

PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI DENYUT NADI MENGUNAKAN METODE EULERIAN MOTION MAGNIFICATION

Design of Pulse Detection System Using Eulerian Motion Magnification Method

Bayu Angga Medica Firmanda¹, Gelar Budiman, S.T., M.T.², Hilman Fauzi, S.T., M.T.³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹anggafirmanda@students.telkomuniversity.ac.id, ²glb@telkomuniversity.ac.id,
³hilmanfauzitsp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Detak jantung merupakan parameter yang sangat penting dalam menentukan kesehatan seseorang. Dari detak jantung, dapat diketahui seseorang memiliki gangguan kesehatan atau tidak. Saat ini, pengukuran detak jantung dilakukan dengan menggunakan sensor *pulse oximetry* yang dijepitkan di ujung jari atau daun telinga. ECG juga dapat digunakan untuk mengukur detak jantung, alat ini mengharuskan pasien untuk memakai *patch* di dada yang dapat menimbulkan rasa tidak nyaman, bahkan dapat menyebabkan iritasi.

Baru-baru ini dikembangkan sebuah metode bernama *Eulerian Motion Magnification*. Pada penelitian sebelumnya metode ini telah diterapkan untuk mengukur detak jantung dengan cara mengambil video dari wajah pasien, kemudian diamati perubahan warna wajah saat jantung memompa darah ke kepala. Dalam penelitian ini, metode tersebut digunakan untuk mengukur detak jantung dengan cara mengambil video dari pergelangan tangan. Pergerakan mikro dalam video tersebut kemudian diperbesar sehingga denyut nadi dapat terlihat. Setelah itu dilakukan deteksi pada denyut nadi yang telah terlihat. Kemudian didapatkan hasil berupa jumlah denyut nadi per menit dalam satuan BPM.

Hasil pengujian sistem pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Eulerian Motion Magnification* menghasilkan tingkat akurasi tertinggi yaitu 95,83% dengan waktu komputasi 338 detik. Hasil tersebut didapat pada kondisi intensitas cahaya 1358 lux, resolusi video 1280x720 piksel, jarak pengambilan video 10 cm, dan *frame rate* 25 fps.

Kata Kunci : *Pulse Oximetry Sensor, ECG, Eulerian Motion Magnification*

Abstract

Heartbeat is a very important parameter in determining someone's health. From the heartbeat, we can know someone has health problems or not. Currently, heartbeat measurement is done by using pulse oximetry sensor which clipped on the fingertip or earlobe. ECG may also be used to measure heartbeat, this tool requires patient to wear patches on the chest that can cause discomfort, it can even cause irritation.

Recently, a method named *Eulerian Motion Magnification* has developed. In previous study, this method has been applied to measure heartbeat by taking video of patient's face, then observed the color change in face when heart pumps blood to the head. In this research, the method used to measure heartbeat by taking video of wrist. Micro movement in the video then enlarge so the pulse can be seen. After that, detection is performed on the pulse that has been seen. Then the results obtained in the form of number of pulses per minute in unit of BPM.

Testing results of the system in this research shows that *Eulerian Motion Magnification* method produce the highest accuracy at 95,83% with 338 seconds of computing time. The results obtained at conditions of 1358 lux light intensity, video resolution of 1280x720 pixels, video capture distance of 10 cm, and frame rate of 25 fps.

Keywords: *Pulse Oximetry Sensor, ECG, Eulerian Motion Magnification*

1. Pendahuluan

Sistem penglihatan manusia memiliki sensitivitas yang sangat rendah terhadap pergerakan mikro, padahal kebanyakan pergerakan mikro yang terdapat pada tubuh manusia mengandung informasi penting mengenai kesehatan seseorang [1]. Sebagai contoh pada pergelangan tangan manusia terdapat pembuluh nadi yang merupakan tempat mengalirnya darah. Ketika jantung memompa darah ke seluruh bagian tubuh, maka pembuluh nadi pun akan berdenyut [2]. Namun, denyut nadi ini sangat sulit bahkan tidak terlihat oleh mata terlanjang. Sehingga pengukuran detak jantung dilakukan dengan cara merasakan denyut nadi yang ada di pergelangan tangan, tapi cara ini dirasa cukup sulit mengingat tidak semua orang memiliki denyut nadi yang kuat [3].

2. Dasar Teori

2.1 Format File Video

Format file video adalah jenis format yang digunakan untuk menyimpan data video digital pada sistem komputer [9]. MPEG-4 atau MP4 adalah format multimedia digital yang paling umum digunakan untuk menyimpan video dan audio [10]. Audio Video Interleave atau AVI adalah format multimedia yang diperkenalkan oleh Microsoft pada November 1992 sebagai bagian dari format video untuk perangkat lunak Windows [11].

2.2 Eulerian Motion Magnification

Eulerian motion magnification adalah sebuah metode yang dapat memperbesar pergerakan mikro dengan cara mendeteksi perubahan warna di setiap frame pada video dan memperkuat perubahan tersebut dengan menggunakan frekuensi tertentu. *Eulerian motion magnification* dapat diaplikasikan pada banyak bidang kehidupan, misalnya di bidang kesehatan [4]. Persamaan umum yang digunakan pada metode ini adalah

$$I(x, t) = f(x + (1 + \alpha)\delta(t))$$

2.3 Denyut Nadi

Denyut nadi adalah kondisi yang terjadi saat jantung memompa darah ke seluruh tubuh. Denyut nadi dapat diukur di belakang lutut, pangkal paha, leher, dan pergelangan tangan [9]. Mengukur denyut nadi memberikan informasi penting tentang kesehatan [10].

Tabel 1. Denyut nadi normal berdasarkan umur [9]

Umur	Denyut Nadi Per Menit
0 – 1 bulan	70 – 190 bpm
1 – 11 bulan	80 – 160 bpm
1 – 2 tahun	80 – 130 bpm
3 – 4 tahun	80 – 120 bpm
5 – 6 tahun	75 – 115 bpm
7 – 9 tahun	70 – 110 bpm
10 tahun keatas	60 – 100 bpm
Atlet terlatih	40 – 60 bpm

2.4 Body Mass Index

Body Mass Index (BMI) adalah salah satu cara untuk mengukur jumlah massa jaringan (otot, lemak, dan tulang) dalam tubuh seseorang, kemudian mengkategorikan orang tersebut dalam beberapa kategori berdasarkan nilai BMI tersebut [14]. BMI dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$BMI = \frac{\text{berat badan (kg)}}{\text{tinggi badan}^2(\text{m}^2)}$$

Tabel 2. Kategori berat badan berdasarkan nilai BMI [15]

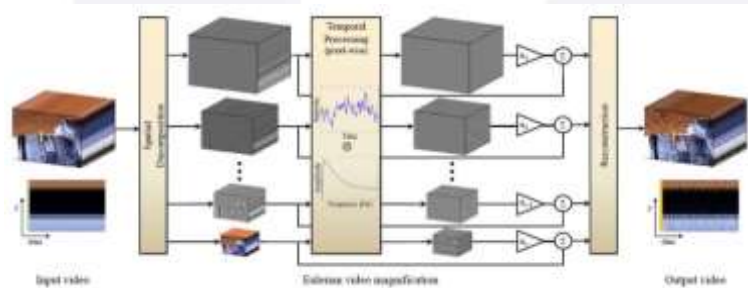
Kategori	Nilai BMI
Sangat sangat kurus	< 15
Sangat kurus	15 – 16
Kurus	16 – 18,5
Normal (berat badan yang sehat)	18,5 - 25
Gemuk	25 – 30
Obesitas kelas I (cukup gemuk)	30 – 35
Obesitas kelas II (sangat gemuk)	35 – 40
Obesitas kelas III (sangat sangat gemuk)	40 <

2.5 Filter

Dalam pemrosesan sinyal, filter merupakan komponen yang sangat penting. *High-pass* filter adalah sebuah filter yang hanya meloloskan sinyal dengan frekuensi lebih tinggi dari frekuensi *cut-off*. *Low-pass* filter adalah sebuah filter yang hanya meloloskan sinyal dengan frekuensi lebih rendah dari frekuensi *cut-off*. Berikut merupakan persamaan umum pada *high-pass* dan *low-pass* filter

$$f_c = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC} \quad \text{atau} \quad \omega_c = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{RC}$$

3. Perancangan dan Implementasi



Gambar 1. Model Sistem Eulerian Motion Magnification [12]

Secara garis besar, desain model sistem ini terdiri dari dua proses yaitu proses magnifikasi video dan proses deteksi denyut nadi. Pada proses megnifikasi, pergerakan mikro pada video input akan dimagnifikasi sehingga denyut nadi yang awalnya tidak terlihat dapat menjadi terlihat. Proses selanjutnya adalah proses deteksi denyut nadi pada video output, agar diperoleh nilai *beat per minute* (bpm).

4. Pengujian dan Analisis

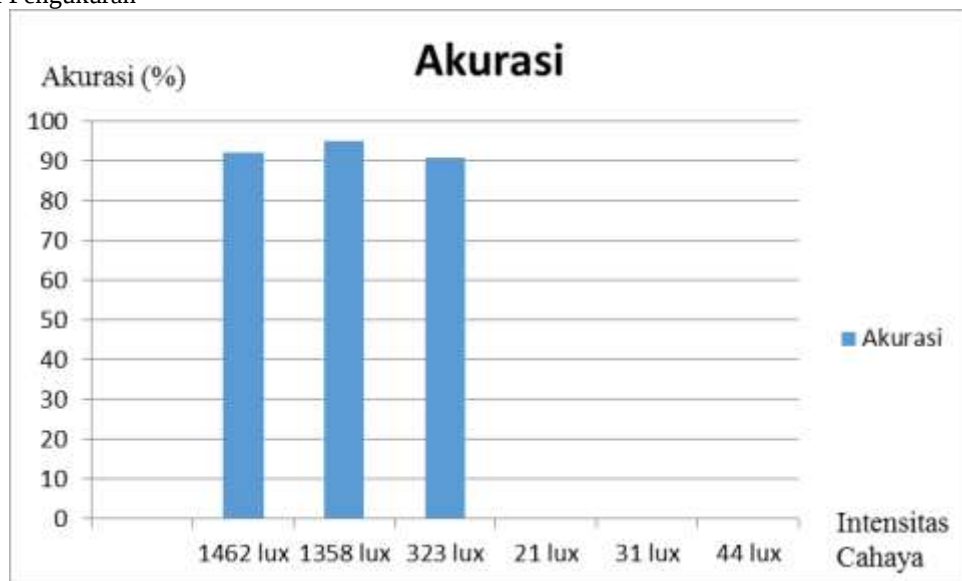
Sistem yang telah dirancang perlu diketahui akurasi dengan beberapa pengujian. Bab ini akan membahas skenario yang digunakan untuk menguji tingkat akurasi dari sistem yang telah dibuat serta menyajikan hasil-hasil pengujiannya.

4.1 Skenario Pertama

a. Tujuan Pengukuran

Pada skenario pertama akan dilihat bagaimana pengaruh intensitas cahaya terhadap tingkat akurasi sistem. Pengujian dilakukan pada waktu pagi, siang, dan sore dengan lokasi di ruangan terbuka dan di ruangan tertutup.

b. Hasil Pengukuran



Gambar 2. Grafik Tingkat Akurasi Pada Skenario 1

c. Analisis Hasil Pengukuran

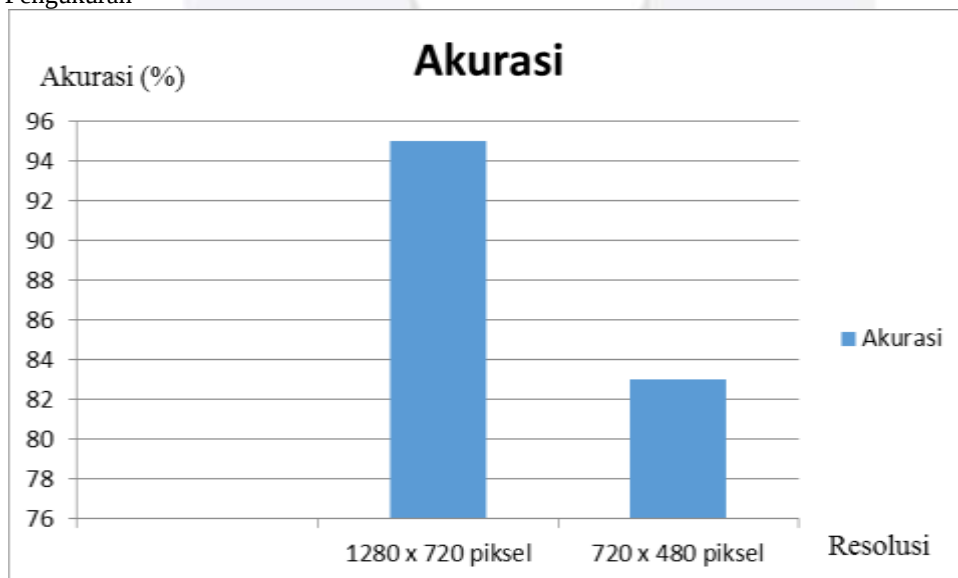
Dari grafik di atas terlihat bahwa intensitas cahaya pada lokasi terbuka menghasilkan tingkat akurasi yang jauh lebih baik dan stabil dibandingkan dengan ketika diberikan intensitas cahaya pada lokasi tertutup. Saat dilakukan pengujian dengan intensitas cahaya pada lokasi terbuka, didapatkan akurasi rata-rata sebesar 94,48%. Sedangkan saat dilakukan pengujian dengan intensitas cahaya pada lokasi tertutup didapat akurasi rata-rata sebesar 0%, yang berarti bahwa denyut nadi tidak terdeteksi sama sekali.

4.2 Skenario Kedua

a. Tujuan Pengukuran

Pada skenario kedua akan dilihat bagaimana pengaruh resolusi kamera dan ukuran video terhadap tingkat akurasi dan waktu komputasi sistem. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kamera *smartphone* dengan sensor 8 MP dan 5 MP yang menghasilkan video dengan ukuran 1280x720 piksel dan 720x480 piksel.

b. Hasil Pengukuran



Gambar 3. Grafik Tingkat Akurasi Pada Skenario 2

c. Analisis Hasil Pengukuran

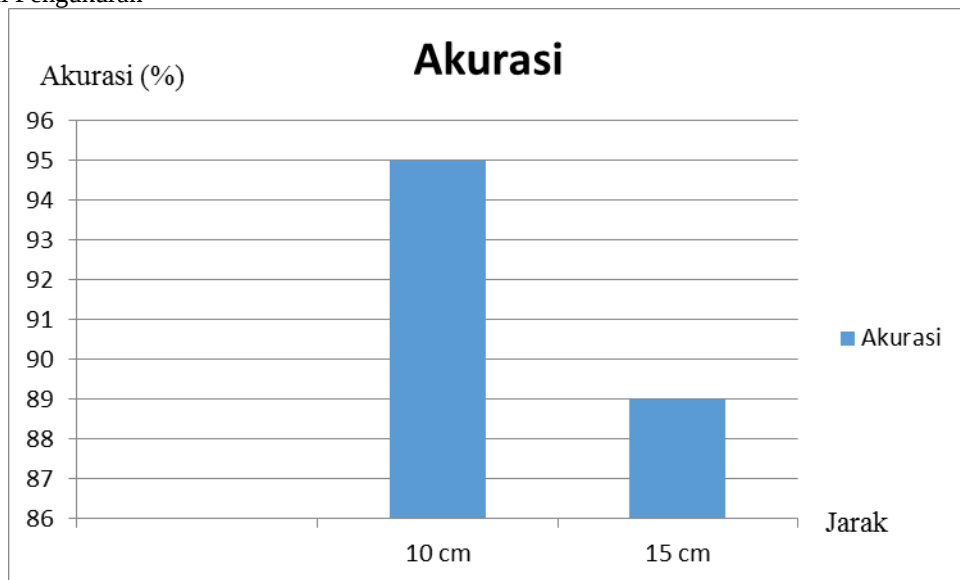
Dari grafik di atas terlihat bahwa resolusi *high definition* menghasilkan tingkat akurasi yang lebih baik dibanding dengan resolusi *standard definition*. Saat dilakukan pengujian dengan resolusi *high definition* didapatkan akurasi rata-rata sebesar 94,48%. Sedangkan saat dilakukan pengujian dengan resolusi *standard definition* didapatkan akurasi rata-rata sebesar 85,28%.

4.3 Skenario Ketiga

a. Tujuan Pengukuran

Pada skenario ketiga akan dilihat bagaimana pengaruh jarak pengambilan video terhadap tingkat akurasi sistem. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil video pada jarak 10 cm dan 15 cm.

b. Hasil Pengukuran



Gambar 4. Grafik Tingkat Akurasi Pada Skenario 3

c. Analisis Hasil Pengukuran

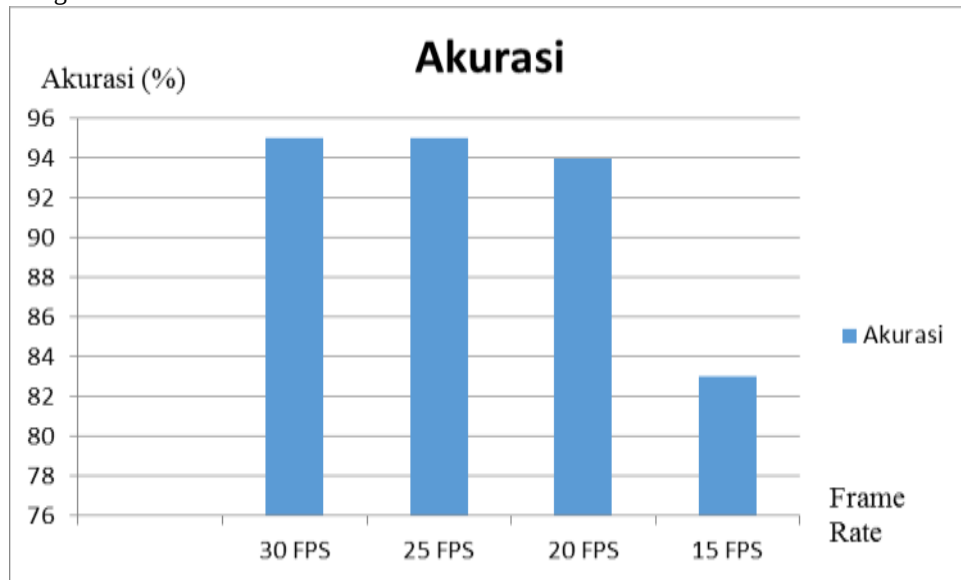
Dari grafik di atas terlihat bahwa pada jarak pengambilan video sejauh 10 cm menghasilkan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan jarak pengambilan video sejauh 15 cm. Saat dilakukan pengujian pada jarak pengambilan sejauh 10 cm didapat akurasi rata-rata sebesar 94,48%. Sedangkan saat dilakukan pengujian pada jarak pengambilan video sejauh 15 cm didapat akurasi rata-rata sebesar 88,74%.

4.4 Skenario Keempat

a. Tujuan Pengukuran

Pada skenario keempat akan dilihat bagaimana pengaruh *frame rate* video terhadap tingkat akurasi dan waktu komputasi sistem. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan video dengan *frame rate* 30 fps, 25 fps, 20 fps, dan 15 fps.

b. Hasil Pengukuran



Gambar 5. Grafik Tingkat Akurasi Pada Skenario 4

c. Analisis Hasil Pengukuran

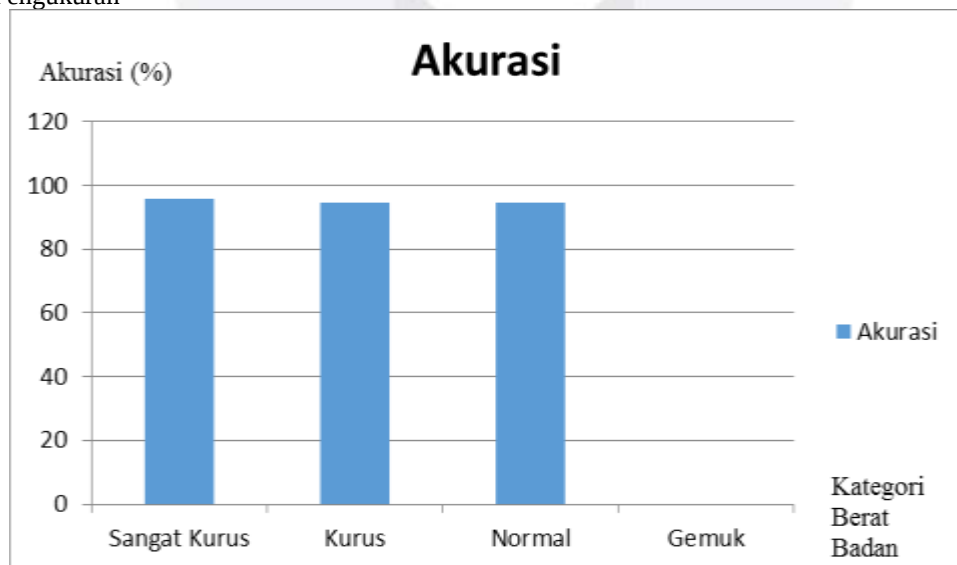
Dari grafik di atas terlihat bahwa *frame rate* video 25 fps menghasilkan tingkat akurasi yang baik dan waktu komputasi yang cepat dibandingkan dengan *frame rate* video yang lebih rendah. Saat dilakukan pengujian dengan *frame rate* video 25 fps, didapatkan akurasi rata-rata sebesar 94,48% dan waktu komputasi selama 338 detik. Pengujian dengan *frame rate* video 30 fps juga menghasilkan akurasi rata-rata sebesar 94,48%, namun membutuhkan waktu lebih lama yaitu 389 detik. Sedangkan saat dilakukan pengujian dengan *frame rate* video 20 fps dan 15 fps, didapatkan akurasi rata-rata sebesar 93,18% dan 82,38% dengan waktu komputasi selama 267 detik dan 199 detik.

4.5 Skenario Kelima

a. Tujuan Pengukuran

Pada skenario kelima akan dilihat bagaimana pengaruh kategori berat badan sampel berdasarkan nilai BMI terhadap tingkat akurasi sistem. Pengujian ini dilakukan menggunakan sampel dengan kategori berat badan sangat kurus, kurus, normal, dan gemuk.

b. Hasil Pengukuran



Gambar 4. Grafik Tingkat Akurasi Pada Skenario 5

c. Analisis Hasil Pengukuran

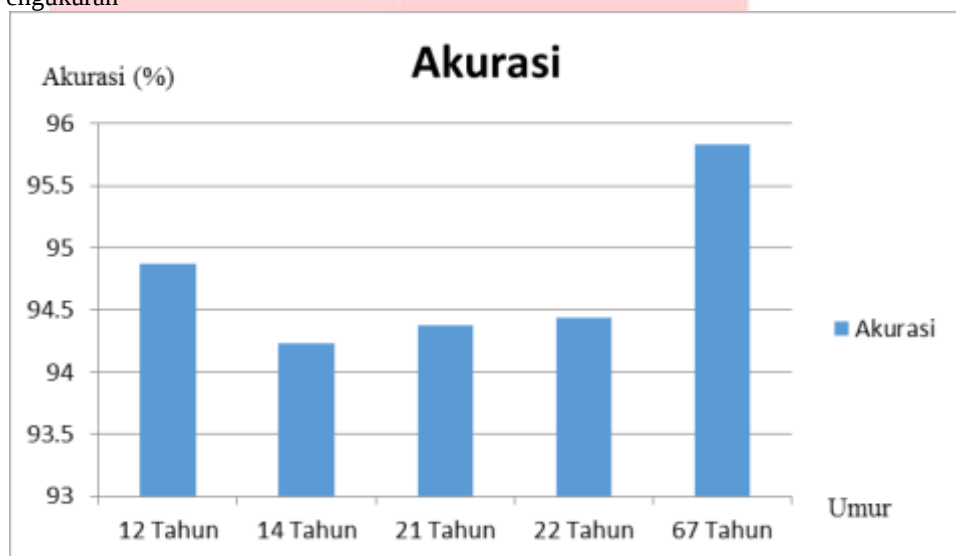
Dari grafik di atas terlihat bahwa kategori berat badan sangat kurus menghasilkan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan kategori berat badan kurus, normal, dan gemuk. Saat dilakukan pengujian dengan kategori berat badan sangat kurus, didapatkan akurasi rata-rata sebesar 95,83%. Pengujian dengan kategori berat badan kurus dan normal menghasilkan akurasi rata-rata sebesar 94,55% dan 94,41%. Sedangkan saat dilakukan pengujian dengan kategori berat badan gemuk, didapatkan akurasi rata-rata sebesar 0%.

4.6 Skenario Keenam

a. Tujuan Pengukuran

Pada skenario keenam akan dilihat bagaimana pengaruh umur dari sampel terhadap tingkat akurasi sistem. Pengujian ini dilakukan menggunakan sampel dengan umur 12 tahun, 14 tahun, 17 tahun, 21 tahun, 22 tahun, 67 tahun.

b. Hasil Pengukuran



Gambar 4. Grafik Tingkat Akurasi Pada Skenario 6

c. Analisis Hasil Pengukuran

Dari grafik di atas terlihat bahwa pengujian pada sampel dengan umur 67 tahun menghasilkan tingkat akurasi tertinggi, yaitu 95,83%. Sedangkan pada pengujian dengan umur 12 tahun, 14 tahun, 21 tahun, dan 22 tahun menghasilkan tingkat akurasi masing-masing sebesar 94,87%, 94,23%, 94,38%, dan 94,44%. Hal tersebut memperlihatkan bahwa parameter umur menghasilkan tingkat akurasi yang hampir sama walaupun umur sampel yang diambil terpaut cukup jauh. Tingkat akurasi yang dihasilkan pada skenario ini masih sangat terkait dengan kategori berat badan yang telah dibahas sebelumnya. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa parameter ini tidak terlalu berpengaruh pada tingkat akurasi sistem.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis simulasi sistem, dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Intensitas cahaya yang paling baik digunakan untuk sistem ini adalah 1358 lux, yaitu kondisi intensitas cahaya pada pagi hari di lokasi ruangan terbuka. Karena intensitas cahaya tersebut menghasilkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 94,48%.
2. Resolusi video yang paling baik digunakan untuk sistem ini adalah 1280x720 piksel. Karena resolusi tersebut menghasilkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 94,48% dengan waktu komputasi 389 detik.
3. Jarak pengambilan video yang paling baik digunakan untuk sistem ini adalah 10 cm. Karena jarak pengambilan video tersebut menghasilkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 94,48%.
4. *Frame rate* yang paling baik digunakan untuk sistem ini adalah 25 fps. Karena *frame rate* tersebut menghasilkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 94,48% dengan waktu komputasi selama 338 detik.

5. Kategori berat badan yang paling baik digunakan untuk sistem ini adalah sangat kurus. Karena kategori tersebut menghasilkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 95,83%.
6. Parameter umur tidak berpengaruh terhadap tingkat akurasi dari sistem ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Verkrusse, L. O. Svaasand, and J. S. Nelson, "Remote Pletysmographic Imaging Using Ambient Light", *Opt. Express* 16 (2008)
- [2] Poh, Ming-Zher, Daniel J. McDuff, and Rosalind W. Picard, "Non-contact, Automated Cardiac Pulse Measurements Using Video Imaging and Blind Source Separation", *Optics Express* 18 (2010)
- [3] Liu C. Torralba, A. Freeman, F. W. T. Durand, and E. H. Adelson, "Motion Magnification", *ACM Trans. Graph.* 24 (2005)
- [4] Hao-Yu Wu, Michael Rubinstein, Eugene Shih, John Guttag, Fredo Durand, William Freeman, "Eulerian Video Magnification for Revealing Subtle Changes in the World", Quanta Research Cambridge, Inc. (MIT CSAIL 2012)
- [5] M. Fuchs, T. Chen, O. Wang, R. Raskar, H. P. Seidel, and H. P. Lensch, "Real-time Temporal Shaping of High-speed Video Streams", *Computers & Graphics* 34 (2010)
- [6] J. Wang, S. M. Drucker, M. Agrawala, and M. F. Cohen, "The Cartoon Animation Filter", *ACM Trans. Graph.* 25 (2006)
- [7] S. Rhee, B. H. Yang, and H. H. Asada, "Artifact-resistant Power-efficient Design Offer-ring Plethysmographic Sensors", *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 48 (2001)
- [8] M. Z. Poh, N. C. Swenson, and R. Picard, "Motion-tolerant Magnetic Earring Sensor and Wireless Earpiece for Wearable Photoplethysmography", *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* (Epub. 2010)
- [9] Tinic Uro, "New File Extensions and MIME Types", Kaourantin (2009)
- [10] ISO/IEC 14496-14:2003
- [11] Microsoft Corporation, "WAVE and AVI Codec Registries-RFC 2361", IETF (2009)
- [12] D. Bernstein, "Evolution of the Cardiovascular: History and Physical Evaluation", *Nelson Textbook of Pediatrics* 19th ed. (2011)
- [13] S. Cook, M. C. Schaub, P. Wenaweser, and O. M. Hess, "High Heart Rate: A Cardiovascular Risk Factor?", *Eur. Heart J.* 27 (2006)
- [14] Dr. Malcolm Kendrick, "Why being 'overweight' means you live longer. The way scientists twist the facts", (2015)
- [15] World Health Organization, "BMI Classification", *Global Database on Body Mass Index* (2012)
- [16] Miroslav D. Lutovac, Dejan V. Tasic, Brian Lawrence Evans, "Filter Design of Signal Processing Using MATLAB and Mathematica", Miroslav Lutovac (2001)