


Gambar 10. Ikan Maskoki spesies *Ranchu*

Selain bentuk tubuhnya, ketiga spesies ini memiliki warna yang sama yaitu kuning keemasan. Perbedaan bentuk dari masing-masing spesies dapat dilihat pada Gambar 11.

B. Preprocessing Citra

Citra hasil akuisisi menjadi input pada *preprocessing*. *Preprocessing* diawali dengan *re-size* ukuran citra menjadi 256x256 piksel. Selanjutnya, citra RGB diubah menjadi citra HSI untuk mendapatkan *Hue* dan *Saturation*. Nilai HS digunakan untuk memudahkan proses segmentasi citra ikan Maskoki dan *background* pada warna yang hampir mirip (serupa). Langkah terakhir dalam *preprocessing* ini adalah merubah nilai HS menjadi nilai *grayscale*. Hasil tahap *preprocessing* dapat dilihat pada Tabel I.



Gambar 11. Warna dan perbedaan morfologi tubuh ikan Maskoki

TABEL I
CONTOH HASIL PRE-PROCESSING CITRA IKAN MASKOKI

Akuisisi Citra	Citra Hasil <i>Pre-processing</i>	
	Citra HS	Citra Grayscale
Ikan Maskoki Spesies <i>Faintail</i>		
Ikan Maskoki Spesies <i>Oranda</i>		
Ikan Maskoki Spesies <i>Ranchu</i>		

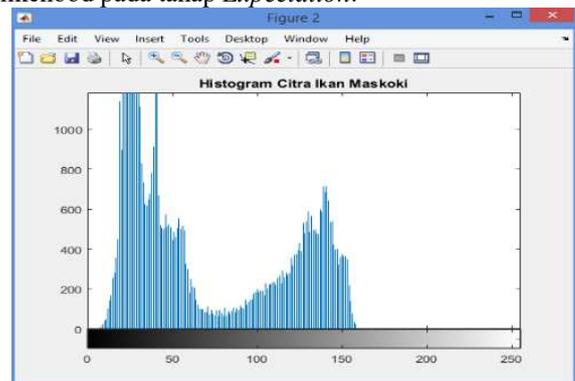
C. Histogram Citra

Citra ikan Maskoki memiliki matriks nilai citra berukuran 256 x 256. Potongan matriks salah satu citra ikan Maskoki spesies *Faintail* dapat dilihat pada Gambar 12.

21	22	23	24	22	21	22
20	21	21	20	20	19	21
18	18	18	20	20	20	21
17	16	16	22	22	22	22
17	17	17	23	24	25	24
19	20	20	21	23	25	25
21	22	23	20	22	25	25
21	21	25	21	22	24	25
22	20	24	21	24	25	26
23	21	21	22	23	25	26

Gambar 12. Potongan matriks citra ikan Maskoki

Distribusi nilai intensitas piksel dari citra *grayscale* ikan Maskoki diketahui melalui histogram. Pembuatan histogram citra ikan Maskoki menggunakan nilai dari $hi=ni/n$. Nilai hi menyatakan peluang piksel dalam derajat keabuan i . Peluang suatu piksel memiliki derajat keabuan lebih kecil atau sama dengan derajat keabuan tertentu. Nilai ni jumlah piksel yang memiliki jumlah derajat keabuan i dan nilai n adalah jumlah seluruh piksel dalam citra [6]. Histogram digunakan untuk pendugaan awal nilai-nilai piksel yang menunjukkan area objek atau *background* pada citra ikan Maskoki. Gambar 13 merupakan distribusi intensitas piksel salah satu citra ikan Maskoki. Histogram akan digunakan untuk mencari nilai loglikelihood pada tahap *Expectation*.



Gambar 13. Contoh Distribusi Sebaran Piksel Citra Ikan Maskoki

D. Inisialisasi Parameter

Parameter yang digunakan dalam algoritma EM adalah rata-rata dari ukuran dispersi suatu citra, varian elemen dari citra ikan Maskoki, dan probabilitas untuk mendapatkan nilai peluang kemunculan intensitas citra. Adapun contoh perhitungan untuk inisialisasi parameter citra pertama ikan Maskoki spesies *Faintail* adalah sebagai berikut:

1) *Hitung nilai rata-rata* : Hitung nilai rata-rata setiap *cluster* dengan nilai maksimal piksel citra ikan Maskoki menggunakan rumus (1). Nilai maksimal citra ikan Maskoki *Faintail* ke-1 adalah 179. Nilai minimal piksel citra ikan Maskoki *Faintail* ke-1 adalah 3. Nilai maksimal adalah $179-3+1=177$. Nilai rata-rata setiap *cluster* citra ikan Maskoki *Faintail* ke-1 dapat dilihat pada Gambar 14.

2) *Varian* : varian dihitung untuk menunjukkan variasi elemen dari citra ikan Maskoki. Varian dihitung dengan menggunakan matriks *ones* (m,n) dikalikan dengan maksimal nilai piksel. Matriks *ones* pada setiap elemennya bernilai 1.

Penelitian ini menggunakan matriks *ones* 1x2 dengan 2 sebagai *cluster*. Perhitungan nilai varian dilakukan menggunakan rumus (3). Ilustrasi perhitungan varian dapat dilihat pada Gambar 15.

$$\begin{aligned} \mu &= 1x \frac{177}{2+1} = 59 \\ &= 2x \frac{177}{2+1} = 118 \end{aligned}$$

	k1	k2
1	59	118

Gambar 14. Nilai rata-rata setiap *cluster* citra ikan Maskoki *Fantail* ke-1

$$v = [1 \ 1] x 177 = [177 \ 177]$$

	k1	k2
1	177	177

Gambar 15. Nilai varian citra ikan Maskoki *Fantail* ke-1

3) *Probabilitas*: Hitung probabilitas kemunculan intensitas citra dengan mengalikan antara matriks *ones* dengan $\frac{1}{cluster}$. Matriks *ones* merupakan matriks berordo mxn yang elemennya bernilai 1. Ordo m (baris) diinisialisasi dengan nilai 1 dan ordo n (kolom) diinisialisasi dengan nilai 2 (sesuai *cluster* yang digunakan). Perhitungan nilai probabilitas dilakukan menggunakan rumus (4). Ilustrasi perhitungan probabilitas dapat dilihat pada Gambar 16.

$$p = [1 \ 1]x \frac{1}{2} = [0,5 \ 0,5]$$

	k1	k2
1	0,5	0,5

Gambar 16. Nilai probabilitas citra ikan Maskoki *Fantail* ke-1

E. Tahap Expectation (E-step)

E-Step menghitung probabilitas dan *loglikelihood*. Hitung distribusi probabilitas dengan nilai probabilitas, varian, dan rata-rata yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya. Perhitungan *E-Step* menggunakan rumus (5). Ilustrasi perhitungan distribusi probabilitas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &\frac{0.5}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot 177}} x \exp\left(-0,5 x \left(\frac{(167 - 59)}{177}\right)\right) \\ &= 7.3529e-17 \end{aligned}$$

Selanjutnya adalah menghitung nilai *loglikelihood* berdasarkan nilai distribusi probabilitas sebelumnya. Perhitungan *loglikelihood* menggunakan rumus (6). Ilustrasi perhitungan *loglikelihood* adalah sebagai berikut:

$$\sum Histogram \times Log\left(\sum_1^2 distribusi\right) = -6.1692$$

F. Tahap Maximization (M-step)

Perhitungan *mean*, varian dan probabilitas yang telah diperoleh pada *E-Step* digunakan kembali pada *M-step*. Perhitungan dalam *M-step* akan menghasilkan nilai maksimal dari setiap kemungkinan pada *E-step*.

1) Menghitung Probabilitas Kedua

Probabilitas kedua dihitung untuk mengoptimalkan proses iterasi nilai rata-rata, probabilitas dan varian. Dari *E-step*, diketahui nilai distribusi probabilitasnya adalah (7.3529e – 17).

2) Menghitung ulang probabilitas

Probabilitas kedua menghasilkan matriks berukuran 7x2. Total nilai yang didapatkan adalah 14 untuk setiap gambar ikan Maskoki. Seluruh nilai probabilitas tersebut kemudian dihitung jumlahnya dengan menggunakan fungsi *Sum*.

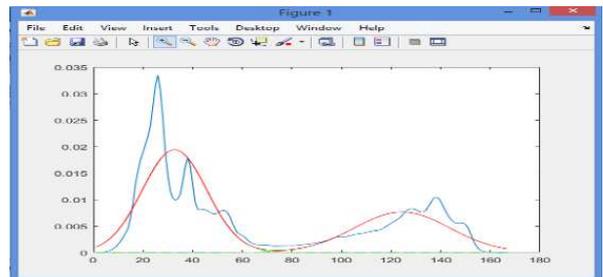
3) Menghitung ulang rata-rata

Total nilai rata-rata yang didapatkan adalah 2 nilai untuk setiap gambar ikan Maskoki. Kedua nilai rata-rata yang didapat kemudian dihitung jumlahnya dengan menggunakan fungsi *Sum*.

4) Menghitung ulang varian

Nilai varian tersebut kemudian dihitung jumlahnya dengan menggunakan fungsi *Sum*.

Hasil segmentasi menggunakan algoritma EM menghasilkan output berupa histogram dan gambar yang tersegmentasi. Sebaran nilai ditampilkan dalam bentuk histogram. Histogram digunakan untuk pembagian jumlah *cluster*. Pembagian jumlah *cluster* berdasarkan histogram penyebaran nilai dari masing-masing parameter. Histogram pembagian *cluster* dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Histogram Pembagian Cluster

Hasil metode segmentasi EM berupa matriks 256x256. Gambar 17 merupakan hasil pembagian *cluster* untuk citra pertama ikan Maskoki spesies *Fantail*. Nilai matriks hasil segmentasi pada citra tersebut adalah 179 dan 29. Warna 29 merupakan warna hitam pada objek yang terdeteksi sebagai ikan Maskoki sedangkan nilai warna 179 menunjukkan warna

sedangkan rata-rata hasil evaluasi segmentasi citra ikan Maskoki *Ranchu* adalah 87,51%. Rata-rata hasil segmentasi citra ikan Maskoki *Fantail*, *Oranda*, dan *Ranchu* adalah 89,14%. Perbandingan hasil segmentasi citra Ikan Maskoki tertinggi dan terendah menggunakan metode EM dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV
HASIL SEGMENTASI CITRA IKAN MASKOKI TERTINGGI DAN TERRENDAH

Citra Asli		Tingkat akurasi minimal	Tingkat akurasi maksimal
Ikan Maskoki <i>Fantail</i>			
			
		88.03%	98.25%
Ikan Maskoki <i>Oranda</i>			
			
		78.48%	96.93%
Ikan Maskoki <i>Ranchu</i>			
			
		79.94%	98.95%

H. Analisis Hasil Segmentasi

Citra hasil akuisisi mempengaruhi hasil segmentasi. Semakin baik kualitas citra yang diakuisisi maka akan baik pula hasil segmentasinya. Tingkat rata-rata akurasi hasil segmentasi yang hanya mencapai 89,14% disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor penyebab utama kegagalan adalah kesalahan pengambilan gambar pada saat proses akuisisi citra.

Kesalahan tersebut dapat dilihat pada Tabel V dan Tabel VI. Citra pada Tabel V menunjukkan adanya pembiasan cahaya berwarna putih pada citra. Bayangan dan pantulan cahaya warna putih disebabkan oleh kondisi pencahayaan yang terlalu terang. Cahanya tersebut menimbulkan bayangan pada permukaan akuarium sehingga bayangan ikut tersegmentasi. Citra pada Tabel VI merupakan contoh citra dengan tingkat akurasi yang rendah. Rendahnya nilai akurasi disebabkan intensitas warna *foreground* (ikan Maskoki) dengan *background* yang hampir serupa. Warna ikan Maskoki yang hampir mirip dengan *background* mengakibatkan sulitnya mendeteksi objek ikan Maskoki sehingga menimbulkan kesalahan segmentasi.

Proses akuisisi citra gambar mempengaruhi hasil kualitas segmentasi. Pengambilan objek citra harus memiliki fokus yang stabil dan tidak blur, sehingga menghasilkan tepian

objek ikan Maskoki terlihat jelas dan tajam. Segmentasi ikan Maskoki terbaik dapat dilihat pada Tabel VII.

TABEL V
ANALISIS HASIL SEGMENTASI FAKTOR 1

Spesies	Citra Hasil Akuisisi	Citra Hasil Segmentasi	Hasil Evaluasi
<i>Faintail</i>			88.03%
<i>Oranda</i>			82.81%
<i>Ranchu</i>			82.05%

TABEL VI
ANALISIS HASIL SEGMENTASI FAKTOR 2

Spesies	Citra Hasil Akuisisi	Citra Hasil Segmentasi	Hasil Evaluasi
<i>Oranda</i>			78.48%
<i>Ranchu</i>			79.94%

TABEL VII
ANALISIS HASIL SEGMENTASI TERBAIK

Spesies	Citra Hasil Akuisisi	Citra Hasil Segmentasi	Hasil Evaluasi
<i>Fantail</i>			98.25%
<i>Oranda</i>			96.93%

Spesies	Citra Hasil Akuisisi	Citra Hasil Segmentasi	Hasil Evaluasi
<i>Ranchu</i>			92.85%

V. KESIMPULAN

Segmentasi citra ikan Maskoki menggunakan metode *Expectation Maximization* (EM) mampu bekerja dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 89,14%. Akurasi ini merupakan nilai rata-rata dari tingkat akurasi rata-rata masing-masing spesies ikan Maskoki. Tingkat akurasi rata-rata spesies *Fantail* sebesar 93,28%, spesies *Oranda* sebesar 86,63%, dan spesies *Ranchu* sebesar 87,51%. Tahap penelitian selanjutnya adalah menggabungkan citra hasil segmentasi EM ini dengan metode gabor filter untuk membuat sistem identifikasi citra ikan Maskoki.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak akan terlaksana tanpa bantuan dari pihak-pihak terkait. Tim peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- LPPM Universitas Lampung yang telah membiayai riset ini sampai selesai.
- Mahasiswa yang terlibat (Susiyani, AA. Gieniung P., dan Erizky Wala) dalam penelitian ini baik dalam proses pengambilan data maupun proses pembuatan aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kelautan dan Perikanan RI, "Peta Lalulintas Ikan Hias 2018," 2018. [Online]. Available: <https://kkp.go.id/kkp/bkimp/artikel/6157-peta-lalulintas-ikan-hias-2018>.

- [2] T. A. Atmaji and C. Supriyanto, "Klasifikasi Jenis Ikan Koi Menggunakan Gray Level Co- Occurance Matrix dan Algoritma Naive Bayes," Universitas Dian Nuswantoro, 2014.
- [3] Kementerian Kelautan dan Perikanan, *Pasar Ikan Hias Indonesia*. Indonesia, 2016.
- [4] Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman, "Produksi dan Harga Ikan Hias Air Tawar menurut Jenisnya di Kabupaten Sleman, 2016," *Badan Pusat Statistik*, 2017. [Online]. Available: <https://slemankab.bps.go.id/statictable/2017/11/15/260/produksi-dan-harga-ikan-hias-air-tawar-menurut-jenisnya-di-kabupaten-sleman-2016>.
- [5] Y. Bachtiar and T. Lentera, *Budidaya Ikan Hias Air Tawar untuk Ekspor*. I. Tangerang: PT. Agromedia Pustaka, 2020.
- [6] R. Munir, *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika, 2004.
- [7] Eko Prasetyo, *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi, 2011.
- [8] R. V Hogg, J. W. Mckean, and A. T. Craig, *Introduction to Mathematical Statistics Seventh Edition*. 2013.
- [9] A. Khanna, M. Sood, and S. Devi, "US Image Segmentation Based on Expectation Maximization and Gabor Filter," vol. 2, no. 3, 2012, doi: 10.7763/IJMO.2012.V2.117.
- [10] R. Azhar, A. Z. Arifin, and W. N. Khotimah, "INTEGRASI DENSITY-BASED CLUSTERING DAN HMRF-EM PADA," vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2016.
- [11] L. Handayani, "Identifikasi Area Kanker Ovarium pada Citra CT Scan Abdomen Menggunakan Metode Expectation Maximization," 2012, pp. 212–218.
- [12] I. I. Septa, "ALGORITMA EXPECTATION MAXIMIZATION SEGMENTATION SEGMENTATION MAMMOGRAPHY BREAST CANCER WITH EXPECTATION MAXIMIZATION SEGMENTATION ALGORITHM (EM-SEGMENTATION) FOR RECOGNITION BREAST CANCER AREA," UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU, 2013.
- [13] N. Mustapha, M. Jalali, and M. Jalali, "Expectation maximization clustering algorithm for user modeling in web usage mining system," 2009.
- [14] Iskandar and M. Sitanggang, *Memilih dan Merawat Maskoki Impor Berkualitas*. Jakarta: Agromedia Pustaka, 2003.
- [15] A.A. Gieniung Pratidina, "IDENTIFIKASI IKAN MASKOKI MENGGUNAKAN EKSTRAKSI FITUR GABOR FILTER DAN KLASIFIKASI PROBABILITY NEURAL NETWORK (PNN)," Universitas Lampung, 2018.