

## Sistem Monitoring Laju Pernapasan Pada Olahraga Yoga Berdasarkan Sinyal Elektrokardiogram Berbasis Shimmer

Azza Annathifa<sup>1</sup>, Edita Rosana Widasari<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>azza.annathifa@student.ub.ac.id, <sup>2</sup>editarosanaw@ub.ac.id

### Abstrak

Pemantauan detak jantung terkait dengan laju pernapasan menjadi tantangan bagi instruktur yoga dalam memaksimalkan pemantauan aspek yang sulit dimonitor selama latihan, selain aspek postur tubuh peserta pada gerakan latihan. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring laju pernapasan berbasis sinyal elektrokardiogram (ECG) menggunakan perangkat Shimmer ECG yang dioperasikan pada MATLAB secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk mendukung pelatihan yoga dengan menyediakan estimasi laju pernapasan secara *real-time* menggunakan sinyal elektrokardiogram. Estimasi dilakukan menggunakan algoritma Pan-Tompkins untuk mendeteksi kompleks QRS, dilanjutkan dengan perhitungan *Root Mean Square* (RMS) dan analisis frekuensi puncak dari spektrum daya melalui *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk menentukan frekuensi pernapasan. Hasil dari sistem ini ditampilkan pada *Graphical User Interface* (GUI) berupa plot sinyal ECG, detak jantung (*heart rate*), estimasi laju pernapasan, dan klasifikasi tingkat estimasi laju pernapasan. Berdasarkan analisis kesesuaian deteksi puncak R sinyal ECG menggunakan metode Pan-Tompkins, diperoleh akurasi sebesar 81,55%, yang didapatkan dari pengujian terhadap 15 data. Pengukuran algoritma estimasi laju pernapasan yang dibandingkan dengan perhitungan manual menghasilkan nilai akurasi sebesar 92,68%. Sistem mencatat rata-rata waktu komputasi sebesar 1,46 detik untuk algoritma estimasi laju pernapasan

**Kata kunci:** elektrokardiogram, laju pernapasan, yoga, sistem monitoring, Shimmer EKG

### Abstract

*Heart rate monitoring related to breathing rate has become a challenge for yoga instructors in maximizing the monitoring of aspects that are difficult to observe during practice, in addition to the participants' body posture during movements. This research develops a breathing rate monitoring system based on electrocardiogram (ECG) signals using the Shimmer ECG device, operated in MATLAB in real-time. The system is designed to support yoga training by providing real-time breathing rate estimation using ECG signals. Estimation is performed using the Pan-Tompkins algorithm to detect the QRS complex, followed by the calculation of Root Mean Square (RMS) and peak frequency analysis from the power spectrum through Fast Fourier Transform (FFT) to determine the breathing frequency. The results of this system are displayed on a Graphical User Interface (GUI) in the form of ECG signal plots, heart rate, breathing rate estimation, and classification of the breathing rate estimation level. Based on the analysis of the R-peak detection accuracy of the ECG signal using the Pan-Tompkins method, an accuracy of 81.55% was obtained from testing on 15 datasets. The estimation algorithm's comparison with manual calculations produced an accuracy of 92.68%. The system records an average computation time of 1.46 seconds for the breathing rate estimation algorithm*

**Keywords:** electrocardiogram, respiratory rate, yoga, monitoring system, Shimmer ECG

### 1. PENDAHULUAN

Yoga adalah olahraga yang menggabungkan kekuatan, kelentukan dan kepekaan serta gaya, dan postur tubuh (Arisman et. al, 2021). Yoga adalah sebuah sistem (darśana) dari tradisi Veda kuno, yang bertujuan memungkinkan para praktisi untuk

memfasilitasi perubahan dalam tubuh-pikiran, yang mengarah pada peningkatan kesehatan dan kesejahteraan, serta perubahan atau tingkat kesadaran yang lebih tinggi, dengan fokus khusus pada peran dan fungsi pikiran (Pascoe et. al, 2023). Teknik pernapasan yoga adalah dasar dari praktik fisik dan mental yoga, teknik ini sangat erat kaitannya dengan meditasi, yang

melibatkan pengamatan terhadap napas (Epe, 2021). Terlepas dari kompleksitas hubungan laju pernapasan dan performa olahraga, mempertahankan laju pernapasan yang terkontrol selama berolahraga dapat membantu memastikan pasokan oksigen yang cukup ke otot, pembuangan limbah zat yang tepat, pengaturan detak jantung, dan peningkatan fokus dan konsentrasi untuk mencapai kinerja atletik puncak (Migliaccio, 2023). Penelitian ini mengangkat permasalahan dari komunitas yoga UB Sport Center, salah satu instruktur yoga bernama Siti Aminah dengan berpengalaman mengajar selama 10 tahun, beliau mengungkapkan bahwa mengalami kesulitan dalam melakukan pemantauan detak jantung pada para peserta selama sesi latihan dikarenakan keterkaitannya dengan laju pernapasan. Dengan mengetahui kestabilan laju pernapasan peserta, Siti mempermudah memfokuskan gerakan yang diajarkan secara optimal. Oleh karena itu, instruktur yoga dapat memaksimalkan monitoring dengan memperhatikan aspek yang sulit dipantau selama latihan.

Beberapa penelitian sistem monitoring laju pernapasan pada olahraga yoga sebelumnya pernah dilakukan. Penelitian pertama pada tahun 2019 yang diteliti oleh Puranik and Kanthi, memanfaatkan MPU 6050 yang memiliki giroskop dan akselerometer untuk melacak pernapasan diafragma selama latihan pernapasan yoga, dan *flex sensor* untuk memonitor postur tubuh, kedua sensor terintegrasi dengan mikrokontroler. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan *pulse sensor* yang dikenakan pada pergelangan tangan yang berintegrasi juga dengan mikrokontroler. Validasi mengenai akurasi sinkronasi laju pernapasan dan denyut jantung, serta analisis lanjutan mengenai postur tubuh belum dilakukan pada penelitian ini. Penelitian kedua dilakukan pada tahun 2021 oleh Puranik et. al, mengukur laju pernapasan yoga menggunakan sensor IMU (*Inertia Measurement Unit*) MPU 6050 yang menampilkan data laju pernapasan pada halaman web yang dikirim melalui *hotspot Wi-Fi* dari mikrokontroler yang terpasang ditubuh. Penelitian ini juga memanfaatkan sensor *pulse* dan sensor *flex*. Berdasarkan kedua penelitian tersebut, peneliti mengusulkan pengembangan sistem monitoring laju pernapasan pada yoga yang lebih efektif tanpa menggunakan perangkat mikrokontroler, sensor laju pernapasan dan detak jantung yang terpisah, dan modul

komunikasi data *Wi-Fi*. Penggunaan sensor untuk postur tubuh dari kedua penelitian tersebut tidak diusulkan sehingga penelitian dapat lebih fokus dalam monitoring laju pernapasan dengan detak jantung. Dengan demikian, rencana penelitian akan mengurangi kompleksitas perangkat keras dengan hanya menggunakan satu sensor yaitu Shimmer ECG yang memiliki fitur komunikasi data melalui Bluetooth sebagai inovasi kebebasan pergerakan dalam latihan.

Peneliti mengusulkan sensor Shimmer ECG yang dapat menghasilkan *output* sinyal elektrokardiogram untuk digunakan dalam perhitungan detak jantung, sinyal tersebut juga dapat dimanfaatkan dalam algoritma estimasi laju pernapasan yang menjadi fokus utama penelitian ini. Hal ini didukung dengan adanya penelitian terbaru pada 2024 mengenai algoritma yang dikembangkan untuk menghitung laju pernapasan menggunakan sinyal elektrokardiogram (Roberts Jr et. al, 2024). Penelitian tersebut menggunakan sensor berupa Hexoskin dalam pengambilan data detak jantung, sehingga penulis mengusulkan untuk menggunakan Shimmer ECG dimana sensor tersebut lebih difokuskan untuk pengukuran detak jantung. Pemasangan Shimmer dapat membantu monitoring secara *real-time* tanpa mengganggu gerakan yoga. Sensor Shimmer3 ECG merekam jalur impuls listrik melalui otot jantung dan dapat direkam pada subjek yang sedang istirahat atau sedang bergerak, atau selama latihan untuk memberikan informasi tentang respon jantung terhadap usaha fisik (Shimmersensing, 2024). Matlab digunakan sebagai *interface* bagi instruktur dan juga sebagai platform untuk pengestimasiannya. Matlab (*Matrix Laboratory*) merupakan suatu program untuk analisis dan komputasi numerik, sebuah bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks (Rizki, 2022).

Kompleks QRS menunjukkan depolarisasi ventrikel yang secara bersamaan dengan atrium repolarisasi (Efendi et. al, 2023). Peneliti mengusulkan menggunakan metode Pan-Tompkins sebagai algoritma dalam menentukan kompleks QRS atau pendeteksian puncak R dari sinyal elektrokardiogram. Hal ini didukung saran dari penelitian algoritma estimasi laju pernapasan mengusulkan untuk menggunakan metode detektor puncak R lain yang berpotensi memiliki efektivitas lebih baik, salah satunya adalah Pan-Tompkins. Saat ini, banyak

algoritma yang telah dikembangkan untuk mendeteksi puncak QRS Kompleks, algoritme Pan-Tompkins menjadi pilihan umum dalam upaya pencarian titik QRS sampai saat ini (Dewa et. al, 2024). Metode Pan-tompkins digunakan pada sinyal elektrokardiogram mentah sebagai proses *filtering* untuk menghilangkan *noise*, mencari titik puncak R dan interval dari tiap puncak R nya, hingga proses ekstraksi tiap kompleks QRS pada gelombang sinyal ECG. Tahap selanjutnya mengacu pada metode dari penelitian yang dilakukan oleh Roberts Jr., et. al (2024). Masing-masing kompleks QRS di lakukan perhitungan untuk nilai *Root Mean Square* (RMS) dari amplitudo yang di pusatkan 80ms dari tiap puncak R. Kemudian membuat spektrum daya dengan *Fast Fourier Transform* dari 16 nilai RMS pada jendela bergerak yang ditingkatkan satu nilai untuk mencari frekuensi puncak (*Fpeak*) dari rentang 5-40 bpm. Nilai *Respiratory Rate* (RR) dihitung dengan menggunakan rumus yang melibatkan *Fpeak* dan median dari interval puncak R. Untuk orang dewasa, laju pernapasan normal adalah 12-20 breaths/min (Melyana and Sarotama, 2019). Dalam penelitian ini, penulis mengklasifikasikan laju pernapasan menjadi tiga, yaitu pernapasan lambat bernilai <12, pernapasan normal bernilai 12-20, dan pernapasan lambat bernilai >20.

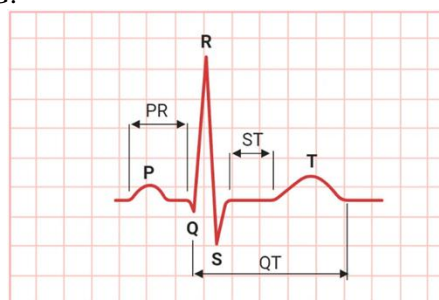
Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, maka penelitian ini berfokus dalam pengembangan sistem monitoring berbasis sinyal elektrokardiogram menggunakan sensor Shimmer ECG untuk mendeteksi laju pernapasan secara *real-time*. Penggunaan sensor Shimmer ECG dapat mengambil data sinyal ECG secara kontinu tanpa mengganggu aktivitas pengguna. Waktu komputasi sistem yang singkat dalam mengkalkulasikan hasil dari algoritma menjadi faktor penting dalam menjamin performa sistem secara *real-time*. Aspek penting lainnya adalah kesesuaian hasil pembacaan puncak R menggunakan algoritma Pan-Tompkins sebagai analisis awal sinyal ECG. Selanjutnya, akurasi sistem dalam mengestimasi laju pernapasan berdasarkan hasil algoritma Pan-Tompkins pada sinyal ECG menjadi aspek penting dalam tolak ukur keberhasilan keseluruhan sistem dalam implementasinya pada olahraga yoga. Hal ini dikarenakan kesalahan dalam estimasi akan berdampak pada informasi yang diberikan sistem terutama ketika diimplementasikan pada olahraga yoga, dimana pernapasan yang

terkontrol menjadi inti dari praktiknya. Oleh karena itu, sistem yang dirancang diharapkan mampu dalam mengestimasi laju pernapasan yang akurat dengan waktu komputasi sangat minimal. Hasil fokus penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi dalam memonitoring fisik seseorang, terutama pada olahraga yoga, yang dapat diimplementasikan secara *real-time* dan efisien.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1. Elektrokardiogram

ECG adalah alat yang menghasilkan sinyal fisiologis dalam aktivitas listrik jantung dan berfungsi sebagai informasi penting untuk membedakan antara kondisi jantung normal dan abnormal (Zuriansyah et.al, 2022). Untuk melakukan monitoring, ECG diletakkan langsung di kulit manusia pada titik tertentu dengan menggunakan elektroda (Kurniawati and Akbar, 2023). Sinyal ECG memiliki gelombang QRS merupakan gelombang dimana energi detak jantung yang paling utama dan memiliki dua gelombang utama lainnya yaitu gelombang P dan gelombang T (Okvioni and Setyawan, 2020). Berikut merupakan gambar diagram ECG:



Gambar 1. Diagram ECG  
Sumber: Microbe Notes, 2023

### 2.2. Laju Pernapasan

*Respiratory rate* (RR) atau laju pernapasan (LP) merupakan salah satu indikator yang paling prediktif mengenai perubahan kondisi vital seseorang (Wihantoro et. al, 2021). Secara klinis, *Respiratory Rate* (RR) secara umum didefinisikan sebagai waktu pernapasan yang diamati selama satu menit (dalam napas per menit, atau bpm) (Liu et.al, 2019). Metode paling sederhana untuk menentukan frekuensi pernapasan adalah dengan menghitung langsung (secara manual) gerak naik-turun dinding rongga dada, atau

dengan mendengar bunyi napas (*breathing sounds*) melalui stetoskop, dan metode pengukuran detak jantung juga sangat sederhana dengan menghitung secara manual dengan cara menghitung kecepatan/loncatan aliran darah pada rongga dada, dibelakang lutut (*popliteal arteri*), ditengah-tengah kaki, bagian dalam siku (bawah otot bisep), pergelangan tangan, di atas perut (*abdominal aorta*), daun telinga, jari-jari tangan, dan leher (Guna and Purwoko, 2020). Berikut merupakan tabel klasifikasi laju pernapasan:

Tabel 1. Klasifikasi Laju Pernapasan

Laju Pernapasan	Rentang Nilai (breaths/min)
Lambat	<12
Normal	12-20
Cepat	>20

Sumber: Diadaptasi dari Melyana dan Sarotama, 2019

### 2.3. Estimasi Laju Pernapasan dengan Sinyal Elektrokardiogram

Algoritma estimasi laju pernapasan pada sistem ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Roberts Jr, et. al, pada tahun 2024. Tahapan dalam estimasi laju pernapasan antara lain:

- (a)-(b): Aliran data ECG difilter menggunakan filter *band-pass* 8-40 Hz.
- (c): Melakukan pendeteksian puncak sinyal ECG yang terkait dengan puncak R dan interval diantara puncak R menggunakan metode dua-rata.
- (d): Kompleks QRS diekstraksi dalam jendela 80 ms yang dipusatkan pada puncak R.
- (e): Perhitungan akar rata-rata kuadrat atau *Root Mean Square* (RMS) dari amplitudo setiap kompleks QRS yang diekstraksi. Perhitungan RMS dihitung dengan persamaan:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} \tag{1}$$

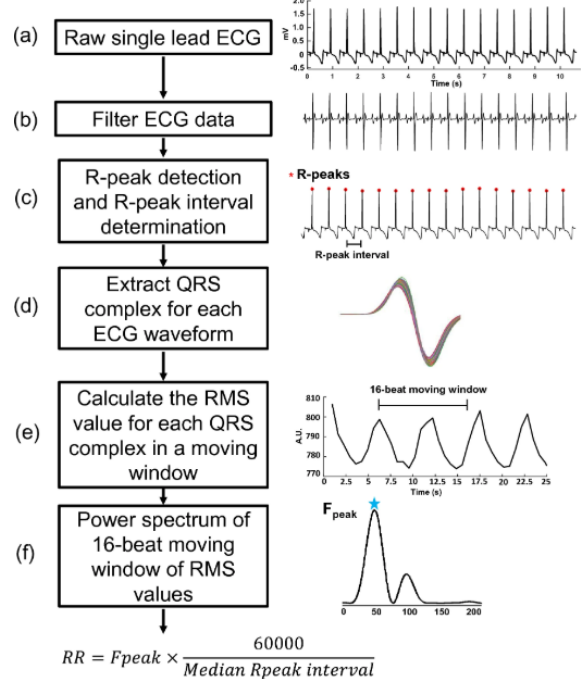
Dengan keterangan N adalah jumlah sampel kompleks QRS, dan  $x_i$  adalah nilai amplitudo sampel ke-i dalam kompleks QRS.

- (f): Algoritma mengidentifikasi frekuensi puncak ( $F_{peak}$ ) dengan rentang 5-40 bpm melalui spektrum daya menggunakan transformasi Fourier pada *moving window* tumpang tindih yang terdiri dari 16 nilai RMS yang bergeser satu nilai. Laju pernapasan atau *Respiratory Rate* (RR) dihitung menggunakan data frekuensi puncak yang diperoleh dari

spektrum daya serta data interval puncak R dengan persamaan:

$$RR = F_{peak} + \frac{60000}{Median R_{peak}Interval} \tag{2}$$

Berikut merupakan diagram alir dari algoritma estimasi laju pernapasan:

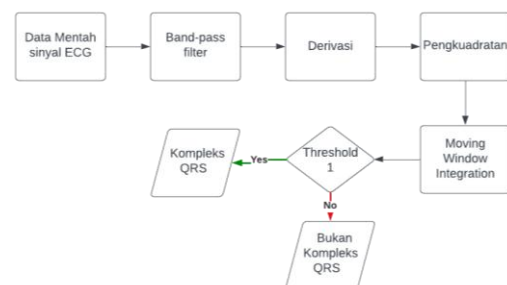


Gambar 2. Algoritma Estimasi Laju Pernapasan dengan Elektrokardiogram  
Sumber: Roberts Jr et.al, 2024

Fluktuasi yang salah pada *respiratory rate* dapat diatasi dengan penghalusan data menggunakan nilai median dari *moving window* untuk menentukan estimasi respiratory rate akhir.

### 2.4. Algoritma Pan-Tompkins

Pan-Tompkins adalah salah satu metode yang digunakan untuk mendeteksi kompleks QRS pada sinyal Elektrokardiogram (ECG). Berikut merupakan diagram alir Pan-Tompkins:



Gambar 3. Diagram Alir Pan-Tompkins  
Sumber: Diadaptasi dari Fariha et. al, 2020

Dengan mempertimbangkan efek penghilangan derau, filter *band-pass* yang terdiri dari filter *low-pass* dan *high-pass* secara berurutan digunakan untuk menghilangkan sinyal derau pada sinyal ECG asli (Wu et. al, 2020). Perhitungan filter *high-pass* pada persamaan 3 dan *low-pass* pada persamaan 4:

$$H(z) = \frac{(1-z^{-6})^2}{(1-z^{-1})^2} \tag{3}$$

$$H(z) = z^{-16} - \left(\frac{(1-z^{-32})}{(1-z^{-1})}\right) \tag{4}$$

Setelah penerapan filter *band-pass*, tahap selanjutnya adalah derivasi yang dituliskan dalam persamaan berikut:

$$y(n) = \frac{1}{8} + [2x(n) + x(n - 1) - x(n - 3) - 2x(n - 4)] \tag{5}$$

Proses pengkuadratan atau *squaring* bertujuan untuk membuat hasil menjadi positif dan menekan komponen frekuensi tinggi dari sinyal. Proses ini ditulis pada persamaan:

$$y[nT] = (x[nT])^2 \tag{6}$$

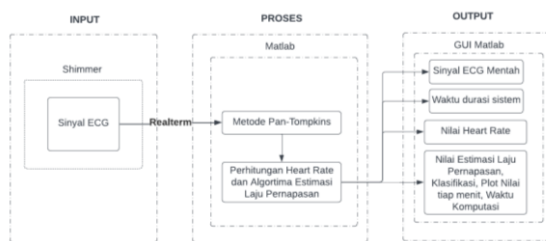
Proses MWI membantu mengekstrak informasi tentang amplitudo dan durasi bentuk gelombang dengan mengintegrasikan sinyal kuadrat pada panjang jendela tertentu (Abd-Jabbar et. al, 2023). Persamaan MWI ditulis sebagai berikut:

$$y(n) = \sum [x(n - k)]^2 \tag{7}$$

Langkah terakhir mengambil keputusan menggunakan *treshold* yang harus dilewati dalam menentukan hasil MWI termasuk kompleks QRS atau bukan

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Gambaran Umum Sistem



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Sistem yang direncanakan pada penelitian ini adalah monitoring laju pernapasan berdasarkan estimasi dari sinyal elektrokardiogram. Pertama, sistem mengambil input sinyal elektrokardiogram dari Shimmer ECG dengan konfigurasi tiga *lead*. Sinyal tersebut diterima oleh aplikasi Matlab dengan

bantuan Realterm. Proses yang terjadi pada Matlab adalah pengolahan sinyal elektrokardiogram untuk estimasi laju pernapasan dengan berpedoman pada langkah dari paper acuan. Langkah tersebut adalah akuisisi sinyal, *filtering*, pendeteksian dan ekstraksi kompleks QRS serta interval R nya, perhitungan *Root Mean Square* (RMS), mencari nilai *Fpeak* pada *power spectrum* yang dihasilkan oleh *moving window* dari 16 nilai kompleks QRS beserta 15 interval R nya. Variabel yang digunakan untuk rumus estimasi laju pernapasan melalui langkah tersebut yaitu median interval R dan *Fpeak*. Pada langkah pendeteksian kompleks QRS, sistem ini menggunakan metode Pan-tompkins. Hasil dari sistem ini adalah menampilkan output pada GUI berupa *plot* sinyal ECG, *heart rate*, estimasi laju pernapasan, dan klasifikasinya.

#### 3.2. Teknik Pengumpulan Data

Data sinyal elektrokardiogram yang diambil pada penelitian ini diambil secara *real-time* melalui Shimmer dari subjek yang diteliti bernapas secara spontan, terdiri dari 5 perempuan dengan rentang usia 17-22 tahun. Data ECG diteruskan ke dalam *software* Matlab untuk dilakukan pengoperasian sebagai berikut:

1. Analisis akurasi: Dilakukan pengukuran akurasi estimasi laju pernapasan oleh sistem, dan memvalidasinya dengan pengukuran laju pernapasan secara manual.
2. Waktu komputasi: Mengukur waktu yang dibutuhkan sistem untuk dapat menghasilkan nilai laju pernapasan sehingga dapat dinilai dalam aplikasi secara *real-time*.
3. Identifikasi puncak R: Melakukan analisa untuk akurasi algoritma Pan-Tompkins sebagai ekstraksi kompleks QRS yang akan diteruskan untuk algoritma estimasi laju pernapasan.

Ketiga indikator tersebut diukur pada setiap subjek yang melakukan yoga dengan masing-masing satu gerakan pemanasan, satu gerakan inti, dan satu gerakan pendinginan selama satu menit. Selain ketiga indikator tersebut, indikator pengujian keberhasilan sistem juga dilakukan dengan menguji kebutuhan fungsionalitas sistem pada implementasinya di berbagai kondisi yang masih berada pada ruang lingkup batasan masalah penelitian.

### 4. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

### 4.1. Perancangan Perangkat Keras

Berikut merupakan blok diagram sistem dan diagram skematik perangkat keras pada sistem penelitian:

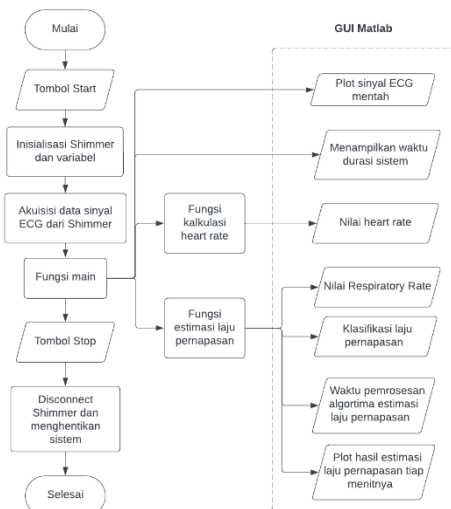


Gambar 4. Diagram Skematik Sistem

Berdasarkan Gambar 4, perangkat keras yang digunakan dalam sistem monitoring laju pernapasan adalah Shimmer3 ECG Unit dan Laptop. Shimmer3 Elektrokardiogram (ECG) Unit adalah perangkat yang digunakan untuk mengakuisisi sinyal elektrokardiogram secara langsung dari subjek. Laptop akan menerima sinyal tersebut melalui Bluetooth. Data sinyal ECG yang telah diterima laptop akan melalui proses pengolahan sinyal ECG untuk dicari estimasi laju pernapasannya. Hasil dari pengolahan sinyal tersebut akan ditampilkan pada Graphical User Interface (GUI) berbasis Matlab pada laptop.

### 4.2. Perancangan Perangkat Lunak

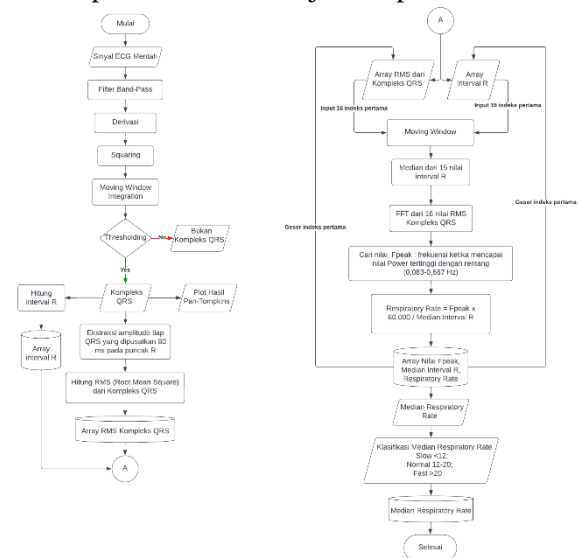
Perancangan perangkat lunak sistem meliputi proses inialisasi variabel dan Shimmer, akuisisi data dari Shimmer ECG, dan proses kalkulasi heart rate dan estimasi laju pernapasan dengan bantuan algoritma Pan-Tompkins. Output dari proses tersebut ditampilkan pada GUI dari Matlab App.



Gambar 5. Perancangan Perangkat Lunak

Sistem diawali dengan inialisasi durasi awal untuk mencatat waktu operasional sistem yang akan ditampilkan pada Graphical User Interface (GUI). Proses utama mengacu pada stopFlag yaitu variabel yang berasal dari input “Start” dan “Stop” dari pengguna. Apabila pengguna menekan tombol “Start”, maka stopFlag bernilai False, sehingga akan menjalankan program utama, yaitu akuisisi data sinyal ECG dari Shimmer dan menyimpan sinyal mentah tersebut pada dua array, yaitu HRsignal dan RRsignal. Sinyal ECG mentah akan diplot secara real-time pada GUI yang akan direset tiap 60 detik. Kemudian, fungsi akan memanggil fungsi algoritma heart rate setiap 5 detik dan fungsi estimasi laju pernapasan setiap 60 detik. Sistem akan berhenti dan memutus koneksi perangkat Shimmer ketika mendapatkan input “Stop” dari user, yaitu inialisasi stopFlag bernilai True.

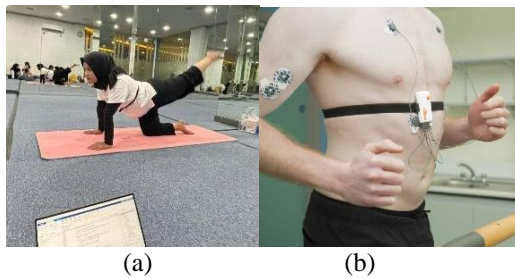
Sebagai detail dari alur kerja algoritma estimasi laju pernapasan yang menjadi fokus utama penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Algoritma Estimasi Laju Pernapasan

### 4.3. Implementasi Sistem

Implementasi sistem terdiri dari dua bagian yaitu implementasi perangkat keras yang dipaparkan pada Gambar 7 dan implementasi perangkat lunak yang dipaparkan pada Gambar 8.



Gambar 7. Implementasi Perangkat Keras  
(a) Keseluruhan Perangkat (b) Penggunaan ECG Shimmer

Gambar (a) menunjukkan keseluruhan sistem meliputi laptop dan Shimmer ECG dalam pengaplikasiannya pada olahraga yoga. Sedangkan Gambar (b) adalah penempatan Shimmer ECG pada subjek. Penempatan elektroda pada sensor Shimmer diletakkan pada tiga (3) titik di tubuh yaitu tulang selangka kanan, tulang selangka kiri, dan tulang rusuk bawah sisi kiri. Sensor shimmer diletakkan diantara bagian dada dan perut subjek menggunakan tali dari Shimmer yang melingkar di tubuh.



Gambar 8. Implementasi Perangkat Lunak

Gambar 8 menunjukkan tampilan *Graphical User Interface* (GUI) Matlab dari sistem monitoring laju pernapasan berbasis Shimmer.

## 5. PENGUJIAN DAN ANALISIS

### 5.1. Pengujian Algoritma Pan-Tompkins

Data sinyal elektrokardiogram yang diambil pada penelitian ini diambil secara *real-time* melalui Shimmer dari subjek yang diteliti. Data ECG diteruskan ke dalam *software* Matlab untuk dilakukan pengoperasian sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Pengujian Algoritma Pan-Tompkins

Data Uji	Total Titik R	Total Titik R Terdeteksi	Total Titik R Tidak Terdeteksi	Akurasi (%)
1	97	96	1	98,97
2	128	128	0	100
3	103	91	12	88,35
4	100	95	5	95
5	94	94	0	100
6	85	82	3	96,47
7	103	102	1	99,03
8	84	53	31	63,1
9	90	54	36	60
10	62	36	26	58,06
11	77	64	13	83,12
12	65	40	25	61,54
13	85	71	14	83,53
14	98	98	0	100
15	72	26	46	36,11
<b>Rata-rata Akurasi</b>				<b>81,55</b>

Berdasarkan tabel hasil pengujian akurasi algoritma Pan-tompkins terhadap 15 data uji, didapatkan nilai akurasi sebesar 81,55%. Hal ini mengindikasikan bahwa algoritma Pan-Tompkins dapat mengidentifikasi puncak R dengan cukup baik.

### 5.2. Pengujian Tingkat Akurasi Sistem Estimasi Laju Pernapasan

Pengujian tingkat akurasi sistem estimasi laju pernapasan bertujuan untuk mengukur akurasi algoritma Pan-tompkins dalam mencari titik puncak R menggunakan perangkat Shimmer. Titik puncak R merupakan variabel krusial dalam menentukan estimasi laju pernapasan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel

Tabel 4. Hasil Pengujian Algoritma Pan-Tompkins

Data Uji	Gerakan	Perhitungan		Error
		Algoritma	Manual	
1	Pemanasan	12,27	11	11,55
	Inti	19,39	19	2,05
	Pendinginan	18,64	18	3,56
2	Pemanasan	15,78	17	7,18
	Inti	23,13	20	15,65
	Pendinginan	15,24	16	4,75
3	Pemanasan	11,71	12	2,42
	Inti	16,41	17	3,47
	Pendinginan	11,5	13	11,54
4	Pemanasan	14,6	14	4,29
	Inti	22,24	22	1,09
	Pendinginan	12,08	10	20,8

	Pemanasan	22,51	23	2,13
5	Inti	18,34	17	7,88
	Pendinginan	9,746	11	11,4
<b>Rata-rata Akurasi</b>				<b>7,32</b>

Berdasarkan tabel hasil pengujian akurasi algoritma estimasi laju pernapasan, didapatkan rata-rata error atau MAPE sebesar 7,32%. Dalam hal ini, MAPE yang berada di bawah 10% menunjukkan bahwa algoritma estimasi laju pernapasan bekerja dengan cukup baik dan menghasilkan estimasi yang cukup akurat dalam kondisi pengujian yang dilakukan. Untuk menghitung akurasi algoritma estimasi laju pernapasan, dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Akurasi = 100\% - MAPE \tag{8}$$

Sehingga hasil yang didapatkan dari perhitungan tersebut adalah 92,68%.

### 5.2. Pengujian Waktu Komputasi

Pengujian waktu komputasi bertujuan untuk mengukur kecepatan waktu sistem monitoring laju pernapasan dalam menjalankan tugas setelah mendapatkan *input* data dari sensor Shimmer. Dengan demikian, apabila sistem dapat menghasilkan *output* dalam waktu yang cukup singkat maka dapat sejalan pada kebutuhan pengguna dalam menerapkan sistem monitoring secara real-time. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel:

Tabel 4. Hasil Pengujian Waktu Komputasi

Subjek	Data Uji	Waktu Komputasi (s)
	1	2
1	2	0,5237
	3	5,946
	4	2,378
2	5	0,6217
	6	0,3938
	7	1,688
3	8	0,5897
	9	0,6019
	10	0,7158
4	11	0,7592
	12	0,3526
	13	0,4974
5	14	2,145
	15	0,203
<b>Rata-rata</b>		<b>1,294387</b>

Dari tabel penyajian pengujian waktu komputasi sistem yang terdiri dari 15 data uji diatas, didapatkan masing-masing waktu komputasi sistem dalam satuan detik. Berdasarkan tabel, waktu rata-rata komputasi sebesar 1,3 ms.

### 5.2. Pengujian Keberhasilan Sistem

Pengujian tingkat keberhasilan sistem monitoring laju pernapasan berdasarkan sinyal elektrokardiogram dilakukan untuk menganalisis kesesuaian GUI Matlab terhadap rancangan dan kebutuhan fungsionalitasnya.

Tabel 4. Pengujian Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan Fungsionalitas	Hasil
Membaca sinyal ECG yang diakuisisikan melalui sensor Shimmer	Sesuai
Mendeteksi puncak R dari algoritma Pan-Tompkins	Sesuai
Menampilkan sinyal ECG yang diakuisisikan secara <i>real-time</i> pada GUI sesuai durasi akuisisi datanya.	Sesuai
Menampilkan waktu komputasi algoritma estimasi laju pernapasan	Sesuai
Menampilkan hasil pemrosesan data pada GUI	Sesuai

Dari pengujian hasil tersebut, sehingga dapat diketahui jika sistem monitoring laju pernapasan dapat berfungsi dengan baik.

## 6. KESIMPULAN

Sistem monitoring laju pernapasan berbasis ECG Shimmer dapat dioperasikan dengan baik dalam bentuk Matlab app yang ditampilkan pada *Graphical User Interface* (GUI). Hal ini dibuktikan dengan pengujian fungsionalitas dan juga input tombol pada komponen GUI yang mudah digunakan bagi instruktur yoga dalam monitoring laju pernapasan partisi yoga. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan berdasarkan hasil pengujian pada 5 subjek dengan 15 data uji. Analisis menggunakan metode Pan-tompkins, didapatkan hasil akurasi sebesar 81,55%. Pengukuran algoritma estimasi laju pernapasan yang dibandingkan dengan perhitungan pernapasan secara manual menghasilkan nilai akurasi sebesar 92,68%. Sistem memperoleh rata-rata waktu komputasi mencapai 1,46 detik dalam melakukan algoritma estimasi laju pernapasan dengan menggunakan metode Pan-Tompkins. Saran penelitian selanjutnya adalah sistem dapat melakukan pembaruan nilai respiratory rate secara berkala tanpa harus menunggu setiap satu menit.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

Pascoe, M.C., J de Manincor, M., Hallgren, M., Baldwin, P.A., Tseberja, J. and Parker, A.G., 2021. Psychobiological



- mechanisms underlying the mental health benefits of yoga-based interventions: a narrative review. *Mindfulness*, pp.1-13.
- Migliaccio, G.M., Russo, L., Maric, M. and Padulo, J., 2023. Sports performance and breathing rate: What is the connection? A narrative review on breathing strategies. *Sports*, 11(5), p.103.
- Epe, J., Stark, R. and Ott, U., 2021. Different effects of four yogic breathing techniques on mindfulness, stress, and well-being. *OBM Integrative and Complementary Medicine*, 6(3), pp.1-21.
- Roberts Jr, J.D., Walton, R.D., Loyer, V., Bernus, O. and Kulkarni, K., 2024. Open-source software for respiratory rate estimation using single-lead electrocardiograms. *Scientific Reports*, 14(1), p.167.
- Nasution, A., Rosohadi, I.R., Anggoro, W. and Setiadi, I.C., 2021, March. Calibrating a non-contact and low-cost respiratory monitoring system based on Digital Correlation Technique. In *Fourth International Seminar on Photonics, Optics, and Its Applications (ISPhOA 2020)* (Vol. 11789, pp. 140-147). SPIE.
- Puranik, A., Kanthi, M. and Nayak, A.V., 2021. Wearable device for yogic breathing with real-time heart rate and posture monitoring. *Journal of Medical Signals & Sensors*, 11(4), pp.253-261.
- Dewa, M.I., Widasari, E.R. and Fitriyah, H., 2024. Analisis Perbandingan Performa Algoritma Pendeteksi Puncak R pada Realtime Akuisisi Sinyal Electrocardiography berbasis Shimmer. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 8(1), pp.82-87.
- Shimmer Sensing. (n.d.). Shimmer3 ECG unit. Shimmer Sensing. Available at: <https://shimmersensing.com/product/shimmer3-ecg-unit-2/> [Accessed 31 Agustus 2024].
- Cappiello, G., Das, S., Mazomenos, E.B., Maharatna, K., Koulaouzidis, G., Morgan, J. and Puddu, P.E., 2014. A statistical index for early diagnosis of ventricular arrhythmia from the trend analysis of ECG phase-portraits. *Physiological measurement*, 36(1), p.107.
- Rizki, R., 2022. Pengaplikasian matlab pada perhitungan matriks. *Papanda Journal of Mathematics and Science Research*, 1(2), pp.81-93.
- Efendi, S., Arman, A., Sriyanah, N. and Ilyas, H., 2023. Edukasi Penanganan Kegawatdaruratan Kardiovaskuler: Interpertasi EKG Kepada Perawat Di Rumah Sakit Grestelina Makassar. *ARSY: Jurnal Aplikasi Riset kepada Masyarakat*, 3(2), pp.307-313.
- Pertiwi, G.R. and Jailani, M.S., 2023. Jenis Jenis Penelitian Ilmiah Kependidikan. *QOSIM: Jurnal Pendidikan, Sosial & Humaniora*, 1(1), pp.41-52.
- Okpatrioka, O., 2023. Research and development (R&D) penelitian yang inovatif dalam pendidikan. *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, 1(1), pp.86-100.
- Melyana, M. and Sarotama, A., 2019. Implementasi peringatan abnormalitas tanda-tanda vital pada telemedicine workstation. *Prosiding Semnastek*.
- Puranik, K.A. and Kanthi, M., 2019, February. Wearable device for yogic breathing. In *2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence (AICAI)* (pp. 605-610). IEEE.
- Liu, H., Allen, J., Zheng, D. and Chen, F., 2019. Recent development of respiratory rate measurement technologies. *Physiological measurement*, 40(7), p.07TR01.
- Zuriansyah, T.M.A., Darliana, D. and Husna, C., 2022. MOTIVASI MEMPELAJARI ELEKTROKARDIOGRAM PADA MAHASISWA FAKULTAS KEPERAWATAN. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Keperawatan*, 6(1).
- Okvironi, A. and Setyawan, R.Y., 2020, November. Pemantauan Detak Jantung Sinyal EKG Melalui Jaringan LoRa. In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)* (Vol. 6, No. 1, pp. 321-328).
- Dewa, M.I., Widasari, E.R. and Fitriyah, H., 2024. Analisis Perbandingan Performa Algoritma Pendeteksi Puncak R pada

- Realtime Akuisisi Sinyal Electrocardiography berbasis Shimmer. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 8(1), pp.82-87.
- Jones, S.A., 2021. ECG notes: Interpretation and management guide. FA Davis.
- Arisman, A., Okilanda, A., Putra, D.D. and Lanos, M.E.C., 2021. Yoga Resistance to Increase Concentration Archery Accuracy. *Jurnal Patriot*, 3(1), pp.63-70.
- Kurniawati, A. and Akbar, H., 2023. Pengembangan Mobile Aplikasi untuk Penderita Epilepsi Menggunakan Sinyal EEG dan Sinyal ECG. *Journal of Computer Engineering, Network, and Intelligent Multimedia*, 1(1), pp.28-43.
- Guna, H.P. and Purwoko, H., 2020. Vital Sign Monitor. *Medika Teknika: Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 1(2), pp.52-58.
- Wihantoro, W., Haryadi, A. and Ferdiyan, A., 2021. Pengukuran laju pernapasan (respiration rate, RR) berbasis beda suhu pernapasan. *Jurnal Teras Fisika: Teori, Modeling, dan Aplikasi Fisika*, 4(2), pp.213-218.
- Fariha, M.A.Z., Ikeura, R., Hayakawa, S. and Tsutsumi, S., 2020, June. Analysis of Pan-Tompkins algorithm performance with noisy ECG signals. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1532, No. 1, p. 012022). IOP Publishing.
- Rahman, M.O., Augustyniak, P. and Olejarczyk, E., 2024, May. The QRS detection using the Modified Pan-Tompkins algorithm. In *2024 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4. 0 & IoT)* (pp. 328-332). IEEE.
- Wu, X., Wang, Z., Xu, B. and Ma, X., 2020, August. Optimized pan-tompkins based heartbeat detection algorithms. In *2020 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)* (pp. 892-897). IEEE.
- Abd-jabbar, E.Y., Al-Hatab, M.M.M., Qasim, M.A. and Fadhil, M.A., 2023. Clinical Fusion for Real-Time Complex QRS Pattern Detection in Wearable ECG Using the Pan-Tompkins Algorithm. *Fusion: Practice and Application (FPA)*, 12(2), pp.172-184.
- Microbe Notes. (2023). Gambar Sinyal Electrocardiogram (ECG) [Online]. Tersedia di: <https://microbenotes.com/wp-content/uploads/2023/09/Electrocardiogram-ECG.jpeg> (Diakses: 3 September 2024).
- Shimmersensing. (n.d.). Gambar Pemasangan Shimmer ECG [Online]. Tersedia di: <https://shimmersensing.com/wp-content/uploads/2021/07/w12a9558-1-scaled.jpg> (Diakses: 7 September 2024).