

Pengukuran Detak Jantung Menggunakan Metode Fotoplethysmograf

Friendly Halomoan Sipayung¹, Kurniawan Nur Ramadhani², Anditya Arifianto³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹friendlysipayung@students.telkomuniversity.ac.id, ²kurniawannr@telkomuniversity.ac.id,

³anditya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Jantung merupakan organ yang paling penting dan berfungsi memompa darah keseluruh tubuh supaya oksigen dapat tersalur dari paru-paru dan membawa kembali karbondioksida hasil respirasi. Secara medis, alat untuk mengukur jantung yang umum digunakan yaitu EKG yang menerapkan metode plethysmograph. Dengan proses yang hampir sama, penggunaan data citra dapat digunakan dalam pengukuran detak jantung yang dikenal dengan photoplethysmograph (PPG). Untuk dapat melakukan pengukuran, sistem memiliki kemampuan untuk mendeteksi fluktuasi perbedaan warna setiap frame video. Citra yang telah diuji diperoleh dengan dataset video ujung jari dengan posisi duduk, berdiri, dan berbaring serta label nilai detak jantung responden. Akurasi rata-rata dari sistem yang dibangun dengan dataset 63 video dari 21 orang responden yaitu 94,27 % dengan metode full-extraction dan 93,55 % dengan menerapkan ROI (Region of Interest).

Kata kunci : detak jantung, fotoplethysmograf

Abstract

Heart is the most important of body parts and it works to pump blood throughout the body so the oxygen can be distributed from lungs and bring back the carbon-dioxide as the result of respiration. Medically, the usual device for heart measurement is ECG (Electrocardiogram) that applied in plethysmograph. With the process that almost similar, the use of image data can be used in heart rate measurement that known as photoplethysmograph (PPG). To be able to do the measurement, the system should have the ability to detect differences fluctuation of color in every video frame. The result of image that have been tested was from the dataset of fingertip's video while they're in sitting, standing, lying position and the label of respondent's heartrate. The accuracy of the system that built with 63 video dataset from 21 respondent is 94,27 % with full-extraction method and 93,55 % with implementation of ROI (Region of Interest).

Keywords: heart rate, photoplethysmograph

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Jantung merupakan salah satu organ tubuh yang paling penting. Jantung berfungsi memompa darah keseluruh tubuh supaya oksigen dapat tersalur dari paru-paru dan membawa kembali karbondioksida hasil respirasi. Dan proses tersebut diidentifikasi sebagai detak jantung. Detak jantung manusia menunjukkan kondisi fisik serta psikologis manusia. Normalnya detak jantung manusia dewasa berkisar 60-100 detakan setiap menit. Nilai minimum detak detak jantung yaitu 40 detakan per menit dan nilai maksimum yaitu 208-0.7(usia). [6]

Secara non-klinis yang sering digunakan di masyarakat untuk mengukur detak jantung adalah dengan menekan urat nadi pada pergelangan tangan atau leher untuk merasakan detak jantung kemudian menghitung manual dengan interval waktu tertentu. Dan umumnya secara medis, pengukuran detak jantung membutuhkan alat-alat seperti elektrokardiogram (EKG), stetoskop, dan Blood Pressure Measurement. Namun ketersediaan alat seperti EKG hanya tersedia di rumah sakit tertentu serta biaya pemeriksaan yang cukup tinggi. Selain itu, pasien harus meluangkan waktu untuk proses pemeriksaan rumah sakit. Dan untuk penggunaan stetoskop harus membutuhkan ahli medis yang berpengalaman.

Para peneliti telah mengembangkan teknik baru untuk mengukur detak jantung tanpa menggunakan sinyal EKG. Metode yang digunakan untuk memperoleh data detak jantung yaitu dengan mengolah hasil citra berupa video yang ditangkap kamera yang dikenal dengan Fotoplethysmograf. Sensor kamera menangkap fluktuasi perubahan warna kulit yang diakibatkan oleh perubahan volume pada pembuluh darah [1]. Penelitian sebelumnya [1] [5], telah membuktikan penggunaan metode Fotoplethysmograf dalam pengukuran detak jantung dengan hasil 99% dan 95% dalam pengujiannya.

Topik dan Batasannya

Dengan menggunakan prinsip pada teknik Fotoplethysmograf / Photoplethysmograph (PPG) maka terdapat kemungkinan bahwa kamera juga dapat digunakan sebagai sensor untuk menangkap perubahan warna akibat perubahan volume pada

pembuluh darah. Dengan melakukan ekstraksi terhadap data video yang memuat informasi aktifitas denyut nadi maka dapat diperoleh sinyal PPG. Beat-to-beat data dari sinyal PPG memberikan informasi tentang nilai detak jantung yang dihitung berdasarkan rata-rata jumlah detakan (pulse) dalam satu satuan waktu. Jika nilai detak jantung dapat diketahui melalui data video yang diperoleh oleh kamera maka terdapat kemungkinan bahwa kamera dapat digunakan sebagai alat monitoring kondisi kesehatan yang mudah dan dapat digunakan oleh setiap orang.

Dasar metode PPG merupakan proses pengukuran rata-rata perubahan volume pada pembuluh darah. Sehingga penulis menggunakan bagian kulit yang paling mudah dideteksi perubahan volumenya, yaitu pada ujung jari. Yang mana bagian ini sangat dekat dengan pembuluh darah dan memiliki tingkat ketebalan kulit yang kecil.

Penelitian ini mengkaji data video ujung jari yang dengan menggunakan kamera Smartphone terhadap perubahan warna sebagai representasi detak jantung. Pengambilan data dibedakan dengan posisi responden, yaitu berdiri, duduk, dan telentang. Data video yang diolah hanya pada ruang warna merah. Kemudian dilakukan pelabelan data detak jantung dengan menggunakan alat Blood Pressure Measurement OMRON HEM-7130 yang sudah dilengkapi sistem penghitung detak jantung. Hasil detak jantung dari alat tersebut dijadikan label terhadap dataset.

Hasil ekstraksi dari video sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya, kekuatan jari menempel ke kamera, serta pergerakan jari saat perekaman. Region of Interest (ROI) dari data video diperlukan agar informasi sinyal PPG diperoleh secara optimal. Dan penelitian dilakukan dengan membandingkan data video penuh dengan video yang menempatkan ROI 320x320 pixel pada bagian yang dianggap terjadi fluktuasi perubahan warna terbesar.

Tujuan

Mendeteksi detak jantung manusia menggunakan data video ujung jari dengan membandingkan video penuh dan video pada ROI yang diusulkan menggunakan metode PPG. Serta mengukur tingkat performansi metode PPG dalam pengukuran detak jantung.

Organisasi Tulisan

Pada bagian 2 akan dijelaskan tentang penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini. Pada bagian 3 dijelaskan proses sistem yang dibangun. Bagian 4 menjelaskan mengenai hasil observasi sistem dan pengujian performansi. Dan pada bagian 5 berisi kesimpulan yang menjawab permasalahan pada penelitian ini.

2. Studi Terkait

2.1 Pengolahan Citra dan Ruang Warna

Pengolahan citra adalah suatu metode untuk mengolah citra digital sehingga menghasilkan gambar lain sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Pengolahan citra merupakan salah satu cabang dari ilmu informatika yang pada prosesnya memanipulasi gambar yang telah ada menjadi gambar lain dengan menggunakan suatu algoritma atau teknik tertentu. Citra yang diolah merupakan citra digital yang merupakan sekumpulan bilangan yang direpresentasikan oleh bit biner. Proses pengolahan citra banyak melibatkan persepsi visual, dan mempunyai ciri data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra. [3]

Ruang warna adalah model matematis abstrak yang menggambarkan cara agar suatu warna dapat direpresentasikan sebagai baris angka biasanya dengan nilai-nilai dari tiga atau empat buah warna atau komponen. Ruang warna yang banyak dikenal yaitu Red Green Blue (RGB), Cyan Magenta Yellow Black (CMYK), dan Hue Saturation Value (HSV).

2.2 Fotoplethysmograf

J.B. Bolkhovsky dan C.G. Scully melakukan penelitian pengukuran detak jantung menggunakan metode Fotoplethysmograf (PPG) dari data video kamera smartphone dan membandingkan dengan sinyal hasil ECG. Hasil analisis menjelaskan terdapat korelasi linear terhadap kedua metode tersebut. [2]

Rong-Chao Peng, dkk melakukan penelitian ekstraksi detak jantung dari hasil citra video dengan metode PPG. Sebelum dilakukan ekstraksi, ditetapkan ROI sebesar 80x80 pixel tepat ditengah video. Proses smoothing hasil ekstraksi menggunakan filter Butterworth low-pass. Penggunaan ruang warna hijau dan biru cenderung nol sedangkan ruang warna merah lebih terlihat jelas. [3]

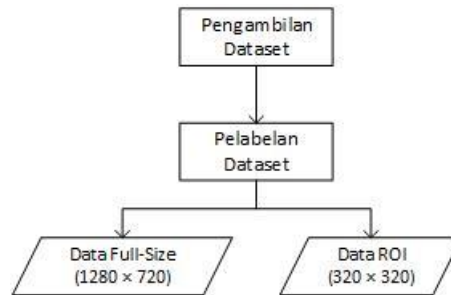
Fotoplethysmograf yang dilakukan oleh Sibylle Fallet, dkk mencoba melakukan pendekatan real-time dengan dataset 46 video ujung jari. Peneliti menyatakan akurasi cukup baik yaitu 90% namun terdapat delay pada penerapan algoritma estimasi yang mengakibatkan proses real-time tidak terpenuhi. [5]

Dalam penelitian yang dilakukan Sheng-Chieh Huang, dkk membandingkan metode Fotoplethysmograf yang menggunakan citra dengan metode Radial Resonance Theory (RRT) yang menggunakan resonansi sinyal untuk menghitung detak jantung. Dan diperoleh nilai error 6% untuk kedua metode tersebut. Sehingga keduanya dikatakan baik dalam memperoleh nilai detak jantung. [4]

3. Sistem yang Dibangun

3.1 Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan video yang dihasilkan oleh kamera smartphone sebagai data uji. Secara teknis pengambilan data dilakukan dengan menempelkan ujung jari diatas lensa kamera dengan kondisi flash LED menyala. Hasil cahaya dari LED menyebabkan perubahan warna pada video tampak jelas ketika volume pembuluh darah disekitar kulit berubah. Perubahan warna tersebut adalah fitur untuk mengetahui informasi tentang PPG. Pengambilan data dilakukan 30 detik. Terdapat tiga posisi responden yang berbeda untuk data video ujung jari yang dihasilkan, yaitu dalam posisi berdiri, duduk, dan berbaring. Setelah perekaman, kemudian dilakukan pengukuran detak jantung menggunakan alat Blood Pressure Measurement OMRON HEM-7130 yang digunakan sebagai data referensi. Alat ini memiliki tingkat error sebesar 5 %.



Gambar 1. Proses pengambilan data

3.2 Rancangan Sistem

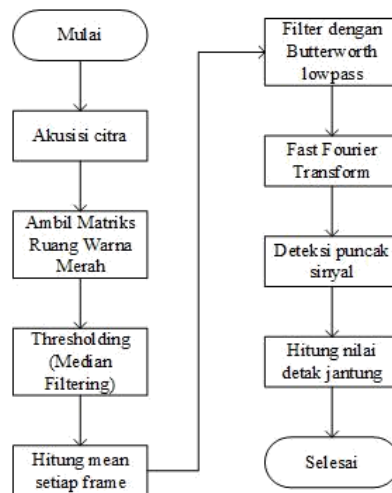
Adapun rancangan sistem pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 2.

3.3 Ekstraksi Data

Ekstraksi data dilakukan dengan pengambilan fitur dari video dan dikonversi menjadi sinyal. Fitur yang digunakan yaitu perubahan warna yang mengindikasikan perubahan volume pada pembuluh darah sebagai akibat dari aktifitas detak jantung. Proses ekstraksi dilakukan dua cara yaitu menggunakan data video keseluruhan (full-extraction) dan data hasil cropping ROI pada daerah yang memiliki fluktuasi perbedaan yang tinggi. Kemudian dilanjutkan dengan ekstraksi frame dan konversi dari nilai pixel menjadi gelombang sinyal.

Ekstraksi fitur dengan metode full-extraction melibatkan pengolahan data cukup besar karena harus mengambil keseluruhan nilai pixel pada frame, kemudian melakukan perhitungan nilai rata-rata. Nilai rata-rata pada suatu frame menggambarkan satu titik sinyal PPG. Oleh karena itu metode dengan melakukan ekstraksi pada ROI menjadi lebih efektif.

Penelitian sebelumnya [3] menentukan ROI secara manual dengan mengambil ROI 80x80 pixel pada bagian tengah frame, namun dengan data yang ada fluktuasi perubahan warna yang signifikan berada pada bagian tepi frame sehingga proses pemilihan ROI dilakukan dengan memotong frame sebesar 320x320 pixel pada bagian tepi yang terjadi perubahan warna.



Gambar 2. Blok proses sistem



Gambar 3. Frame sebelum thresholding (kiri) dan frame setelah thresholding (kanan)

Untuk menghasilkan nilai fluktuasi yang lebih baik, dilakukan thresholding pada setiap frame. Thresholding mengimplementasikan metode median filter, filter ini akan membagi dua inputan menjadi 0 atau 255 sehingga akan terlihat seperti pada Gambar 3. Nilai dibawah nilai median akan menjadi 0 dan nilai diatas nilai median menjadi 255. Hal ini dilakukan supaya terlihat perbedaan signifikan dari fluktuasi warna. Ekstraksi dilakukan dengan mengambil setiap frame pada ruang warna merah dan menghitung nilai rata-rata. Penelitian ini menggunakan video dengan 30 fps (frame per second). Sehingga setiap 1 detik diperoleh 30 citra. Proses ekstraksi video seperti pada Gambar 4.

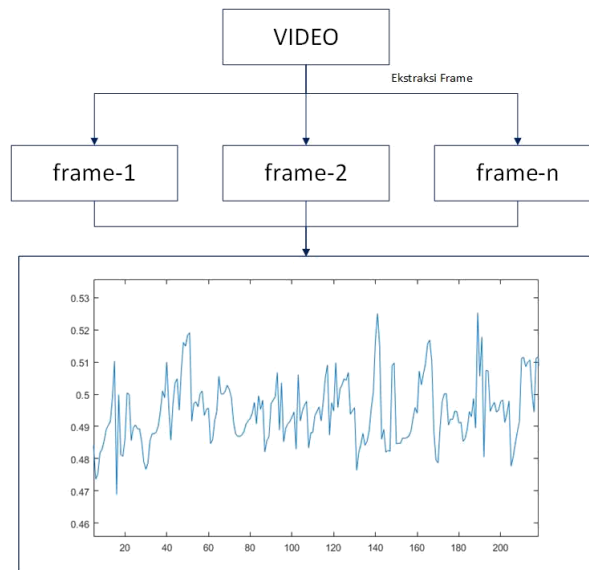
3.4 Filter Data

Sinyal hasil ekstraksi masih mengandung banyak noise/tidak stabil. Pergerakan jari saat perekaman data atau perubahan tekanan jari ke lensa kamera merupakan penyebab utama hal tersebut. Filter pada penelitian ini bertujuan untuk meminimalisir noise supaya sinyal lebih stabil.

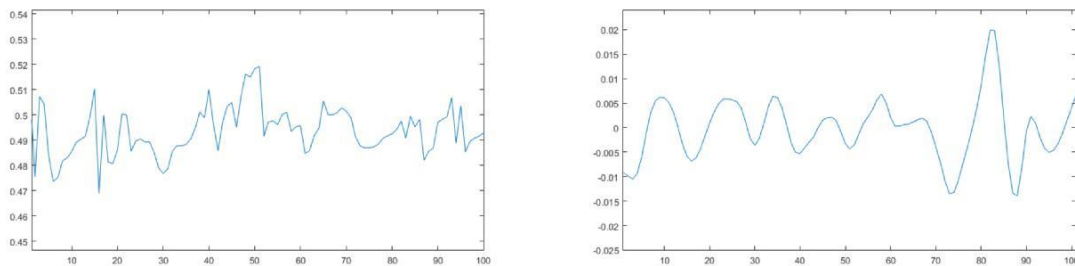
Filter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu filter Butterworth low-pass. Filter ini merupakan jenis pemrosesan sinyal yang dirancang untuk menghasilkan hasil sedatar mungkin.

$$B_{LP}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^{2n}}} \quad (1)$$

Dimana nilai ω_c adalah batas atas/bawah dari sinyal yang akan dipotong. Dan n adalah nilai urutan filter. Untuk penelitian ini, batas atas dan bawah dipengaruhi terhadap nilai range batas toleransi detak jantung, yaitu 40 untuk nilai minimum dan 200 untuk nilai maksimum.



Gambar 4. Ekstraksi video menghasilkan sinyal raw PPG



Gambar 5. Sinyal sebelum difilter (kiri) dan Sinyal setelah difilter (kanan)

3.5 Identifikasi Sinyal PPG

Sinyal yang diekstrak dari video tidak selalu memuat PPG, oleh karena itu perlu diketahui frekuensi dari sinyal tersebut agar informasi dari PPG dapat diketahui. Sehingga dalam penelitian ini, digunakan Fast Fourier Transform (FFT) untuk mengkonversi sinyal dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain frekuensi. FFT merupakan versi cepat dari DFT. Dari hasil FFT, maka akan didapat range frekuensi yang menghasilkan nilai detak jantung.

$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k \cdot e^{i2\pi kn/N}, n \in Z \quad (2)$$

Dari persamaan diatas, $x(k)$ nilai dari sinyal ke k dalam domain waktu. x_n merupakan sinyal diskrit dalam domain waktu untuk menentukan frekuensi dari sinyal PPG. Dan nilai detak jantung dapat diperoleh dari persamaan berikut.

$$\text{Detak jantung}_t = \text{frekuensi} \times 60 \quad (3)$$

Hasil detak jantung dari setiap frekuensi yang diperoleh kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Nilai ini menjadi output sistem yang dibangun yang merupakan hasil penghitungan detak jantung dengan metode fotoplethismograf.

3.6 Akurasi

Pengukuran akurasi dilakukan dengan menggunakan MAPE (Mean Absolute Percent Error) sebagai berikut.

$$\text{Akurasi} = 100 - \left(\frac{|\text{Detak Jantung Aktual} - \text{Detak Jantung Hasil PPG}|}{\text{Detak Jantung Aktual}} \times 100 \right) \quad (4)$$

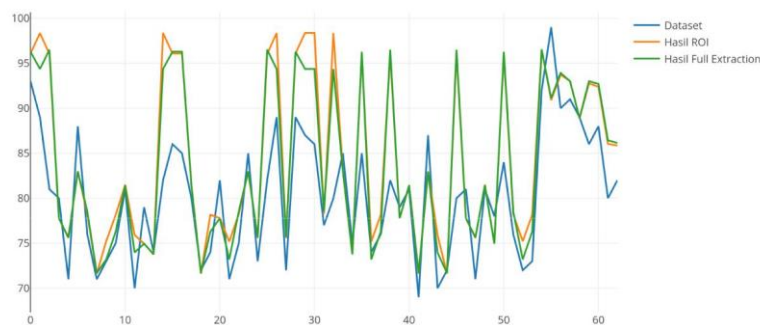
4. Evaluasi

4.1 Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan terhadap 63 data video dari 21 orang, dimana 11 orang laki-laki dan 10 orang perempuan. Dari setiap responden diperoleh 3 data video dari posisi duduk, berdiri, dan berbaring. Dari 63 video tersebut, pengujian dilakukan dengan metode full-extraction yang mana mengambil keseluruhan frame video (1280x720 pixel) untuk diekstraksi dan dengan pengambilan ROI yang menggunakan 320x320 pixel data. Sehingga terdapat 126 data video dalam 2 kategori untuk pengujian. Setiap data telah divalidasi dengan alat pengukuran komersial yang menghasilkan nilai detak jantung. Dari hasil pengujian diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Tabel akurasi perbandingan duduk, berdiri, dan berbaring

Posisi	Akurasi ROI	Akurasi Full-Extraction
Duduk	93.77	94.64
Berdiri	92.71	93.74
Berbaring	94.17	94.44
Rata-rata	93.55	94.27



Gambar 6. Perbandingan hasil PPG dengan ROI dan full-extraction terhadap nilai detak jantung

Data hasil keseluruhan terdapat pada bagian lampiran.

4.2 Analisis Hasil Pengujian

Pada Tugas Akhir ini, dilakukan penelitian dan pembangunan sistem penghitung detak jantung menggunakan metode Fotopletismograf. Data yang digunakan yaitu berupa video ujung jari dari 23 responden. Dari setiap video ditentukan daerah ROI 320x320 pixel pada bagian yang memiliki fluktuasi perubahan warna yang tinggi. Dan data diuji ke dalam sistem yang dibangun dan memperoleh hasil pengujian dengan akurasi yang tidak terpaut jauh untuk setiap posisi baik menggunakan full-extraction maupun dengan pengambilan ROI. Akurasi terbaik dihasilkan pada posisi duduk dan full-extraction dengan akurasi 94,64%.

Nilai error yang dihasilkan dalam metode Fotopletismograf meliputi posisi jari saat perekaman, tekanan ujung jari pada kamera dan proses penghilangan noise pada sinyal Fotopletismograf yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sinyal PPG dapat merepresentasikan detak jantung manusia. Hal ini ditunjukkan dari nilai akurasi yang tinggi (>90%) untuk setiap posisi antara data detak jantung berdasarkan metode PPG dengan data detak jantung referensi.

5. Kesimpulan

Pengujian PPG dengan menangkap citra fluktuasi volume pada pembuluh darah dapat menghasilkan akurasi yang baik. Dengan posisi perekaman ujung jari yang berbeda yaitu berdiri, duduk, dan berbaring, metode ini dapat memperoleh nilai detak jantung manusia yang mendekati nilai aktual. Dimana detak jantung manusia dapat di-representasikan sesuai dengan data referensi. Pada Tugas Akhir ini, hanya melakukan pengujian detak jantung manusia dengan sumber data video. Beberapa literatur menyatakan bahwa selain untuk pengukuran detak jantung, PPG juga memuat informasi mengenai kadar oksigen dalam darah. Informasi ini cukup penting untuk memantau kondisi kesehatan manusia.

Daftar Pustaka

- [1] M. Alafeef. Smartphone-based photoplethysmographic imaging for heart rate monitoring. *Journal of Medical Engineering Technology*, 43:1–9, 2017.
- [2] C. G. S. Jeffrey B. Bolkhovsky and K. H. Chon. Statistical analysis of heart rate and heart rate variability monitoring through the use of smart phone cameras. *34th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, 1:1610–1613, 2012.
- [3] W.-H. L.-Y.-T. Z. Rong-Chao Peng, Xiao-Lin Zhou. Extraction of heart rate variability from smartphone photoplethysmograms. *Research Article*, 2015:11, 2015.
- [4] C.-H. H. Sheng-Chieh Huang, Pei-Hsuan Hung and H.-M. Wang. A new image blood pressure sensor based on ppg, rrt, bptt, and harmonic balancing. *Sensor Journal*, 14:3685–3692, 2014.
- [5] V. M. F. B. J.-M. V. Sibylle Fallet, Leila Mirmohamadsadeghi. Real-time approaches for heart rate monitoring using imaging photoplethysmography. *Computing in Cardiology*, 43:345–348, 2016.
- [6] H. Tanaka, K. D. Monahan, and D. R. Seals. Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37:153–156, 2001.