

Sistem Monitoring *Target Heart Rate* Pada Aktivitas Berlari Menggunakan Sinyal *Electrocardiography* Berbasis *Shimmer*

Ismiati¹, Edita Rosana Widasari²

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹ismiati@student.ub.ac.id, ²editarosanaw@ub.ac.id

Abstrak

Lari merupakan salah satu jenis olahraga sederhana yang mudah dilakukan oleh siapapun. Mengetahui *Target Heart Rate* (THR) pada saat berlari dapat membantu seseorang mendapatkan manfaat optimal dari aktivitas yang dilakukan. *Target Heart Rate* adalah nilai detak jantung yang harus dicapai selama latihan. Pemantauan nilai THR secara manual sulit dilakukan oleh *Personal Trainer* (PT), terutama dalam situasi latihan yang intens dengan banyak pelari yang harus dipantau secara bersamaan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan THR otomatis yang dapat membantu *personal trainer* dalam mengawasi semua pelari. Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem monitoring *target heart rate* pada aktivitas berlari menggunakan sinyal *electrocardiography* berbasis *shimmer*, yang dapat membantu *personal trainer* dalam memonitor melalui GUI Matlab. Sistem ini memanfaatkan algoritma *Pan-Tompkins* untuk mendeteksi puncak R dalam sinyal ECG, yang kemudian digunakan dalam perhitungan nilai *target heart rate*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memonitor aktivitas berlari dengan akurasi tinggi pada beberapa pengujian yaitu: akurasi saat kondisi subjek duduk 97,33%, akurasi kondisi subjek berlari 84,07%, akurasi THR dan *resting heart rate* (RHR) 99,75% dan 97,59%. Sistem juga berhasil menampilkan hasil seluruh monitoring dalam bentuk GUI matlab, dari awal proses monitoring hingga saat subjek telah mencapai *target heart rate*.

Kata kunci: Berlari, *Electrocardiography*, THR, *Pan-Tompkins*.

Abstract

Running is a simple type of exercise that can be easily performed by anyone. Knowing the Target Heart Rate (THR) while running can help individuals achieve optimal benefits from their activity. The Target Heart Rate is the heart rate that should be reached during exercise. Monitoring the THR manually is difficult for Personal Trainers, especially during intense training sessions with multiple runners to supervise simultaneously. Therefore, an automatic THR monitoring system is needed to assist personal trainers in overseeing all runners. This research develops a target heart rate monitoring system for running activities using shimmer-based electrocardiography signals, which can aid personal trainers in monitoring through a Matlab GUI. The system utilizes the Pan-Tompkins algorithm to detect the R peak in the ECG signal, which is then used to calculate the target heart rate. Testing results show that this system can monitor running activities with high accuracy in several tests: accuracy in seated subjects at 97.33%, accuracy in running subjects at 84.07%, accuracy of THR and resting heart rate (RHR) at 99.75% and 97.59%. The system also successfully displays all monitoring results in the Matlab GUI, from the start of the monitoring process until the subjects reach their target heart rate.

Keywords: Running, *Electrocardiography*, THR, *Pan-Tompkins*.

1. PENDAHULUAN

Lari merupakan olahraga yang mudah dilakukan oleh siapapun dan tidak memerlukan keterampilan khusus, serta dapat dilakukan dimana saja. Dengan melakukan aktivitas lari,

seseorang dapat membakar kalori dan meningkatkan kerja jantung dalam memompa darah. Pemantauan detak jantung oleh *personal trainer* pada saat berlari diperlukan karena detak jantung atau *heart rate* (HR) adalah salah satu parameter vital yang penting dalam menilai kesehatan dan kebugaran seseorang. Dengan

memantau detak jantung pada saat berolahraga, seseorang dapat memantau kondisi mereka dan menyesuaikan intensitas latihan yang dilakukan (Almeida, M dkk., 2019). Intensitas latihan yang tepat sangat penting untuk mencapai hasil yang diinginkan dalam program kebugaran, dimana keterkaitan antara kondisi detak jantung dan intensitas latihan dikenal dengan sebutan *target heart rate* (THR).

Target Heart Rate adalah nilai detak jantung yang harus dicapai selama latihan, yang ditentukan oleh kondisi fisik, jenis kelamin, dan tingkat intensitas latihan yang sedang dilakukan. Mengetahui *target heart rate* dapat membantu seseorang yang melakukan olahraga agar mendapatkan manfaat dari olahraga tersebut (Utama dkk., 2020). Pemantauan *target heart rate* penting untuk memastikan bahwa olahraga tidak terlalu ringan sehingga tidak efektif, atau terlalu berat hingga detak jantung melebihi nilai *target heart rate* yang dapat berbahaya.

Pemantauan THR secara manual sulit dilakukan oleh *personal trainer* jika terdapat beberapa pelari yang perlu dipantau. Pada situasi latihan yang intens dengan beberapa pelari atau klien yang harus dipantau sekaligus, *personal trainer* seringkali tidak dapat berada di dekat semua klien setiap saat. Hal ini mengurangi efisiensi dan dapat menyebabkan beberapa klien tidak mendapatkan pantauan yang sesuai dengan THR mereka, karena *personal trainer* harus selalu berada di satu tempat untuk melakukan pemantauan manual. Sehingga, diperlukannya sebuah sistem yang dapat membantu *personal trainer* dalam memonitor target detak jantung (THR) secara otomatis. Hasil monitoring akan ditampilkan pada GUI matlab, hal ini memungkinkan *personal trainer* untuk meninggalkan satu klien yang sedang termonitor, dan mengawasi klien lain tanpa mengurangi kualitas pemantauan.

Metode perhitungan yang tepat, diperlukan agar dapat mengetahui nilai *Target Heart Rate* (THR). Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung *target heart rate* adalah metode *Karvonen*, metode *Tanaka*, dan *Threshold Velontory*. Penelitian yang dilakukan oleh (Puspasari & Susanto, 2018) yang berjudul “*Teleport Target Heart Rate* (THR) pada *Cardio Exercise* Berbasis Metode *Karvonen*”, menunjukkan bahwa perhitungan *Target Heart Rate* (THR) menggunakan metode *Karvonen* terbukti efektif dalam memonitor *target heart rate*.

Sistem monitoring *target heart rate* pada

aktivitas berlari ini, nantinya akan menggunakan perangkat *shimmer* untuk memperoleh sinyal ECG secara *real-time*, yang digunakan dalam perhitungan nilai detak jantung. *Shimmer* merupakan *wearable* sensor ECG klinis yang dapat memberikan informasi rinci tentang respons jantung terhadap aktivitas fisik (Sarhaddi dkk., 2022). *Shimmer* juga menawarkan fleksibilitas dan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan sensor EKG non-klinis seperti AD8232, yang rentan terhadap noise dan memiliki akurasi lebih rendah (Fahrizal, M. Dkk., 2024).

Sinyal ECG memiliki tiga komponen utama, yaitu gelombang P gelombang QRS dan gelombang T. Kompleks QRS adalah bagian dari sinyal ECG yang mewakili depolarisasi *ventrikel* dan mengandung puncak R, yang merupakan indikator utama untuk mengukur detak jantung yang digunakan dalam perhitungan THR. Deteksi yang akurat dari kompleks QRS sangat krusial karena kesalahan dalam mendeteksi puncak R dapat menyebabkan perhitungan THR yang tidak akurat. Ada beberapa algoritma yang dapat digunakan untuk mendeteksi puncak R pada sinyal ECG, 3 diantaranya yaitu *Adaptive Threshold*, *Pan-Tompkins*, dan *Stationary Wavelet Transform*. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Dewa M. I dkk., 2024) dengan judul “Analisis Perbandingan Performa Algoritma Pendeteksi Puncak R pada *Realtime* Akuisisi Sinyal *Electrocardiography* berbasis *Shimmer*”, Peneliti telah membandingkan kinerja dari 3 algoritma tersebut. Penggunaan algoritma *pan-tompkins* pada penelitian tersebut, terbukti mampu mendeteksi puncak R pada *real-time* akuisisi sinyal ECG yang lebih baik dibandingkan 2 algoritma lainnya. Sehingga, algoritma *Pan-Tompkins* akan digunakan pada penelitian ini agar mencapai deteksi puncak R yang tepat, untuk memastikan perhitungan THR yang akurat.

2. DASAR TEORI

2.1. Lari

Berlari adalah sebuah aktivitas atau metode yang efisien dan terjangkau untuk mencapai kebugaran dengan banyak manfaat yang dapat diperoleh (Saputra et al., 2019). Berlari memiliki banyak kelebihan untuk mencegah berbagai kondisi penyakit terkait gaya hidup masyarakat pada era masa kini yang terlalu sibuk bekerja,

sehingga hanya memanfaatkan sedikit waktu untuk olahraga. Berlari juga dapat meningkatkan kesehatan kardiovaskular, kepadatan tulang, serta kesejahteraan mental serta emosional (K. L. Saputra et al., 2019).

2.2. Metode Karvonen

Metode *Karvonen* adalah salah satu cara yang umum digunakan untuk menghitung *Target heart rate* (THR) selama latihan fisik. *Target Heart Rate* (THR) sebagai acuan dalam beraktivitas khususnya olahraga memberikan manfaat yang lebih efisien dan terarah. Menerapkan prinsip ini sangat membantu, dalam banyaknya keterbatasan selama aktivitas, olahraga, agar tetap mendapatkan manfaat dari aktivitas fisik tersebut (Utama et al., 2020). Metode ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk *Resting Heart rate* (RHR) atau detak jantung (Puspasari & Susanto, 2018). Berikut rumus persamaan metode *Karvonen*:

$$MHR_{laki-laki} = 206.9 - (0.67 \times U)$$

$$MHR_{perempuan} = 206 - (0.88 \times U)$$

$$HRR = MHR - RHR$$

$$THR = (HRR \times intensitas) + RHR$$

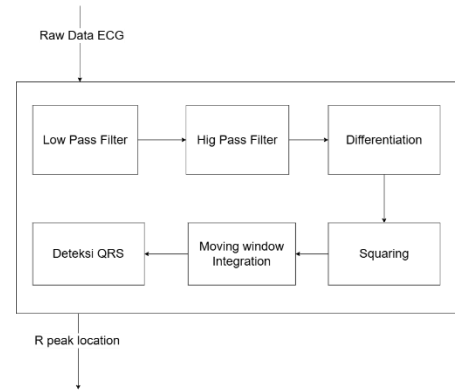
Pada rumus persamaan diatas, U adalah lambang untuk mendeskripsikan umur, *Maximal Heart Rate* (MHR) atau nilai maksimal dari detak jantung, *Heart Rate Reserve* (HRR) atau cadangan detak jantung yang dimiliki setiap orang, *Resting Heart Rate* (RHR) adalah kondisi HR saat beristirahat, Intensitas latihan (I) dibagi menjadi beberapa kategori yaitu zona I, II, III, dan IV. Aktivitas berlari (*jogging*) berada di zona III, dengan intensitas latihan yang akan digunakan adalah 70% (Musayyanah dkk., 2018).

2.3. Elektrokardiografi

Elektrokardiografi/*Electrocardiography* (ECG) adalah teknik perekaman dan analisis sinyal listrik yang dihasilkan oleh jantung selama siklus kardiovaskular. Sinyal ECG terdiri dari gelombang-gelombang elektrik yang merepresentasikan aktivitas listrik berbagai bagian jantung. Gelombang-gelombang ini mencakup gelombang P (depolarisasi *atrium*), kompleks QRS (depolarisasi *ventrikel*), dan gelombang T (repolarisasi *ventrikel*). Analisis sinyal ECG dapat memberikan informasi penting tentang kesehatan jantung, termasuk deteksi aritmia, evaluasi kekuatan kontraksi jantung, dan penilaian aktivitas listrik abnormal. Dalam konteks pemantauan *target heart rate*, sinyal

ECG digunakan untuk menghitung denyut jantung pengguna secara terus-menerus selama aktivitas berlari, memberikan informasi yang diperlukan untuk memantau intensitas latihan dan memastikan latihan yang efektif dan aman.

2.4. Metode Pan-Tompkins

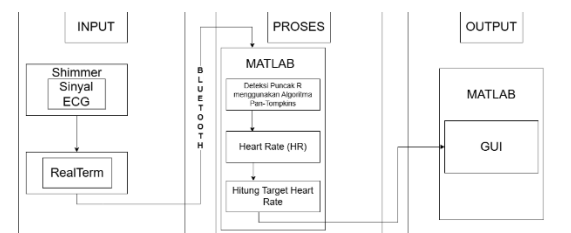


Gambar 1. Pan-Tompkins

Algoritma *Pan-Tompkins*, yang dikembangkan oleh J. Pan dan W.J. Tompkins pada tahun 1985, dirancang khusus untuk deteksi otomatis puncak R dalam sinyal elektrokardiografi (EKG). Tujuan utamanya adalah untuk mengidentifikasi puncak R yang merupakan indikasi awal dari aktivitas kontraksi jantung. Proses algoritma *Pan-Tompkins* dapat terlihat pada Gambar 1. Sinyal EKG diproses dalam beberapa tahap dengan *bandpass filter* yang terdiri dari dua komponen utama *low pass filter* dan *high pass filter*. Kemudian setelah proses filter selesai, dilakukan tahap mencari turunan (*differentiation*) dari sinyal EKG tersebut, selanjutnya adalah proses *squaring*, dilanjut dengan *moving window*, serta deteksi QRS untuk mendapatkan nilai puncak R yang digunakan dalam perhitungan nilai detak jantung.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum Sistem



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Gambar 2 merupakan Blok Diagram Sistem. Sistem ini dirancang agar pengguna (pelatih/PT)

dapat memberikan pemantauan secara terus-menerus terhadap detak jantung seseorang saat berlari hingga mencapai THRnya. Sistem ini terdiri dari tiga komponen utama: input, proses, dan output. Pada tahap input, pengguna perlu menginputkan nama, usia, dan gender seseorang yang akan melakukan aktivitas berlari, sedangkan perangkat *Shimmer ECG* digunakan untuk menangkap sinyal elektrokardiografi (EKG) secara *realtime*. Akuisisi data sinyal ECG secara *realtime* dilakukan dengan bantuan *realterm* dengan koneksi *Bluetooth* antara *shimmer ECG* dan laptop. Data sinyal EKG diteruskan ke tahap proses yang dilakukan oleh matlab. Data ECG diproses untuk mengidentifikasi dan memonitor *target heart rate* pengguna dengan metode *Karvonen* setelah melalui berbagai algoritma analisis sinyal dan metode pemrosesan data, termasuk deteksi puncak R. Setelah pemrosesan selesai, hasilnya disajikan output dalam bentuk anatarmuka pengguna grafis (GUI) Matlab.

3.2. Subjek Penelitian

Berikut terlampir subjek yang terdiri dari 5 individu dimana jumlah laki-laki ada 3 dan perempuan 2 yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Subjek Penelitian

Subjek	Jenis Kelamin		Usia
1	Laki-laki		22
2	Laki-laki		21
3	Laki-laki		21
4	Perempuan		22
5	Perempuan		23

3.3. Teknik Pengumpulan Data

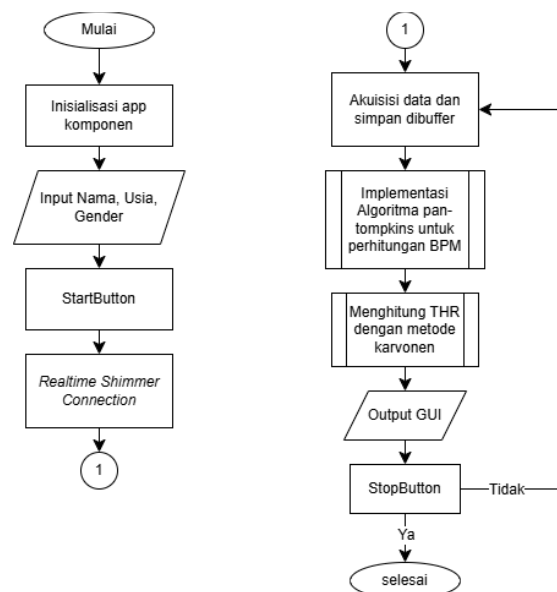
Data untuk penelitian ini dikumpulkan secara langsung menggunakan *Shimmer ECG*. Proses pengambilan data dilakukan selama 9 menit secara kontinu, di mana data diperoleh selama subjek menjalani proses monitoring dari awal hingga akhir, mencakup setiap fase aktivitas untuk memastikan informasi yang diperoleh mencerminkan kondisi yang akurat dan representatif dari keseluruhan waktu pengamatan.

4. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

4.1. Perancangan Sistem

Flowchart program utama yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar 3. Pertama, *flowchart* utama dimulai dengan inisialisasi *app*

komponen beserta variabel yang diperlukan. Inisialisasi tersebut diperlukan untuk membuat komponen-komponen untuk *interface* aplikasi pada GUI Matlab. Proses ini dilanjutkan dengan menginputkan nama, usia, dan gender yang bertujuan untuk menetapkan parameter pada saat proses perhitungan THR. Proses *Realtime Shimmer Connection* akan berjalan ketika proses *StartButton* telah terpenuhi. Proses selanjutnya adalah akuisisi data, proses ini diperlukan sebagai input yang disimpan didalam *buffer* dan akan di perbarui setiap 10 detik. Setelah itu, terdapat proses implementasi algoritma *panompkins*, proses ini bertujuan sistem dapat mendeteksi kompleks QRS yang digunakan untuk perhitungan nilai BPM (*heart rate*) secara terus-menerus. Setelah nilai BPM berhasil didapat, nilai tersebut akan dihitung nilai THRnya menggunakan metode *karvonen*. Hasil perhitungan THR kemudian ditampilkan melalui antarmuka pengguna (GUI) untuk memberikan informasi kepada pengguna.



Gambar 3. Flowchart Program Utama

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pengujian Deteksi Titik R secara RealTime menggunakan metode Pan-Tompkins

5.1.1. Pengujian Subjek Duduk

Bagian ini membahas hasil pengujian sistem monitoring *target heart rate* pada subjek yang duduk. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan keakuratan dan keandalan algoritma *pan-tompkins* dalam mendeteksi

puncak R pada subjek duduk, yang digunakan dalam perhitungan nilai detak jantung pada saat istirahat (RHR). Hasil akurasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Akurasi Subjek Duduk

Subjek	Akurasi
1	86,66%
2	100%
3	100%
4	100%
5	100%
Rata-rata	97.33%

Hasil analisis pengujian pada subjek duduk menunjukkan bahwa algoritma deteksi titik R memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi. Dari lima subjek yang diuji, empat subjek menunjukkan akurasi deteksi 100%, sementara satu subjek menunjukkan akurasi 86,66%. Rata-rata akurasi untuk semua subjek dalam kondisi duduk adalah 97.33%. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma bekerja dengan sangat baik pada kondisi sinyal ECG yang stabil dan tingkat gangguan tipis.

5.1.2. Pengujian Subjek Berlari

Bagian ini membahas hasil pengujian sistem monitoring *target heart rate* pada subjek yang berlari. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan keakuratan dan keandalan algoritma *pan-tompkins* dalam mendeteksi puncak R pada subjek berlari, yang digunakan dalam perhitungan nilai detak jantung pada saat berlari. Hasil akurasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Akurasi Subjek Berlari

Subjek	Akurasi
1	82,61%
2	76,92%
3	76.19%
4	84.61%
5	100%
Rata-rata	84.07%

Akurasi deteksi titik R secara *realtime* dihitung berdasarkan persentase titik R yang berhasil dideteksi dari total titik R yang seharusnya terdeteksi. Dari tabel 3, dapat dilihat bahwa sistem menunjukkan variasi dalam kemampuan mendeteksi titik R di antara berbagai subjek pada saat berlari dengan rata-rata akurasi sebesar 84,07%.

5.2. Pengujian THR dengan Metode

Karvonen

5.2.1. Pengujian Resting Heart Rate (RHR)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sistem dapat secara akurat menghitung *heart rate* (HR) pada saat istirahat (*Resting Heart Rate*/RHR) sesuai dengan metode *karvonen*. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil yang diperoleh dari sistem dengan hasil pengukuran manual. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian RHR

Subjek	RHR (sistem)	RHR (manual)
1	88	86
2	84	88
3	101	99
4	90	90
5	99	96

Sedangkan, untuk hasil akurasi pengukuran RHR dapat terlihat pada tabel 5. Hasil menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengukur RHR dengan rata-rata akurasi sebesar 97,59%.

Tabel 5. Akurasi RHR

Subjek	Akurasi
1	97,67%
2	95,45%
3	97,98 %
4	100%
5	96,87%
Rata-rata	97,59%

5.2.2. Pengujian Target Heart Rate (THR)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sistem dapat secara akurat menghitung *target heart rate* (THR) sesuai dengan metode *karvonen*. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil yang diperoleh dari sistem dengan hasil pengukuran manual. Hasil pengujian THR dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian THR

Subjek	THR (sistem)	THR (manual)
1	161	161
2	160	161
3	165	165
4	158	158
5	160	159

Sedangkan, untuk hasil akurasi pengujian THR dapat terlihat pada tabel 7. Hasil menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi dalam mengukur THR dengan rata-rata akurasi sebesar 99,75%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem monitoring

target heart rate yang dikembangkan menggunakan sinyal *electrocardiography* berbasis *Shimmer* dapat diandalkan untuk mendeteksi RHR dan THR dengan akurasi yang sangat baik.

Tabel 7. Akurasi THR

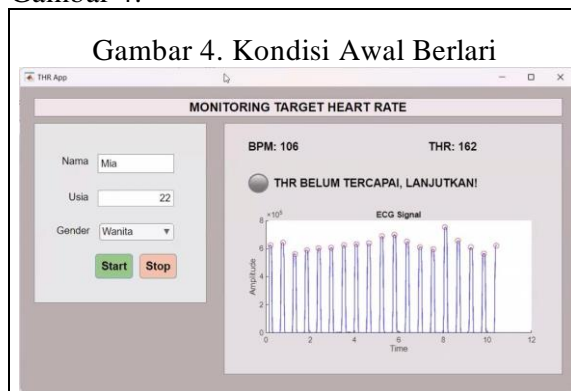
Subjek	Akurasi
1	100%
2	99,38%
3	100%
4	100%
5	99,37%
Rata-rata	99,75%

5.3. Pengujian Keseluruhan Sistem

Tujuan dari pengujian keseluruhan sistem adalah untuk memastikan seluruh sistem berhasil dalam memonitor pada saat aktivitas berlari. Pengujian ini akan menyajikan tampilan monitoring subjek dalam bentuk GUI Matlab dengan kondisi yang berbeda-beda dari awal hingga *target heart rate* tercapai.

5.3.1. Kondisi Awal Berlari

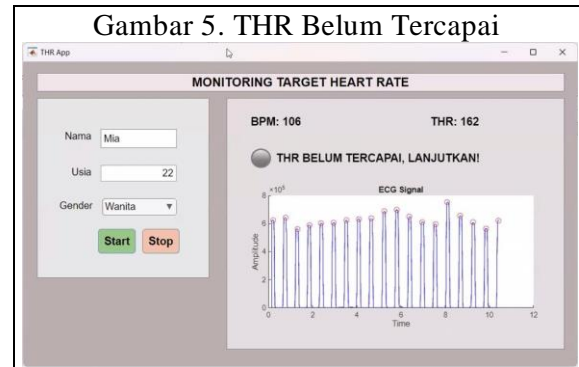
Hasil GUI matlab menunjukkan bahwa nilai THR yang harus di capai adalah 162. Dengan BPM sebesar 106, kondisi ini menunjukkan bahwa *target heart rate* masih belum terpenuhi. Tampilan GUI Matlab pada saat monitoring ketika subjek berlari disatu menit pertama pada Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi Awal Berlari

5.3.2. THR Belum Tercapai

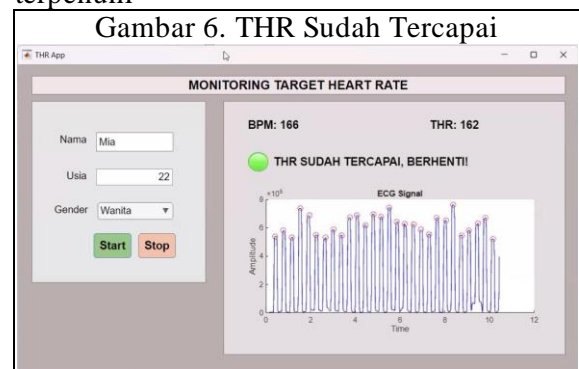
Tampilan GUI Matlab pada saat monitoring ketika subjek telah berlari selama 5 menit terlihat pada Gambar 5. Subjek perempuan dengan usia 22 tahun, hasil GUI matlab menunjukkan bahwa nilai BPM setelah berlari selama 5 menit adalah 137. Dengan nilai THR yang harus di capai adalah 162, kondisi ini menunjukkan bahwa *target heart rate* masih belum terpenuhi.



Gambar 5. THR Belum Tercapai

5.3.3. THR Telah Tercapai

Tampilan GUI Matlab pada saat monitoring ketika subjek telah berlari selama 9 menit Terlihat pada Gambar 6. Subjek perempuan dengan usia 22 tahun, hasil GUI matlab menunjukkan bahwa nilai BPM ketika telah berlari selama 9 menit adalah 166. Dengan nilai THR yang harus di capai adalah 162, kondisi ini menunjukkan bahwa *target heart rate* telah terpenuhi.



Gambar 6. THR Sudah Tercapai

Terdapat kebutuhan fungsionalitas yang harus dipenuhi pada pada pengujian ini, seperti yang tertera pada Tabel 8.

Tabel 8. Kebutuhan Fungsionalitas Sistem

Kebutuhan Fungsionalitas	Hasil
Menghitung RHR	Sesuai
Menghitung THR	Sesuai
Memonitor HR secara terus-menerus	Sesuai
Memproses Input	Sesuai
Menampilkan output secara terus-menerus	Sesuai

Hasil menunjukkan bahwa seluruh kebutuhan fungsionalitas pada sistem telah sesuai, sehingga akurasi pemenuhan kebutuhan fungsionalitas adalah 100%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah berhasil dalam memonitor *target heart rate* yang dikembangkan menggunakan sinyal *electrocardiography* berbasis *Shimmer* secara keseluruhan.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan, akurasi algoritma *Pan-Tompkins* dalam mendeteksi puncak R secara *realtime* yang digunakan untuk memonitor nilai detak jantung, menunjukkan kinerja keseluruhan yang baik. Terbukti dari hasil pengujian yang dilakukan oleh 5 subjek dengan kondisi duduk dan berlari, memperoleh akurasi yang cukup tinggi, yaitu sebesar 97,33% dan 84,07%. Dalam hal menghitung nilai *target heart rate* dan *resting heart rate* menggunakan metode *Karvonen* yang dilakukan oleh 5 orang subjek, sistem juga mendapatkan akurasi yang tinggi dengan masing-masing akurasi sebesar 99,75% dan 97,59%. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa seluruh kebutuhan fungsionalitas pada sistem telah sesuai, sehingga akurasi pemenuhan kebutuhan fungsionalitas adalah 100%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah berhasil dalam memonitor *target heart rate* (THR) yang dikembangkan dengan memanfaatkan sinyal *electrocardiography* (ECG) berbasis *Shimmer* secara keseluruhan.

7. DAFTAR REFERENSI

- Setiarini, A., Laksana, M.W. dan Winamo, B., 2021. Sistem Monitoring Frekuensi Denyut Nadi pada Pelari Menggunakan Metode Photoplethysmographic. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 8(6). <https://www.academia.edu/download/85873681/pdf.pdf>
- Thiyagarajan, J. B., & Thothadri, M., 2021. FITNESS MONITORING SYSTEM WITH RASPBERRY PI PICO. *International Journal of Science Academic Research*. <https://www.scienceijsar.com/sites/default/files/article-pdf/IJSAR-0635.pdf>
- Almeida, M., Bottino, A., Ramos, P. and Araujo, C.G., 2019. Measuring heart rate during exercise: from artery palpation to monitors and apps. *International Journal of Cardiovascular Sciences*, 32(4), pp.396-407. <https://www.scielo.br/ijcs/a/fCRQcmbDYVQbYwgW9PJtGjR/?lang=en> [Diakses: 29 Februari, 2024].
- Utama, A. A. G. E. S., Widnyana, M., dan Pramana, I. P. Y., 2020. Pendekatan Target heart rate untuk Kenyamanan Berolahraga dalam Meningkatkan Imunitas Tubuh pada Masa Pandemi Covid-19. *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, 1(5), 231-234. <http://ejurnal.seminar-id.com/index.php/tin/article/view/494>
- Aminuddin, R., Shamsudin, M.A. dan Wahab, N.I.F.A., 2021. Mobile application framework for monitoring Target heart rate zone during physical exercise using deep learning. 2021 *IEEE 9th Conference on Systems, Process and Control (ICSPC 2021)* (pp. 1-6). IEEE. IEEE Xplore Full-Text PDF:
- Souza, G.S., 2019. Concepts in exercise dynamics for fitness and health essentials. *Int. J. Physiol. Nutr. Phys. Educ*, 4, pp.62-67. <https://www.journalofsports.com/pdf/2019/vol4issue1S/PartB/SP-4-1-5-615.pdf>
- Safitri, H.K. dan Saputra, Y.D., 2021. Alarm warning dan rem otomatis berbasis detak jantung pada olahraga bersepeda. *JURNAL ELTEK*, 19(2), pp.105-112. <https://scholar.archive.org/work/ybi2m7544vfztiwnmbecq23k4m/access/wayback/https://eltek.polinema.ac.id/index.php/eltek/article/download/296/188>
- Dewa, M. I., Widasari, E. R., & 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), 82–87. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/13214>
- Fahrizal, M., Widasari, E. R., & Fitriyah, H. 2024. Analisis Perbandingan Filter Moving Average, Wavelet Transform, serta Hybrid Moving Average dan Wavelet Transform pada Real-time Sinyal Elektrokardiografi berbasis Shimmer. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 8(2). <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/13256>
- Breen, C. J., Kelly, G. P., & Kernohan, W. G. 2022. ECG interpretation skill

- acquisition: A review of learning , teaching and assessment. *Journal of Electrocardiology*, 73, 125–128. + <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2019.03.010>.
- Haris, Pratiwi Fitriana. 2020. Segmentasi Denyut Jantung Berbasis Elektrokardiogram Menggunakan Median Filter dan Algoritma Pan-Tompkins. S1. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. 05111440000011-Undergraduate_Thesis.pdf (its.ac.id).
- Musayyanah, Puspasari, I., & Susanto, P. 2018. Monitoring Target Heart Rate (Thr) Untuk Optimalisasi Latihan Lari Berbasis Internet of Things. *Teknika: Engineering and Sains Journal. Institut Bisnis Dan Informatika Stikom Surabaya*, 2(2), 87–94. Abstrak_TEKNIKA.pdf (dinamika.ac.id)
- Puspasari, I., & Susanto, P. (2018). Telereport Target Heart Rate (THR) pada Cardio Exercise Berbasis Metode Karvonen. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATi)*, 11–2018. Telereport Target Heart Rate (THR) pada Cardio Exercise Berbasis Metode Karvonen | Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI) (uii.ac.id)
- Sarhaddi, F., Kazemi, K., Azimi, I., Cao, R., Niela-Vilén, H., Axelin, A., Liljeberg, P., & Rahmani, A. M. (2022). A comprehensive accuracy assessment of Samsung smartwatch heart rate and heart rate variability. *PLoS ONE*, 17(12 December). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268361>
- Putri, A. F., & Widianoro, A. 2020. Monitoring Ekg (Elektrokardiograf) Berbasis Mikrokontroller Dan Pemrograman Delphi 7.0. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer TRIAC*, 7(1), 23–27. <https://doi.org/10.21107/triac.v7i1.7196>
- Saputra, K. L., Tasripan, T., & Arifin, A. 2019. Rancang Bangun Kendali Kecepatan Treadmill Menggunakan ECG Yang Divisualisasikan Menggunakan Virtual Reality. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i1.38353>.
- Suharinto, C., Budianto, A. and Sanyoto, N. T. (2020) “Design of Electrocardiograph Signal Simulator”, *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 2(1). 10.35882/ijeeemi.v2i1.9.
- Zakariyah, M., & Sahroni, A. 2019. Komparasi Algoritma Deteksi Puncak QRS Kompleks Elektrokardiogram (EKG) Pada Pasien Penderita Stroke Iskemik. *Seminar Nasional Informatika Medis (SNIMed)*. Komparasi Algoritma Deteksi Puncak QRS Kompleks Elektrokardiogram (EKG) Pada Pasien Penderita Stroke Iskemik | Seminar Nasional Informatika Medis (SNIMed) (uii.ac.id).