

# Analisa Detak Jantung dengan Metode *Heart Rate Variability* (HRV) untuk Pengenalan Stres Mental Berbasis *Photoplethysmograph* (PPG)

Nefy Puteri Novani, MT, Lathifah Arief.M, Rima Anjasmara

Jurusan Sistem Komputer, FTI Universitas Andalas Limau Manis Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25163 INDONESIA

## ARTICLE INFORMATION

Received: August 25<sup>th</sup> 2019  
 Revised: September 9<sup>th</sup> 2019  
 Available online: September 20<sup>th</sup>, 2019

## KEYWORDS

Stress, PPG, Heart Rate Variability, SVM Classifier

## CORRESPONDENCE

Phone: +62 (0751) 12345678  
 E-mail: nefyputeri@fti.unand.ac.id

## ABSTRACT

Emotions influence individual behavior and there is no emotional experience that has a stronger influence than stress. Prolonged stress has a direct negative influence on physical and emotional conditions. For that reason, it is important to know a person's mental stress state, so that further action can be taken later, so as not to have a serious impact on physical and mental health. In this study, the *photoplethysmograph* (PPG) approach is used to recognize mental stress conditions based on Heart Rate Variability (HRV) frequency domain analysis. In this study stress was identified by SVM classifier using LF, HF and LF / HF Ratio from HRV frequency domain analysis. The LF results were increased in mild stress conditions, HF increased in conditions of mild stress and medium stress and the LF / HF Ratio slowly increased from mild stress to severe stress. The training data obtained 80 data with 95% mild stress accuracy from 19 data, medium stress accuracy 96% from 49 data and 99% severe stress accuracy with 12 data.

## PENDAHULUAN

Stres mengacu pada respon fisiologi yang terjadi ketika individu gagal untuk merespon secara tepat terhadap ancaman emosional atau fisik [1]. Respon awal yang menyertai stres membantu individu untuk mengatasi suatu kondisi yang berpotensi sebagai ancaman pada tubuh. Stres yang terjadi berkepanjangan memiliki pengaruh negatif langsung pada kondisi fisik yang dapat menyebabkan meningkatnya aliran darah, tekanan darah tinggi hingga serangan jantung dan pada kondisi emosional, stres dapat menyebabkan gangguan kecemasan hingga depresi [1, 2].

Sistem saraf manusia dibedakan menjadi dua yaitu *Somatic Nervous System* (SNS) dan *Autonomic Nervous System* (ANS). ANS terbagi atas dua bagian yakni *parasympathetic nervous system* (PNS) dan *sympathetic nervous system* (SNS). *Heart Rate Variability* (HRV) didefinisikan sebagai variasi antara denyut jantung berturut-turut dan digunakan untuk menggambarkan keseimbangan aktivitas ANS yang berhubungan dengan stres mental [3]. Analisa frekuensi domain merupakan ukuran domain yang berkaitan dengan HRV pada rentang frekuensi tertentu yang terkait dengan proses fisiologis tertentu [4]. Perubahan yang terus-menerus di impuls saraf simpatik dan parasimpatik mengakibatkan perubahan denyut jantung. Salah satu metode

analisa HRV yang diterapkan adalah analisa domain frekuensi [5]. *Heart rate* (HR) merupakan denyut jantung per satuan waktu yang dihitung dengan satuan *beat per minute* (BPM). Pengambilan data HR dapat dilakukan dengan metode ECG, perangkat berbasis *photoplethysmograph* (PPG) dengan *pulse sensor amped* dan *easy pulse sensor* [6,7], penggunaan *consumer-grade heart rate monitors* (HRM) pada [4] yang mendeteksi tekanan mental menggunakan *time series RR-interval* dari HRM berupa *chest strap*.

Ada beberapa cara yang digunakan untuk mendeteksi stress mental seseorang, yaitu melalui interview, kuesioner, observasi kebiasaan dan analisa sinyal tubuh seperti analisa denyut jantung dengan menggunakan *Electro Cardio Graph* (ECG) [3], *Galvanic Skin Response* (GSR) [8], *Body Temperature* (BT) dan *Blood Pressure* [9]. Pada [3] diterapkan ECG untuk mendeteksi stress mental seseorang dan diperoleh hasil yang menyatakan bahwa pencatatan denyut jantung dapat digunakan untuk mengenali stress mental. Dinyatakan bahwa aktivasi SNS akan meningkatkan denyut jantung, sedangkan aktivasi PNS menurunkan denyut jantung, ini menunjukkan bahwa denyut jantung dapat digunakan untuk memperkirakan tingkat aktivasi kedua cabang ANS.

Pada [10] digunakan pendekatan berbasis PPG untuk mendeteksi denyut jantung dengan menggunakan *easy pulse sensor* dan pengujian menggunakan *stroop test* sebagai *stressor* untuk

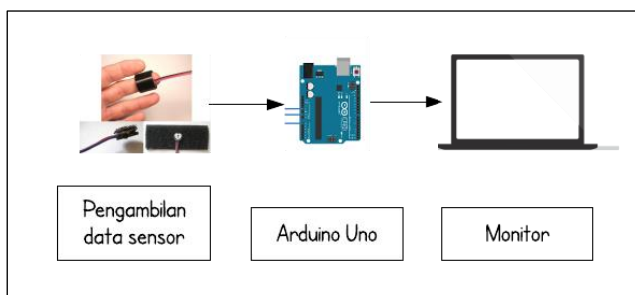
mengenali kondisi normal dan stress. Kondisi normal dikenali sebelum melakukan mental *task* dan stress dikenali setelah melakukan mental *task* berupa *Stroop test*. Pada [11] diterapkan PPG dengan analisa HRV domain frekuensi, yaitu VLF, LF, dan HF, serta ratio LF/HF. Pada penelitian ini belum diterapkan *classifier* tertentu untuk menentukan kondisi stress.

Dalam penelitian digunakan pendekatan berbasis PPG dan analisa HRV domain frekuensi sebagai fitur *classifier* yang mengklasifikasikan tiga level kondisi stres mental, yaitu stres ringan, sedang dan berat. Pre-Kondisi stres mental objek diberikan dengan melabelkan data klasifikasi stres menggunakan kuesioner *Perceived Stress Scale* (PSS) [12, 13].

## METODE PENELITIAN

### Rancangan Umum Sistem

Rancangan umum sistem diperlukan untuk menggambarkan rancangan perangkat keras secara keseluruhan. Rancangan umum sistem dari penelitian ini terlihat pada Gambar 1. *Pulse sensor amped* akan mendeteksi sinyal *pulse*, kemudian dengan menggunakan Arduino Uno, data akan diproses pada ADC menjadi nilai digital, dan didapatkan nilai RRI. Kemudian dilakukan komunikasi serial Arduino Uno dan Laptop melalui *CoolTerm data logger* untuk mendapatkan file txt, data diambil selama 5 - 15 menit. Selanjutnya file tersebut menjadi masukan pada Matlab yang akan memproses ekstraksi fitur HRV domain frekuensi. Setelah didapatkan nilai-nilai ekstraksi fitur HRV, maka akan dilakukan klasifikasi stres dengan *SVM Classifier*, kemudian hasil kondisi subjek berupa stres ringan, stres sedang atau stres berat akan ditampilkan kembali dengan GUI pada Matlab.



Gambar 1. Rancangan Umum Sistem

### Ekstraksi Fitur dan Training

Pada sistem dilakukan 3 proses tahapan yaitu pengumpulan data, pelatihan data dan *testing* data. Terdapat 80 data pelatihan yang dikumpulkan dari pengumpulan *HR* mahasiswa tahun akhir yang akan melakukan seminar proposal, seminar hasil ataupun ujian komprehensif dengan memberikan pelabelan data menggunakan kuesioner PSS yang diberikan sebelum pengambilan data RRI. Pengklasifikasian kondisi stres ringan, sedang dan berat dilakukan dengan menggunakan pelabelan pada awal sebelum pengambilan data *HR* subjek uji dengan *self assesment* menggunakan kuesioner PSS. Pengambilan data RRI dengan *short term recording* dengan range 5-15 menit waktu pengukuran. *Heart Rate Variability* (HRV) merupakan variasi *beat-to-beat* dari *HR* dan digunakan sebagai biomarker dari aktifitas ANS yang berhubungan dengan stres mental. Analisa domain frekuensi

merupakan ukuran domain yang berkaitan dengan HRV pada rentang frekuensi tertentu yang terkait dengan proses fisiologis tertentu. Fluktuasi pada *HR* sering dianggap periodik dan terjadi pada banyak skala waktu, pengukuran fluktuasi ini dalam *time series* (RRI) dapat dilakukan dengan menghitung *Power Spectrum Density* (PSD). PSD menunjukkan kekuatan variasi (energi) sebagai fungsi frekuensi yang menunjukkan dimana variasi frekuensi kuat dan dimana variasi frekuensi lemah [7].

Analisis HRV pada domain frekuensi pada *short term recording* (interval 5 menit) terbagi dalam komponen sebagai berikut :

- Very Low Frequency* (VLF) ;  $\leq 0,04$  Hz
- Low Frequency* (LF);  $0,04 - 0,15$  Hz
- High Frequency* (HF);  $0,15 - 0,4$  Hz

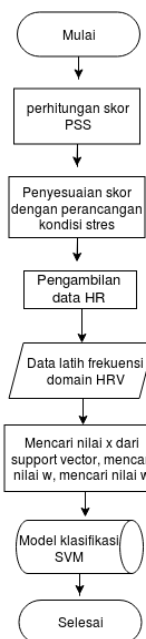
Rancangan ekstraksi fitur analisa HRV domain frekuensi ditampilkan pada Gambar 2. Hasil domain frekuensi HRV digunakan sebagai data latih untuk masing-masing level kondisi stres mental; stres ringan, sedang, dan berat. Pada penelitian ini digunakan *SVM classifier* untuk mengklasifikasikan ketiga kondisi stres tersebut. Tahapan pelatihan dengan SVM dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Rancangan Ekstraksi Fitur HRV domain frekuensi

### Testing

Setelah model klasifikasi SVM terbentuk, maka *SVM classifier* dapat diuji dengan data uji. Dilakukan pengujian dengan menggunakan model data SVM yang didapat dari hasil proses pelatihan (*training*). Ketika data uji diterima sistem, maka akan dibandingkan dengan model klasifikasi SVM yang telah ada kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *hyperplane* kembali berdasarkan data tersebut dengan data model tersebut. Kemudian didapatkan model klasifikasi SVM yang baru untuk data tersebut, dan didapatkan hasil klasifikasi yang baru. Perancangan proses tersebut ada pada Gambar 4.

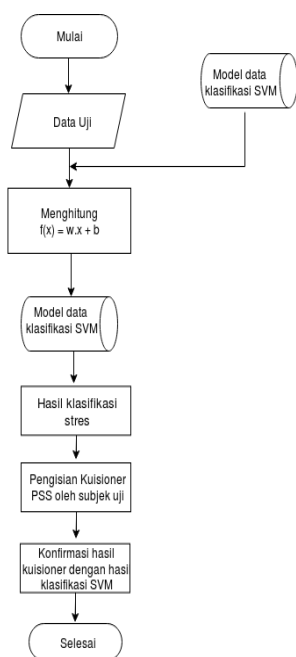


Gambar 3. Tahapan pelatihan dengan SVM

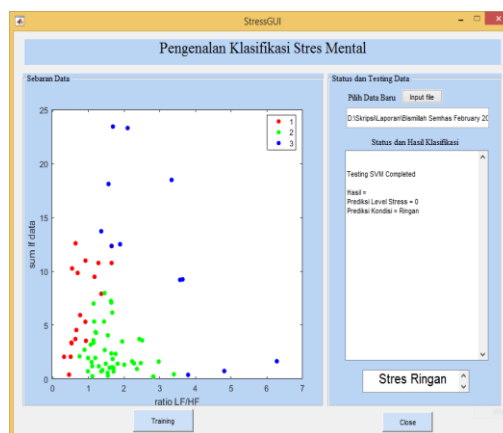
Pengujian existing	Sensor		% error	
	Nilai HR (bpm)	Nilai HR (bpm)		Nilai RRI (ms)
	71	71	860	0
	72	71	814	1,3
	73	69	916	5,4
	74	71	752	4,1
	72	71	830	1,3
	72	73	838	1,3
	72	74	818	2,7
	73	74	760	1,3
	75	74	774	1,3
	76	75	774	1,3
	76	75	754	1,3
	72	72	876	0
	71	72	874	1,4
	72	73	754	1,3
	72	74	736	2,7
<b>Total Error (%)</b>			<b>26,7</b>	
<b>Error Rata-rata (%)</b>			<b>1,78</b>	

### 3.2 Hasil Pelatihan dan Pemodelan dengan Support Vector Machine (SVM)

Pada Gambar 5 terlihat sebaran data latih, dengan warna merah yaitu stres ringan 19 data, warna hijau yaitu stres sedang 49 data dan warna biru yaitu stres berat 12 data. Sebaran data menggunakan 2 fitur ekstraksi yaitu data LF dan data *ratio* LF/HF. Sebaran data ditampilkan hanya dalam 2 fitur karena dalam 2 fitur tersebut sebaran data terlihat lebih terpisah. Data stres ringan cenderung di sebelah kiri, data stres sedang cenderung di tengah, dan data stres berat cenderung di sebelah atas kanan data plotting.



Gambar 4. Flowchart Tahap Pengujian menggunakan data uji



Gambar 5. Implementasi GUI Matlab

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Pulse Sensor Amped

Pengujian pada *pulse sensor amped* dilakukan untuk mendeteksi denyut jantung dan untuk mendapatkan nilai RR-Interval (RRI) dalam 15 kali pengujian. Persentase error rata-rata *pulse sensor amped* sebesar 1,78 % dan tingkat keberhasilan pengukuran denyut jantung adalah 98,22 %.

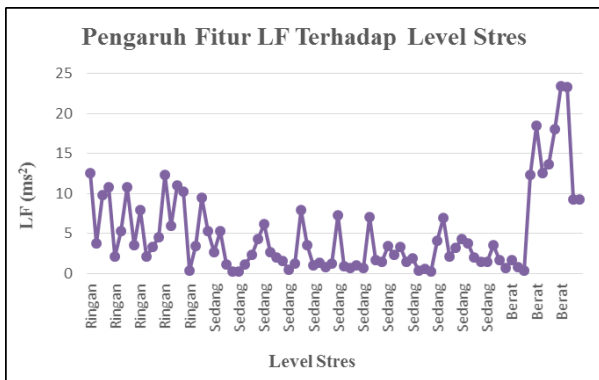
Pada Gambar 6 dapat dilihat pengaruh fitur LF terhadap level stress. Nilai LF dipengaruhi oleh aktivasi *parasympathetic nervous system* (PNS) dan *sympathetic nervous system* (SNS). SNS membantu mempersiapkan tubuh untuk merespon peristiwa yang berpotensi berbahaya sehingga disebut “*fight or flight*” respon. PNS sebaliknya seringkali aktif pada *unchallenging situation*, cenderung bekerja berkebalikan dan membuat tubuh kembali pada kondisi *rest state*.

Disini nilai LF secara umum meningkat pada kondisi level stress berat. Dengan nilai tertinggi yaitu 23.4204 ms<sup>2</sup> dan nilai terendah

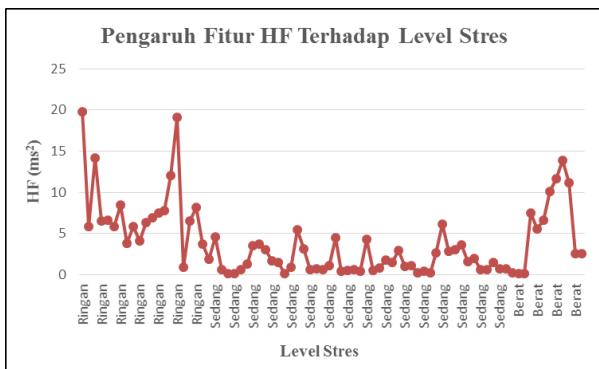
Tabel 1. Pengujian Pulse Sensor Amped dengan Existing

berada pada kondisi stress ringan dengan nilai fitur  $0.2088 \text{ ms}^2$ . hal ini memperlihatkan ketika stress berat nilai LF cenderung tinggi.

Pada Gambar 7. Dapat dilihat pengaruh fitur HF terhadap level stress. HF dipengaruhi oleh aktivasi PNS, yang mengatur tubuh agar kembali pada kondisi *rest state*. Disini fitur HF diperlihatkan cenderung tinggi pada level stress ringan, dengan nilai HF tertinggi  $19.825 \text{ ms}^2$  dan juga terlihat meningkat pada level stress berat dengan nilai HF tertinggi  $13.9231 \text{ ms}^2$ . Nilai HF terendah berada pada level stress sedang  $0.0742 \text{ ms}^2$ . Hal ini memperlihatkan bahwa nilai HF akan meningkat ketika kondisi stress ringan dan stress berat, akan tetapi lebih terlihat pada stress ringan.

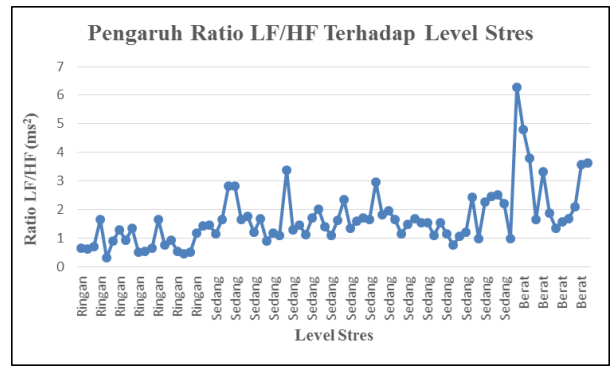


Gambar 6. Pengaruh Fitur *Low Frequency* (LF) terhadap Level Stress



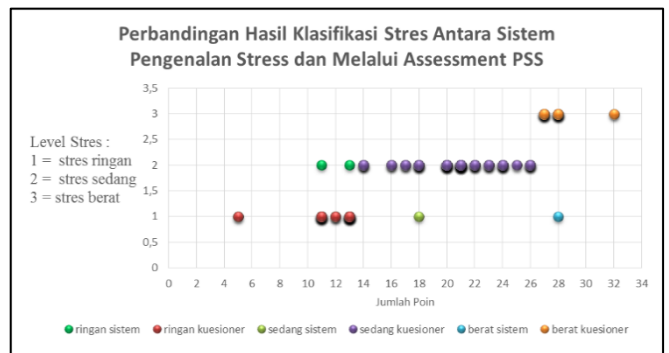
Gambar 7. Pengaruh Fitur *High Frequency* (HF) terhadap Level Stress

Ratio LF/HF cenderung meningkat pada kondisi stress berat dengan nilai fitur ratio LF/HF sebesar  $6.2757 \text{ ms}^2$  dan terendah berada pada level stress ringan yaitu  $0.3123 \text{ ms}^2$ . Ratio LF/HF merupakan indikator yang memperlihatkan keseimbangan PNS dan SNS. Pada Gambar 8. tampak bahwa ketika stress berat, nilai Ratio LF/HF cenderung meningkat.



Gambar 8. Pengaruh Ratio LF/HF terhadap Level Stress

Pengambilan data latih yang menggunakan perhitungan skor dari *perceived stress scale* (PSS) dapat membuat data latih yang diperoleh mendapatkan label yang tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya yang dirasakan oleh subjek uji. Hal ini terlihat dari Gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan Hasil Klasifikasi Stress antara Sistem Pengenalan Stress dan Hasil Assesmen dengan PSS

Berdasarkan Gambar 9., pada stress ringan, poin hasil assesmen PSS yang didapatkan berkisar pada angka 11 – 13, dari rentang 0 – 13 yang diklasifikasikan sebagai kondisi stress ringan. Sistem berhasil mengklasifikasikan stress ringan dengan persentase sebanyak 89%. Dari 19 data yang diuji sistem terdapat 2 data yang memiliki klasifikasi stress ringan pada PSS, namun dikenali stress sedang pada sistem. Keberhasilan sistem untuk mengklasifikasikan stress sedang dengan persentase keberhasilan sebanyak 98%. Dari 49 data yang diuji sistem, tetapi terdapat 1 data yang memiliki klasifikasi stress sedang pada kuesioner namun dikenali sebagai kondisi stress ringan pada sistem. Dengan persentase 92% dari 12 data stress berat terdapat satu data yang memiliki klasifikasi stress berat pada kuesioner namun dikenali sebagai stress ringan pada sistem.

### 3.3 Performa Evaluasi terhadap Data Latih dan Data Uji

Hasil performa data latih dan data uji untuk klasifikasi stress ringan, sedang dan berat masing-masing tampak pada Tabel 2, 3 dan 4. Hasil evaluasi performa data latih yang digunakan untuk klasifikasi stress ringan diperoleh nilai akurasi 95%. Pengklasifikasi mampu memisahkan data-data yang berbeda dengan lebih banyak mengklasifikasi secara benar data subjek pada level stress ringan. Terlihat dari 19 data latih stress ringan, didapatkan nilai *True Positive* (TP) sebanyak 17 data. Sedangkan hasil evaluasi performa data uji yang digunakan untuk klasifikasi

stres ringan diperoleh nilai akurasi 70% dari total data latih stres ringan sebanyak 5 data, didapatkan nilai *True Positive* (TP) sebanyak 2 data.

Table 2. Hasil evaluasi performa data latih dan data uji untuk klasifikasi stres ringan

Hasil Klasifikasi stres Ringan	Data Latih	Data Uji
Total Jumlah Sinyal	80	20
<i>True Positive</i>	17	2
<i>False Positive</i>	2	3
<i>True Negative</i>	59	12
<i>False Negative</i>	2	3
<i>Sensitivity</i>	89%	40%
<i>Accuracy</i>	95%	70%

Hasil evaluasi performa data latih yang digunakan untuk klasifikasi stres sedang diperoleh nilai akurasi 96%. Pengklasifikasi mampu memisahkan data-data yang berbeda dengan lebih banyak mengklasifikasi secara benar data subjek pada level stress sedang. Terlihat dari 49 data latih stress ringan, didapatkan nilai *True Positive* (TP) sebanyak 48. Sedangkan hasil evaluasi performa data testing yang digunakan untuk klasifikasi stres sedang diperoleh nilai akurasi 70% dari total data latih stress sedang sebanyak 10 data, didapatkan nilai *True Positive* (TP) sebanyak 7 data.

Table 3. Hasil evaluasi performa data latih dan data uji untuk klasifikasi stres sedang

Hasil Klasifikasi stres Sedang	Data Latih	Data Uji
Total Jumlah Sinyal	80	20
<i>True Positive</i>	48	7
<i>False Positive</i>	2	3
<i>True Negative</i>	29	7
<i>False Negative</i>	1	3
<i>Sensitivity</i>	98%	70%
<i>Accuracy</i>	96%	70%

Table 4. Hasil evaluasi performa data latih dan data uji untuk klasifikasi stres berat

Hasil Klasifikasi stres Berat	Data Latih	Data Testing
Total Jumlah Sinyal	80	20
<i>True Positive</i>	11	4
<i>False Positive</i>	0	1
<i>True Negative</i>	68	14
<i>False Negative</i>	1	1
<i>Sensitivity</i>	92%	80%
<i>Accuracy</i>	99%	93%

Hasil evaluasi performa data latih yang digunakan untuk klasifikasi stress berat diperoleh nilai akurasi 99%. Pengklasifikasi mampu memisahkan data-data yang berbeda dengan lebih banyak mengklasifikasi secara benar data subjek pada level stress berat. Terlihat dari 12 data latih stress berat, didapatkan nilai *True Positive* (TP) sebanyak 11. Sedangkan hasil evaluasi performa data uji yang digunakan untuk klasifikasi stress berat diperoleh nilai akurasi 93% dari total data latih stress berat sebanyak 5 data, didapatkan nilai *True Positive* (TP) sebanyak 4 data.

## KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, telah digunakan analisa HRV domain frekuensi berupa nilai *low frequency* (LF) yang meningkat pada kondisi stress berat dengan nilai tertinggi LF sebesar 23.4204 ms<sup>2</sup>, nilai *high frequency* (HF) meningkat pada kondisi stress ringan dengan nilai HF tertinggi sebesar 19.825 ms<sup>2</sup>. Sedangkan untuk data stress berat, nilai HF tertinggi sebesar 13.9231 ms<sup>2</sup>. Nilai Ratio LF/HF meningkat pada kondisi stress berat dengan nilai Ratio LF/HF tertinggi sebesar 6.2757 ms<sup>2</sup>. Pengklasifikasian dengan menggunakan pelabelan dengan *self assesment* menggunakan kuesioner PSS yang diisi oleh subjek uji sebelum pengukuran HR. Dalam evaluasi performa data latih yang memiliki total data pelatihan sebanyak 80 data, pada pelatihan stress ringan dengan jumlah 19 data latih memiliki akurasi sebesar 95%, pada pelatihan stress sedang dengan jumlah 49 data latih memiliki akurasi sebesar 96%, pada pelatihan stress sedang dengan jumlah 12 data latih memiliki akurasi sebesar 99%.

## Daftar Pustaka

- [1] Gaol, Nasib Tua Lumban. Teori stres: stimulus, respons, dan transaksional. *Buletin Psikologi*, 2016, 24.1: 1-11.
- [2] Anonim [Online]. Available: <http://digilib.unila.ac.id/2341/10/Bab%202.pdf> [Accessed 19 September 2018].
- [3] J.Taelman, "Influence of Mental Stress on Heart Rate and Heart Rate Variability," in *IFMBE*, Berlin Heidelberg, 2008.
- [4] R. J.Choi, "Using Heart Rate Monitors to Detect Mental Stress," in *IEEE Computer Society*, United States, 2009.
- [5] N. P. Novani, L. Arief, R. Anjasmara and A. S. Prihatmanto, "Heart Rate Variability Frequency Domain for Detection of Mental Stress Using Support Vector Machine," *2018 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, Bandung - Padang, Indonesia, 2018, pp. 520-525.
- [6] M. R. Saputra, "Pemantauan Parameter Fisiologis Pada Pasien Koma," in *Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas*, 2018.
- [7] R. Z. Ikhlas, "Sistem Monitoring Detak Jantung untuk Peringatan Dini dalam Mengantisipasi Kelelahan pada Aktifitas Olahraga Lari," in *Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas*, 2018.
- [8] D. Yolanda, "Mengukur Tingkat Stres Menggunakan Galvanic Skin Respons dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis Arduino Uno," in *Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas*, 2014.
- [9] A. Nofrianto, "Identifikasi Tingkat Stres Manusia Menggunakan Metode FUZZY Logic Berbasis Internet of Things (IoT)," in *Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas*, 2016.

- [10] H.Mansor, "Stress Recognition Using Photoplathysmograph Signal," in *Indonesian Journal of Electrical Engineer and Computer Science*, 2017.
- [11] S. P.M.Mohan, V.Nagarajan, "Stress Measurement from Wearable Photoplethysmographic Sensor Using Heart Rate Variability Data," in *International Conference on Communication and Signal Processing*, India, 2016.
- [12] L.Vanitha, "Hierarchical SVM to Detect Mental Stress in Human Beings Using Heart Rate Variability," in *2nd International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS)*, 2014.
- [13] S.Cohen, "Perceived Stress Scale in a Probability Sample of the United States," Newbury Park: CA : Sage, 1988.