

EKSTRAKSI DETAK JANTUNG BERBASIS PENGOLAHAN CITRA WAJAH DENGAN ALGORITMA BSS (*BLIND SEPARATION SIGNAL*)

Heart Rate Extraction Based on Processing of Facial Images Using BSS (Blind Separation Signal) Algorithm

Utari Nur Ramadhani Yora¹, Hilman Fauzi², Syamsul Rizal³

^{1,2,3}. Universitas Telkom, Bandung

utarinry@student.telkomuniversity.ac.id¹, hilmanfauzitsp@telkomuniversity.ac.id²,
syamsul@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Detak Jantung merupakan suara debaran jantung yang dihasilkan akibat aliran darah melewati jantung. Jantung merupakan organ vital sehingga metode untuk mendeteksinya beraneka ragam, mulai dari metode konvensional hingga modern. Semakin berkembangnya teknologi membuat sistem pendeteksi detak jantung kini semakin maju. Pada penelitian Tugas Akhir ini, akan dilakukan pengembangan lebih lanjut mengenai ekstraksi detak jantung manusia menggunakan citra wajah. Metode yang digunakan adalah *Blind Separation Signal* (BSS) dengan metode deteksi wajah yang digunakan adalah *You Only Look Once* (YOLO) generasi ketiga atau YOLOv3 dengan mengamati ROI dari variasi warna kulit wajah seseorang yang disebabkan oleh sirkulasi darah. Hasil akhirnya berupa detak jantung manusia berbasis aplikasi python yang memudahkan kita untuk mengukur detak jantung. Akurasi yang didapatkan untuk model deteksi objek YOLOv3 adalah sebesar 95%. Pengujian terbaik dilakukan pada posisi wajah lurus dengan jarak 40 cm dan dilakukan pada malam hari menggunakan pencahayaan lampu LED 14.5watt dan didapatkan akurasi tertinggi adalah 97,7%.

Kata Kunci: Jantung, Detak Jantung, Pengolahan Citra Digital Wajah, *Blind Separation Signal* (BSS), *You Only Look Once* (YOLO), *Region of Interest* (ROI).

Abstract

Heart rate is the sound of heart palpitations that is produced due to the flow of blood through the heart. The heart is such a vital organ that there are many methods to detect it. Starting from conventional to modern methods. Technological developments make heart rate detection systems more advanced. The design of a heart rate detection method can also be applied to facial digital image processing. In this final project research, the development will be carried out regarding the ex-traction of human heart rate using facial digital image processing. The method used are the BSS (Blind Separation Signal) and the detection of face detection used is YOLO (You Only Look Once) third generation or YOLOv3 by observing the ROI of a person's facial skin color variations caused by blood circulation. The result is a human heart rate based on the python language application that makes it easy for us to measure heart rate. The accuracy obtained for the YOLOv3 object detection model is 95%. The best test was carried out in a straight face position with a distance of 40 cm between the face and the laptop computer and was carried out at night using 14.5watt LED lighting and the highest accuracy was 97.7%.

Keywords: Heart, Heart Rate, Face Digital Image Processing, *Blind Separation Signal* (BSS), *You Only Look Once* (YOLO), *Region of Interest* (ROI).

1. Pendahuluan

Jantung merupakan organ tubuh manusia yang sangat penting karena berfungsi untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Detak jantung merupakan suara debaran jantung yang dihasilkan akibat aliran darah melewati jantung. Metode untuk mendeteksi detak jantung saat ini sangat beraneka ragam antara lain deteksi detak jantung menggunakan stetoskop dan alat pasien monitor yang digunakan pada klinik dan rumah sakit, serta tensimeter digital yang dapat dibawa kemana saja, tensimeter digital mempunyai keterbatasan yaitu tingkat akurasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti baterai dan usia alatnya. Saat ini era teknologi multimedia semakin berkembang dan memungkinkan perancangan metode deteksi detak jantung dapat diterapkan pada pengolahan citra wajah guna mendeteksi masalah kesehatan. Pada percobaan selanjutnya, telah diamati bagaimana citra wajah bisa menghasilkan variabel detak jantung menggunakan metode *Blind Separation Signal* (BSS) dan *Independent Component Analysis* (ICA) pada software MATLAB, pada percobaan tersebut dilakukan perekaman wajah seseorang dengan jarak 0.3meter selama 1 menit oleh kamera sampel dengan bantuan sistem akuisisi EKG dan didapatkan hasil yang cukup baik dengan nilai error hanya 1.47%. Walaupun sudah cukup baik, namun masih terdapat beberapa keterbatasan pada penelitian tersebut, seperti durasi pengukuran sampel wajah yang cukup lama, serta pengukuran yang dilakukan tidak *real-time* [1]. Kemudian dilakukan penelitian deteksi detak jantung secara *real-time* menggunakan webcam laptop komputer dengan metode pemrosesan Fast Fourier Transform (FFT), *Independent Component Analysis* (ICA) dan *Principal Component Analysis* (PCA) dengan metode objek deteksi Cascade Object Detector yang terdapat pada *tool* yang disediakan oleh matlab 2, pengukuran sistem dilakukan pada media matlab selama 5 menit, hasil yang didapatkan adalah terdapat selisih yang lumayan tinggi antara percobaan pada sistem dan pengukuran referensinya serta durasi percobaan yang terlalu lama [2].

Pada penelitian Tugas Akhir ini akan dilakukan pengembangan lebih lanjut mengenai ekstraksi detak jantung manusia dengan pengolahan citra wajah guna mengatasi keterbatasan penelitian yang sudah ada sebelumnya. Penelitian Tugas Akhir ini menggunakan metode *Blind Separation Signal* (BSS) dan metode deteksi objek wajah menggunakan *You Only Look Once* (YOLO) dengan mengamati ROI dari variasi warna kulit wajah yang disebabkan oleh sirkulasi darah, dan hasil akhirnya berupa detak jantung manusia berbasis aplikasi bahasa python yang memudahkan kita untuk mengukur detak jantung secara rutin. Diharapkan ke depannya orang dapat mengukur detak jantung hanya dengan merekam wajah mereka selama beberapa detik pada kamera laptop dan secara *real-time*.

2. Dasar Teori dan Metodologi

2.1 Detak Jantung

Jantung merupakan organ tubuh manusia yang sangat penting karena berfungsi untuk memompa serta mentransfer darah yang memiliki kadar nutrisi dan oksigen yang tinggi ke seluruh tubuh dan dilakukan sekitar 100 ribu kali dalam sehari. Detak Jantung merupakan suara debaran jantung yang dihasilkan akibat aliran darah melewati jantung. Volume darah yang dihasilkan dari pompa jantung akan selalu berubah dan hal tersebut digunakan untuk mengukur berapa detak jantung yang dihasilkan per menitnya. Hal yang mempengaruhi detak jantung adalah usia, suhu udara, posisi tubuh, emosi, ukuran tubuh serta efek samping dari obat [3].

2.2 Pengolahan Citra Digital

Citra digital merupakan fungsi intensitas cahaya yang direalisasikan pada bidang 2 dimensi $f(x, y)$. Pengolahan citra digital merupakan ilmu yang mengamati pemrosesan suatu citra dapat terbentuk dan dianalisis sehingga dapat bermanfaat bagi manusia. Pemrosesan citra digital bertujuan menyesuaikan kualitas citra agar mudah dimengerti oleh manusia dan mesin *computer* [4].

2.3 Face Extraction

Identitas seseorang dan informasi seperti detak jantung dapat dikenali melalui wajah. Untuk mendeteksi detak jantung dari citra wajah, hal yang dapat dilakukan adalah mengukur variasi kecerahan wajah seseorang dari cahaya yang terserap akibat sebaran hemoglobin saat darah mengalir ke wajah. Hemoglobin dalam darah mampu menyerap warna yang dipancarkan oleh wajah berdasarkan kulit wajah seseorang. Secara umum sistem pengenalan citra wajah dibagi menjadi dua jenis, yaitu sistem *feature*

based dan sistem *imaged based*. Pada sistem *feature based* digunakan fitur yang diekstraksi dari komponen citra wajah seperti: (mata, hidung, mulut, dan sebagainya.) yang kemudian hubungan antara fitur-fitur tersebut dimodelkan secara geometris. Sedangkan sistem *imaged based* menggunakan informasi mentah dari piksel citra yang kemudian direalisasikan dalam metode tertentu, pada Ini menggunakan metode *You Only Look Once* (YOLO) untuk *mendapatkan Region of Interest* (ROI) yang diinginkan [5].

2.4 Deep Learning

Deep learning adalah salah satu bagian dari AI khususnya cabang ilmu dari *machine learning*. Pada *deep learning* mesin meniru sistem kerja dasar otak manusia/ *neural networks* dengan memanfaatkan masukan berupa metadata dan mengolahnya menggunakan lapisan tersembunyi/ *hidden layer* transformasi *non linier* untuk menghitung nilai keluarannya. Pada Tugas Akhir ini *deep learning* fokus pada jenis *deep learning convolutional neural network*. Struktur *deep learning* algoritma berlapis yaitu ada *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. Algoritma *deep learning* ini akan menjadi semakin kompleks ketika jumlah lapisan tersembunyi (*hidden layer*) semakin bertambah banyak. *Deep learning* meningkatkan pengiriman dan pemrosesan informasi lapisan dalam, sehingga memiliki kelebihan, yaitu akurasi yang dihasilkan terus meningkat seiring dengan semakin bertambahnya jumlah data mentah serta dapat melakukan pengenalan gambar, suara, deteksi kelainan serta pemrosesan bahasa alami. Sedangkan kekurangan dari *deep learning* adalah jika data yang diuji tidak banyak, maka *deep learning* akan sulit untuk menyesuaikan hasil identifikasi [6]. Metode klasifikasi citra objek yang digunakan pada penelitian kali ini adalah CNN dan model untuk deteksi objek yang digunakan adalah *You Only Look Once* (YOLO).

2.5 Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) termasuk dalam jenis *deep neural network* yang dibuat untuk mengolah data 2 dimensi yang merupakan pengembangan dari *multilayer perceptron* (MLP) yang berisi *hidden layer* dan digunakan untuk mendeteksi objek pada data citra dan suara, serta memiliki fungsi konvolusi dan penggabungan/ *pooling*. Setiap *neuron* pada CNN memiliki bentuk data 2 dimensi seperti citra dan suara, sehingga terdapat perbedaan pada operasi linear serta parameter bobot CNN [7]. Lapisan pada CNN secara umum terbagi menjadi 3 yaitu *convolution layer*, *pooling layer*, *fully connected layer*. Pada CNN operasi linear yang dilakukan menggunakan operasi konvolusi, dan rumus dimensi bobot pada CNN terdapat pada persamaan 2.1 [8].

$$\text{Dimensi CNN} = \text{neuron input} \times \text{neuron output} \times \text{tinggi} \times \text{lebar} \quad (2.1)$$

2.6 YOLOv3

YOLO adalah model yang digunakan pada Tugas Akhir ini yang merupakan metode untuk deteksi objek secara *real-time*. Metode YOLO termasuk algoritma *deep learning* yang menggunakan *convolutional neural network* (CNN). YOLOv3 merupakan YOLO generasi ke-3 yang di publikasikan pada tahun 2018 yang merupakan pengembangan dari YOLO generasi kedua atau YOLOv2. YOLOv3 menunjukkan pendeteksian objek yang lebih baik dari segi kecepatan dan akurasi. YOLOv3 hampir setara dengan RetinaNet dan jauh lebih baik diatas varian SSD [9]. Struktur jaringan YOLOv3 menggunakan ekstraksi fitur baru dari darknet-53 serta menambahkan metode campuran jaringan *residual* pada darknet-19 [10]. Darknet-53 adalah arsitektur yang digunakan pada YOLOv3 yang berfungsi sebagai *feature extraction* citra masukan yang memiliki karakteristik terdiri atas 53 *convolutional layers* sebagai *feature extraction* dan 53 layers lain yang berperan sebagai pendeteksi objeknya sehingga YOLOv3 memiliki 106 lapisan arsitektur. YOLOv3 memprediksi tiga kotak pembatas untuk setiap *grid* pada YOLOv3. YOLOv3 menggabungkan tiga elemen yaitu blok *residual*, *skip connection* dan *up sampling*. Pendeteksian pada YOLOv3 terbagi menjadi 3 skala berbeda dan pada tiga tempat yang terpisah pada jaringan. Tempat terpisah untuk deteksi adalah pada *layers* 82, 94 dan 106. Pada YOLOv3 jaringan menurunkan sampel citra *input / network strides* dengan nilai 32,16 dan 8 yang menunjukkan bagaimana keluaran di tiga tempat terpisah. Jika pada *network strides* 32 ukuran jaringan 416 x 416 maka akan mendapatkan keluaran 13 x 13 yang bertanggung jawab mendeteksi objek besar, pada langkah 16 keluarannya adalah 26 x 26 yang bertanggung jawab mendeteksi objek sedang, serta untuk langkah 8 keluarannya adalah 52 x 52 yang bertanggung jawab mendeteksi objek kecil.

YOLOv3 memprediksi *confidence score* setiap *bounding box* menggunakan regresi logistik yang menggantikan fungsi *softmax* pada YOLO versi sebelumnya. Jika kotak pembatas tumpang tindih dengan *ground truth* lebih dari kotak pembatas lainnya maka nilai *confidence* menjadi satu. YOLOv3 menggunakan *Feature Pyramid Network* (FPN) yang membuat model YOLOv3 dapat mengenali objek dari ukuran yang berbeda-beda [9].

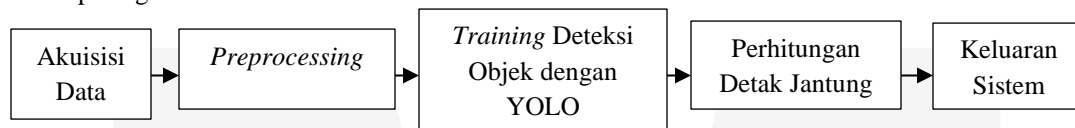
2.7 Blind Separation Signal (BSS)

Blind Separation Signal (BSS) adalah metode untuk pemisahan sinyal yang sudah tercampur tanpa bantuan informasi dan menghasilkan sinyal yang aslinya kembali. BSS digunakan pada aplikasi pemrosesan sinyal digital di mana pemisahan sinyal menggunakan metode buta dapat diterapkan, termasuk akustik, komunikasi radio, citra serta pemrosesan gambar. Pada Tugas Akhir ini metode BSS diterapkan pada pemrosesan citra wajah serta digunakan dalam pemrosesan penanda biomedis pada detak jantung manusia [11].

3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

Model sistem yang dirancang adalah ekstraksi detak jantung menggunakan citra digital wajah dengan algoritma *Blind Separation Signal* (BSS) dengan objek deteksi menggunakan YOLOv3. Tahapan - tahapan perancangan sistem secara umum yang ada pada penelitian Tugas Akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 1. Blok Diagram Model Sistem

3.2 Akuisisi Data

Akuisisi data adalah proses untuk mendapatkan pengetahuan dan data hasil penelitian dari beberapa sumber, yang hasil akhirnya akan menjadi sebuah aplikasi yang mampu mendeteksi detak jantung dari citra wajah secara *real-time*. Pada akuisisi data ditentukan objek deteksi menggunakan metode YOLO dengan satu kelas yaitu wajah dengan data latih sebanyak 101 gambar dan data uji performansi sistem YOLO sebanyak 110 gambar. Penelitian ini menggunakan kamera laptop sebagai uji coba sistem detak jantung secara *real-time*. Hal yang diperhatikan adalah ekstraksi detak jantung dari variasi warna kulit wajah yang disebabkan oleh perubahan volume pada pembuluh darah akibat dari aktivitas detak jantung. Secara teknis pengambilan data sistem secara keseluruhan dilakukan dengan meletakkan wajah di depan *webcam* laptop 720p HD dengan jarak 30-50 cm, dengan pencahayaan pagi, siang dan malam. Cahaya pagi dan siang tidak menggunakan lampu, sedangkan cahaya malam menggunakan lampu *LED* 14.5watt dengan jarak antara lampu dan laptop adalah 1.63 meter. Hasil cahaya menyebabkan perubahan warna pada *webcam* tampak jelas ketika volume pembuluh darah di sekitar kulit wajah berubah. Skenario yang diuji adalah skenario posisi wajah, jarak wajah ke kamera laptop dan cahaya pagi, siang, dan malam. Seluruh pengujian dilakukan dengan posisi badan tegak, laptop sejajar dengan wajah dan tidak banyak pergerakan. Total pengujian dilakukan sebanyak 270 kali, dan setiap pengujian skenario dilakukan sebanyak 15 kali. Proses deteksi detak jantung diuji menggunakan sistem aplikasi yang dirancang beserta alat validasi yaitu *oximeter* yang dilakukan dalam keadaan normal atau tidak sedang berolahraga. Pengujian dilakukan selama 2 hari dengan durasi setiap satu pengujian kurang lebih selama 1 menit dengan kalibrasi awal sistem aplikasi selama 20 detik. Rata-rata pada pengujian sistem, detak jantung stabil setelah 1.5 menit pengujian. Pengujian pada *oximeter* dan aplikasi dilakukan sebanyak 270 kali, pengujian pada *oximeter* dilakukan pada jari telunjuk kiri yang ditaruh diatas meja yang sejajar dengan tangan, tidak banyak bergerak dan tidak dalam keadaan basah. Pengujian dilakukan langsung oleh penulis yang berusia 22 tahun yang berasal dari suku melayu Palembang, dengan rentang detak jantung normal berkisar antara 60-100 *beat per minute* (BPM).

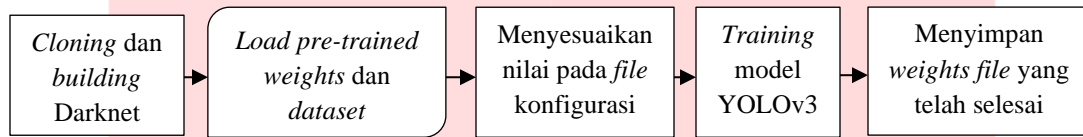
3.3 Preprocessing

Preprocessing bertujuan melakukan eliminasi data yang tidak sesuai agar lebih mudah diproses oleh sistem serta citra yang diperoleh pada tahap akuisisi data akan lebih optimal. Pada tahap

preprocessing ini akan dilakukan proses *resizing*/ memperkecil ukuran gambar menjadi 416 x 416 sesuai dengan ketentuan model YOLOv3. Dengan adanya tahapan ini, citra masukan diharapkan memiliki kualitas yang lebih baik.

3.4 Proses Training dengan YOLO

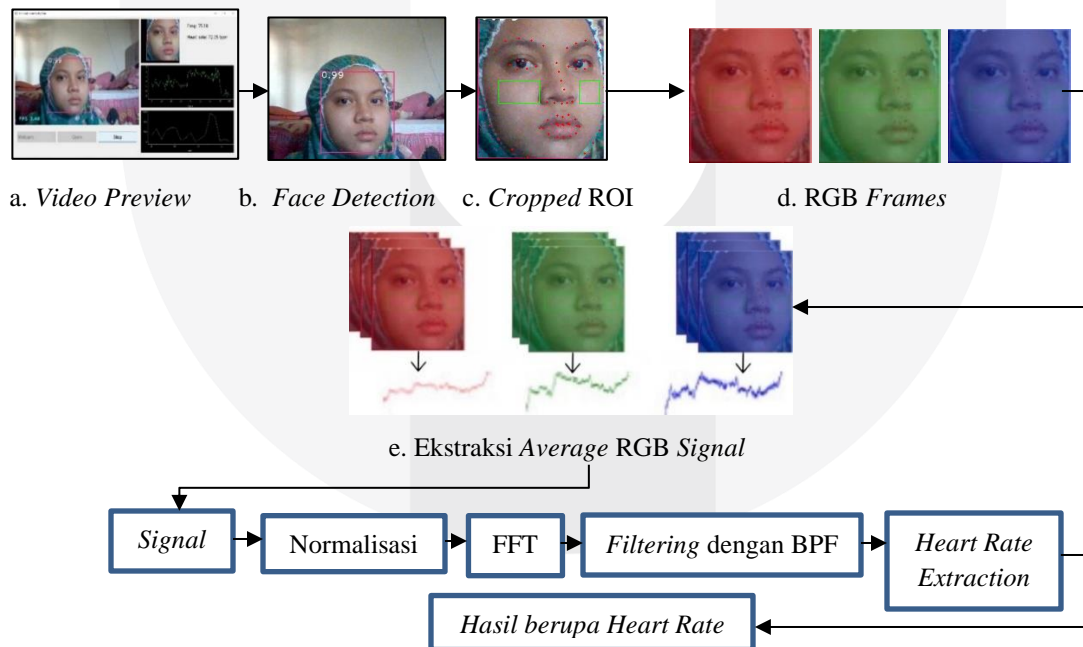
Dalam Tugas Akhir ini ekstraksi ciri yang digunakan pada klasifikasi wajah adalah metode *You Only Look Once* (YOLO) generasi ketiga atau YOLOv3 dengan arsitektur Darknet-53. Prose training dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Proses Training dengan YOLOv3

3.5 Perhitungan Detak Jantung

Setelah mendapatkan model deteksi wajah dari hasil training dengan YOLOv3 maka dilanjutkan dengan proses perhitungan detak jantung. Proses mekanisme pendeteksian detak jantung memiliki beberapa tahap yang diawali dengan tampilan *video* menggunakan *webcam* secara *real-time*, kemudian ekstraksi setiap *frame* gambar, deteksi objek wajah menggunakan YOLO, *cropping* ROI, ekstraksi bagian ROI wajah menggunakan bantuan *facial landmark*, ekstraksi RGB *frame* menjadi bentuk sinyal, RGB sinyal rata-rata terbentuk, kemudian sinyal hasil dari RGB *frame* di *detrend* dan di normalisasikan, Kemudian, *fast fourier transform* (FFT) dihitung untuk mendapatkan spektrum dayanya dan di *filter* menggunakan *band pass filter* untuk mengurangi *noise* yang ada, dengan nilai batas frekuensi bawah adalah 0,8 hz dan batas frekuensi atas adalah 3 hz karena rentang detak jantung yang diinginkan di sistem adalah detak jantung 48 bpm hingga 180 bpm [12] [13], proses ekstraksi detak jantung berjalan hingga spektrum dayanya mengandung puncak tertinggi dan stabil. Mekanisme deteksi detak jantung menggunakan citra wajah dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Mekanisme Perhitungan Detak Jantung

4. Pembahasan

4.1 Perancangan Aplikasi

Pada Tugas Akhir ini, dirancang sebuah aplikasi sistem deteksi detak jantung dengan citra wajah menggunakan objek deteksi model YOLOv3 dan algoritma detak jantung BSS dengan bahasa python yang dijalankan menggunakan media *anaconda prompt* versi 4.10.1 dan python versi 3.5.6. Hasil dari semua tahapan sistem berupa *Graphic User Interface (GUI)*. Aplikasi python ini berfungsi untuk mendeteksi detak jantung melalui citra wajah yang dilihat dari variasi warna kulit wajah yang disebabkan oleh sirkulasi darah.

4.2 Hasil Training dengan YOLOv3

Training data dilakukan untuk melatih algoritma agar menghasilkan model YOLOv3 yang diinginkan beserta nilai performansi dari model tersebut. Proses *training* memakan waktu hingga 5 jam dan menghasilkan model objek deteksi dengan ukuran citra 416 x 416. *Training* data ini menghasilkan grafik perbandingan *average loss* dan iterasi *training* yang baik yaitu 0.0906. Dengan menguji 110 data uji dan menggunakan *confusion matrix* didapatkan hasil performansi sistem dari model objek deteksi wajah menggunakan YOLOv3 sudah cukup baik yaitu akurasi 95%, presisi 95%, nilai *recall* 99%, spesifisitas 75%, *f1 score* 0.97 atau 97% dapat dikatakan bahwa kinerja sistem sudah baik karena sudah mendekati nilai optimal. Nilai mAP pada sistem sama dengan nilai presisi karena model objek deteksi hanya memiliki 1 kelas yaitu wajah maka nilai mAP sebesar 95%, dari 110 data uji terdeteksi 242 objek wajah manusia dengan nilai rata-rata *confidence* sebesar 0.95 atau 95%.

4.3 Skenario Pengujian Sistem Deteksi Detak Jantung

Pengujian sistem dilakukan dengan tiga skenario yaitu posisi wajah, jarak wajah ke laptop, serta pencahayaan. Setiap pengujian skenario dilakukan tiga kali percobaan yaitu percobaan I dilakukan pada pencahayaan pagi hari, II pada siang hari, dan III pada malam hari dengan lampu.

Tabel 1. Skenario Pertama

Percobaan	Posisi Wajah Lurus						Posisi Wajah Menyamping ke Kanan						Posisi Wajah Menyamping ke Kiri					
	I		II		III		I		II		III		I		II		III	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	85	68,2	88	72,1	79	73,26	87	68,2	85	65,8	85	79,6	86	60,4	88	69,2	80	76,7
2	83	63,6	90	68,9	79	69,37	83	63,2	83	87,3	70	64,6	85	60,2	90	74,9	80	78,8
3	95	70,8	85	67,2	78	79,3	91	64,9	89	67,2	79	78,7	83	65	93	71,5	83	82,4
4	89	71,4	86	70,1	74	74,41	78	64	93	70,1	78	82,7	88	60,8	91	80	84	70,6
5	83	66,6	81	64,8	75	78,84	83	61,8	87	70	83	76	85	62	86	70,4	84	76,9
6	89	68,5	87	75,7	86	86,46	87	55,5	93	78,5	76	78,6	84	77,3	91	79,3	84	65,8
7	92	60,5	85	77	74	64,96	89	69,9	90	79,5	85	64,5	89	67	90	70,7	87	79,7
8	92	65,6	84	75,5	78	79,57	83	61,6	94	84,3	76	79,5	89	78,2	90	66,9	83	74,6
9	91	72,6	87	77,9	78	77,14	90	69,3	88	66,7	77	71,7	88	57,1	84	64,3	83	83,3
10	88	62,5	86	83,6	79	75,96	86	64,3	85	87,6	81	75,8	89	71,5	88	74,6	82	85,1
11	86	66,1	87	83,4	80	80,4	88	72,2	87	82,8	81	82,4	85	65,2	86	77,1	82	75,8
12	88	70,1	92	75,3	76	74,75	89	68	84	91,3	79	79,1	88	68,6	85	64,1	84	80,4
13	86	70,5	83	76,7	80	78,18	83	68,2	81	63,8	82	79,5	87	62,2	88	80	83	79,3
14	84	68,1	91	83,7	82	80,95	85	68,1	82	91,2	85	76,4	82	61,8	89	76,4	82	83,1
15	90	80,2	88	85,9	75	74,24	87	78,7	90	60,6	82	77,8	88	71,5	90	65,8	81	70,6
Total	1321	1025	1300	1138	1173	1147,89	1289	998	1311	1147	1199	1147	1296	989	1329	1085	1242	1163
Nilai rata-rata	88,1	68,3	86,6	75,8	78,2	76,51	85,93	66,5	87,4	76,4	79,93	76,4	86,4	65,9	88,6	72,3	82,8	77,5

Tabel 2. Skenario Kedua

Percobaan	Jarak Wajah ke Kamera Laptop 30 cm						Jarak Wajah ke Kamera Laptop 40 cm						Jarak Wajah ke Kamera Laptop 50 cm					
	I		II		III		I		II		III		I		II		III	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	84	65	90	65,3	82	76,4	86	80,2	84	75,5	84	76,2	91	71,7	86	70,1	80	80,1
2	97	72,3	91	68,5	80	78,8	88	67,9	83	74,9	81	82,3	93	76,1	81	64,8	82	83,3
3	94	63,5	88	64,2	80	75,1	90	71,8	88	60,7	78	78,7	88	69,5	88	71,2	78	69,2
4	97	95,8	88	63,4	75	73,1	84	73,7	84	62,9	76	75,1	89	68,3	86	63,7	78	71,4
5	87	64,8	87	65,0	80	81,2	92	67,3	85	62,3	84	81,7	90	83,2	89	71,9	78	70,9
6	87	61,7	90	65,1	80	80,5	92	88,9	90	67,3	84	80,2	92	68,2	87	67,9	90	65,7
7	93	62,7	88	77,3	78	71	91	75,1	86	66,8	82	76,5	92	78,4	88	66,4	77	76,8
8	92	74,3	89	67,6	81	82,	91	82,0	92	78,1	82	83,1	91	64,4	87	69,9	77	71,5
9	85	60,9	85	65,7	83	75,6	88	83,5	89	62	82	74,0	92	75,1	88	70,1	79	77,1
10	89	78,7	88	70,3	78	78,5	82	74,9	85	84,2	80	78,2	92	76,8	88	82,8	79	77,6
11	90	65,5	90	89,4	76	71,9	88	61,7	87	77,6	80	83,2	86	69,9	90	70,9	83	84,8
12	89	77,3	83	63,46	90	80,5	86	75,5	86	67,4	84	77,7	94	70,5	93	76,9	79	82,2
13	86	66,2	80	64,88	77	74,2	88	65,6	87	60,7	80	80,6	92	76,2	90	69,9	80	86,0
14	86	67,5	88	61,34	80	74,2	87	70,6	81	64,1	79	76,9	88	69,7	91	72,7	88	71,8
15	87	73,3	90	64,74	81	77,7	87	69,6	84	82,8	78	81,6	87	63,9	93	75,9	83	70,3
Total	1343	1049,6	1315	1016,33	1201	1151	1320	1108,4	1291	1047,3	1214	1186	1357	1082,1	1325	1065,3	1211	1138,7
Nilai rata-rata	89,5	69,9	87,7	67,8	80,1	76,7	88	73,9	86,1	69,8	80,9	79,1	90,5	72,1	88,3	71,0	80,7	75,9

Pada tabel 1 dan 2 telah dilakukan percobaan A adalah percobaan deteksi detak jantung menggunakan alat validasi yaitu oximeter sedangkan B merupakan percobaan dengan sistem yang telah dirancang. Setelah dihitung didapatkan hasil nilai akurasi tertinggi, selisih error serta toleransi terkecil rata-rata berada pada posisi wajah lurus dengan jarak wajah ke kamera laptop adalah 40 cm dan dilakukan pada percobaan III atau dilakukan pada pencahayaan malam hari dengan lampu 14.5 watt.

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dan analisis sistem sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem deteksi objek menggunakan model *training* YOLOv3 yang dirancang dengan menggunakan metode YOLO menghasilkan hasil yang cukup baik dengan akurasi sebesar 95% dan *average loss* sebesar 0,0906.
2. Proses penentuan skenario pengujian sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem. Penentuan nilai parameter skenario yang tepat dapat meningkatkan nilai akurasi serta mengecilkan nilai selisih *error* serta toleransi dari sistem.
3. Skenario yang mempengaruhi sistem deteksi detak jantung dari citra wajah yang dirancang adalah:
 - a. Posisi wajah. Sistem menghasilkan nilai selisih *error*/ nilai MSE yang lebih kecil serta akurasi yang paling tinggi pada saat posisi wajah dalam keadaan lurus ke depan kamera yaitu akurasi sebesar 97,8% serta nilai selisih *error* atau MSE sebesar 16,22. Hal ini menunjukkan bahwa posisi wajah berpengaruh pada pendeteksian detak jantung dan pendeteksian detak jantung paling baik dilakukan pada saat posisi wajah lurus.

- b. Jarak wajah ke kamera laptop. Jarak berpengaruh pada pengujian sistem, jarak yang terlalu dekat atau terlalu jauh dapat membuat sistem mendeteksi objek kurang stabil, sehingga proses pendeteksian detak jantung akan berjalan kurang lancar. Akurasi terbesar 97,7% dan selisih *error* terkecil/ nilai MSE terkecil adalah 16,57 yang didapatkan pada jarak 40cm. Pada skenario kedua dapat disimpulkan bahwa jarak terbaik antara wajah dengan laptop adalah pada saat jarak 40 cm.
- c. Pencahayaan. Cahaya dapat berpengaruh pada sistem dalam pengujian, cahaya yg terlalu terang atau terlalu gelap membuat sistem pendeteksian detak jantung kurang optimal. Cahaya yang gelap membuat lebih banyak *noise*. Dari pengujian skenario pertama dan skenario kedua didapat bahwa pengujian terbaik dilakukan saat malam hari dengan lampu.
4. Dari skenario pertama, kedua dan ketiga dapat ditetapkan bahwa pengujian terbaik dilakukan pada posisi wajah lurus dengan jarak 40 cm dan dilakukan pada malam hari dengan lampu *LED* 14.5watt dengan akurasi tertinggi adalah 97,7%.

REFERENSI

- [1] S. Kwon, H. Kim, and K. S. Park, "Validation of heart rate extraction using video imaging on a built-in camera system of a smartphone," 2012, doi: 10.1109/EMBC.2012.6346392.
- [2] H. Rahman, M. U. Ahmed, S. Begum, and P. Funk, "Real time heart rate monitoring from facial RGB color video using webcam," *29th Annu. Work. Swedish Artif. Intell. Soc.*, vol. 1, no. May, p. 6, 2016.
- [3] I. K. Resika Arthana, I. M. A. Pradnyana, and D. P. Y. Kurniati, "Sistem Monitoring Detak Jantung dan Lokasi Pasien," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, 2018, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v15i1.13115.
- [4] T. Sutoyo, E. Mulyanto, V. Suhartono, Nurhayati, and Wijanarto, *Teori Pengolahan Citra Digital*. 2009.
- [5] A. Budi, S. Suma'inna, and H. Maulana, "Pengenalan Citra Wajah Sebagai Identifier Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA)," *J. Tek. Inform.*, 2018, doi: 10.15408/jti.v9i2.5608.
- [6] A. H. Pratomo, W. Kaswidjanti, and S. Mu'arifah, "Implementasi Algoritma Region of Interest (ROI) Untuk Meningkatkan Performa Algoritma Deteksi Dan Klasifikasi Kendaraan," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, 2020.
- [7] Rahayu Kia Sandi Cahaya Putri, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Gambar," 2018.
- [8] A. Peryanto, A. Yudhana, and R. Umar, "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network dan K Fold Cross Validation," *J. Appl. Informatics Comput.*, 2020, doi: 10.30871/jaic.v4i1.2017.
- [9] J. Redmon and A. Farhadi, "YOLO v.3," *Tech Rep.*, pp. 1–6, 2018, [Online]. Available: <https://pjreddie.com/media/files/papers/YOLOv3.pdf>.
- [10] M. Zhang, W. Zhao, H. Li, F. Wang, and S. Zhang, "Research on the Application of Deep Learning YOLOv3 in Aerial Patrol Inspection of Optical Cable Lines," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1345, no. 3, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1345/3/032068.
- [11] M.-Z. Poh, D. J. McDuff, and R. W. Picard, "Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation," *Opt. Express*, 2010, doi: 10.1364/oe.18.010762.
- [12] A. Arya and S. Thornton, "ECG Simulator," pp. 8–9, 1990.
- [13] I. Bichindaritz, S. Vaidya, a Jain, and L. Jain, *Computational Intelligence in Healthcare 4*. 2010.