

Pemantauan Detak Jantung Non-invasif Dengan Algoritma *Blind Separation Signal* Menggunakan Pengujian *R-Squared*

1st I Nyoman Dwi Satria Wijaksana
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
dwisatria@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Syamsul Rizal
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
syamsulrizal@telkomuniversity.ac.id

3rd Nor kumalasari Caecar Pratiwi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
caecarnkcp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Jantung berperan penting dalam mengalirkan darah kaya oksigen ke seluruh tubuh manusia. Pentingnya pemeriksaan kesehatan jantung tidak dapat diabaikan, mengingat banyaknya penyakit yang berasal dari organ ini. Oleh karena itu, diharapkan individu dapat menjaga kesehatan jantung dengan berpartisipasi dalam aktivitas olahraga. Saat ini, deteksi detak jantung dilakukan non-invasif, tetapi masih melibatkan kontak langsung. Penulis telah merancang metode non-invasif untuk mendeteksi *Beats Per Minute* (BPM) manusia menggunakan kamera *webcam*. Pendekatan ini mengandalkan teknik *Blind Signal Separation* (BSS) dan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk menghitung BPM manusia berdasarkan sinyal wajah. Hal ini dimungkinkan oleh perubahan variasi warna kulit akibat sirkulasi darah di wajah. Dimana hasil akhirnya berupa program pendeteksi detak jantung melalui rekaman wajah yang menggunakan bahasa python yang mudah digunakan. Hasil akhir yang didapatkan menggunakan pengujian *R-squared* memiliki keterhubungan dengan nilai referensi yang digunakan sebesar 94% pada *channel RGB* pada kondisi setelah melakukan olahraga skotjump selama satu menit dan 99% pada *channel Blue* kondisi sebelum melakukan olahraga diruangan tertutup dengan pencahayaan lampu sebesar 12watt.

Kata kunci— Jantung, *Blind Signal Separation*, *Fast Fourier Transform*, wajah, *R-Squared*

I. PENDAHULUAN

Jantung memiliki peran yang sangat vital dalam sirkulasi darah yang kaya akan oksigen dan nutrisi ke seluruh bagian tubuh manusia. Pengukuran detak jantung dilakukan dalam satuan *Beats Per Minute* (BPM). Salah satu gangguan jantung yang dikenal sebagai aritmia, menyebabkan detak jantung menjadi tidak teratur, dengan kecepatan yang bisa lebih tinggi atau lebih rendah dari normal. Aritmia, misalnya, dapat menghasilkan kecepatan detak jantung di atas 100 BPM yang disebut tahikardia, atau di bawah 60 BPM yang disebut bradikardia [1]. Secara umum, kecepatan detak jantung berkisar antara 60-90 BPM. Saat melakukan latihan fisik atau saat suhu tubuh meningkat, detak jantung dapat meningkat dengan cepat. Salah satu jenis olahraga yang sederhana dan dapat dilakukan tanpa perlu fasilitas khusus adalah aerobik.

Hal ini menunjukkan bahwa rancangan protokol pemanasan memiliki dampak pada respons detak jantung terhadap latihan aerobik maksimal [2]. Saat ini teknologi berkembang sangat pesat dimana era sekarang memungkinkan untuk perancangan deteksi detak jantung dengan mengamati citra wajah. Lalu diambil daerah *Region Of Interest* (ROI) pada bagian penting wajah yang mampu menghasilkan sinyal dari sirkulasi darah yang mengalir pada kulit lalu dihitung untuk menghasilkan detak jantung menggunakan metode *Blind Signal Separation* (BSS) dengan perhitungan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada bahasa pemrograman python, pada saat pengambilan data wajah dengan kamera *webcam* berjarak beberapa meter pada kamera *webcam* dengan fokus ke kamera *webcam* selama 2 menit. Diharapkan ke depannya orang dapat mengukur detak jantung hanya dengan berdiri depan kamera selama beberapa detik dan langsung memunculkan hasil detak jantung secara *real-time* dan tepat.

II. KAJIAN TEORI

Pemantauan detak jantung non-invasif yaitu mampu menghitung *Beats Per Minute* (BPM) manusia non-invasif secara non kontak kepada orang-orang. Terdapat tahapan-tahapan yang akan digunakan. Fitur utama dari metode yang diusulkan adalah 3 sinyal independen yang disebut sinyal merah, sinyal hijau dan sinyal biru dan sinyal ini dihasilkan dari nilai warna merah, biru dan hijau dari setiap piksel pada bagian *frame* wajah yang ada di daerah ROI.

A. Face Detection

Open source Computer Vision Library (OpenCV) adalah perpustakaan perangkat lunak khusus untuk *computer vision*. OpenCV memiliki banyak algoritma yang dapat digunakan dan dioptimalkan untuk mendeteksi, mengenali dan mengidentifikasi wajah. Menggunakan OpenCV untuk pengenalan wajah seperti bentuk wajah dan pendeteksi detak jantung berdasarkan bentuk wajah [3].

B. Region of Interest

Nilai-nilai warna R, G, dan B dari setiap piksel dalam bingkai gambar wajah adalah bagian yang paling penting

dalam eksperimen ini. Oleh karena itu, telah dicari wilayah minat *Region of Interest* (ROI) yang sempurna di atas wajah yang terdeteksi. Wajah yang terdeteksi menggunakan metode Viola dan Jones mengandung beberapa bagian yang tidak diinginkan yang perlu dihilangkan. Untuk mengidentifikasi koordinat lokasi wajah dalam bingkai pertama, digunakan klasifikasi *cascade* yang ditingkatkan untuk koordinat x dan y serta tinggi dan lebar yang mendefinisikan kotak di sekitar wajah. Oleh karena itu, pusat wajah dipilih sebagai 60% lebar dan 80% tinggi kotak sebagai wilayah minat yang bebas dari bagian yang tidak diinginkan. Hanya ROI yang kemudian dipisahkan dari seluruh gambar wajah yang ditampilkan [4].

C. RGB Signal Extraction

Nilai-nilai warna R, G, dan B adalah elemen-elemen dasar dari sinyal R, G, dan B (bersama-sama disebut sinyal RGB) yang diekstraksi dari gambar wajah yang dipotong di wilayah minat (ROI). Setiap piksel dalam gambar memiliki matriks 3x1 nilai warna yang terdiri dari warna Merah (R), Hijau (G), dan Biru (B) dari gambar tersebut. Kemudian, tiga sinyal yang diinginkan yaitu sinyal Merah, Hijau, dan Biru dihasilkan dalam dua fase. Pada fase pertama, nilai rata-rata warna R, G, dan B dihitung untuk setiap *frame* gambar yang telah diseleksi pada ROI, dan pada fase kedua, sinyal merah, hijau, dan biru dihitung dari penjumlahan semua nilai warna R, G, dan B yang dirata-ratakan [5].

D. Blind Signal Separation (BSS)

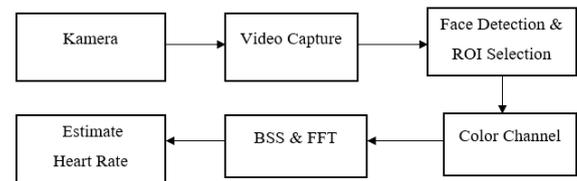
Blind Separation Signal (BSS) merupakan suatu pendekatan untuk memisahkan sinyal-sinyal yang telah tercampur tanpa memerlukan bantuan informasi tambahan dan mengembalikan sinyal-sinyal tersebut ke bentuk aslinya. BSS sering digunakan dalam aplikasi pemrosesan sinyal digital di mana pemisahan sinyal dengan pendekatan buta dapat diterapkan, seperti pada bidang akustik, komunikasi radio, pemrosesan citra, dan pemrosesan gambar. Dalam jurnal ini, metode BSS digunakan untuk memproses citra wajah dan juga diterapkan dalam pemrosesan penanda biomedis pada detak jantung manusia [6].

E. Fast Fourier Transform (FFT)

Fast Fourier Transform (FFT) merupakan suatu metode yang umum digunakan untuk menganalisa frekuensi dalam sinyal. Dengan menggunakan analisa FFT, sinyal dalam domain waktu dapat diubah menjadi domain frekuensi. Dapat diterapkan untuk perhitungan detak jantung dengan mengetahui frekuensi detak jantung [7].

III. METODE

Program yang dirancang merupakan pendeteksian BPM jantung menggunakan citra digital melalui wajah dengan algoritma *Blind Separation Signal* (BSS) dan *Fast Fourier Transform* (FFT). Proses cara kerja program tertera pada Gambar 1.



Gambar 1 Blok Diagram Pendeteksi Detak Jantung

Langkah pertama dalam algoritma deteksi BPM jantung adalah Proses Video Capture. Pada tahap awal ini, frame video diambil dari sumber yang telah ditentukan, yakni kamera eksternal dalam bentuk kamera webcam. Metode pengambilan frame video diimplementasikan melalui modul OpenCV. Fungsi ini memulai proses dengan menginisialisasi objek video capture, yang akan digunakan untuk membaca setiap frame video secara berurutan. Selanjutnya, algoritma masuk ke langkah Deteksi Wajah dan ROI (*Region of Interest*). Deteksi wajah adalah langkah penting dalam berbagai aplikasi seperti autentikasi wajah, pengenalan, pelacakan, dan pengenalan emosi. Tujuan utama dari algoritma deteksi wajah adalah untuk menentukan apakah gambar tersebut mengandung wajah atau tidak. Walaupun bagi manusia deteksi wajah terasa sederhana, bagi komputer ini bisa menjadi tugas yang menantang. Karena itulah, deteksi wajah telah menjadi fokus penelitian selama beberapa dekade terakhir.

Dalam implementasi ini, algoritma deteksi wajah digunakan untuk mengenali wajah subjek pada setiap frame video, yang merupakan dasar dari video tersebut. Dalam sistem pemantauan BPM jantung, setiap frame gambar harus diproses dengan benar, satu per satu, pada waktu-waktu tertentu dalam video. Bagian wajah yang paling relevan kemudian digunakan oleh algoritma untuk pelacakan pada setiap frame video. Penting untuk menjaga konsistensi pose subjek selama perekaman video agar perhitungan optimal dapat dilakukan. Metode yang diusulkan memerlukan pelacakan wajah yang dapat diandalkan untuk deteksi wajah yang akurat. Oleh karena itu, dalam implementasi proyek ini, digunakan metode *Cascade Classifier* dari OpenCV yang dikembangkan oleh Viola-Jones yang dikenal efektif dalam mendeteksi wajah.

Kemudian, video yang diambil merupakan kombinasi dari saluran warna R, G, dan B, dengan informasi PPG yang terkandung dalam ketiga saluran tersebut. Biasanya, sinyal PPG terkuat terdapat pada saluran warna hijau. Saluran tersebut akan dipisahkan untuk mengisolasi intensitas saluran yang dominan dari RGB, yang akan digunakan sebagai fitur sinyal PPG. Langkah selanjutnya adalah menghitung BPM. Frame yang telah diekstraksi dari setiap frame wajah, khususnya rata-rata nilai RGB, akan digunakan dalam proses PCA dan FFT untuk menghitung BPM. PCA (*Principal Component Analysis*) digunakan untuk mengurangi dimensi frame dengan mempertahankan komponen utama yang signifikan, memudahkan perhitungan dengan mengurangi kompleksitas.

Selanjutnya, FFT digunakan untuk menganalisis frekuensi sinyal BPM dalam frame hasil PCA. Hasil FFT membantu mengidentifikasi frekuensi puncak, yang dapat dikonversi menjadi BPM melalui faktor konversi yang sesuai. Kombinasi algoritma PCA dan FFT memungkinkan tahap perhitungan BPM jantung berdasarkan rata-rata warna dari setiap frame wajah yang direkam. Hasil perhitungan

BPM ditampilkan dalam bentuk grafik frekuensi yang mencerminkan spektrum frekuensi sinyal detak jantung yang dihitung. Puncak tertinggi dalam grafik ini sering disebut sebagai frekuensi dominan, yang mengindikasikan perkiraan detak jantung dalam BPM.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Langkah Pengujian

R-Squared merupakan suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar variabel independen akan mempengaruhi variabel dependen. Nilai RSQ berkisaran antara 0 sampai 1, dimana 0 menunjukkan bahwa dua sinyal tidak memiliki hubungan satu sama lain sedangkan 1 menunjukkan bahwa sinyal sepenuhnya memiliki korelasi yang berarti bahwa metode yang digunakan berhubungan [8].

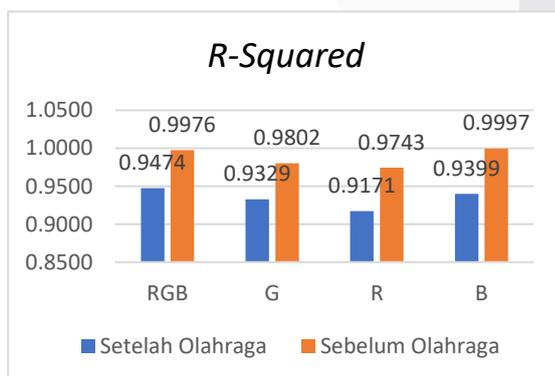
$$RSQ = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

Pada persamaan (1) dapat dilihat bahwa y_i memiliki nilai dependen yaitu nilai sebenarnya, yang dimana nilai yang dimaksud adalah total nilai dari oksimeter yang telah didapatkan. Sedangkan nilai \hat{y}_i merupakan total dari nilai independen yang dimana nilai yang dimaksud adalah nilai total dari program yang sudah dibuat dan diuji kepada partisipan. Sedangkan \bar{y} adalah nilai total rata-rata dari nilai dependen.

Dalam pengujian yang dilakukan data yang diperoleh dari hasil implementasi menggunakan sinyal RGB, R, G, dan B akan diolah menggunakan metode *R-squared* untuk mengetahui nilai dari setiap channelnya, yang dimana jika nilai mendekati nilai 1 maka channel tersebut memiliki sepenuhnya hubungan yang sempurna, sedangkan sebaliknya jika nilai mendekati angka 0 menunjukkan bahwa kedua nilai tidak memiliki hubungan satu sama lain.

B. Hasil Pengujian

Nilai *R-squared* yang diperoleh menunjukkan analisis statistik untuk 10 orang partisipan yang sudah tercatat pada percobaan yang telah dilakukan. Gambar 2 merupakan diagram batang dari hasil pengujian menggunakan *R-Squared*.



Gambar 2 Diagram Batang Dari Hasil Pengujian Menggunakan *R-squared*

Seperti yang dilihat pada diagram batang bahwa nilai *R-squared* yang paling tinggi pada saat partisipan sebelum

melakukan aktivitas olahraga channel B dengan nilai 0,9997 dimana ini yang mendekati nilai 1 ini menunjukkan bahwa channel B memiliki nilai yang berhubungan dengan nilai oksimeter. Untuk aktivitas setelah berolahraga nilai *R-squared* tertinggi didapatkan pada channel RGB dengan nilai 0,9474 ini menunjukkan nilai RGB yang telah diuji memiliki hubungan yang baik kepada nilai oksimeter dibandingkan dengan nilai program yang lain.

V. KESIMPULAN

Program yang kami buat dengan menggunakan metode ROI, BSS, dan FFT dapat berjalan dengan baik. Namun dalam program tersebut masih terdapat kekurangan, salah satunya yaitu program belum mampu membatasi jumlah wajah yang terdeteksi sehingga ketika terdapat lebih dari 1 orang dalam 1 *frame* sehingga program akan menghitung nilai BPM dari seluruh *frame* yang terdeteksi. Berdasarkan hasil pengujian *R-squared* menunjukkan nilai kedekatan tertinggi yaitu diatas 90% dengan nilai alat yang tervalidasi. Maka dapat dilihat pada diagram batang menunjukkan bahwa parameter RSQ terbaik pada aktivitas sebelum berolahraga yaitu *channel Blue* dengan nilai kedekatan 99,97% dibandingkan nilai *channel* yang lain. Sedangkan untuk nilai RSQ terbaik pada setelah melakukan aktivitas olahraga diperoleh dari channel RGB dengan nilai kedekatan 94,74% dengan nilai oksimeter, lebih tinggi dibandingkan channel lainnya.

REFERENSI

- [1] D. Karen Widjaja, A. Arie Setiawan, and Ariosta, "GAMBARAN GANGGUAN IRAMA JANTUNG YANG DISEBABKAN KARENA HIPERTIROID," *Jurnal Kedokteran Diponegoro (JKD)*, vol. 6, no. 2, pp. 434–442, 2017.
- [2] A. D. Faigenbaum *et al.*, "A Comparison of Warm-Up Effects on Maximal Aerobic Exercise Performance in Children," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 19, no. 21, Nov. 2022, doi: 10.3390/ijerph192114122.
- [3] C. E. Panjaitan, D. Hagayna, D. Prandi, and R. Wiranto, "Integration Face Recognition and Body Temperature," *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, vol. 5, no. 1, pp. 198–208, Jul. 2021, doi: 10.31289/jite.v5i1.5315.
- [4] H. Rahman, M. U. Ahmed, S. Begum, and P. Funk, "Real Time Heart Rate Monitoring from Facial RGB Color Video Using Webcam Adapt2030-Adaptive lifecycle design by applying digitalization and AI techniques to production View project Saapho View project," 2016. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/301790316>
- [5] Varsha. A.V, C. Markose, and Aneesh. R.P, "Non-contact Heart Rate Monitoring Using Machine Learning," in *2019 2nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT)*, IEEE, Jul. 2019, pp. 1400–1404. doi: 10.1109/ICICICT46008.2019.8993251.

- [6] B. Zhang, H. Li, L. Xu, L. Qi, Y. Yao, and S. E. Greenwald, "Noncontact Heart Rate Measurement Using a Webcam, Based on Joint Blind Source Separation and a Skin Reflection Model: For a Wide Range of Imaging Conditions," *J Sens*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/9995871.
- [7] W. Wang, A. C. Den Brinker, S. Stuijk, and G. De Haan, "Algorithmic Principles of Remote PPG," *IEEE Trans Biomed Eng*, vol. 64, no. 7, pp. 1479–1491, Jul. 2017, doi: 10.1109/TBME.2016.2609282.
- [8] L. S. Ihzaniah, A. Setiawan, and R. W. N. Wijaya, "Perbandingan Kinerja Metode Regresi K-Nearest Neighbor dan Metode Regresi Linear Berganda pada Data Boston Housing," *Jambura Journal of Probability and Statistics*, vol. 4, no. 1, pp. 17–29, May 2023, doi: 10.34312/jjps.v4i1.18948.

