

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS PADA PENGUKURAN DENYUT JANTUNG BERDASARKAN CITRA VIDEO WAJAH DENGAN TEKNIK PHOTOPLETHYSMOGRAPHY

Rofiqi Setiawan¹, Achmad Rizal², Fazmah Arif Yulianto³

¹Teknik Informatika, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom

Abstrak

Pengukuran denyut jantung dapat memberikan penilaian fisiologis yang tanpa elektroda. Namun, upaya sejauh ini adalah non-otomatis, rentan terhadap artefak gerak dan biasanya mahal. Dalam tulisan ini, penulis memperkenalkan sebuah metodologi baru yang mengatasi masalah ini. Pendekatan baru dapat diterapkan untuk rekaman video wajah manusia dan didasarkan pada pelacakan wajah otomatis bersama dengan Blind Source Separation dari kanal warna menjadi komponen-komponen independen. Menggunakan Bland-Altman dan analisis korelasi, kami membandingkan denyut nadi jantung diekstrak dari rekaman video dengan webcam dasar untuk sebuah sensor yang disetujui FDA digital oksimeter pulsa jari dan mencapai akurasi yang baik dan korelasi.

Kata Kunci : photoplethysmography, pulse oximeter, blind source separation, independent component analysis, bland-altmant.

Abstract

Remote measurements of the cardiac pulse can provide comfortable physiological assessment without electrodes. However, attempts so far are non-automated, susceptible to motion artifacts and typically expensive. In this paper, we introduce a new methodology that overcomes these problems. This novel approach can be applied to color video recordings of the human face and is based on automatic face tracking along with blind source separation of the color channels into independent components. Using Bland-Altman and correlation analysis, we compared the cardiac pulse rate extracted from videos recorded by a basic webcam to an FDA-approved finger digital pulse oximeter sensor and achieved good accuracy and correlation.

Keywords : photoplethysmography, pulse oximeter, blind source separation, independent component analysis, bland-altmant.

Telkom
University

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Penilaian reguler dan *non-invasive* dari fungsi kardiovaskular merupakan hal penting dalam terapi penyakit kronis dan perawatan serangan jantung yang kadang datang secara tiba-tiba. *Resting heart rate* yang merupakan salah satu parameter kardiovaskular yang paling sederhana, telah diidentifikasi sebagai faktor resiko independen pada penyakit jantung yang sebanding dengan merokok, *dyslipidemia*, atau hipertensi^[9]. Saat ini, teknik baku untuk pengukuran denyut jantung seperti *Electrocardiogram* (ECG) mengharuskan pasien untuk memakai *patch gel* yang bersifat adesif atau *chest straps* yang dapat menyebabkan iritasi kulit serta timbulnya rasa ketidaknyamanan. *Pulse Oximetry Sensors* komersial yang biasa digunakan pada ujung jari atau telinga juga dapat menimbulkan rasa tidak nyaman pada pasien, selain itu *spring-loaded clip* dapat mengakibatkan munculnya rasa sakit jika dipakai dalam jangka waktu yang panjang.

Prosedur *monitoring* keadaan fisiologis seorang pasien secara *remote* dan tanpa kontak dapat menjadi prospek yang menarik yang akan meningkatkan pelaksanaan perawatan kesehatan primer. Sebagai contoh, ide penerapan pengukuran fisiologis melalui wajah pertama kali dirumuskan oleh Pavlidis^[4], yang kemudian didemonstrasikan melalui analisis termal pada video wajah (*facial thermal videos*)^[6]. Metoda ini memungkinkan pemantauan sinyal fisiologis seperti detak jantung secara berkelanjutan dan tanpa menimbulkan perasaan tidak nyaman walaupun dalam jangka waktu yang panjang. Selain itu, metoda seperti ini juga akan mengurangi jumlah kabel dan kerumitan penggunaan yang terkait dengan pemantauan ICU neonatal, *monitoring* epilepsi jangka panjang, studi fase tidur, dan berbagai kasus lain di mana ukuran kontinu denyut jantung adalah penting.

Penggunaan *Photoplethysmography* (PPG) dalam pengukuran parameter fisiologi tanpa kontak dengan pasien baru saja diteliti^[2,11]. PPG mampu menunjukkan *cardiovascular pulse wave* (atau disebut juga dengan *blood volume pulse*) melalui variasi pada cahaya yang ditransmisikan atau dipantulkan. Teknik elektro-optik ini dapat memberikan informasi mengenai sistem kardiovaskular seperti detak jantung, kejenuhan oksigen, darah arteri, tekanan darah, dan fungsi otonom^[5]. Biasanya, PPG selalu diimplementasikan dengan menggunakan sumber cahaya khusus (misalnya gelombang inframerah). Namun, penelitian terbaru^[2,11] menunjukkan bahwa pengukuran parameter fisiologis dapat diperoleh dengan menggunakan *camcorder digital* dengan cahaya *ambient* normal sebagai sumber penerangan.

Variasi pantulan sinyal PPG dapat diperoleh dengan mendeteksi keberadaan wajah dan melokalisasi pengukuran berdasarkan Region of Interest (ROI) untuk setiap frame video. Kemudian citra video yang diperoleh dari masing frame dipisahkan menjadi 3 channel warna. Salah satu teknik untuk mendeteksi wajah, penentuan ROI dan pemisahan channel warna adalah dengan melakukan *post-processing* menggunakan *emgu Computer Vision* (emguCV)^[7]. emguCV merupakan suatu *library* yang terdiri atas kumpulan algoritma untuk menangani masalah yang berkaitan dengan pengolahan citra^[11].

PPG diketahui rentan terhadap *motion-induced signal corruption*^[10] dan penanggulangan hal tersebut merupakan salah satu masalah yang paling menantang. Pada kebanyakan kasus, *noise* terjadi pada *frequency band* sebagai *physiological signal of interest*. Sehingga, *rendering linear filtering* dengan menggunakan *fixed cut-off frequencies* menjadi tidak efektif. Oleh karena itu, untuk mengembangkan teknologi yang bermanfaat secara klinis, dibutuhkan suatu metoda yang dapat mengatasi masalah *motion-artifacts* melalui analisis citra yang efisien dan efektif.

Salah satu teknik untuk mengatasi *noise* dari sinyal fisiologis adalah *Blind Source Separation (BSS)*. BSS mengacu pada pemulihan dari sinyal yang tidak diketahui secara pasti asalnya atau "sumber" dari satu set campuran beberapa sinyal yang diamati dengan tidak ada informasi sebelumnya mengenai proses pencampuran sinyal. Biasanya, pengamatan diperoleh dari *output* dari satu set sensor, di mana setiap sensor menerima kombinasi yang berbeda dari setiap sumber sinyal. Ada beberapa metode BSS dan dalam Tugas Akhir ini, metoda yang digunakan akan terfokus pada *Independent Component Analysis (ICA)*^[8]. ICA merupakan teknik untuk mengungkap sumber sinyal independen dari serangkaian pengamatan yang terdiri dari campuran linear dari sumber-sumber yang mendasari. Penggunaan teknik yang cukup baru dan cepat berkembang dalam analisis sinyal biomedis^[1].

Pada Tugas Akhir ini, penulis membahas bagaimana citra video bisa digunakan dalam pada pengukuran denyut jantung berdasarkan citra video wajah. *Pertama*, penulis akan mendeskripsikan pendekatan metoda yang digunakan kemudian menerapkannya untuk mengukur denyut jantung berdasarkan citra video wajah menggunakan *webcam* sederhana. *Kedua*, penulis melakukan validasi ketepatan pengukuran berdasarkan pendekatan metoda yang menggunakan perangkat pengukuran *Blood Volume Pulse (BVP)* atau *pulse oximeter* yang telah menjadi standar pengukuran serta telah disetujui oleh *Food and Drug Administration (FDA)*.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan Latar Belakang tersebut maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun sebuah aplikasi yang dapat mengukur denyut jantung berdasarkan citra video wajah?
2. Bagaimana memisahkan 3 channel warna (RGB) dari citra video wajah?
3. Bagaimana mengekstraksi informasi *Photoplethysmographic* dari hasil pemisahan 3 channel warna (RGB)?
4. Bagaimana mengatasi kerentanan *Photoplethysmographic* terhadap derau?
5. Bagaimana menganalisa tingkat akurasi pengukuran denyut jantung berdasarkan citra video?

1.3. Batasan Masalah

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan pada ruangan dengan kondisi pencahayaan yang mencukupi.
2. Aplikasi yang dikembangkan hanya memproses satu wajah saja (tidak mendukung *multi-face detection*)
3. Tingkat akurasi diukur berdasarkan perbandingan hasil pengukuran denyut jantung berdasarkan citra video dengan pengukuran denyut jantung berdasarkan alat pengukur *Blood Volume Pulse* (BVP) seperti tensimeter digital.
4. Tingkat akurasi hasil perbandingan pengukuran pada point 6 menunjukkan kualitas penanggulangan derau *Photoplethysmography*.

1.4. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini antara lain:

1. Mengimplementasikan *Independent Component Analysis* pada pengukuran denyut jantung berdasarkan citra video wajah dengan teknik *Photoplethysmography*.
2. Menganalisa tingkat akurasi hasil pengukuran denyut jantung berdasarkan citra video menggunakan *Independent Component Analysis*.

1.5. Metodologi Penyelesaian Masalah

Metode penyelesaian masalah yang digunakan dalam menyelesaikan masalah di atas adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi yang terkait dengan topik Tugas Akhir seperti Pengukuran Denyut Jantung, *Photoplethysmography*, *Emgu/Open Computer Vision*, dan *Independent Component Analysis*.

2. Analisis dan Perancangan Sistem

Melakukan analisis terhadap metoda pendeteksian wajah, penentuan ROI, separasi kanal warna, kemudian melakukan perbandingan hasil pengukuran sistem dengan perangkat pengukuran menggunakan *pulse oximeter* digital.

3. Implementasi Sistem

Penerapan rancangan system meliputi tahap analisis kebutuhan dan disain sistem, membangun perangkat lunak dengan bahasa pemrograman yang mampu menyelesaikan masalah yang dihadapi, dan melakukan serangkaian pengujian perangkat lunak.

4. Pengujian dan Analisis

Mengumpulkan data hasil pengukuran denyut jantung berdasarkan citra video wajah kemudian membandingkan hasil pengukuran tersebut dengan data yang telah diperoleh dari pengukuran denyut jantung berdasarkan cara konvensional yaitu dengan menggunakan perangkat pengukuran *blood volume pulse* (BVP)

5. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Pendokumentasian hasil perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis ke dalam suatu bentuk buku laporan Tugas Akhir sesuai dengan format standar dari institusi.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini ialah sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi penyelesaian masalah, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Dasar Teori

Bab ini berisi dasar teori yang berhubungan dengan tugas akhir ini yang secara umum terdiri atas *photoplethysmography*, *independent component analysis*.

Bab 3 Analisis dan Perancangan

Bab ini berisi analisis dan perancangan system yang akan dibangun dan bagaimana *plethysmographic signal* diperoleh dengan menggunakan ICA.

Bab 4 Analisis dan Pengujian

Berisi rincian mengenai pengujian yang dilakukan terhadap sistem yang dikembangkan, skenario pengujiannya, hasil perhitungan performansi dari sistem yang dibangun, disertai analisis terhadap pengujian.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari pengerjaan tugas akhir ini serta saran mengenai pengembangan tugas akhir ini kedepannya.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan analisis hasil pengujian adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran denyut jantung yang dihasilkan dengan ICA mendekati hasil pengukuran menggunakan *pulse oximeter* sebagai referensi
2. Melalui Bland-Altman analisis terlihat perbedaan signifikan di mana pengukuran denyut jantung berdasarkan citra wajah menggunakan ICA mampu mereduksi mean bias dengan tingkat akurasi yang masih bisa ditoleransi (\bar{d} adalah $-0,05 \pm 2.29$ bpm) untuk pengukuran secara non-invasif dan *remote*.

5.2. Saran

Adapun saran untuk Tugas Akhir ini antara lain:

1. Diperlukan pengkajian yang lebih dalam lagi mengenai skenario lain dalam pengujian yang dapat menunjukkan performansi metodologi ini seperti kerentanan terhadap gerakan dan perubahan kondisi cahaya
2. Diperlukan pengkajian yang lebih dalam lagi dalam penentuan ROI melalui *face tracking* karena ada kemungkinan sebagian derau dalam pengukuran disebabkan oleh kesalahan algoritma dalam membedakan latar dan wajah.

Daftar Pustaka

- [1] C. J. James, and C. W. Hesse, "Independent component analysis for biomedical signals," *Physiol. Meas.* 26(1), R15–R39 (2005).
- [2] C. Takano, and Y. Ohta, "Heart rate measurement based on a time-lapse image," *Med. Eng. Phys.* 29(8), 853–857 (2007)
- [3] GNU FDL license., "emgu Computer Vision Library". GNU Free Documentation. (2001)
- [4] I. Pavlidis, J. Dowdall, N. Sun, C. Puri, J. Fei, and M. Garbey, "Interacting with human physiology," *Comput. Vis. Image Underst.* 108(1-2), 150–170 (2007).
- [5] J. Allen, "Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement," *Physiol. Meas.* 28(3), R1–R39 (2007).
- [6] M. Garbey, N. Sun, A. Merla, and I. Pavlidis, "Contact-free measurement of cardiac pulse based on the analysis of thermal imagery," *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 54(8), 1418–1426 (2007)
- [7] M. Z. Poh, J D. McDuff, and W. P. Rosalind, "Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation." *Optic Express* (2010).
- [8] P. Comon, "Independent component analysis, a new concept?" *Signal Process.* 36(3), 287–314 (1994).
- [9] S. Cook, M. Togni, M. C. Schaub, P. Wenaweser, and O. M. Hess, "High heart rate: a cardiovascular risk factor?" *Eur. Heart J.* 27(20), 2387–2393 (2006).
- [10] S. Rhee, B. H. Yang, and H. H. Asada, "Artifact-resistant power-efficient design of finger-ring plethysmographic sensors," *IEEE Trans. Biomed.Eng.*48(7), 795–805 (2001).
- [11] W. Verkruysse, L. O. Svaasand, and J. S. Nelson, "Remote plethysmographic imaging using ambient light," *Opt. Express* 16(26), 21434–21445 (2008).
- [12] W. Bendat, J.S and A.G. Piersol. 1986. *Random Data, Analysis And Measurement Procedures*. John Wiley & Sons, 566 pp.

Telkom
University