

Deteksi Denyut Jantung Embrio Ikan Oryzias Celebencis Menggunakan Dekomposisi Kuantil Abu-Abu

Detection of Oryzias Celebencis Embryo Heart Rate Using Gray Quantile Decomposition

Inna Ekawati^{1*}, Annisa Firasanti³

^{1,2}Program Studi Teknik Komputer Universitas Islam 45

Jl. Cut Meutia 83, Bekasi, 17113

inna.ekawati@unismabekasi.ac.id^{*}, annisa_firasanti@unismabekasi.ac.id²

Abstrak – Studi ini mengembangkan pendekatan untuk mengekstrak ciri warna sebagai referensi utama untuk mendeteksi area objek yang bergerak dalam video. Video dalam proyek ini memuat rekaman denyut jantung ikan *Oryzias Celebencis* yang masih dalam rupa embrio. Metode yang diusulkan pertama-tama melakukan penapisan frame berwarna dalam ruang RGB memakai filter median dan bilateral. Lalu, frame yang telah ditapis menjalani proses konversi ke ruang warna abu-abu. Pada titik ini, frame keabuan akan diurai memakai pendekatan kuantil, ke segmen-segemen warna pembentuknya. Segemen ini dideteksi keberadaan pergerakan objek didalamnya sekaligus disertai dengan perhitungan denyutannya yang timbul berdasarkan pelebaran/penyusutan region objek saat proses pemompaan darah oleh jantung. Metode yang diajukan mampu mengekstrak objek bergerak dalam video dengan IoU sebesar 85% luasan area objek yang bergerak. Penelitian ini berhasil mendeteksi jantung dengan MSE sebesar 0,5; lebih kecil jika dibandingkan dengan rata-rata intensitas objek bergerak yang deteksi oleh software imageJ yang mendapatkan nilai MSE sebesar 396,625. Metode yang diusulkan mampu mengurangi pembentukan puncak palsu dalam grafik puncak/lembah denyutan jantung.

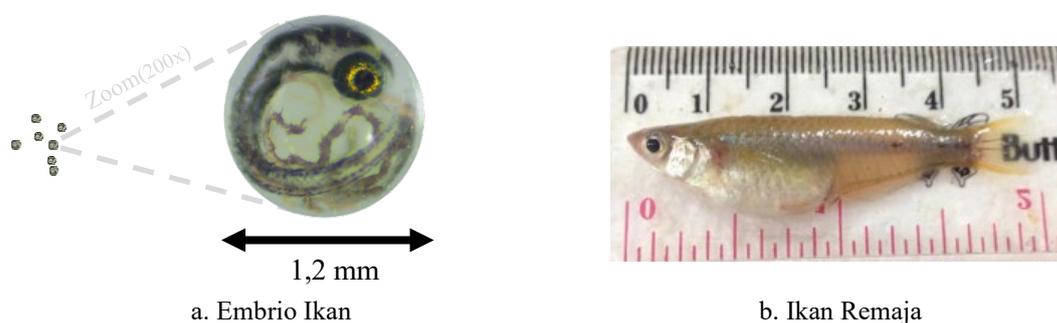
Kata Kunci: Filter, median, bilateral, imageJ, segmentasi, puncak.

Abstract – This study develops an approach to extract colour characteristics as the primary reference for detecting areas of moving objects in video. The video in this project contains recordings of the heartbeat of the *Oryzias Celebencis* fish, which is still in the form of an embryo. The proposed method first performs filtering of coloured frames in RGB space using median and bilateral filters. Then, the filtered frame converts to a grey colour space. The grey frame will be decomposed using a quantile approach into its constituent colour segments. This segment detects the presence of the object's movement and the calculation of its pulsation that arises based on the pulsation of the object's region during the process of blood pumping by the heart. Our method can extract moving objects in video with an IoU of 85% of the moving object area. We have detected a heart with an MSE of 0.5, more minor than the average intensity of moving objects detected by the ImageJ software, which obtained an MSE value of 396,625. Our proposed method can reduce the formation of false peaks in the heart rate peak/valley graph.

Keywords: Filter, median, bilateral, imageJ, segmentation, peak.

1. Pendahuluan

Orizias celebensis merupakan ikan endemik yang hidup di perairan sungai atau danau di kepulauan Sulawesi. Embryonya sering digunakan sebagai model organisme untuk riset di bidang biologi and obat-obatan seperti halnya ikan zebra[1]. Dari sisi ukuran, embrio ikan ini terhitung sangat kecil mendekati orde milimeter. Umumnya embrio ikan ini berada pada kisaran 1 sampai 2 milimeter, sebagaimana yang diilustrasikan pada Gambar 1. Walaupun sangat kecil, embrio ikan ini sering diamati kondisi jantungnya untuk riset patologis. Riset jantung embrio *Orizias celebensis* dapat dilakukan secara non-invasif oleh sebab kemudahan dalam mengamati anatomi tubuhnya. Kemudahan ini karena embrio ini memiliki jaringan tubuh yang transparan yang dibalut oleh selubung embrio yang transparan pula [2],[3],[4],[5]. Sebaliknya, secara invasif biasanya digunakan elektrode yang ditanamkan pada tubuh mahluk [6],[7].



Gambar 1. Ilustrasi perbedaan ukuran, (a) Embrio, dan (b) Ikan *orizias celebensis* remaja.

Terdapat beberapa tantangan dalam penelitian terkait dengan inspeksi visual jantung embrio ikan. Denyut jantung yang berhubungan dengan keadaan kontraksi dan relaksasi jantung harus diambil sinyalnya, melalui proses segmentasi citra area bilik jantung pada kanal hijau ruang warna RGB memakai pendekatan nilai ambang batas citra biner sebelum proses morfologi memakai operator dilatasi/erosi[2]. Kanal merah dengan ambang batas tertentu dapat pula digunakan sebagai penanda keberadaan darah yang mengalir, lalu dilanjutkan dengan proses transformasi ke dalam spektrum frekuensi untuk melihat irama jantung. Protokol lain yang perlu digunakan adalah dengan terlebih dahulu membuat citra dalam keadaan halus. Kemudian, sebelum proses analisis puncak denyutan dilakukan perhitungan frekuensi detak jantung dalam spektrum frekuensi berbasis transformasi fourier [8][9][10].

Proses segmentasi harus mampu menghasilkan area pengamatan denyutan yang tepat. Sehingga dalam rangka memperoleh kebenaran hasil segmentasi, diperlukan rangkaian panjang proses pelepasan area objek bergerak dan diam dalam citra memakai deskriptor *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT) dan metode serupa *Random Sample and Consensus* (RANSAC)[11]. Bisa juga digunakan langkah yang lebih sederhana untuk mendeteksi objek bergerak dalam citra memakai perhitungan selisih dua *frame* dalam kanal V ruang warna HSV atau L di LUV. Lalu, dilanjutkan dengan tahapan *frame smoothing* serta proses konversi ke citra biner dalam batas ambang tertentu sebelum proses normalisasi memakai *mean* atau standar deviasi dan proses *de-trending* memakai teknik rata-rata menggelinding untuk *peak smoothing* dan lembah denyutan jantung[12]. Area objek yang berdenyut dapat pula diperbesar dengan memakai transformasi hermite ataupun eulerian. Salah satu transformasi ini harus bekerja secara kolaboratif dengan jaringan saraf konvolusi agar dapat diperkirakan sinyal denyutan jantung, tentu dengan catatan bahwa area yang berdenyut harus mutakhir datasetnya[13].

Mengenali area bergerak dapat pula memakai empat filter sekaligus yaitu filter keabuan, luma, selisih dua luma dan biner. Belum sampai disini, agar area yang berdenyut dapat terlihat tanpa ada pulau-pulau dalam citra yang menunjukkan bukan objek jantung harus disertai dengan proses *clustering* untuk penilaian *region growing* memakai misalnya, algoritma *Density-based Spatial Clustering of Application with Noise* (DBSCAN) [14]. *Clustering* lanjutan perlu dilakukan untuk melihat jumlah *pixel* dalam bilik jantung saat kontraksi minimum dan maksimum, ataupun

saat proses transisi yang memungkinkan intensitas cahaya pada kedua bilik dalam keadaan cerah maksimum sehingga berpotensi menimbulkan dua puncak denyutan. Sehingga diperlukan proses *learning* bayangan yang mampu memisahkan halusinasi kontraksi atau relaksasi jantung [15]. Dengan demikian, catatan pada teknik ini adalah diperlukan lingkungan hidup embrio yang tidak terlalu banyak getaran atau gerakan yang bukan menunjukkan lendutan jantung agar detak dapat terekstrak dengan benar. Selain itu, saat transisi perpindahan *frame* perlu dilakukan proses pelembutan *fade in* dan *fade out* memakai interpolasi Spline [16].

Pada pokoknya, algoritma-algoritma ini bekerja dalam *Region of Interest* (ROI) yang perlu ditetapkan agar tersaji batas-batas tepi organ yang berdenyut secara visual. Walaupun demikian, ketika ROI telah ada, masih diperlukan proses *moving object detection* sebagai langkah lanjutan mendefinisikan bilik/pembuluh yang berdenyut. Pilihannya, deteksi bisa berbasis perubahan area ataupun satuan *pixel* yang mengalami pergantian nilai intensitas dalam ROI. Proses ini harus peka dengan variasi luminansi saat terjadi pergeseran objek di ROI. Sehingga, batas ambang ataupun dataset proses *learning* harus adaptif selama perhitungan frekuensi detak jantung dari sebuah atau banyak kanal ruang warna. Selain itu, pada bagian akhir proses perhitungan frekuensi detak harus diantisipasi kejadian kemunculan dua puncak palsu dalam grafik denyut jantung.

Artikel ini mengusulkan metode baru untuk deteksi denyut jantung embrio ikan *Orizias celebensis* dalam tayangan video menggunakan metode dekomposisi kuantil abu-abu. Metode ini mampu mengekstrak fitur warna saat terjadi denyut jantung sebagai sinyal acuan perhitungan detak. Metode ini bekerja menggunakan basis ruang warna abu-abu untuk pengamatan objek yang bergerak di dalam video. Secara detail penjelasan ini diuraikan pada bab-bab selanjutnya.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dirancang untuk menyelidiki gejala pergerakan objek dalam video. Hipotesa awal adalah bahwa pendeteksian objek bergerak dalam video dapat dilakukan melalui penguraian komposisi warna dasar pembentuk *region object*. Dugaan ini cukup beralasan karena proses kontraksi dan relaksasi bilik jantung/pembuluh darah menyebabkan pelebaran/penyusutan region tertentu dalam *frame* video, sehingga perlu dilaksanakan *moving object detection* sebagai tanda adanya pergerakan objek. Dengan demikian diharapkan muncul sinyal yang mengilustrasikan ada dan ketiadaan denyutan jantung saat pemompaan darah.

Dugaan ini didalami dengan mengumpulkan 8 rekaman video tayangan denyut bilik jantung/pembuluh darah *orizias* yang diambil dengan bantuan mikroskop. Embrio yang berusia stadia 24-29 ditempatkan pada mikroplet di bawah sorotan mikroskop dengan pembesaran 40 kali dan pembesaran 6 kali dari *smartphone*. Mikroskop hanya menyoroti bagian tubuh area jantung atau pembuluh darah yang sedang berdenyut, lalu *smartphone* Vivo V23e ditempatkan di mikroskop untuk menangkap proses ini. *Smartphone* diatur memiliki resolusi sebesar 1080p dengan jumlah *frame per second* sebesar 30 fps. Video ini lalu diproses menggunakan bahasa pemrograman Python pada komputer *intel core i7* generasi ke-9 dan *memory* 8 *gigabyte* dengan sistem operasi *windows*.

Tahap pertama dari pemrosesan video ini adalah melepaskan *frame-by-frame* untuk diambil citra RGB yang termuat didalamnya. ROI dipilih berdasarkan opini pakar yang paham tentang anatomi jantung embrio ikan ini. Kemudian, ROI yang masih dalam RGB diberi perlakuan filter median melalui persamaan (1),

$$M(u, v) \leftarrow \text{median}\{F(u + i, v + k) \mid (i, j) \in R\} \quad (1)$$

dimana

- M = citra hasil filter median;
- F = citra original yang termuat dalam *frame*;
- u = *pixel frame* indeks ke- u ;
- v = *pixel frame* indeks ke- v ;
- i = *pixel* topeng ke- i ;
- j = *pixel* topeng ke- j ;

Lalu, citra median diberikan perlakuan filter bilateral untuk lebih memantapkan *cluster* warna keabuan. Filter ini harus memenuhi ketentuan dalam persamaan (2),

$$I^{\text{filtered}}(x) = \frac{1}{W_p} \sum_{x_i \in \Omega} I(x_i) f_r(\|I(x_i) - I(x)\|) g_s(\|x_i - x\|), \quad (2)$$

dimana,

- I^{filtered} = citra hasil filter bilateral;
 I = citra original yang termuat dalam *frame*;
 W = bobot normalisasi yang didefinisikan oleh (3)

$$\sum_{x_i \in \Omega} f_r(\|I(x_i) - I(x)\|) g_s(\|x_i - x\|) \quad (3)$$

- f_r = interval kernel untuk memperhalus perbedaan pada intensitas;
 x = koordinat dari piksel yang akan ditapis;
 g_s = spasial (atau *domain*) kernel untuk memperhalus perbedaan pada koordinat, dan
 Ω = *window* yang mempunyai pusat x

Citra hasil filter bilateral ini dikonversi ke ruang warna *grayscale* dan kemudian dilakukan proses dekomposisi kuantil keabuan. Tujuannya adalah untuk menguraikan komposisi warna dasar pembentuk *region* pada objek-objek dalam *frame*. Dalam tahap ini *frame* hanya memiliki kandungan warna abu-abu dengan rentang nilai 0 sampai 255. Dalam rentang ini diberlakukan pengelompokan 7 bagian rentang nilai keabuan memakai konsep kuantil. Sebanyak 256 anggota nilai keabuan ini dipisahkan pada titik-titik pemisah yang disebut titik kuantil. Dengan demikian sebaran data ini dipisahkan per 1/7 bagian dari nilai maksimum keabuan yang muncul dalam *frame*, sehingga nilai titik kuantil pemisah di sebuah *frame* ini harus memenuhi ketentuan (4),

$$Q_f^q = \begin{cases} 0,14(\max(Igray_f^{\text{filtered}})), & \text{if } q = 1 \\ Z_f^1 + (0,14(\max(Igray_f^{\text{filtered}}))), & \text{if } 1 < q < 7 \end{cases} \quad (4)$$

dimana,

- Q_f^q = nilai titik kuantil pemisah ke- q di *frame* ke- f ;
 $Igray_f^{\text{filtered}}$ = nilai keabuan citra hasil filter bilateral yang termuat dalam *frame* ke- f ; dan
 q = nilai kuantil.

Berdasarkan nilai Q_f^q , nilai warna keabuan sebuah *pixel* disetiap segmen *object* dalam sebuah *frame* mengikuti ketentuan persamaan (5).

$$Z(x, y) = \begin{cases} Q_f^1, & \text{if } 1 > Z(x, y) \leq Q_f^1 \\ Q_f^q, & \text{if } Q_f^{q-1} > Z(x, y) \leq Q_f^q \\ Q_f^7, & \text{if } Z(x, y) \geq Q_f^7 \end{cases} \quad (5)$$

dimana,

- Z = nilai keabuan sebuah *pixel* di dalam segmen tertentu di sebuah *frame*;
 Q_f^q = nilai titik kuantil pemisah ke- q di sebuah *frame*; dan
 x = *pixel frame* indeks ke- x ;
 y = *pixel frame* indeks ke- y ;

Dari ketujuh titik pemisah akan terbentuk pula tujuh segmen *object* dalam *frame*. Kemudian setiap segmen diamati proses perubahan luasannya. Perubahan luasan disebuah segmen tidak disertai dengan perubahan kandungan warna keabuan karena telah didefinisikan oleh persamaan

(5). Oleh karena itu ketika sebuah segmen mengalami perubahan luasan area keabuan selama *looping frame* maka dapat diduga kuat bahwa segmen tersebut mencerminkan keberadaan denyutan. Sebaliknya, apa bila luasan area sebuah segmen cenderung tetap maka segmen tersebut bukan penanda terjadinya sebuah denyutan. Perেকaman denyutan berdasarkan perubahan luasan area ini memperhatikan ketentuan pada persamaan (6),

$$P(q) = \sum_{q=1}^7 \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y Z[x, y] = Q_f^q \quad (6)$$

Dimana $P(q)$ adalah jumlah *pixel* dengan nilai warna keabuan yang sama dengan nilai Q_f^q di sebuah segmen ke- q pada sepanjang untaian *frame*.

Sampai dengan langkah ini telah tersaji tabulasi puncak dan lembah yang merepresentasikan denyutan jantung berdasarkan perubahan luasan area keabuan 7 segmen kuantil. Selanjutnya, secara manual amplitudo puncak grafik denyutan dipindai sebagai fungsi detektor puncak grafik yang dijelaskan pada persamaan (7),

$$PV(q) = \begin{cases} P(q), & \text{if } P(q-1) < P(q) > P(q+1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

dimana, $PV(q)$ adalah jumlah puncak pada sebuah segmen ke- q sepanjang untaian *frame*.

Setelah itu, diterapkan perhitungan jarak keseimbangan siklus kemunculan antar puncak. Sebuah puncak disebut puncak sebenarnya apabila memiliki jarak kemunculan yang sama dengan puncak-puncak yang lain pada periode yang ke- t . Apabila ada sebuah puncak muncul pada siklus ke- t yang berbeda siklusnya dengan siklus kemunculan puncak lainnya maka puncak ini disebut sebagai puncak palsu. Proses deteksi ini mengikuti ketentuan pada persamaan (8) berikut.

$$R_p(q) = \begin{cases} R_p(q) + 1, & \text{if } ((PV(q) < 0) \& ((\Delta t(PV(q+1)) == \Delta t(PV(q))) \& (\Delta t(PV(q-1)) == \Delta t(PV(q)))) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

dimana,

$R_p(q)$ = puncak sebenarnya pada segmen kuantil keabuan ke- q sepanjang untaian *frame*; dan
 Δt = jarak waktu kemunculan sebuah puncak.

Berdasarkan jumlah puncak sebenarnya yang terkandung dalam sebuah segmen, ditentukan segmen kuantil yang menjadi referensi perhitungan detak jantung. Sebuah segmen kuantil dipilih sebagai referensi apabila persentase jumlah puncak sebenarnya terhadap total puncak yang muncul lebih banyak jumlahnya jika dibandingkan kemunculan puncak-puncak sebenarnya di segmen lainnya. Penentuannya menggunakan persamaan (9),

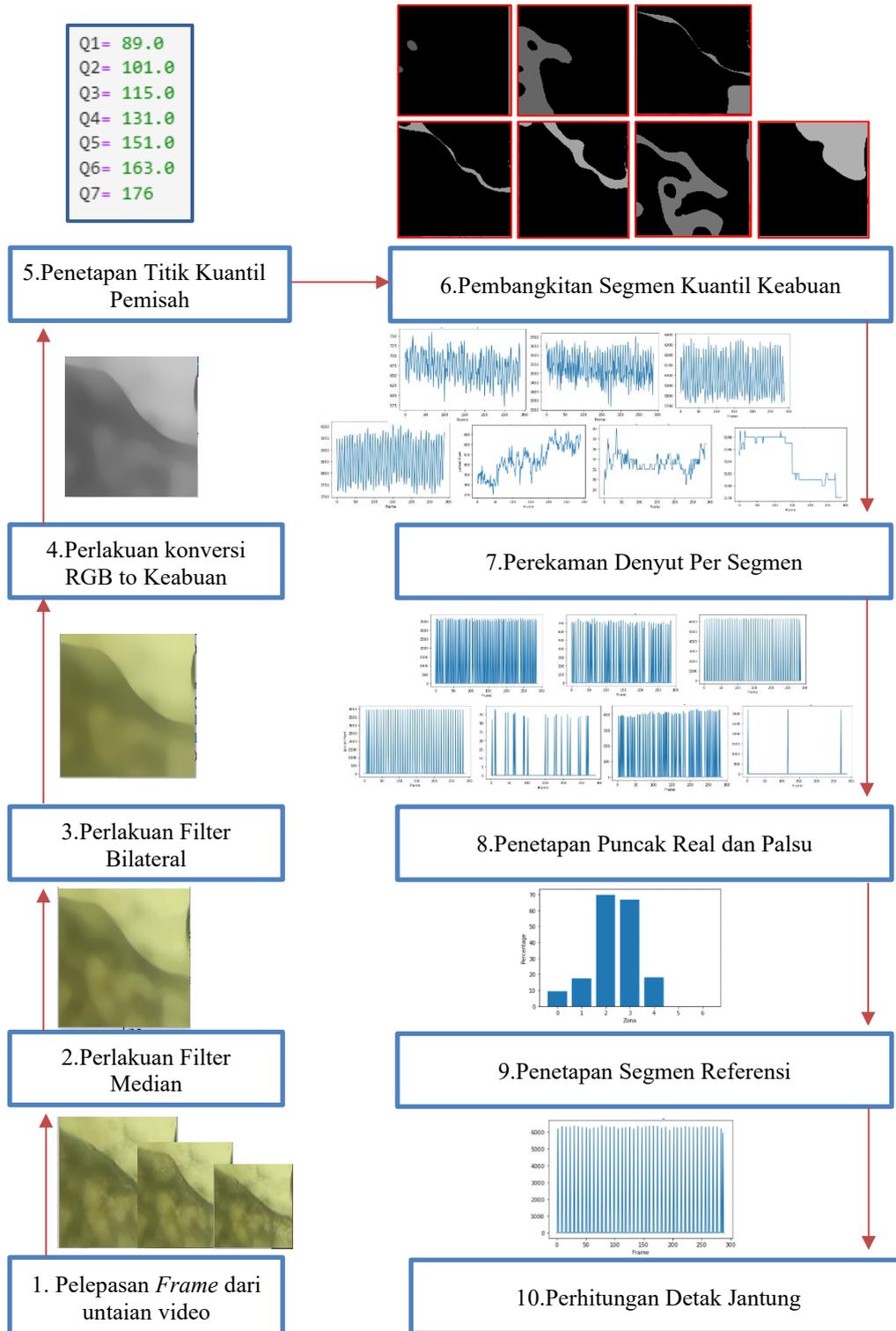
$$Z_{ref} = q(\max(R(q))) \quad (9)$$

dimana, Z_{ref} adalah segmen kuantil keabuan yang menjadi referensi perhitungan denyut jantung. Dengan demikian, jumlah detak jantung terhitung adalah sebesar nilai $R(q)$ pada segmen referensi. Secara grafis, ringkasan untaian keseluruhan proses pemrosesan video dalam proyek ini dijelaskan pada Gambar 2.

3. Hasil dan Pembahasan

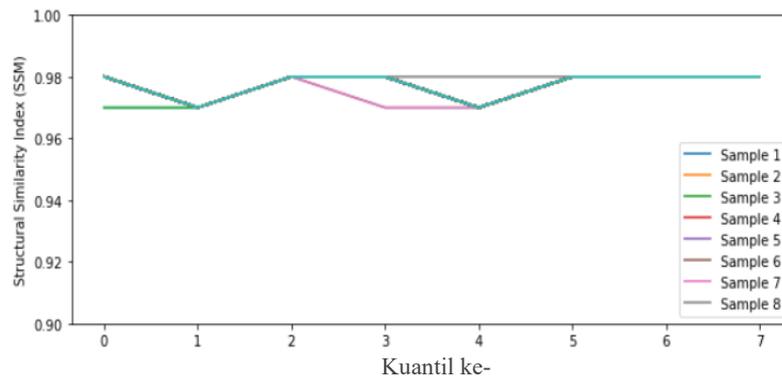
Sebagaimana metode penelitian, kurang lebih 290 *frame* video telah dilepaskan dari bungkusnya, untuk mendapatkan data nilai intensitas *pixel* dalam ruang warna RGB. Cakupan *frame* sebanyak ini setara dengan 10 detik tayangan video untuk fps dikisaran nilai sekitar 30. Dari *frame* ini, ditetapkan ROI disekitar bilik jantung/pembuluh darah dengan ukuran jendelanya sebesar 150 x 200 *pixel*. Sehingga, ROI hanya berisi rekaman objek yang bergerak selama *looping*

frame. Dari sini didapatkan data nilai intensitas *pixel* dalam kanal R, G dan B yang telah siap untuk melewati filter median dan bilateral. Proses filter ini perlu dilakukan untuk menormalkan distribusi intensitas. Hasil proses ini, akan diperoleh citra hasil konversi berupa citra asli yang mengalami pengaburan. Citra hasil konversi ini sebagaimana tampak pada Gambar 2 tahap nomor 1 sampai 4.

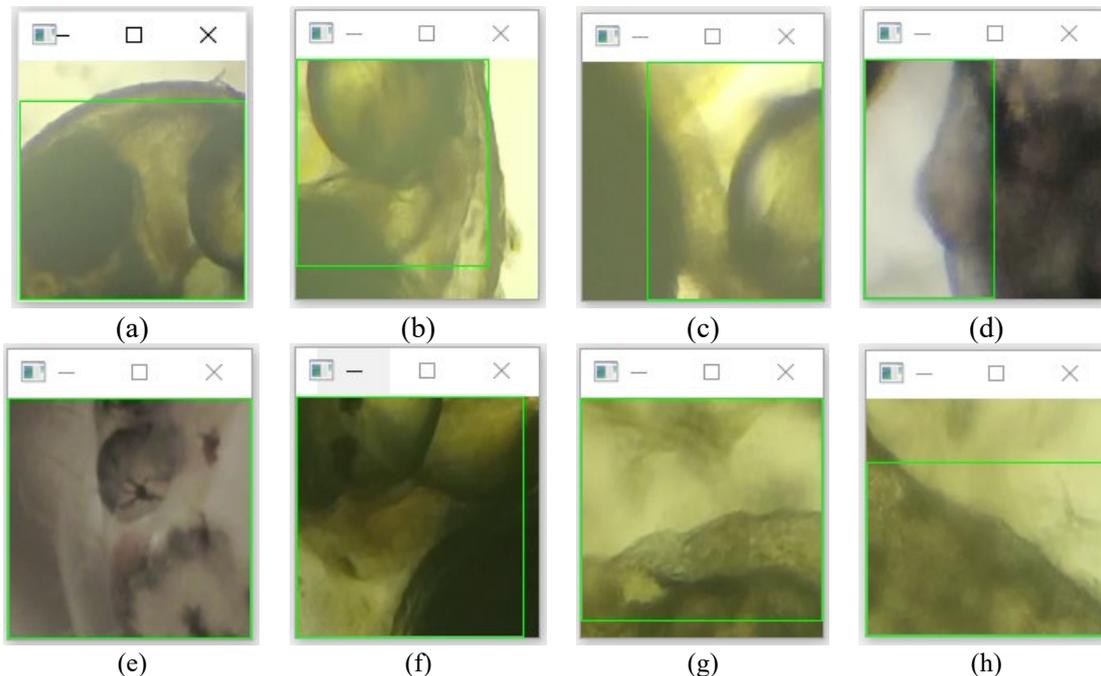


Gambar 2. Ringkasan pembentukan segmen kuantil keabuan dalam pengamatan denyut jantung embrio ikan *orizias celebencis* memakai sampel video nomor 1.

Hasil proses penapisan memakai filter median dan bilateral diuji memakai pendekatan kesamaan struktur citra untuk memeriksa keberhasilan proses penapisan. Setelah pengujian, didapatkan nilai *Structural Similarity Index* (SSM) dengan nilai 0,97-0,98 untuk 290 *frame* sampel 1 sampai 8. Menurut [17], nilai SSM menunjukkan bahwa terdapat dua citra yang mendekati sama. Artinya, dengan nilai hasil SSM yang mendekati 1, data yang dikonversi dari antar filter median dan bilateral selama *looping frame* adalah data yang sama bukan data sisipan yang tidak dapat dipertanggungjawabkan. Data asli dari *frame* yang masuk dalam kedua filter ini adalah data-data yang sesuai dengan *frame* aslinya, dan kelompok warna yang terbentuk dari proses penapisan adalah kelompok warna asli sebelum proses penapisan dilakukan. Ilustrasi nilai SSM kedua proses penapisan ini tampak pada Gambar 3. Sementara itu, data kebenaran dasar region objek bergerak yang harus dideteksi kuantil abu-abu.



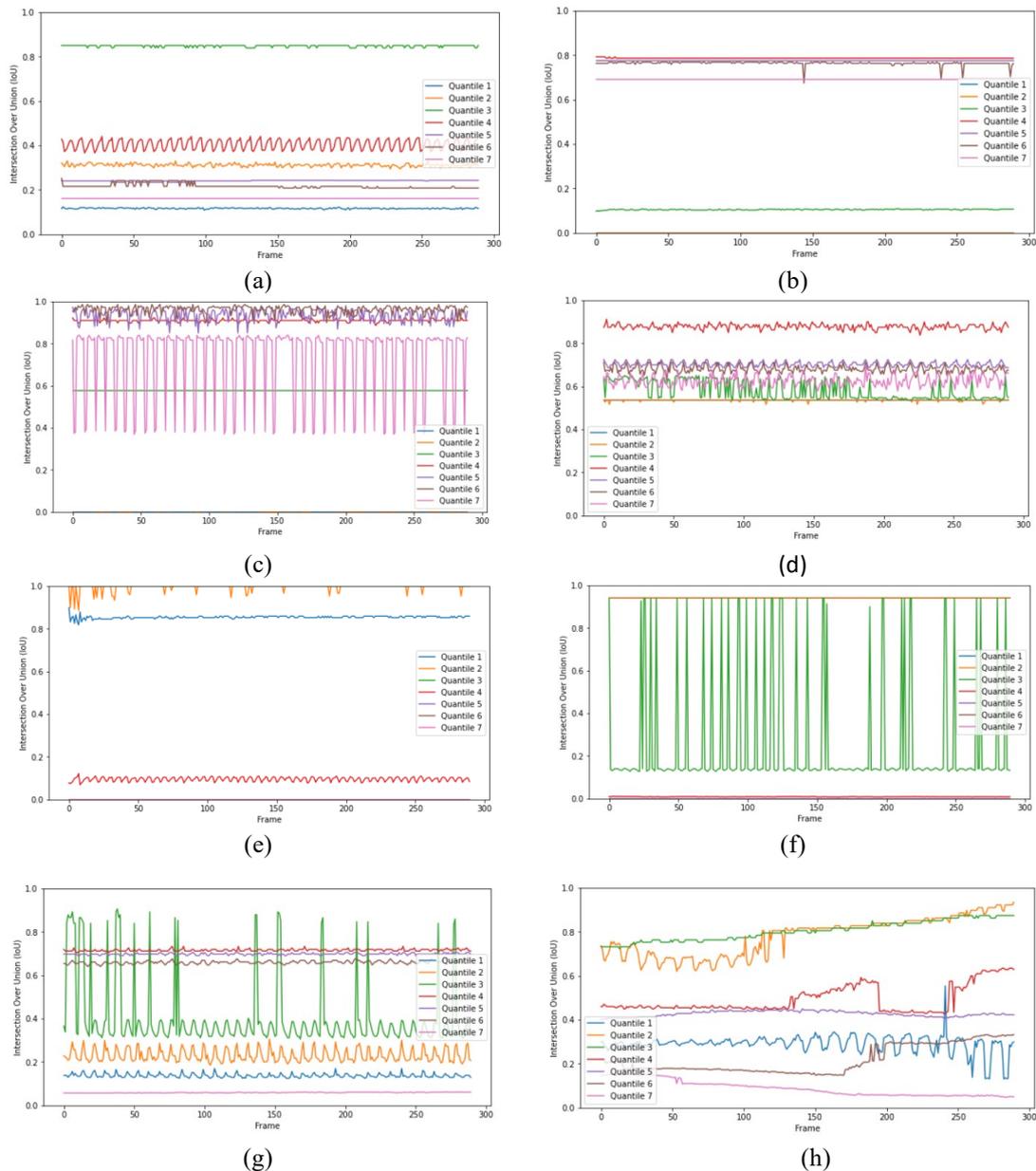
Gambar 3. Nilai indeks kemiripan struktur sampel ke-1 sampai 8.



Gambar 4. Data kebenaran dasar region objek bergerak yang harus dideteksi kuantil abu-abu.

Selain itu, telah dilakukan pula pengujian pendeteksian objek bergerak memakai pendekatan tumpang tindih area hasil deteksi dan *ground truth area* yang harus dideteksi per sampel [18]. Berdasarkan pengujian ini, kuantil abu-abu nomor 3 pada sampel ke-1 mendapatkan IoU sebesar 0.85; kuantil abu-abu nomor 4 pada sampel ke-2 mendapatkan IoU sebesar 0.8; kuantil abu-abu nomor 4 pada sampel ke-3 mendapatkan IoU sebesar 0.9; kuantil abu-abu nomor 4 pada sampel ke-4 mendapatkan rata-rata IoU sebesar 0.9; kuantil abu-abu nomor 1 pada sampel ke-5

mendapatkan rata-rata IoU sebesar 0.88; kuantil abu-abu nomor 2 pada sampel ke-6 mendapatkan IoU sebesar 0.94; kuantil abu-abu nomor 4 pada sampel ke-7 mendapatkan IoU sebesar 0.72; dan kuantil abu-abu nomor 3 pada sampel ke-8 mendapatkan rata-rata IoU sebesar 0.8. Nilai IoU yang ditunjukkan pada pengujian ini menunjukkan bahwa kuantil abu-abu mampu mendekati ground truth sebesar 85 % luasan region objek jantung/pembuluh darah yang sedang bergerak. Tabulasi *ground truth* yang harus dideteksi oleh kuantil abu-abu dan nilai IoU pada pengujian ini tampak grafik di Gambar 5.



Gambar 5. *Intersection Over Union* (IoU) proses deteksi objek bergerak dalam video per kuantil abu-abu, untuk (a) sampel ke-1, (b) sampel ke-2, (c) sampel ke-3, (d) sampel ke-4, (e) sampel ke-5, (f) sampel ke-6, (g) sampel ke-7 dan (a) sampel ke-8.

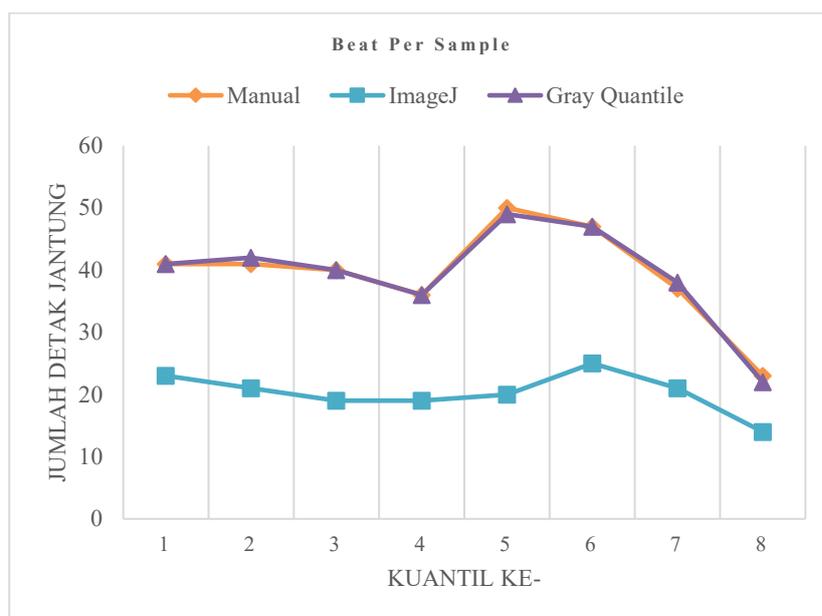
Tahap terakhir adalah pengujian akurasi metode yang diajukan yaitu dengan membandingkan hasil pembangkitan detak jantung antara detak jantung yang dihasilkan oleh segmen kuantil keabuan, detak asli yang terlihat secara visual langsung di video dan rata-rata intensitas piksel denyutan jantung yang dihasilkan *software imageJ*[8]. Protokol pengambilan sampel memakai *imageJ* adalah pertama-tama video denyutan jantung disalin dari *smartphone*

memakai *software* virtualDUB. Berkas dengan format .avi ini dipindahkan ke imageJ untuk diambil rata-rata intensitas *pixel* yang berdenyut berdasarkan RoI yang ditetapkan secara manual.

Hasilnya, tampak selisih hasil perhitungan denyut jantung yang sangat mencolok. Berdasarkan hasil perhitungan MSE, didapatkan nilai MSE yang lebih kecil ketika menghitung denyut memakai kuantil abu-abu dibandingkan dengan denyut yang dihasilkan dari imageJ. Besar nilai MSE dari perhitungan memakai kuantil abu-abu adalah sebesar 0,5 sedangkan memakai imageJ adalah sebesar 396,625. Kedua hasil perhitungan denyut ini dibandingkan terhadap perhitungan perhitungan denyut dari pengamatan visual langsung. Tabulasi data yang dipakai untuk menghitung nilai MSE tampak pada Tabel 1. Ilustrasi kedekatan nilai yang dihasilkan oleh kuantil abu-abu dan pengamatan manual langsung ini tampak pada Gambar 6.

Tabel 1. Jumlah detak jantung yang dihasilkan per metode.

Sampel ke-	Segmen Kuantil Keabuan	ImageJ	Manual
1	41	23	41
2	41	21	42
3	40	19	40
4	36	19	36
5	50	20	49
6	47	25	47
7	37	21	38
8	23	14	22

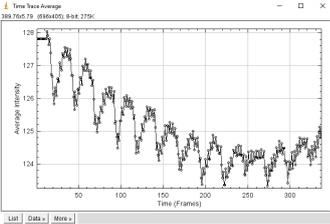
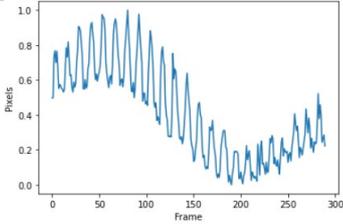


Gambar 6. Ilustrasi nilai denyut hasil kuantil abu-abu terhadap imageJ dan pengamatan manual langsung.

Selain itu, didapati pula bahwa grafik detak jantung yang dihasilkan oleh kuantil abu-abu cenderung memiliki puncak palsu yang lebih sedikit. Puncak sebenarnya bisa saja langsung seketika setelah kuantil abu-abu memproduksi segmen-segmennya. Pembangkitan segmen yang disertai dengan proses pelebaran/penyusutan *region* segmen cenderung tidak disertai dengan riak-riak yang menyebabkan puncak palsu. Kuantil abu-abu cenderung mampu untuk minimalisasi pembangkitan puncak palsu. Tabulasi detail terkait dengan kondisi ini tampak pada Tabel 2. Puncak palsu tampak diilustrasikan serupa dengan puncak yang diberi lingkaran berwarna merah.

Tabel 2. Tampilan perbedaan hasil grafik yang memuat puncak/lembah denyutan.

Sampel Ke-	Puncak/Lembah Hasil Dari <i>Software ImageJ</i>	Kuantil Abu-Abu	Rasio Kemunculan Puncak Palsu
1			$\frac{1}{20}$
2			$\frac{10}{30}$
3			$\frac{8}{56}$
4			$\frac{14}{4}$
5			$\frac{1}{43}$
6			$\frac{5}{8}$
7			$\frac{8}{53}$

Sampel Ke-	Puncak/Lembah Hasil Dari		Rasio Kemunculan Puncak Palsu
	Software ImageJ	Kuantil Abu-Abu	
8			$\frac{30}{82}$

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil memuat metode kuantil abu-abu yang dapat digunakan sebagai acuan untuk memperhitungkan denyut jantung di sebuah RoI dalam video. RoI memuat region objek yang bergerak yang mengilustrasikan denyutan jantung area bilik atau pembuluh darah. Nilai IoU pada proses deteksi objek bergerak yang berhasil didapatkan dari 8 sampel data berada pada nilai rata-rata sebesar 0,84875. Kesalahan jumlah detak jantung yang terdeteksi dalam skala 0 sampai 100 adalah sebesar 1,573740 dengan perbandingan jumlah detak palsu yang muncul antara algoritma yang diusulkan dan yang dihasilkan dari *software imageJ* adalah 77 berbanding 296. Metode ini menghasilkan puncak palsu jauh lebih sedikit dibandingkan *software imageJ*.

Metode kuantil abu-abu bekerja dengan melakukan proses penguraian komponen keabuan yang terdapat didalam sebuah *frame*. Komponen abu-abu yang telah diurai merupakan referensi dalam proses ekstraksi denyut jantung yang sebenarnya dan denyut jantung palsu. Penelitian akan dilanjutkan untuk mengintegrasikan proses pemilihan RoI yang lebih canggih dan pemilihan kuantil referensi yang otomatis.

Ucapan Terima Kasih

Kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas pendanaan skema penelitian dosen yang telah diberikan.

Referensi

- [1] D. K. Sari, I. Andriani, K. Yaqin, and A. M. Satya, "The Use of Endemic Sulawesi Medaka Fish (*Oryzias celebensis*) as an animal model candidate," *Proc. 20th FAVA Congr. 15th KIVNAS PDHI*, pp. 564–565, 2018.
- [2] E. De Luca *et al.*, "ZebraBeat: A flexible platform for the analysis of the cardiac rate in zebrafish embryos," *Sci. Rep.*, vol. 4, pp. 1–13, 2014.
- [3] K. A. Kurnia, F. Saputra, M. J. M. Roldan, and A. L. Castillo, "One-Stop Method to Measure Multiple Cardiac Performance Endpoints in *Daphnia* and Zebrafish by Kymograph," no. October, 2020.
- [4] F. Santoso *et al.*, "An overview of methods for cardiac rhythm detection in zebrafish," *Biomedicines*, vol. 8, no. 9, 2020.
- [5] L. Echeazarra, M. P. Hortigón-Vinagre, O. Casis, and M. Gallego, "Adult and Developing Zebrafish as Suitable Models for Cardiac Electrophysiology and Pathology in Research and Industry," *Front. Physiol.*, vol. 11, no. January, pp. 1–13, 2021.
- [6] N. Hafner, J. C. Drazen, and V. M. Lubecke, "Fish heart rate monitoring by body-contact Doppler radar," *IEEE Sens. J.*, vol. 13, no. 1, pp. 408–414, 2013.
- [7] Y. Shen *et al.*, "Estimating Heart Rate and Detecting Feeding Events of Fish Using an Implantable Biologger," pp. 37–48, 2020.
- [8] B. P. Sampurna, G. Audira, S. Juniardi, Y. H. Lai, and C. Der Hsiao, "A simple ImageJ-based method to measure cardiac rhythm in zebrafish embryos," *Inventions*, vol. 3, no. 2, pp. 1–11, 2018.
- [9] X. Li and B. Pu, "Strong robustness heart rate estimation using discrete fourier transform

- and personality heart rate characteristic,” *Chinese Control Conf. CCC*, pp. 9030–9033, 2017.
- [10] J. Gierten *et al.*, “Automated high-throughput heartbeat quantification in medaka and zebrafish embryos under physiological conditions,” *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–12, 2020.
- [11] E. Puybareau, H. Talbot, and L. Marc, “Automated heart rate estimation in fish embryo,” pp. 379–384, 2015.
- [12] R. Nepstad, E. Davies, D. Altin, T. Nordtug, and B. H. Hansen, “Automatic determination of heart rates from microscopy videos of early life stages of fish,” *J. Toxicol. Environ. Heal. - Part A Curr. Issues*, vol. 80, no. 16–18, pp. 932–940, 2017.
- [13] E. Moya-Albor, J. Brieva, H. Ponce, O. Rivas-Scott, and C. Gomez-Pena, “Heart Rate Estimation using Hermite Transform Video Magnification and Deep Learning*,” *Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS*, vol. 2018-July, pp. 2595–2598, 2018.
- [14] C. P. Kang, H. C. Tu, T. F. Fu, J. M. Wu, P. H. Chu, and D. T. H. Chang, “An automatic method to calculate heart rate from zebrafish larval cardiac videos,” *BMC Bioinformatics*, vol. 19, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [15] A. M. Naderi *et al.*, “Deep learning-based framework for cardiac function assessment in embryonic zebrafish from heart beating videos,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 135, 2021.
- [16] A. Farhan *et al.*, “An opencv-based approach for automated cardiac rhythm measurement in zebrafish from video datasets,” *Biomolecules*, vol. 11, no. 10, pp. 1–21, 2021.
- [17] U. Sara, M. Akter, and M. S. Uddin, “Image Quality Assessment through FSIM, SSIM, MSE and PSNR—A Comparative Study,” *J. Comput. Commun.*, vol. 07, no. 03, pp. 8–18, 2019.
- [18] L. Gou, S. Wu, J. Yang, H. Yu, and X. Li, “Gaussian guided IoU: A better metric for balanced learning on object detection,” *IET Comput. Vis.*, vol. 16, no. 6, pp. 556–566, 2022.