

OAJIS

Open Access
Journal of
Information
Systems

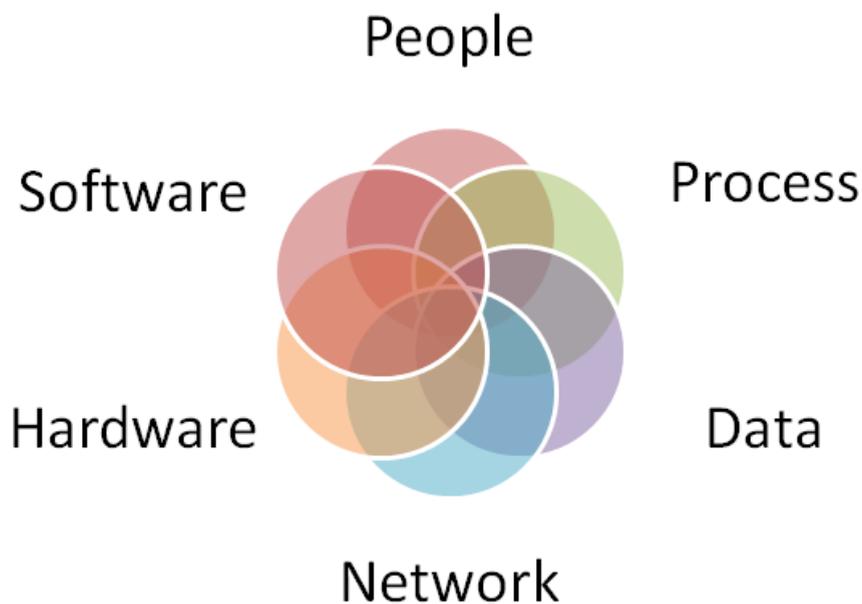
is.its.ac.id/pubs/oajis/

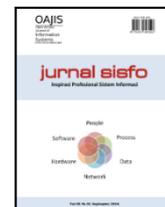
ISSN 1979-3979



jurnal sisfo

Inspirasi Profesional Sistem Informasi





Pimpinan Redaksi

Reny Nadlifatin

Dewan Redaksi

Faizal Mahananto

Ahmad Muklason

Eko Wahyu Tyas Damaningrat

Amalia Utamima

Penyunting

Rully Agus Hendrawan

Radityo Prasetyanto W.

Sekretariat

Jurusan Sistem Informasi – Fakultas Teknologi Informasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) – Surabaya

Telp. 031-5999944 Fax. 031-5964965

Email: editor@jurnalsisfo.org

Website: <http://jurnalsisfo.org>

Jurnal SISFO juga dipublikasikan di *Open Access Journal of Information Systems* (OAJIS)

Website: <http://is.its.ac.id/pubs/oajis/index.php>



Mitra Bestari

Riyanto Jayadi, S. Kom, M.IM., Ph.D. (Universitas Bina Nusantara)

Nur Aini Rakhmawati, S.Kom., M.Sc.Eng., Ph.D. (Institut Teknologi Sepuluh
Nopember)

Bobby Ardiansyahmiraja, S.M., M.MT. (Universitas Surabaya)

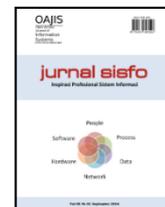
Radityo Prasetianto Wibowo, S.Kom., M.Kom. (Institut Teknologi Sepuluh
Nopember)

Satria Fadil Persada, S.Kom., M.BA., Ph.D. (Mapua University)

Retno Aulia Vinarti, S.Kom., M.Kom., Ph.D. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Raras Tyasnurita, S.Kom., M.BA., Ph.D (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Ilma Mufidah, S.T., M.T., Ph.D (Universitas Telkom)



Daftar Isi

Kerangka Konseptual Pengukuran Kematangan Orientasi Proses Bisnis dan Manfaatnya bagi Organisasi <i>Rina Ulfa Widyarini, Mahendrawathi ER</i>	1
Perbandingan Klasifikasi Kredibilitas Pengguna Kartu Kredit Menggunakan Decision Tree dan Neural Network <i>Sisca Threecya Agatha, Raras Tyasnurita</i>	11
Assessing heart condition using a consumer-grade wearable PPG wristband: A preliminary study <i>Izzat Aulia Akbar, Bambang Setiawan, Febriliyan Samopa, Bektı Cahyo Hidayanto, Nisfu Asrul Sani</i>	25
Validasi low-cost wearable heart rate smartband terhadap alat ECG konvensional pada aktifitas olahraga dengan metode time dan frequency analysis <i>Nisfu Asrul Sani, Izzat Aulia Akbar, Febriliyan Samopa, Aris Tjahyanto, Bambang Setiawan</i>	37

Halaman ini sengaja dikosongkan

Validasi low-cost wearable heart rate smartband terhadap alat ECG konvensional pada aktifitas olahraga dengan metode time dan frequency analysis

Nisfu Asrul Sani, Izzat Aulia Akbar*, Febriliyan Samopa, Aris Tjahyanto, Bambang Setiawan

Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Abstract

Heart health condition becomes one of the issues in many countries. The fatality and sudden death caused by heart disease are some reasons that the heart diseases need to be early detected. To assess the heart condition, people needs to go a hospital or clinic and it costs high to perform the heart check up. This condition makes people reluctant to check their heart health condition. Recently, the technology of heart sensor is growing fast and a wearable heart rate sensor are produced and can used by people in their daily activities. With the growing of the wearable heart rate sensor, the maker of the wearable sensor tries to sell a cheap or low-cost wearable heart rate sensor. However, since the price is decreasing, the quality of the heart rate detection becomes questionable. Therefore, this study aims to analyze the validity of a low-cost heart rate sensor compared to the conventional heart sensor. The industries can use the result of this study to enhance the feature of their armband, so that the value of the health monitoring using their product can be increased. Ten men were participated in this study. They were instructed to perform a resting state condition by sitting on a chair, do exercise by running around and assessing the heart condition after the exercise. Each activity was conducted for 10 minutes. This study used an armband-type of wearable sensor that placed on the left arm of the subjects. We also used a conventional heart sensor or electroencephalography to record the heart signal or electroencephalogram (ECG) that placed on the subjects' chest. This study used 6 parameters (MeanHR, SDHR, CVHR, MinHR, MaxHR, and RMSSD) extracted from both heart rate and ECG data. As the result, 3 parameters (MeanHR, MinHR and MaxHR) increased between pre- and post-exercise condition in both low-cost wearable and conventional sensor result. The three parameters also showed a similar statistically significant differences ($p < 0.05$) on both sensors. Taken together, a low-cost wearable heart rate sensor can be used to assess the heart condition as same as the conventional heart sensor.

Keywords: low-cost heart rate sensor, validation, ECG, conventional sensor, exercise

Abstrak

Kesehatan jantung merupakan hal yang sedang menjadi isu diberbagai negara. Hal ini dikarenakan penyakit jantung mempunyai kecenderungan untuk dapat muncul secara mendadak dan tidak jarang mengakibatkan kematian. Untuk memeriksa kesehatan jantung, masyarakat harus ke rumah sakit atau klinik dan membayar biaya pemeriksaan untuk setiap kali datang. Karena itulah banyak masyarakat yang enggan untuk memeriksakan kesehatannya. Dengan perkembangan teknologi yang cepat, alat untuk mendeteksi gelombang jantung saat ini sudah ada yang berbentuk portable dan dapat dipakai dalam kehidupan sehari-hari (wearable). Semakin banyaknya pilihan alat pendeteksi aktifitas

*Corresponding author

Email address: izzat@its.ac.id (Izzat Aulia Akbar)
<https://doi.org/10.24089/j.sisfo.2020.09.004> (DOI)

jantung, produsen berlomba untuk menciptakan alat yang murah sehingga masyarakat tertarik untuk membelinya. Akan tetapi, dengan semakin murah harga barang, tentu hal itu menimbulkan kecemasan mengenai kemampuan alat tersebut memberikan informasi mengenai aktifitas jantung sang pemakainya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis validitas alat pendeteksi aktifitas jantung yang relatif terjangkau bagi masyarakat dengan alat pendeteksi gelombang jantung konvensional. Perusahaan ataupun pihak industri dapat memanfaatkan hasil dari penelitian ini untuk meningkatkan nilai dari sistem monitor kesehatan pada alat pendeteksi aktifitas jantungnya. Penelitian ini diikuti oleh sepuluh laki-laki sebagai subjek. Subjek diminta untuk duduk dengan rileks di sebuah kursi, lari keliling, dan duduk kembali. Setiap aktifitas tersebut dilakukan selama 10 menit. Dalam penelitian ini menggunakan sebuah alat pendeteksi detak jantung berupa gelang yang dipakai pada lengan sang subjek. Disisi lain, kami juga menggunakan alat perekam gelombang jantung atau electrocardiography untuk merekam aktifitas electrocardiogram (ECG) yang dipasang pada dada subjek. Dalam penelitian ini digunakan 6 parameter (MeanHR, SDHR, CVHR, MinHR, MaxHR, dan RMSSD) yang di ekstrak dari detak jantung yang direkam baik dari alat gelang heart rate maupun alat konvensional. Hasilnya, ada 3 parameter (MeanHR, MinHR dan MaxHR) yang dapat digunakan untuk mendeteksi perbedaan kondisi jantung pada heart rate ataupun ECG. Pada penelitian ini juga dibuktikan bahwa ketiga parameter tersebut mempunyai perbedaan yang signifikan secara statistik ($p < 0.05$). Sehingga penelitian ini dapat menyimpulkan bahwa *wearable heart rate* yang terjangkau pun mempunyai kemampuan dijadikan sebagai alat untuk mendeteksi kondisi jantung yang akurat.

Kata kunci: low-cost heart rate sensor, validasi, ECG, sensor konvensional, olahraga

© 2021 Jurnal SISFO.

Histori Artikel: Disubmit 16 Dec 2020 ; Direvisi 13 Dec 2021 ; Diterima 26 Dec 2021 ; Tersedia online 26 Dec 2021

1. Pendahuluan

Jantung merupakan salah satu organ vital manusia yang berfungsi untuk memompa darah keseluruh tubuh. Darah tersebut membawa sari makanan ke semua organ manusia dan membawa kotoran sisa dari metabolisme tubuh [1], [2]. Jika seseorang mengalami masalah dengan jantungnya, dapat dipastikan bahwa organ lain dalam diri orang tersebut juga akan mengalami kerusakan dikarenakan kekurangan nutrisi atau sari makanan. Menurut data dari World Heart Failure Alliance, Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai tingkat persentase kematian akibat penyakit jantung yang tinggi di Asia [3]. Pada penelitian tersebut memperlihatkan bahwa persentase kematian akibat penyakit jantung di Indonesia adalah nomor kedua tertinggi setelah Malaysia, yaitu sekitar 8.5%. Kementerian kesehatan Indonesia pun mengakui bahwa penderita penyakit jantung di Indonesia diindikasikan naik setiap tahunnya. Hal ini diperoleh dari data BPJS yang menunjukkan adanya peningkatan biaya kesehatan penderita penyakit jantung dari tahun ke tahun. Sebagai contohnya adalah pada tahun 2014 penyakit jantung menghabiskan dana BPJS sebesar 4,4 triliun rupiah, kemudian pada tahun 2016 meningkat menjadi 7,4 triliun rupiah dan pada 2018 meningkat lagi menjadi 9,3 triliun rupiah [4]. Beberapa faktor pemicu terjadinya penyakit jantung adalah riwayat keluarga, umur, jenis kelamin dan obesitas. Faktor tambahan adalah penyakit diabetes melitus, dislipidemia, kurang aktifitas fisik, diet tidak sehat dan stress [5].

Untuk mekukan pengecekan terhadap kesehatan jantung dapat dilakukan dengan melakukan perekaman terhadap gelombang jantung atau biasa disebut dengan *electrocardiogram* (ECG). Untuk melakukan pengecekan ECG biasanya hanya bisa dilakukan di rumah sakit saja karena masih jarang nya alat untuk mengecek ECG di unit kesehatan masyarakat atau puskesmas. Sehingga menyulitkan masyarakat yang tinggal jauh dari rumah sakit terdekat. Disisi lain masalah biaya yang harus dilakukan untuk sekali rekam ECG juga menjadi faktor penambah enggannya masyarakat untuk melakukan pengecekan ECG [6]. Dalam hal ini sebetulnya sudah ada beberapa alat sensor detak jantung yang *portable* dan *wearable* (*wearable heart rate sensor*) dengan harga yang relatif murah daripada harus ke rumah sakit berulang kali. Akan tetapi, tingkat keakuratan dari alat ini masih perlu untuk dilakukan pengecekan lebih lanjut. Karena itulah perlu untuk dilakukan sebuah penelitian untuk mengetahui apakah sebuah alat *wearable heart rate sensor* memiliki hasil yang serupa dengan alat *heart rate sensor* konvensional untuk mendeteksi kondisi jantung.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah kondisi jantung dapat dideteksi dengan baik oleh alat *wearable heart rate sensor*, terlebih untuk *wearable heart rate sensor* yang murah. Untuk menguji tersebut penelitian ini akan menggunakan sebuah alat pendeteksi gelombang jantung konvensional. Dimana untuk heart sensor pemakaiannya diletakkan pada lengan subjek, sedangkan alat gelombang jantung konvensional diletakkan pada dada subjek.

2. Tinjauan Pustaka

Penggunaan *heart rate sensor* untuk mendeteksi kondisi jantung sudah banyak dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Seperti Nho et al. [7] yang menggunakan *heart rate* untuk mendeteksi kejadian jatuh pada seseorang. Dengan menganalisis kondisi jantung sebelum dan sesudah jatuh dan menggabungkan dengan sensor accelerometer, penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan menggunakan gabungan kedua data dari kedua sensor tersebut, kejadian jatuh seseorang dapat dideteksi lebih baik dari penelitian sebelumnya (Sensitivity: $99.17 \pm 1.31\%$; Specificity: $89.76 \pm 3.48\%$). Foster et al. [8] menggunakan *wearable heart rate sensor* untuk mendeteksi kesehatan jantung pada anak anjing. Sensor tersebut dipasang pada 70 anak anjing dengan usia 7.5 minggu. Dengan menggunakan machine learning, mereka menyatakan dapat mendeteksi kesehatan anjing tersebut hingga lebih dari 90%.

Godino et al. [9] menggunakan *wearable heart rate sensor* untuk menganalisis kondisi tidur pada anak-anak. Sebanyak 59 anak-anak berumur 9-11 tahun dipakaikan *wearable sensor* untuk semalaman. Hasil penelitian ini adalah *heart rate sensor* dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi tidur (95.8%) dan kondisi bangun (56.3%). Meghini et. al [10] menggunakan *wearable heart rate sensor* untuk menganalisis kondisi seseorang pada saat duduk, berjalan, berbicara dan mengetik *keyboard*. Penelitian ini menyatakan bahwa *heart rate* dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi duduk. Akan tetapi tidak bisa digunakan untuk mendeteksi keadaan pada saat berjalan, berbicara dan mengetik *keyboard*. Etiwy et al. [11] menggunakan *wearable heart rate sensor* untuk memonitor rehabilitasi penyakit jantung. Pasien yang dijadikan subjek penelitian ini adalah pasien dengan memasuki fase II dan III rehabilitasi penyakit jantung. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa *wearable sensor* belum dapat seakurat pendeteksian kondisi jantung pada sensor konvensional (dipasang pada dada). Sashidaran et al. [12] menggunakan *wearable heart rate sensor* untuk memonitor dan memprediksi kemungkinan serangan jantung. Penelitian ini menggabungkan *heart rate*, *respiration rate*, *peripheral capillary oxygen saturation (SpO₂)* dan temperatur untuk proses monitor dan prediksi serangan jantung.

Walaupun pada beberapa penelitian sebelumnya terdapat potensi yang dapat dilakukan oleh *wearable heart rate sensor*, akan tetapi penelitian tersebut tidak menggunakan *wearable sensor* dengan harga yang sangat terjangkau. Padahal masyarakat akan cenderung memilih untuk membeli *wearable heart rate sensor* dengan harga yang paling murah. Sehingga masih diperlukannya sebuah penelitian untuk mengetahui potensi yang bisa diberikan oleh sebuah *low-cost wearable heart rate sensor*.

3. Metodologi

Metodologi penelitian pada penelitian ini meliputi: subjek, prosedur eksperimen, perekaman, ekstraksi fitur, dan analisa statistik.

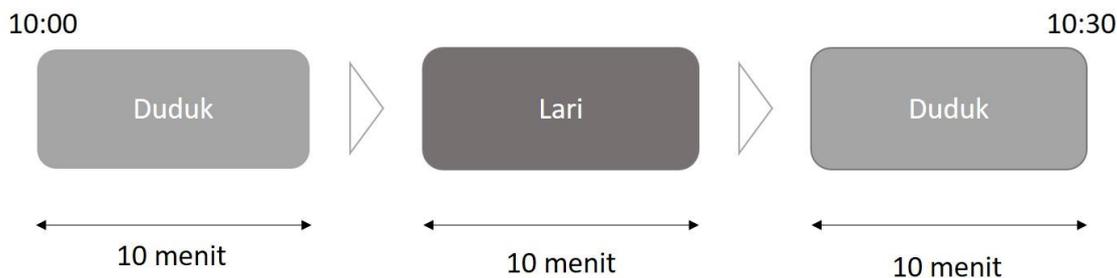
3.1 Subjek

Sepuluh orang laki-laki berpartisipasi dalam penelitian ini sebagai subjek dengan rentang usia 18-64 tahun (Usia: 32.8 ± 17.8 tahun) karena rentang usia ini adalah yang paling banyak terkena penyakit jantung di seluruh dunia [13]. Pada hari sebelum pelaksanaan eksperimen, para subjek diinstruksikan untuk istirahat minimal 10 jam pada saat tidur malam, menghindari minuman yang berkafein, tidak diperbolehkan merokok sehari sebelum dan pada waktu eksperimen, tidak diperbolehkan berpuasa, dan meminum obat-obatan. Jika

seorang subjek tidak memenuhi kriteria tersebut atau sedang tidak sehat, maka eksperimen akan dibatalkan dan diganti ke hari lain.

3.2 Prosedur eksperimen

Setiap subjek melakukan eksperimen dalam dua hari. Setiap harinya mereka hanya melakukan eksperimen selama satu kali dari pukul 10:00 hingga 10:30. Jumlah keseluruhan eksperimen yang dilakukan setiap subjek adalah dua kali. Ada 3 tahap dalam setiap eksepriemen: pre-exercise (pra-olahraga), running (lari), post-exercise (pasca-olahraga). Pada tahap pertama subjek diminta untuk duduk dengan rileks di sebuah kursi selama 10 menit. Pada tahap kedua, subjek diminta untuk lari berkeliling selama 10 menit. Pada tahap ketiga, subjek diminta untuk Kembali duduk diatas kursi selama 10 menit. Alur dari kegiatan eksperimen seperti terlihat pada Gambar 1. Dengan demikian, setiap subjek melakukan eksperimen selama 30 menit. Pengambilan data jantung hanya dilakukan pada tahap pertama dan ketiga saja. Pada saat pengambilan data, subjek diinstruksikan untuk mempertahankan posisinya dan tidak melakukan pergerakan anggota badan. Jika ada masalah pada saat perekaman atau tiba-tiba subjek merasa tidak sehat pada saat eksperimen, kegiatan eksperimen akan dihentikan dan data tersebut tidak akan diikutkan dalam proses analisis. Jadwal eksperimen pengganti akan didiskusikan dengan subjek yang bersangkutan. Pada saat eksperimen, subjek juga tidak diperbolehkan makan dan minum.



Gambar 1. Alur kegiatan eksperimen

3.3 Perekaman

Heart rate direkam menggunakan sebuah wearable heart rate sensor yang berupa gelang (Mi Band 3, Xiaomi, China) yang memiliki sebuah sensor infra merah yang ada dibalik belakang dari gelang tersebut. Walaupun definisi dari heart rate adalah jumlah detak jantung dalam periode 1 menit, tetapi alat ini mengirimkan data heart rate setiap detik dengan menghitung jumlah detak jantung selama 1 menit pertama dan kemudian melakukan pergeseran (*shifting*) penghitungan heart rate sebesar 1 detik. Sehingga didapatkan data heart rate setiap detik. Untuk mendapat dapat heart rate, wearable sensor ini membutuhkan koneksi ke sebuah smartphone melalui Bluetooth dan mengirimkan datanya secara real-time ke smartphone yang terhubung. Kemudian, data akan disimpan ke dalam smartphone dan dapat dipindah ke perangkat lain untuk keperluan analisis. Pemakaian wearable sensor ini diletakkan pada lengan subjek bagian kiri, seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Peletakan wearable heart rate sensor

Disisi lain, kami juga menggunakan alat perekam gelombang jantung konvensional (Heal Force Price 180D, Heal Prince, China) yang memiliki 4 elektroda yang tempelkan pada dada subjek. Peletakan keempat elektroda tersebut mengikuti standar peletakan elektroda Limb Lead II seperti pada Gambar 3 berikut. Alat tersebut memiliki sampling frequency sebesar 150Hz dan memiliki sebuah cap pada ujung elektrodanya. Cap tersebut dapat diganti untuk setiap kegiatan perekaman data.



Gambar 3. Peletakan elektroda untuk perekaman gelombang jantung

3.4 Ekstraksi fitur

Untuk sinyal ECG dari alat perekam gelombang jantung konvensional, perlu adanya langkah pra-proses untuk mengeliminasi *noise* yang disebabkan oleh pergerakan badan dengan melakukan *high-pass filter* (*butterworth filter* dengan $order = 5$, $cut-off = 5$ Hz). Sinyal yang sudah melewati pra-proses, kemudian akan diambil puncaknya (*R-segment*) untuk mendapatkan data detak jantung. Data detak jantung tersebut kemudian akan dilakukan analisis untuk mendapatkan *heart rate* dengan menghitung jumlah detak jantung pada panjang *window* sebesar 1 menit dan bergeser sebesar 1 detik untuk menyamakan proses perhitungan *heart rate* pada *wearable sensor*. Data *heart rate* tersebut akan dijadikan input untuk menghitung 6 parameter berikut:

$$MeanHR = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n HR_i \quad (1)$$

$$SDHR = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (HR_i - MeanHR)^2} \quad (2)$$

$$MinHR = \min(HR) \quad (3)$$

$$MaxHR = \max(HR) \quad (4)$$

$$CVHR = \frac{SDHR}{MeanHR} \times 100 \quad (5)$$

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (HR_i - HR_{i+1})^2} \quad (6)$$

Dimana HR_i merupakan nilai heart rate pada periode i dan N adalah jumlah dari HR.

Pada parameter diatas, MeanHR digunakan untuk menghitung nilai rata-rata dari heart rate pada suatu periode, SDHR digunakan untuk menghitung nilai *standard deviation* atau nilai deviasi standar pada suatu periode, MinHR digunakan untuk menghitung nilai minimum pada suatu periode. MaxHR digunakan untuk menghitung nilai maksimum pada suatu periode, CVHR digunakan untuk menghitung nilai *covariance* dari suatu periode, dan RMSSD digunakan untuk menghitung *root mean squared successive difference* dari suatu periode.

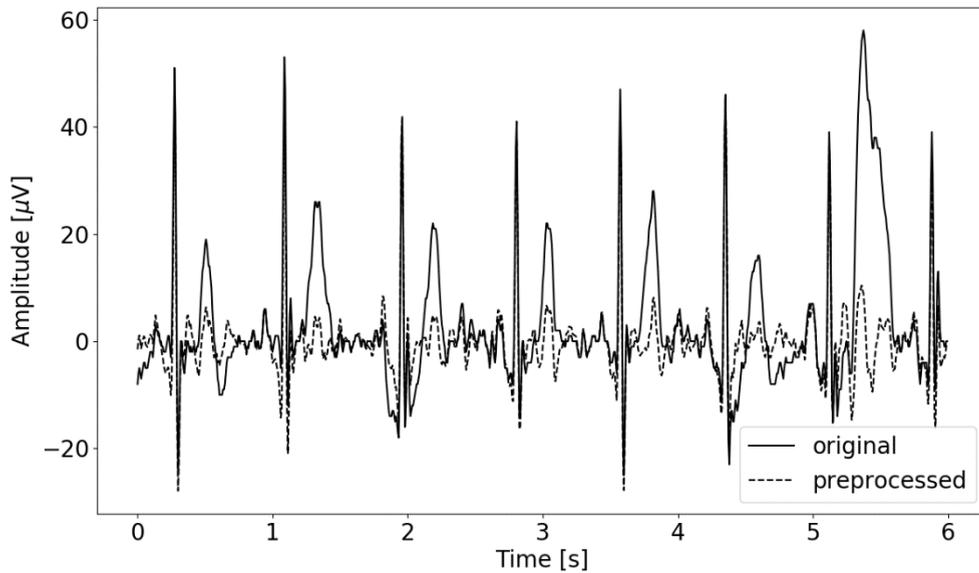
Data heart rate (HR) dari kedua sensor, *wearable sensor* dan *conventional sensor*, akan diekstrak untuk setiap data subjek yang berpartisipasi pada penelitian ini.

3.5 Analisa statistik

Analisa statistik dilakukan untuk membuktikan bahwa terdapat perbedaan yang secara statistik signifikan terhadap kondisi pra-olahraga dan pasca-olahraga pada HR yang diekstraksi dari kedua sensor. Untuk melakukan hal itu, pertama yang harus dilakukan adalah mengecek distribusi data dari HR. Kolmogorov-Smirnov test digunakan untuk mengetahui distribusi data. Jika distribusi data adalah normal, maka one-way ANOVA test akan digunakan untuk proses pembuktian adanya perbedaan signifikan. Akan tetapi, jika hasilnya adalah tidak normal, maka akan digunakan Kruskal-Wallis test. Nilai *p-value* dengan besar kurang dari 0.05 ($p < 0.05$) akan dianggap mempunyai perbedaan yang signifikan.

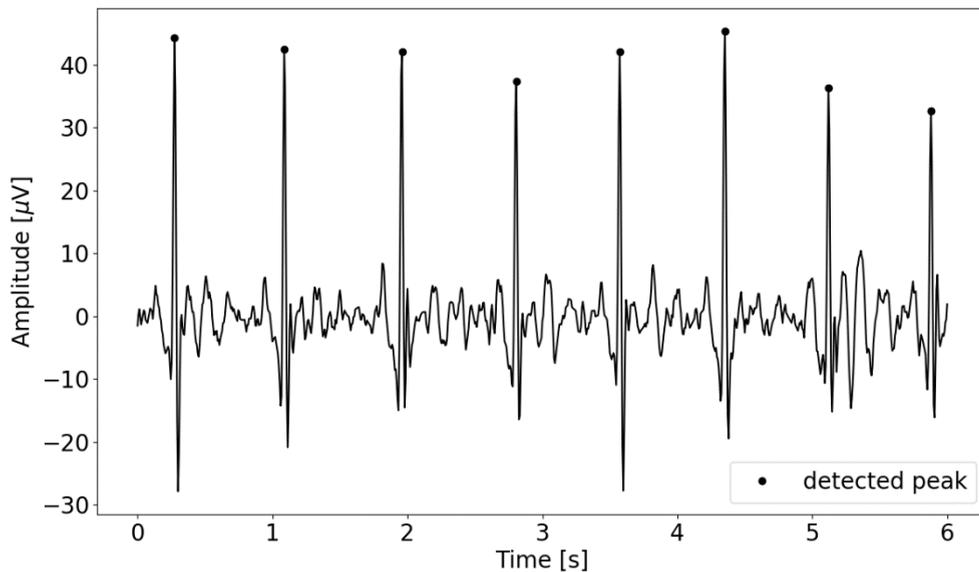
4. Hasil dan Pembahasan

Pertama, data mentah terlebih dari sensor konvensional perlu untuk dibersihkan dahulu untuk *noise* yang disebabkan oleh pergerakan badan. Walaupun subjek sudah diinstruksikan untuk mempertahankan posisinya dan dilarang untuk bergerak, akan tetapi pergerakan badan masih tetap dilakukan. Ketika kami interview subjek tersebut, pergerakan itu tidak bisa ditahan atau bergerak dengan sendirinya (misalkan disebabkan karena sakit pada punggung yang tiba-tiba, sehingga secara tidak sengaja badan bergerak). Untuk itulah perlu adanya penghapusan *noise* tersebut. Hasil dari proses pra-proses ini terlihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Hasil dari pra-proses

Pada Gambar 4 diatas, terlihat bahwa terdapat noise pada antara detik 5 dan 6. Noise tersebut menyebabkan gelombang ECG menjadi tinggi sekali berbeda dengan gelombang sebelumnya. Pada hasil tersebut, terlihat bahwa proses pra-proses berhasil menghilangkan noise tersebut. Kemudian, langkah selanjutnya adalah mendapatkan puncak-puncak dari gelombang tersebut, dimana puncak ini merupakan detak jantung dari subjek. Hasil pendeteksian puncak gelombang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Hasil dari pendeteksian puncak gelombang

Pada hasil pendeteksian puncak gelombang diatas, terlihat bahwa puncak gelombang berhasil dideteksi dengan baik sehingga data detak jantung sudah didapatkan. Setelah itu adalah menghitung *heart rate* (HR) dengan window sebesar 1 menit dengan pergeseran 1 detik untuk menyamakan dengan *heart rate* pada *wearable sensor*. Data HR yang didapatkan diproses untuk ekstraksi 6 parameter: MeanHR, SDHR, MinHR, MaxHR, CVHR, dan RMSSD. Setelah mendapatkan keenam parameter, ke enam parameter tersebut diuji statistik antara kondisi pra-olahraga dan pasca-olahraga. Hasil analisa statistik untuk data HR dari *wearable sensor* terlihat pada Tabel 1 dan 2 berikut.

Tabel 1. Hasil analisa statistik pada variabel MeanRR, SDHR dan MinHR dari wearable sensor

	MeanHR		SDHR		MinHR	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
S1	86.35±2.19	108.32±2.7***	0.81±0.43	0.46±0.36***	85.17±2.07	107.73±2.8***
S2	86.7±4.83	106.89±3.47***	1.36±0.73	0.86±0.5***	84.75±4.56	105.62±3.49***
S3	73.5±3.5	101.66±6.01***	1.37±0.74	0.73±0.51***	71.5±3.2	100.67±5.97***
S4	76.51±2.42	113.04±5.83***	1.18±0.58	0.63±0.39***	74.83±2.41	112.23±5.77***
S5	90.25±2.38	99.66±2.06***	0.85±0.52	0.72±0.38	89.1±2.38	98.63±2.11***
S6	71.11±3.4	73.37±3.68***	1.22±0.72	1.25±0.63	69.33±3.2	71.58±3.43***
S7	89.16±2.96	108.64±3.56***	1.16±0.69	0.73±0.64***	87.57±3.01	107.67±3.35***
S8	65.91±1.96	66.76±1.99	0.66±0.45	0.64±0.43	65.0±2.08	65.87±2.21*
S9	74.7±2.11	83.69±4.23***	1.04±0.53	1.05±0.62	73.28±1.97	82.25±4.39***
S10	70.89±2.34	77.65±1.65***	1.0±0.46	0.81±0.46*	69.5±2.56	76.52±1.77***

Dimana untuk *p-value* nya diberikan dalam bentuk “***” dengan detail: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, dan *** $p < 0.001$. Dari hasil analisa statistik pada Tabel 1 dan 2, terlihat bahwa pada Subjek #1 MeanHR, minHR, dan MaxHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan SDHR, CVHR, dan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Setiap parameter memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #2, terlihat bahwa MeanHR, minHR, dan MaxHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan SDHR, CVHR, dan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Setiap parameter memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #3, terlihat bahwa MeanHR, minHR, dan MaxHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan SDHR, CVHR, dan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Setiap parameter memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #4, terlihat bahwa MeanHR, minHR, dan MaxHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan SDHR, CVHR, dan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Setiap parameter memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #5, terlihat bahwa MeanHR, minHR, dan MaxHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan SDHR, CVHR, dan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Hanya parameter MeanHR, MinHR dan MaxHR yang memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #6, terlihat bahwa MeanHR, SDHR, minHR, dan MaxHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi

post-olahraga. Sedangkan CVHR dan RMSSD menunjukkan tendensi tidak ada kenaikan atau penurunan. Hanya parameter MeanHR, MinHR dan MaxHR yang memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #7, terlihat bahwa MeanHR, minHR, dan MaxHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan SDHR, CVHR, dan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Setiap parameter memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #8, terlihat bahwa MeanHR, minHR, MaxHR, dan RMSSD memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan SDHR dan CVHR menunjukkan tendensi penurunan. Hanya parameter MinHR memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #9, terlihat bahwa MeanHR, SDHR, minHR, MaxHR dan CVHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Hanya parameter MeanHR, MinHR, dan MaxHR yang memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #4, terlihat bahwa MeanHR, minHR, dan MaxHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan SDHR, CVHR, dan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Setiap parameter memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Dari hasil tersebut diketahui bahwa 3 parameter (MeanHR, MinHR dan MaxHR) yang dapat digunakan untuk mengetahui perbedaan kondisi jantung pada saat pra- dan pasca-olahraga.

Tabel 2. Hasil analisa statistik pada variabel MaxHR, CVHR dan RMSSD dari wearable sensor

	MaxHR		CVHR		RMSSD	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
S1	87.48±2.35	108.98±2.68***	0.94±1.0	0.38±0.47***	0.54±0.19	0.34±0.23***
S2	88.83±5.17	108.12±3.61***	2.64±3.06	1.1±1.21***	0.8±0.23	0.56±0.18***
S3	75.58±3.9	102.72±6.18***	2.69±3.05	0.88±1.18***	0.73±0.23	0.49±0.21***
S4	78.33±2.53	113.92±5.84***	1.92±1.73	0.6±0.76***	0.7±0.19	0.45±0.19***
S5	91.55±2.49	100.63±2.13***	1.1±1.45	0.74±0.84	0.6±0.24	0.55±0.16
S6	72.87±3.48	75.22±3.91***	2.21±2.67	2.19±2.26	0.7±0.22	0.71±0.19
S7	90.85±3.26	109.62±3.98***	2.02±2.34	1.04±1.97***	0.67±0.25	0.48±0.27***
S8	66.78±1.95	67.6±2.13	0.71±1.09	0.65±0.84	0.43±0.19	0.45±0.21*
S9	76.18±2.38	85.32±4.12***	1.51±1.54	1.65±1.81	0.63±0.23	0.63±0.27
S10	72.32±2.45	78.8±1.87***	1.34±1.32	0.97±1.04*	0.65±0.18	0.55±0.2*

Hasil perhitungan keenam parameter untuk data HR dari *conventional sensor* terlihat pada Tabel 3 dan 4 berikut. Dimana p-value nya diberikan dalam bentuk “*” dengan detail: * p<0.05, ** p<0.01, dan *** p<0.001. Dari hasil analisa statistik pada Gambar 16-25 diatas, terlihat bahwa pada Subjek #1 MeanHR, SDHR, minHR, MaxHR, dan CVHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Setiap parameter memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #2, terlihat bahwa MeanHR, SDHR, minHR, MaxHR, dan CVHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Hanya parameter MeanHR, MinHR, MaxHR dan RMSSD yang memiliki perbedaan

yang signifikan secara statistik. Pada subjek #3, terlihat bahwa semua parameter memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Semua parameter memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #4, terlihat bahwa MeanHR, SDHR, minHR, MaxHR, dan CVHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Hanya parameter MeanHR, MinHR, MaxHR dan RMSSD yang memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #5, terlihat bahwa semua parameter memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Semua parameter tersebut juga memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #6, terlihat bahwa MeanHR, minHR, MaxHR, dan RMSSD memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan SDHR dan CVHR menunjukkan tendensi penurunan. Hanya parameter MeanHR, MinHR, dan MaxHR yang memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #7, terlihat bahwa MeanHR, SDHR, minHR, MaxHR, dan CVHR memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan RMSSD menunjukkan tendensi penurunan. Hanya parameter MeanHR, MinHR, MaxHR dan RMSSD yang memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #8, terlihat bahwa semua parameter memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Hanya parameter MeanHR, MinHR, dan MaxHR yang memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #9, terlihat bahwa semua parameter memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Hanya parameter MeanHR, MinHR, dan MaxHR yang memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Pada subjek #10, terlihat bahwa MeanHR, minHR, MaxHR, CVHR, dan RMSSD memiliki tendensi naik dari pra-olahraga ke kondisi post-olahraga. Sedangkan SDHR tidak menunjukkan tendensi kenaikan atau penurunan. Hanya parameter MeanHR, MinHR, MaxHR dan RMSSD yang memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Dari hasil analisa statistik diatas didapatkan bahwa terdapat 3 parameter yang memiliki tendensi yang sama untuk sebagian besar subjek, yaitu parameter MeanHR, MinHR dan MaxHR.

Tabel 3. Hasil analisa statistik pada variabel MeanHR, SDHR dan MinHR dari conventional sensor

	MeanHR		SDHR		MinHR	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
S1	86.09±1.4	91.12±1.77***	0.48±0.29	0.6±0.45*	85.44±1.6	90.27±1.91***
S2	84.85±2.41	90.73±1.75***	0.54±0.32	0.59±0.34	84.07±2.46	89.9±1.75***
S3	73.49±1.61	111.35±14.82***	0.49±0.25	1.04±1.12***	72.87±1.7	109.96±14.74***
S4	76.6±1.41	91.99±2.08***	0.5±0.24	0.55±0.68	75.95±1.34	91.29±2.13***
S5	89.32±1.95	110.85±7.78***	0.48±0.42	1.53±2.09***	88.7±2.1	108.68±8.37***
S6	71.01±1.7	103.3±1.91***	0.51±0.4	0.5±0.2	70.36±1.72	102.63±1.9***
S7	88.26±1.2	89.94±2.07***	0.46±0.18	0.5±0.39	87.7±1.26	89.3±2.11***
S8	65.95±1.4	96.76±1.62***	0.45±0.3	0.47±0.26	65.41±1.39	96.14±1.73***
S9	74.73±1.44	113.31±3.42***	0.48±0.22	0.6±0.52	74.07±1.48	112.42±3.69***
S10	71.11±1.51	106.91±1.01***	0.48±0.23	0.48±0.37	70.48±1.68	106.32±1.36***

Tabel 4. Hasil analisa statistik pada variabel MaxHR, CVHR dan RMSSD dari conventional sensor

	MaxHR		CVHR		RMSSD	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
S1	86.7±1.41	91.9±1.89***	0.35±0.69	0.63±1.29*	0.66±0.31	0.59±0.4*
S2	85.63±2.47	91.55±1.79***	0.43±0.69	0.52±0.69	0.64±0.24	0.57±0.23*
S3	74.21±1.72	112.93±14.91***	0.34±0.44	2.6±6.73***	0.54±0.18	0.84±0.54***
S4	77.29±1.53	92.71±2.41***	0.34±0.54	0.84±2.75	0.64±0.15	0.5±0.46***
S5	89.98±1.99	112.84±7.85***	0.45±1.11	7.47±24.91***	0.63±0.41	1.11±1.34*
S6	71.78±1.9	104.02±1.83***	0.47±1.36	0.32±0.25*	0.53±0.22	0.56±0.18
S7	88.87±1.25	90.61±2.24***	0.27±0.23	0.44±1.0	0.64±0.25	0.48±0.24***
S8	66.53±1.36	97.32±1.64***	0.32±0.63	0.32±0.47	0.43±0.29	0.47±0.22
S9	75.38±1.5	114.12±3.35***	0.32±0.36	0.69±1.72	0.59±0.17	0.69±0.27*
S10	71.7±1.47	107.53±0.85***	0.32±0.42	0.41±0.82	0.57±0.18	0.6±0.24*

Dari hasil kedua sensor tersebut didapatkan informasi bahwa MeanHR, MinHR dan MaxHR memiliki tendensi untuk naik dari kondisi pra- dan pasca-olahraga. Hal ini disebabkan oleh kenaikan detak jantung dikarenakan aktifitas olahraga. Sehingga keadaan kondisi tersebut menguatkan validitas hasil perhitungan ketiga parameter tersebut. Untuk SDHR dan CVHR, terdapat hasil yang menarik, yaitu pada *wearable sensor* terdapat 8 dari 10 subjek menunjukkan penurunan nilai kedua parameter tersebut dan 6 diantaranya menunjukkan perbedaan yang signifikan menurut statistik. Sedangkan pada hasil sensor konvensional, terdapat 7 dari 10 subjek menunjukkan kenaikan nilai kedua parameter tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa hasil HR yang didapatkan oleh *wearable sensor* lebih stabil daripada hasil yang didapatkan oleh sensor konvensional. Hal ini dikarenakan SDHR dan CVHR menghitung simpangan suatu data, sehingga semakin kecil simpangan maka data tersebut semakin stabil. Dengan mengetahui hasil diatas dapat diketahui bahwa dengan membandingkan dengan metode konvensional (menggunakan sensor yang langsung ditempelkan di dada) dan metode *wearable* (menggunakan sensor di tangan) hasil yang didapatkan sama bahkan *wearable sensor* lebih stabil dibanding dengan metode konvensional. Sehingga *wearable sensor* sebenarnya sudah dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi jantung secara murah dan digunakan pada kegiatan sehari-hari. Tentu hal ini juga akan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kesehatan jantung.

5. Kesimpulan

Penyakit jantung merupakan salah satu penyakit yang menyumbangkan banyak angka kematian diberbagai negara. Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengatasi hal tersebut. Termasuk adanya temuan teknologi yang dapat mendeteksi aktifitas jantung dengan *wearable sensor*. *Wearable sensor* mampu memberikan informasi jantung secara real-time dengan memanfaatkan bentuk sensor yang mudah dipakai dan cocok untuk dipakai disaat apapun. Bahkan beberapa produsen *wearable sensor* menambahkan banyak fitur seperti

jam agar sensor dapat dipakai selayaknya jam tangan. Penelitian ini membantu mem-validasi efektifitas *wearable sensor* khususnya yang berharga murah untuk dapat digunakan dalam mendeteksi kondisi jantung. Untuk mendapatkan hasil yang valid, penelitian ini menggunakan subjek dengan rentang umur yang paling sering mengalami penyakit jantung. Menurut hasil dari analisa statistik, *wearable sensor* dapat digunakan untuk mendapatkan kondisi jantung terlebih untuk aktifitas olahraga dengan menggunakan parameter MeanHR, MinHR dan MaxHR. Analisa statistik juga menunjukkan kesamaan hasil untuk sensor konvensional dengan menunjukkan bahwa ketiga parameter tersebut juga merupakan parameter yang paling baik untuk digunakan dalam mendapatkan kondisi jantung pada saat aktifitas olahraga. Keenam parameter tersebut juga menunjukkan perbedaan yang signifikan menurut statistik ($p < 0.05$) pada hasil kedua sensor tersebut. Dengan memperhatikan kesamaan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa *wearable sensor* dapat digunakan untuk mendapat kondisi jantung karena memiliki kesamaan kemampuan dengan sensor konvensional. Disisi lain, MeanHR, MinHR, dan MaxHR sangat disarankan untuk digunakan sebagai parameter dalam mendeteksi kondisi jantung dengan menggunakan *wearable sensor*. Parameter ini akan berguna untuk produsen atau industri *wearable sensor* dalam meningkatkan kemampuan *wearable sensor* yang diproduksi.

6. Daftar Rujukan

- [1] R. L. Armentano, E. I. Cabrera Fischer, and L. J. Cymberknop, *Biomechanical Modeling of the Cardiovascular System*. IOP Publishing, 2019.
- [2] R. L. Armentano and R. L. Armentano, "Structural basis of the circulatory system," in *Biomechanical Modeling of the Cardiovascular System*, 2019.
- [3] P. Ponikowski *et al.*, "Heart failure: preventing disease and death worldwide," *ESC Hear. Fail.*, vol. 1, no. 1, pp. 4–25, 2014.
- [4] Indonesian Ministry of Health, "Hari Jantung Sedunia (HJS) Tahun 2019: Jantung Sehat, SDM Unggul," 2019. [Online]. Available: <http://p2ptm.kemkes.go.id/kegiatan-p2ptm/pusat/hari-jantung-sedunia-hjs-tahun-2019-jantung-sehat-sdm-unggul>. [Accessed: 12-May-2020].
- [5] Indonesian Ministry of Health, *Info Datin Situasi Kesehatan Jantung*. Jakarta: Indonesia Ministry of Health, 2019.
- [6] UPT Puskesmas Wonosari, "Pelayanan Rekam Jantung," 2019. [Online]. Available: <https://sipp.menpan.go.id/pelayanan-publik/di-yogyakarta/kabupaten-gunung-kidul/upt-puskesmas-wonosari-i/pelayanan-rekam-jantung-ekg>. [Accessed: 09-Dec-2020].
- [7] Y. Nho, J. G. Lim, and D. Kwon, "Cluster-Analysis-Based User-Adaptive Fall Detection Using Fusion of Heart Rate Sensor and Accelerometer in a Wearable Device," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 40389–40401, 2020.
- [8] M. Foster *et al.*, "Preliminary Evaluation of a Wearable Sensor System for Heart Rate Assessment in Guide Dog Puppies," *IEEE Sens. J.*, vol. 20, no. 16, pp. 9449–9459, 2020.
- [9] J. G. Godino *et al.*, "Performance of a commercial multi-sensor wearable (Fitbit Charge HR) in measuring physical activity and sleep in healthy children," *PLoS One*, vol. 15, no. 9, p. e0237719, Sep. 2020.
- [10] L. Menghini, E. Gianfranchi, N. Cellini, E. Patron, M. Tagliabue, and M. Sarlo, "Stressing the accuracy: Wrist-worn wearable sensor validation over different conditions," *Psychophysiology*, vol.

56, no. 11, p. e13441, Nov. 2019.

- [11] M. Etiwy *et al.*, “Accuracy of wearable heart rate monitors in cardiac rehabilitation,” *Cardiovasc. Diagn. Ther.*, vol. 9, no. 3, pp. 262–271, Jun. 2019.
- [12] P. Sasidharan, T. Rajalakshmi, and U. Snehalatha, “Wearable Cardiorespiratory Monitoring Device for Heart Attack Prediction,” in *2019 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, 2019, pp. 54–57.
- [13] J. A. Finegold, P. Asaria, and D. P. Francis, “Mortality from ischaemic heart disease by country, region, and age: Statistics from World Health Organisation and United Nations,” *Int. J. Cardiol.*, vol. 168, no. 2, pp. 934–945, 2013.

Halaman ini sengaja dikosongkan

