



TUGAS AKHIR - KI141502

# **SEGMENTASI DENYUT JANTUNG BERBASIS ELEKTROKARDIOGRAM MENGGUNAKAN MEDIAN FILTER DAN ALGORITMA PAN- TOMPKINS**

**PRATIWI FITRIANA HARIS**  
**NRP 05111440000011**

Dosen Pembimbing I  
Dr. Eng. Chistine Fatichah, S.Kom., M.Kom.

Dosen Pembimbing II  
Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.

Departemen Teknik Informatika  
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*





TUGAS AKHIR - KI141502

# **SEGMENTASI DENYUT JANTUNG BERBASIS ELEKTROKARDIOGRAM MENGGUNAKAN MEDIAN FILTER DAN ALGORITMA PAN- TOMPKINS**

**PRATIWI FITRIANA HARIS**

**NRP 05111440000011**

**Dosen Pembimbing I**

**Dr. Eng. Chastine Faticah, S.Kom., M.Kom.**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.**

**Departemen Teknik Informatika**

**Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2020**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



UNDERGRADUATE THESES - KI141502

# **ELECTROCARDIOGRAM-BASED HEARTBEAT SEGMENTATION USING MEDIAN FILTER AND PAN-TOMPKINS ALGORITHM**

**PRATIWI FITRIANA HARIS**  
**NRP 0511144000011**

**First Advisor**

**Dr. Eng. Chastine Faticah, S.Kom., M.Kom.**

**Second Advisor**

**Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.**

**Department of Informatics**  
**Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology**  
**Sepuluh Nopember Institute of Technology**  
**Surabaya 2020**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **SEGMENTASI DENYUT JANTUNG BERBASIS ELEKTROKARDIOGRAM MENGGUNAKAN *MEDIAN FILTER* DAN ALGORITMA PAN-TOMPKINS**

#### **TUGAS AKHIR**

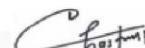
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada

Bidang Studi Komputasi Cerdas dan Visi  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Informatika  
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**PRATIWI FITRIANA HARIS**  
**NRP: 05111440000011**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Eng. Chastine Faticah, S.Kom., M.Kom. ....  
(NIP. 197512202001122002)   
  
(Pembimbing 1)
2. Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom. ....  
(NIP. 197104281994122001)   
(Pembimbing 2)

**SURABAYA  
JANUARI, 2020**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **SEGMENTASI DENYUT JANTUNG BERBASIS ELEKTROKARDIOGRAM MENGGUNAKAN MEDIAN FILTER DAN ALGORITMA PAN-TOMPKINS**

**Nama Mahasiswa : PRATIWI FITRIANA HARIS**  
**NRP : 05111440000011**  
**Departemen : Teknik Informatika FTEIC-ITS**  
**Dosen Pembimbing 1 : Dr. Eng. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom.**  
**Dosen Pembimbing 2 : Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.**

## **Abstrak**

*Elektrokardiogram (EKG) adalah uji tanpa sayatan tubuh yang merekam aktivitas denyut pada jantung. Sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) mengandung banyak informasi patologis tentang aktivitas jantung manusia. Uji EKG dapat mendeteksi adanya aritmia, yaitu ketidakteraturan ritme denyut jantung. Ketika terjadi aritmia, jantung dapat berdenyut terlalu cepat, terlalu lambat, atau berdenyut dengan ritme yang tidak teratur. Adanya aritmia pada jantung merupakan gejala penting dalam penyakit kardiovaskular. Penyakit kardiovaskular merupakan masalah penting dalam masyarakat.*

*Sebelum dapat mendeteksi adanya aritmia atau tidak, sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) perlu diproses terlebih dahulu. Sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) dapat terganggu oleh beberapa jenis derau yang terjadi saat perekaman sinyal, antara lain disebabkan oleh pernapasan dan gerakan pasien saat perekaman berlangsung. Derau-deraui tersebut dapat memicu kesalahan diagnosa kepada pasien. Oleh karena itu, derau pada sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) perlu dihilangkan untuk analisis yang lebih akurat. Kemudian, proses segmentasi dilakukan untuk memisahkan antara denyut jantung*

*satu dengan denyut jantung lainnya dalam sebuah data rekaman sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) agar data denyut jantung dapat selanjutnya diklasifikasi. Agar dapat dilakukan segmentasi, perlu dilakukan deteksi puncak-puncak gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) sebagai acuan untuk melakukan segmentasi sinyal.*

*Tugas Akhir ini mengimplementasikan median filter sebagai penghilang derau, serta algoritma Pan-Tompkins untuk mendeteksi puncak-puncak gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG). Data yang digunakan adalah data sinyal denyut jantung yang diunduh dari website MIT-BIH Arrhythmia Database.*

**Kata kunci:** *elektrokardiogram (ekg), median filter, algoritma pan-tompkins.*

# **ELECTROCARDIOGRAM-BASED HEARTBEAT SEGMENTATION USING MEDIAN FILTER AND PAN- TOMPKINS ALGORITHM**

<b>Student's Name</b>	<b>:</b> PRATIWI FITRIANA HARIS
<b>Student's ID</b>	<b>:</b> 05111440000011
<b>Department</b>	<b>:</b> Informatics FTEIC-ITS
<b>First Advisor</b>	<b>:</b> Dr. Eng. Chastine Faticah, S.Kom., M.Kom.
<b>Second Advisor</b>	<b>:</b> Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.

## **Abstract**

*Electrocardiogram (ECG) is a body-incisionless test that records the beat activities of the heart. ECG signals contains a lot of pathological information about the activity of the human heart. ECG test can detect arrhythmias, which are irregularities in the heartbeat rhythm. When an arrhythmia occurs, the heart can beat too fast, too slow, or beat in an irregularly. Arrhythmias is also a major symptom of cardiovascular disease. Cardiovascular disease is a major problem in society.*

*Prior to detecting arrhythmia, an ECG signal must be processed first before proceeding to the next step. The ECG signal can be interfered by several types of noise that occur during recording, such as the patient's breathing and movement while the recording is taking place. The noise can lead to misdiagnosis in patients. Therefore, the noises in the ECG signal must be removed for a more accurate analysis. Then, the segmentation process is carried out to separate the heart beat from one another in an ECG signal recording data so that the heart beat data can be further classified. In order to do the segmentation, it is necessary to detect the peak of the ECG signal waves as a reference for segmenting the signal.*

*This study implements median filter as noise cancellation, and uses Pan-Tompkins algorithm to detect the peaks of ECG signal waves. The data used is the heart beat signal data downloaded from the MIT-BIH Arrhythmia Database website.*

***Keywords : electrocardiogram (ecg), median filter, pan-tompkins algorithm.***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan limpahan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul:

### **“Segmentasi Denyut Jantung Berbasis Elektrokardiogram Menggunakan *Median Filter* dan Algoritma Pan-Tompkins”**

yang merupakan salah satu syarat dalam menempuh ujian sidang guna memperoleh gelar Sarjana Komputer. Selesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan beberapa pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Hartono dan Ibu Isti Nuratri selaku orang tua serta Ridwan Arrosyiid Haris selaku adik penulis yang selalu memberikan dukungan doa, moral, dan material yang tak terhingga kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dr. Eng. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom. dan Ibu Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom. selaku pembimbing I dan II yang telah membimbing dan memberikan motivasi, nasehat dan bimbingan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Eng. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom. selaku kepala departemen Teknik Informatika ITS sekaligus dosen wali penulis, serta segenap dosen dan karyawan Informatika ITS yang telah memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis selama menjalani masa studi di ITS.
4. Saudara Muhammad Ilham Arifin yang selalu suportif dan apresiatif terhadap penulis.
5. Sahabat-sahabat dekat penulis selama berkuliah di ITS.
6. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan sehingga membuka berbagai masukan, kritik dan saran dari berbagai pihak untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, Januari 2020  
Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>Abstrak.....</b>	<b>vivii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>ixx</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiixiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xx</b>
<b>DAFTAR KODE SUMBER .....</b>	<b>xxixxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Permasalahan .....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Metodologi .....	4
1.6.1 Penyusunan Proposal Tugas Akhir .....	4
1.6.2 Studi Literatur .....	4
1.6.3 Implementasi Perangkat Lunak.....	5
1.6.4 Pengujian dan Evaluasi.....	5
1.6.5 Penyusunan Buku Tugas Akhir .....	5
1.7 Sistematika Penulisan Laporan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Elektrokardiogram.....	7
2.2 <i>Median Filter</i> .....	9
2.3 Algoritma Pan-Tompkins .....	10
<b>BAB III PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK .....</b>	<b>156</b>
3.1 Data .....	156
3.1.1 Data Masukan .....	156
3.1.2 Data Keluaran .....	189
3.2 Desain Umum Sistem.....	189
3.3 <i>Denoising</i> .....	20
3.4 <i>Peaks Detection</i> .....	22
3.5 <i>Signal Segmentation</i> .....	23

<b>BAB IV IMPLEMENTASI.....</b>	<b>24</b>
4.1 Lingkungan Implementasi .....	24
4.2 Implementasi .....	24
4.2.1 Implementasi <i>Denoising</i> .....	25
4.2.2 Implementasi <i>Peaks Detection</i> .....	26
4.2.3 Implementasi <i>Signal Segmentation</i> .....	27
<b>BAB V HASIL UJI COBA DAN EVALUASI .....</b>	<b>28</b>
5.1 Lingkungan Pengujian.....	28
5.2 Data Pengujian .....	29
5.3 Proses Pengujian.....	29
5.3.1 <i>Denoising</i> .....	29
5.3.2 <i>Peaks Detection</i> .....	32
5.3.3 <i>Signal Segmentation</i> .....	33
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>36</b>
6.1 Kesimpulan.....	36
6.2 Saran.....	36
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>37</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>50</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1 Contoh Gelombang Sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG).....</b>	<b>8</b>
<b>Gambar 2.2 Diagram Algoritma Pan-Tompkins.....</b>	<b>11</b>
<b>Gambar 3.1 Contoh data sinyal denyut jantung berbasis EKG normal dari <i>MIT-BIH Arrhythmia Database</i> .....</b>	<b>197</b>
<b>Gambar 3.2 Contoh Sinyal Denyut Jantung Abnormal .Error! Bookmark not defined.7</b>	
<b>Gambar 3.3 Contoh Data Masukan.....</b>	<b>18</b>
<b>Gambar 3.4 Desain Sistem Segmentasi Denyut Jantung Berbasis EKG .....</b>	<b>20</b>
<b>Gambar 3.5 Langkah <i>Denoising</i> .....</b>	<b>219</b>
<b>Gambar 3.6 Langkah <i>Peaks Detection</i>.....</b>	<b>22</b>
<b>Gambar 3.7 Langkah <i>Signal Segmentation</i> .....</b>	<b>23</b>
<b>Gambar 5.1 Data Sinyal Masukan 101m.mat.....</b>	<b>30</b>
<b>Gambar 5.2 Data sinyal 101m.mat setelah <i>denoising</i> pertama menggunakan <i>median filter</i> dengan <i>sliding window</i> 600 ms...<b>30</b></b>	
<b>Gambar 5.3 Data sinyal 101m.mat setelah <i>denoising</i> kedua menggunakan <i>median filter</i> dengan <i>sliding window</i> 200 ms...<b>31</b></b>	
<b>Gambar 5.4 Data sinyal 101m.mat setelah semua tahap <i>denoising</i> selesai dilakukan.....<b>329</b></b>	
<b>Gambar 5.5 Hasil Proses <i>Peak Detection</i> .....</b>	<b>32</b>
<b>Gambar 5.6 Denyut jantung pertama hasil dari proses <i>signal segmentation</i> .....</b>	<b>34</b>
<b>Gambar 5.7 Denyut jantung kedua hasil dari proses <i>signal segmentation</i> .....</b>	<b>34</b>
<b>Gambar 5.8 Denyut jantung ketiga hasil dari proses <i>signal segmentation</i> .....</b>	<b>35</b>

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Penerapan <i>sliding window</i> untuk <i>median filter</i> pada data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) .....	Error! Bookmark not defined.0
Persamaan 2.2 Fungsi transfer pada <i>low-pass filter</i> dalam algoritma Pan-Tompkins .....	11
Persamaan 2.3 Respons amplitudo sinyal pada <i>low-pass filter</i> dalam algoritma Pan-Tompkins .....	262
Persamaan 2.4 Persamaan <i>difference</i> pada <i>low-pass filter</i> dalam algoritma Pan-Tompkins .....	Error! Bookmark not defined.2
Persamaan 2.5 Fungsi transfer pada <i>high-pass filter</i> dalam algoritma Pan-Tompkins .....	12
Persamaan 2.6 Respons amplitudo sinyal pada <i>high-pass filter</i> dalam Algoritma Pan-Tompkins .....	263
Persamaan 2.7 Persamaan <i>difference</i> pada <i>high-pass filter</i> dalam Algoritma Pan-Tompkins .....	Error! Bookmark not defined.3
Persamaan 2.8 Fungsi transfer turunan dalam algoritma Pan-Tompkins.....	13
Persamaan 2.9 Respons amplitudo sinyal pada tahap diferensial dalam algoritma Pan-Tompkins .....	263
Persamaan 2.10 Persamaan <i>difference</i> pada tahap diferensial dalam algoritma Pan-Tompkins .....	Error! Bookmark not defined.4
Persamaan 2.11 Operasi perpangkatan sinyal dalam algoritma Pan-Tompkins .....	14
Persamaan 2.12 Operasi perpangkatan sinyal dalam algoritma Pan-Tompkins .....	264

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

## **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 4.1 Lingkungan Implementasi Perangkat Lunak .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabel 5.1 Spesifikasi Lingkungan Pengujian.....</b>	<b>28</b>

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **DAFTAR KODE SUMBER**

Kode Sumber 4.1 <i>Pseudocode</i> untuk melakukan proses <i>denoising</i> .....	25
Kode Sumber 4.2 <i>Pseudocode</i> fungsi-fungsi untuk melakukan proses <i>peaks detection</i> .....	26
Kode Sumber 4.3 <i>Pseudocode</i> untuk melakukan proses <i>signal segmentation</i> .....	27

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Elektrokardiogram (EKG) adalah uji tanpa sayatan tubuh yang merekam aktivitas denyut pada jantung. EKG merepresentasikan aktivitas listrik pada jantung dari waktu ke waktu dan mengandung informasi fisiologis untuk analisis fungsi jantung. Sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) merupakan sinyal periodik, karena terdiri dari rangkaian gelombang-gelombang yang berulang secara periodik [1].

Sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) mengandung banyak informasi patologis tentang aktivitas jantung manusia [2]. Uji EKG dapat mendeteksi adanya aritmia, yaitu ketidakteraturan ritme denyut jantung. Ketika terjadi aritmia, jantung dapat berdenyut terlalu cepat, terlalu lambat, atau berdenyut dengan ritme yang tidak teratur [1]. Aritmia dapat dibagi menjadi aritmia yang tidak membahayakan dan aritmia yang membahayakan [2]. Sebagian besar aritmia tidak berbahaya, namun dalam beberapa kasus, terjadinya aritmia dapat mengindikasikan adanya penyakit pada jantung yang berbahaya bagi manusia [1]. Aritmia lain yang tidak membahayakan dapat membutuhkan terapi untuk mencegah penyakit di masa mendatang. Beberapa aritmia tidak sering muncul, dan rekaman sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) yang berdurasi panjang dibutuhkan untuk mendeteksi aritmia tersebut [3].

Adanya aritmia pada jantung merupakan gejala penting dalam penyakit kardiovaskular. Penyakit kardiovaskular merupakan masalah penting dalam masyarakat karena 1) tingginya tingkat kejadian serangan dan jumlah manusia yang dapat terserang penyakit kardiovaskular, 2) tingkat kematian yang tinggi (17,3 juta orang meninggal akibat penyakit kardiovaskular setiap tahunnya, yang merupakan 37% dari

jumlah kematian total secara global), dan 3) biaya yang tinggi untuk perawatan (kasus pada umumnya membutuhkan perawatan jangka panjang dan terapi rutin yang mahal). Masalah-masalah tersebut akan meningkat seiring dengan cepatnya pertumbuhan populasi manusia yang menua di seluruh dunia dimana dapat meningkatkan jumlah kematian dari 17 juta pada tahun 2016 menjadi 24 juta pada tahun 2030 [4].

Perekaman data EKG dalam jangka panjang biasanya menggunakan perangkat Holter. Masalah utama dari analisis sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) adalah kesulitan dalam mendekripsi dan mengelompokkan perbedaan bentuk-bentuk gelombang serta morfologi sinyal. Bagi manusia, pekerjaan ini merupakan pekerjaan yang menghabiskan banyak waktu dan memiliki kemungkinan terjadi kesalahan yang tinggi. Padahal, diagnosis penyakit kardiovaskular membutuhkan hasil analisis yang tepat mengingat tingginya jumlah kematian akibat penyakit kardiovaskular di seluruh dunia [5].

Salah satu langkah penting dalam identifikasi aritmia adalah klasifikasi denyut jantung. Ritme sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) dapat ditentukan dengan mengetahui klasifikasi denyut-denyut jantung di dalamnya [3]. Untuk melakukan klasifikasi, perlu dilakukan tindakan untuk menghilangkan derau serta segmentasi denyut jantung terlebih dahulu.

Jenis-jenis derau yang dapat mengganggu sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) pada umumnya adalah *power line interference* serta *baseline wandering*. Derau-deraunya tersebut disebabkan antara lain oleh pernapasan dan gerakan pasien saat perekaman sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) [1].

Kemudian, proses segmentasi dilakukan untuk memisahkan antara denyut jantung satu dengan denyut jantung lainnya dalam sebuah data rekaman sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) agar data denyut jantung dapat selanjutnya diklasifikasi. Agar dapat dilakukan segmentasi, perlu

dilakukan deteksi puncak-puncak sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) sebagai acuan untuk melakukan segmentasi sinyal.

Tugas akhir ini dibuat dengan maksud untuk melakukan segmentasi denyut jantung berbasis elektrokardiogram dengan menggunakan *median filter* dan algoritma Pan-Tompkins. *Median filter* digunakan untuk menghilangkan derau pada sinyal denyut jantung. Kemudian algoritma Pan-Tompkins digunakan untuk mendeteksi puncak-puncak gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram. Setelah menghilangkan derau dan menentukan puncak-puncak gelombang pada data sinyal, selanjutnya dapat dilakukan proses segmentasi untuk memisahkan denyut-denyut jantung.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana cara melakukan dan mengetahui hasil segmentasi sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram?

## 1.3 Batasan Permasalahan

Permasalahan yang dibahas pada Tugas Akhir ini memiliki batasan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data rekaman sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram berdurasi 500 s.
2. Metode yang digunakan adalah *denoising*, *peaks detection*, dan *signal segmentation*.
3. Perangkat lunak yang digunakan untuk pemrosesan dan klasifikasi sinyal adalah adalah MATLAB R2018b.

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah untuk melakukan segmentasi denyut jantung berbasis elektrokardiogram.

## 1.5 Manfaat

1. Memberikan manfaat di dalam dunia medis dengan mendapatkan hasil segmentasi denyut jantung berbasis elektrokardiogram.
2. Memberikan informasi tentang hasil segmentasi denyut jantung berbasis elektrokardiogram dengan.
3. Menerapkan salah satu ilmu di bidang komputasi yang telah dipelajari selama perkuliahan di Departemen Informatika agar berguna bagi masyarakat

## 1.6 Metodologi

Pembuatan Tugas Akhir ini dilakukan dengan menggunakan metodologi sebagai berikut:

### 1.6.1 Penyusunan Proposal Tugas Akhir

Tahap awal Tugas Akhir ini adalah menyusun proposal Tugas Akhir. Pada proposal, diajukan gagasan untuk melakukan segmentasi terhadap sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram.

### 1.6.2 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan untuk mencari informasi dan studi literatur apa saja yang dapat dijadikan referensi untuk membantu pengerjaan Tugas Akhir ini. Informasi didapatkan dari buku dan

literatur yang berhubungan dengan metode yang digunakan. Beberapa literatur yang akan dibahas pada tahap ini adalah literatur yang berhubungan tentang elektrokardiogram, *median filter*, dan algoritma Pan-Tompkins.

### **1.6.3 Implementasi Metode Segmentasi**

Implementasi merupakan tahap untuk membangun metode-metode yang sudah diajukan pada proposal Tugas Akhir. Implementasi metode terdiri dari *denoising*, *peaks detection*, dan *signal segmentation*. Untuk membangun algoritma yang telah dirancang sebelumnya, maka dilakukan implementasi dengan menggunakan perangkat lunak Matlab R2018b.

### **1.6.4 Pengujian dan Evaluasi**

Pada tahap ini dilakukan *manual groundtruth* untuk menguji kebenaran segmentasi terhadap sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram.

### **1.6.5 Penyusunan Buku Tugas Akhir**

Pada tahap ini disusun buku sebagai dokumentasi dari pelaksanaan Tugas Akhir yang mencangkup seluruh konsep, teori, implementasi, serta hasil yang telah dikerjakan.

## **1.7 Sistematika Penulisan Laporan**

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

### **1. Bab I. Pendahuluan**

Bab ini berisikan penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat,

metodologi, dan sistematika penulisan dari pembuatan Tugas Akhir.

2. Bab II. Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi kajian teori dari metode dan algoritma yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Bab ini berisi tentang penjelasan singkat mengenai elektrokardiogram, *median filter*, dan algoritma Pan-Tompkins.

3. Bab III. Perancangan Perangkat Lunak

Bab ini berisi pembahasan mengenai perancangan perangkat lunak dari metode yang digunakan untuk segmentasi sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram yang terdiri dari tahap *denoising*, *peaks detection*, dan *signal segmentation*.

4. Bab IV. Implementasi

Bab ini menjelaskan implementasi yang berbentuk kode sumber dari metode untuk segmentasi sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram yang terdiri dari tahap *denoising*, *peaks detection*, dan *signal segmentation*.

5. Bab V. Hasil Uji Coba dan Evaluasi

Bab ini berisikan hasil uji coba segmentasi sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram yang sudah diimplementasikan pada kode sumber.

6. Bab VI. Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan bab yang menyampaikan kesimpulan dari hasil uji coba yang dilakukan, masalah-masalah yang dialami pada proses penggerjaan Tugas Akhir, dan saran untuk pengembangan solusi ke depannya.

7. Daftar Pustaka

Bab ini berisi daftar pustaka yang dijadikan literatur dalam Tugas Akhir.

8. Lampiran

Dalam lampiran terdapat tabel-tabel data hasil uji coba dan kode sumber program secara keseluruhan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi pembahasan mengenai teori-teori dasar yang digunakan dalam Tugas Akhir. Teori-teori tersebut diantaranya adalah elektrokardiogram, *median filter*, dan algoritma Pan-Tompkins.

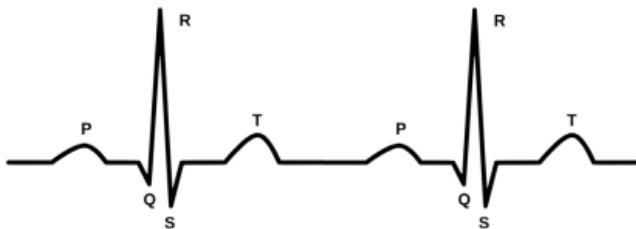
#### 2.1 Elektrokardiogram

Elektrokardiogram (*electrocardiogram*) atau EKG merupakan sinyal biomedik yang paling umum digunakan untuk diagnosa klinis pada jantung. Istilah "*electrocardiogram*" merupakan kombinasi dari tiga kata: *electro*, berkaitan dengan sinyal kelistrikan; *cardio*, yaitu jantung; dan *gram*, yang mengacu pada rekaman. Rekaman aktivitas kelistrikan pada jantung disebut EKG [6].

Kontraksi otot jantung merupakan hasil langsung dari kejutan listrik oleh sel-sel yang ditunjukkan oleh sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG). Depolarisasi jantung menyebabkan pemendekan setiap sel otot. Aktivasi listrik pada setiap sel merupakan indikasi fungsi sel tersebut. Maka, sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) merupakan hasil depolarisasi otot jantung dalam keadaan yang terkontrol dan repetitif. Pemantauan proses depolarisasi listrik sel otot jantung dapat digunakan untuk mengenali bagian-bagian pada struktur jantung yang tidak berfungsi dengan baik, dan mungkin memerlukan tindakan medis. Berbagai simpangan dari sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) yang diamati dapat dianalisis dan diklasifikasikan sebagai gangguan jantung tertentu [6].

Karakter sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) memiliki lima puncak gelombang, direpresentasikan dengan huruf P, Q, R, S, T, dan kadang-kadang diikuti dengan puncak gelombang keenam, yaitu puncak U. Puncak gelombang P

merupakan hasil dari depolarisasi serambi jantung, sedangkan puncak gelombang lainnya merupakan hasil dari depolarisasi bilik jantung. Contoh gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Contoh gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) [1]**

Sadapan atau lead pada EKG merupakan konduktor yang dipasang di permukaan tubuh manusia untuk merekam aktivitas kelistrikan jantung dalam elektrokardiogram. Setiap sadapan menghasilkan perbedaan potensial yang menjadi sinyal aktivitas kelistrikan jantung sesuai dengan posisinya terhadap jantung. Secara umum, sadapan jantung dapat dibagi menjadi sadapan ekstrimitas dan prekordial. Karena kompleksitas otot jantung, maka untuk EKG diagnosa standar digunakan 12 sadapan dengan tujuan memberikan gambaran multidimensi atau menyeluruh terhadap sinyal jantung dan otot jantung yang menghasilkan sinyal tersebut. Namun untuk monitoring secara umum dapat digunakan elektroda dengan 3 sadapan ekstrimitas standar [7].

Jantung memiliki empat ruang, yaitu dua atrium di bagian atas jantung dan dua ventrikel di bagian bawah. Atrium berdinding tipis, memompa darah dengan tekanan rendah yang diterima dari sirkulasi vena. Pada atrium kanan atas merupakan sekelompok sel yang bertindak sebagai alat pacu utama jantung (pacemaker). Perubahan konsentrasi ion kompleks yang melintasi membran sel kemudian membangkitkan sel tetangga, dan

propagasi sel ke sel dari peristiwa listrik terjadi. Sinyal ECG pertama dari siklus jantung adalah gelombang P, yang merupakan aktivasi atrium. Konduksi dari hasil impuls jantung berjalan dari atrium melalui serangkaian sel jantung khusus (node AV dan sistem His Purkinje). Pada sinyal ECG terdapat gelombang pendek, segmen relatif isoelektrik yang menyusul gelombang P. Setelah massa otot besar ventrikel dieksitasi, defleksi yang cepat dan besar terlihat di permukaan tubuh. Eksitasi ventrikel menyebabkan ventrikel berkontraksi dan memberikan dorongan untuk sirkulasi darah ke organ tubuh. Gelombang besar ini memiliki beberapa komponen. Awal defleksi ke bawah disebut gelombang Q, defleksi ke atas disebut gelombang R, dan akhir defleksi ke bawah disebut gelombang S [8].

## 2.2 Median Filter

*Median filter* berguna untuk mengurangi derau acak, terutama ketika kepadatan probabilitas amplitudo derau memiliki *tails* besar dan pola periodik. Proses *median filter* dilakukan dengan menggeser *window* di atas citra. Citra yang ter-*filter* didapatkan dengan meletakkan nilai -nya ke *input window*, pada tengah *window* tersebut, pada citra *output*. Median adalah pengukur kemungkinan lokasi maksimum dalam kasus distribusi derau *Laplacian*. Untuk area yang relatif seragam, *median filter* mengukur *grey-level value*, dengan keberhasilan tertentu di derau *long-tail*.

Menerapkan *median filter* dengan panjang  $n$  ke sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG)  $x$ , memiliki arti bahwa pergeseran *window* dengan panjang  $n$  diterapkan ke sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) dan untuk mengembalikan nilai *median*.  $y(i)$  akan menjadi *median* dari persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$\begin{cases} x\left(i - \frac{(n-1)}{2}\right) : x\left(i + \frac{n-1}{2}\right) & \text{jika } n \text{ adalah ganjil} \\ x\left(i - \frac{n}{2}\right), x\left(i - \left(\frac{n}{2}\right) + 1\right) \dots x\left(i + \left(\frac{n}{2}\right) - 1\right) & \text{jika } n \text{ adalah genap} \end{cases} \quad (2, 1)$$

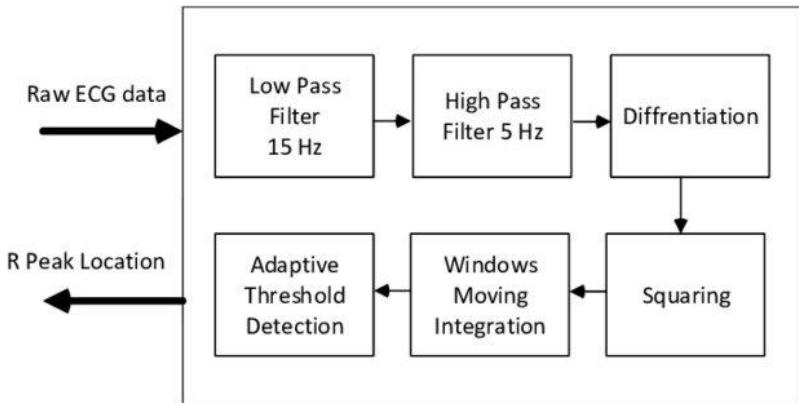
Metode *median filter* merupakan filter non linear yang dikembangkan oleh Tukey. Metode tersebut berfungsi untuk mengurangi *noise* dan menghaluskan citra. Dikatakan non linear karena cara kerja penapis ini tidak termasuk kedalam kategori operasi konvolusi. Operasi nonlinear dihitung dengan cara mengurutkan nilai intensitas sekelompok pixel, kemudian mengganti nilai pixel yang diproses dengan nilai tertentu [10].

Pada *median filter* suatu *window* atau penapis yang memuat sejumlah *pixel* ganjil digeser titik per titik pada seluruh daerah citra. Lalu nilai – nilai tersebut diurutkan secara ascending untuk kemudian dihitung nilai mediannya. Nilai median tersebut akan menggantikan nilai yang berada pada pusat bidang *window* [10].

### 2.3 Algoritma Pan-Tompkins

Algoritma Pan-Tompkins adalah sebuah algoritma yang berfungsi untuk medeteksi puncak-puncak gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) secara *real-time*. Algoritma ini dikembangkan oleh Pan dan Tompkins pada tahun 1985 dan selanjutnya juga dijelaskan oleh Hamilton dan Tompkins [11].

Dalam algoritma ini, sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) diproses dengan *bandpass filter* yang terdiri dari *low pass filter* dan *high-pass filter*. Proses selanjutnya adalah mencari turunan dari sinyal, *squaring operation*, *moving window integration*, dan *adjusting the thresholds* [11]. Diagram alir dari algoritma ini ditunjukkan oleh Gambar 2.2.



**Gambar 2.2 Diagram algoritma Pan-Tompkins [11]**

*Bandpass filter* yang terdiri dari *low-pass filter* dan *high-pass filter* mengurangi pengaruh dari derau gerak otot, interferensi 60 Hz, *baseline wander*, and interferensi gelombang *T-wave*. *Passband* yang diinginkan untuk memaksimalkan energi QRS kira-kira berada pada 5-15 Hz [12].

Fungsi transfer pada *second-order low-pass filter* dalam algoritma Pan-Tompkins ditunjukkan pada Persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$H(z) = \frac{(1-z^{-6})^2}{(1-z^{-1})^2} \quad (2.2)$$

Pada *low-pass filter* tersebut, untuk menentukan respons amplitudo gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram, dimana *T* merupakan periode sinyal, digunakan Persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$|H(wT)| = \frac{\sin^2(3\omega T)}{\sin^2(\frac{\omega T}{2})} \quad (2.3)$$

Persamaan *difference* pada filter ini memiliki frekuensi *cut-off* sekitar 11 Hz, *gain* sebesar 36, dan *delay* sebanyak 6 sampel. Persamaan tersebut ditunjukkan pada Persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y(nT) = & 2y(nT - T) - y(nT - 2T) + x(nT) - \\ & 2x(nT - 6T) + x(nT - 12T) \end{aligned} \quad (2.4)$$

*High-pass filter* dalam algoritma Pan-Tompkins memiliki fungsi transfer dalam Persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$H(z) = \frac{(-1+32z^{-16}+2^{-32})}{(1+z^{-1})} \quad (2.5)$$

Pada *high-pass filter* tersebut, untuk menentukan respons amplitudo gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram, dimana  $T$  merupakan periode sinyal, digunakan Persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$|H(wT)| = \frac{[256+\sin^2(16\omega T)^{1/2}]}{\cos(\frac{\omega T}{2})} \quad (2.6)$$

Persamaan *difference* pada *high-pass filter* memiliki frekuensi *cut-off* sekitar 5 Hz, *gain* sebesar 32, dan *delay* sebanyak 16 sampel. Persamaan berikut ditunjukkan pada Persamaan 2.7 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y(nT) = & 32x(nT - 16T) - [y(nT - T) + x(nT) - \\ & x(nT - 32T)] \end{aligned} \quad (2.7)$$

Setelah melalui proses *filtering*, sinyal diturunkan untuk memberikan informasi *slope QRS complex*. Fungsi transfer turunan yang digunakan adalah Persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$H(z) = \left(\frac{1}{8T}\right)(-z^{-2} - 2z^{-1} + 2z^1 + z^2) \quad (2.8)$$

Untuk menentukan respons amplitudo saat sinyal diturunkan, dengan  $T$  sebagai periode sinyal, digunakan persamaan yang ditunjukkan pada Persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$|H(wT)| = \left(\frac{1}{4T}\right) [\sin(2\omega T) + 2\sin(\omega T)] \quad (2.9)$$

Kemudian persamaan *difference* pada tahap ini ditunjukkan oleh Persamaan 2.10 sebagai berikut:

$$y(nT) = \left(\frac{1}{8T}\right) - [x(nT - 2T) - 2x(nT) - x(nT - T) + 2x(nT + T) + x(nT + 2T)] \quad (2.10)$$

Setelah diturunkan, sinyal dipangkatkan poin demi poin. Rumus dalam operasi ini ditunjukkan pada Persamaan 2.11 sebagai berikut:

$$y(nT) = [x(nT)]^2 \quad (2.11)$$

Hal ini akan membuat seluruh *datapoints* bernilai positif dan mekakukan amplifikasi nonlinier dari output turunan yang menekankan frekuensi tinggi. (cth. Terutama frekuensi EKG).

Tujuan dari *window moving integration* adalah untuk mendapatkan informasi fitur *waveform* sebagai tambahan dari *slope R wave* dimana  $N$  merupakan jumlah sampel yang dihitung dari persamaan ditunjukkan pada Persamaan 2.12 sebagai berikut:

$$y(nT) = \left(\frac{1}{N}\right) [x(nT - (N - 1)T) + x(nT - (N - 2)T) + \dots + x(nT)] \quad (2.12)$$

Jika ukuran *window* terlalu lebar, maka integrasi *waveform* akan menggabungkan *QRS* dan *T complex*. Jika terlalu sempit, beberapa *QRS complex* akan memunculkan beberapa puncak gelombang dalam integrasi *waveform*. Hal tersebut akan memunculkan kesulitan dalam proses deteksi puncak QRS selanjutnya [12].

*QRS complex* berhubungan dengan *rising edge* dari integrasi *waveform*. Durasi dari *rising edge* setara dengan lebar *QRS complex*. *Fiducial marks* untuk lokasi temporal *QRS complex* dapat ditentukan dari *rising edge* yang mengacu pada fitur *waveform* yang diinginkan untuk deteksi puncak R.

*Threshold* dalam algoritma Pan-Tompkins secara otomatis disesuaikan berada di atas derau. *Threshold* yang rendah dapat terjadi karena adanya perbaikan rasio sinyal-deraу pada *band-pass filter* [12].

## **BAB III**

### **PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK**

Bab ini membahas mengenai perancangan dan pembuatan sistem perangkat lunak. Sistem perangkat lunak yang dibuat pada Tugas Akhir ini adalah mengolah data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardigram dengan pemrosesan sinyal yang meliputi *denoising*, *peak detection*, dan *signal segmentation*.

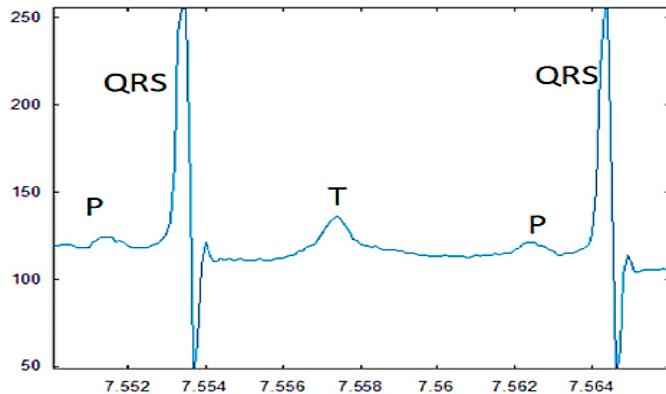
#### **3.1 Data**

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai data yang digunakan sebagai masukan perangkat lunak untuk selanjutnya diolah dan dilakukan pengujian sehingga menghasilkan data keluaran yang diharapkan.

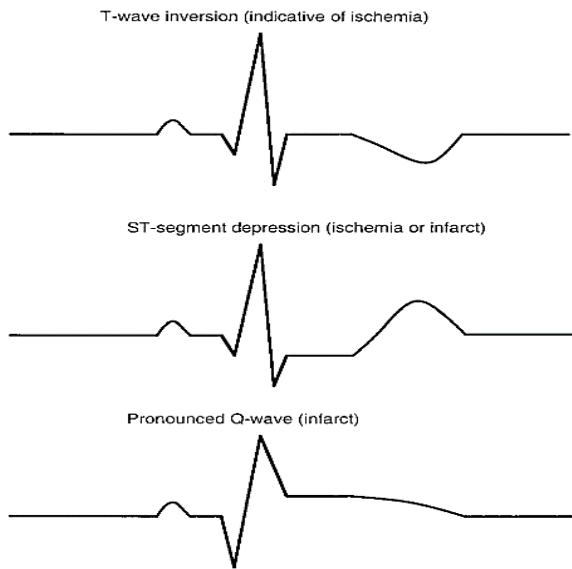
##### **3.1.1 Data Masukan**

Data masukan adalah data yang digunakan sebagai masukan awal dari sistem. Data yang digunakan dalam perangkat lunak segmentasi denyut jantung berbasis elektrokardiogram menggunakan *median filter* dan algoritma Pan-Tompkins adalah data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) yang diunduh dari website *MIT-BIH Arrhythmia Database*. Pemilik asli data ini adalah *Massachusetts Institute of Technology*.

Sumber data diambil dari rekaman sinyal yang direkam menggunakan perangkat Holter. Data dikumpulkan oleh *Beth Israel Hospital Arrhythmia Laboratory* antara tahun 1975 dan 1979. Sekitar 60% dari rekaman ini diperoleh dari pasien rawat inap. Contoh rekam sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) yang normal dari basis data *MIT-BIH Arrhythmia Database* ditunjukkan oleh Gambar 3.1, sedangkan contoh denyut jantung abnormal ditunjukkan oleh Gambar 3.2.

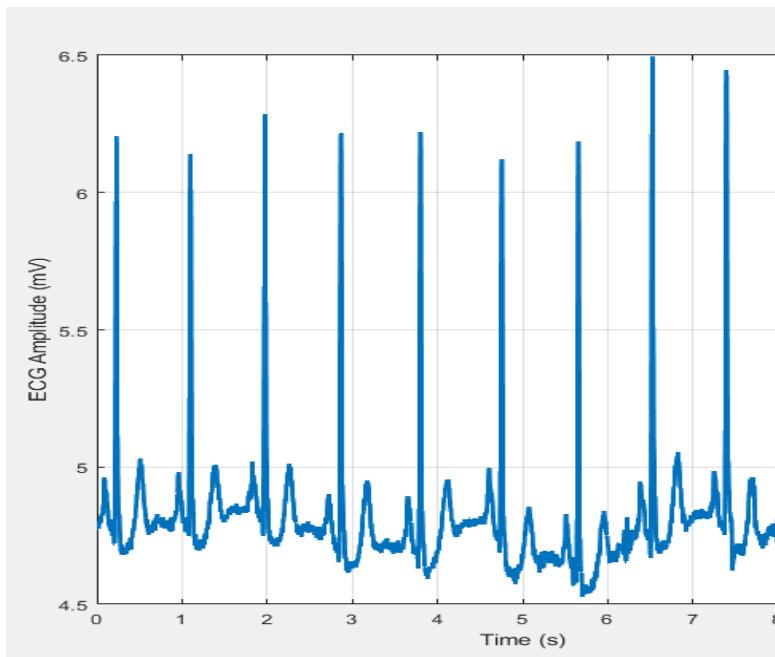


**Gambar 3.1 Contoh data sinyal denyut jantung berbasis EKG normal dari *MIT-BIH Arrhythmia Database* [13]**



**Gambar 3.2 Contoh sinyal denyut jantung abnormal [14]**

Basis data berisi 48 rekaman yang berdurasi kurang lebih 30 menit. Sebagian besar data direkam menggunakan konfigurasi modifikasi *limb lead II* (MLII). Rekaman lainnya merupakan lead V1 yang dimodifikasi, serta ada juga yang menggunakan konfigurasi lead V2, V4, dan V5. Pada Tugas Akhir ini, data masukan yang akan digunakan terdiri dari 40 rekaman sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) yang berdurasi sepanjang kurang lebih 30 menit. Data yang dipilih merupakan data sinyal yang direkam menggunakan konfigurasi *lead V1* serta diambil 10 detik pertama dari setiap rekam data. Salah satu contoh data masukan ditunjukkan oleh Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Contoh data masukan

### 3.1.2 Data Keluaran

Data masukan akan diproses dengan menggunakan metode *denoising*, *peaks detection*, dan *signal segmentation*. Hasil dari proses segmentasi adalah data sinyal elektrokardiogram yang terbagi berdasar denyut-per-denyut.

## 3.2 Desain Umum Sistem

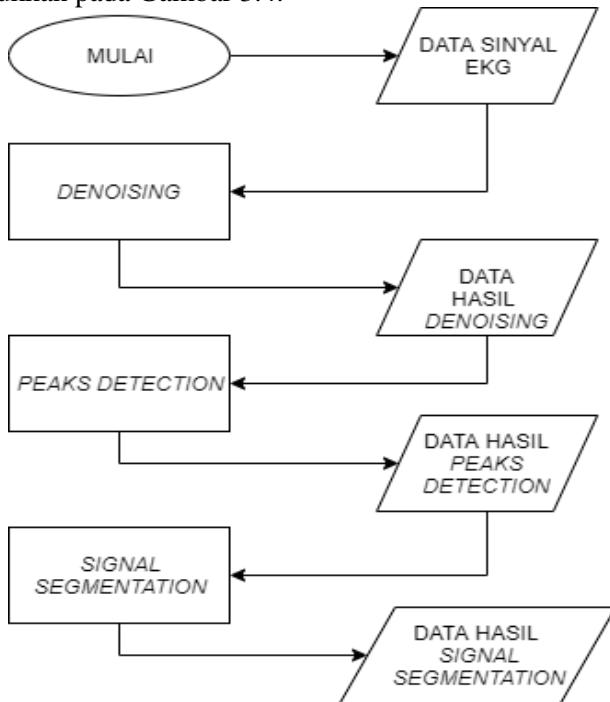
Rancangan perangkat lunak segmentasi denyut jantung berbasis elektrokardiogram menggunakan *median filter* dan algoritma Pan-Tompkins meliputi tahap *denoising*, *peaks detection*, dan *signal segmentation*. Proses *denoising* bertujuan untuk mengurangi derau dari *power line interference* dan *baseline wanderings* yang ada pada gelombang sinyal denyut jantung berbasis EKG.

Proses *denoising* akan dilakukan menggunakan 2 *median filter*. *Median filter* pertama menggunakan *sliding window* sebesar 600 ms, kemudian *median filter* kedua akan menggunakan *sliding window* sebesar 200 ms.

Setelah melakukan *denoising*, akan dilakukan proses *peaks detection* untuk menentukan posisi puncak-puncak gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG). Proses ini dilakukan dengan menerapkan algoritma Pan-Tompkins.

Kemudian, akan dilanjutkan dengan proses *signal segmentation* atau segmentasi sinyal. Proses ini membagi sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) menjadi denyut tunggal (*single beats*). Denyut-denyut tunggal tersebut masing-masing akan digambarkan dalam plot grafik agar dapat ditentukan bahwa sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) yang telah disegmentasi sudah benar atau belum.

Diagram alir segmentasi denyut jantung berbasis EKG ditunjukkan pada Gambar 3.4.

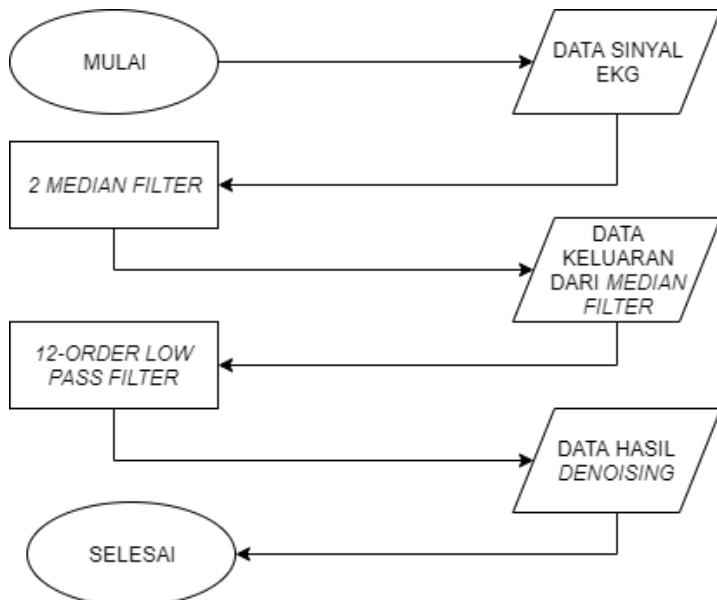


**Gambar 3.4 Desain sistem segmentasi denyut jantung berbasis EKG**

### 3.3 Denoising

*Denoising* merupakan metode untuk menghilangkan derau pada data sinyal denyut jantung. Derau yang dihilangkan adalah berupa *power line interference* dan *baseline wandering*. *Power line interference* merupakan derau yang disebabkan oleh perbedaan impedansi elektroda dan arus yang menyimpang melalui pasien dan kabel ketika perekaman sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG). *Power line interference*

memiliki parameter frekuensi sebesar 50 Hz. Sementara *baseline wandering* merupakan derau yang disebabkan oleh pernafasan atau pergerakan pasien saat perekaman sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG). Langkah *denoising* pada tahap *signal processing* terdapat pada Gambar 3.5.

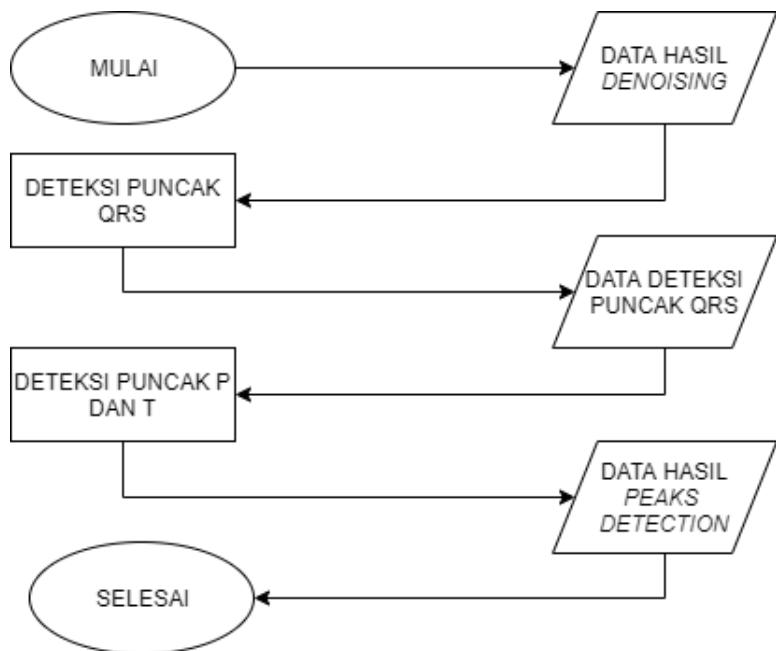


**Gambar 3.5 Langkah denoising**

Proses ini dilakukan dengan menggunakan dua *median filter* dan *12-order low pass filter* dengan frekuensi *cut-off* sebesar 35 Hz. Salah satu *median filter* memiliki panjang *sliding window*  $n = 600$  ms, sementara yang lain memiliki panjang *sliding window*  $n = 200$  ms.

### 3.4 Peaks Detection

Proses *peaks detection* adalah proses untuk mendeteksi puncak-puncak gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) pada data sinyal yang sudah melalui tahap *denoising*. Puncak-puncak gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) yang dideteksi adalah puncak gelombang P, Q, R, S, dan T. Langkah *peaks detection* pada tahap *signal processing* terdapat pada Gambar 3.6.

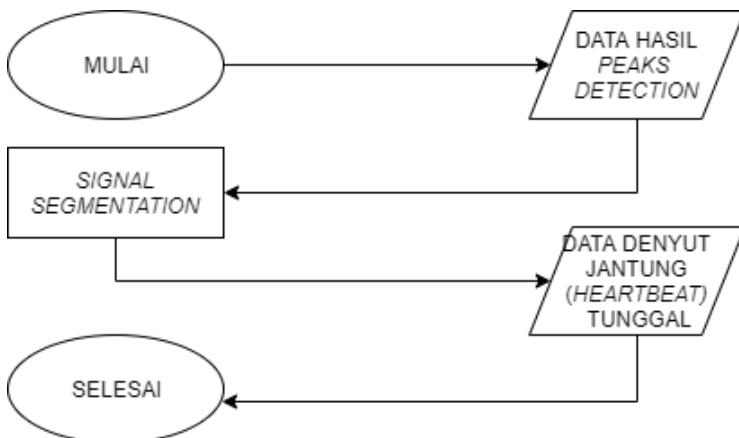


**Gambar 3.6 Langkah *peaks detection***

Proses ini dilakukan dengan menggunakan *WaveForm Database (WFDB) Toolbox* yang tersedia di Matlab. Fungsi yang digunakan berdasarkan pada algoritma Pan-Tompkins.

### 3.5 Signal Segmentation

Proses *signal segmentation* merupakan proses segmentasi atau pembagian data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) menjadi denyut jantung tunggal (*single heartbeat*). Proses ini dilakukan setelah data sinyal melalui proses *peaks detection*. Langkah *signal segmentation* pada tahap *signal processing* terdapat pada Gambar 3.7.



**Gambar 3.7 Langkah *signal segmentation***

Pada data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG), satu denyut tunggal ditentukan mulai dari puncak P sampai dengan puncak T. Jadi, dalam implementasi langkah *signal segmentation*, satu data rekaman sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) dibagi-bagi menjadi denyut-denyut tunggal (*single heartbeats*) berdasarkan posisi puncak-puncak P dan T yang telah dideteksi pada proses *peaks detection*.

## **BAB IV**

### **IMPLEMENTASI**

Bab ini berisi penjelasan mengenai implementasi dari perancangan yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya. Implementasi berupa kode sumber untuk membangun program.

#### **4.1 Lingkungan Implementasi**

Implementasi segmentasi denyut jantung dari data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) dengan *median filter* dan algoritma Pan-Tompkins menggunakan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Lingkungan Implementasi Perangkat Lunak**

Perangkat	Jenis Perangkat	Spesifikasi
Perangkat Keras	Prosesor	Intel(R) Core(TM) i7-2.6 GHz
	Memori	8 GB 1600 MHz DDR3L
Perangkat Lunak	Sistem Operasi	Windows 10
	Perangkat Pengembang	MATLAB R2018b

#### **4.2 Implementasi**

Pada sub bab implementasi ini menjelaskan mengenai pembangunan perangkat lunak secara detail dan menampilkan kode sumber yang Pada tugas akhir ini data yang digunakan seperti yang telah dijelaskan di bab sebelumnya yaitu 40 rekaman sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) yang berdurasi sepanjang kurang lebih 30 menit. Data yang dipilih

merupakan data sinyal yang direkam menggunakan konfigurasi *lead V1* serta diambil 10 detik pertama dari setiap rekam data..

#### 4.2.1 Implementasi Denoising

Hal pertama yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah melakukan *denoising* terhadap data sinyal berekstensi .dat. Berikut adalah *pseudocode* untuk melakukan *denoising* pada data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram menggunakan *median filter*. Proses ini dilakukan menggunakan fungsi `medfilt1` untuk menerapkan *median filter* 1 dimensi. Kemudian Proses *denoising* ditunjukkan oleh *pseudocode* pada Kode Sumber 4.1.

```
This program reads, denoises, and plots ECG signal data
```

```
Read ECG signal data
    Load the data to put into 'val' matrix
    val = (val - base)/gain
    signal = Lead I (V1) signal and first 10
seconds of data
    fs = sampling frequency
    time = signal length / sampling frequency
        with sampling frequency
    Plot the unfiltered signal
```

```
First denoising process with median filter
    Determine the sliding window = 600 ms
    Apply median filter(time, signal)
    Plot the first filtered signal
```

```
Second denoising process with median filter
    Determine the sliding window = 200 ms
    Apply median filter(time, signal)
    Plot the second filtered signal
```

```

Third denoising process with FIR filter
    Design the filter with a 12-order low-pass
    filter with a 35 Hz cut-off frequency
    Apply FIR filter(time, signal)
    Plot the third filtered signal

Save signal data

```

#### **Kode Sumber 4.1 Pseudocode untuk melakukan proses denoising**

Hal pertama yang dilakukan adalah membaca file data sampel sinyal pada direktori. Kemudian *powerline interference* dan *baseline wandering* dihilangkan dari sinyal menggunakan *median filter*. Selanjutnya data sinyal yang sudah bersih dari derau disimpan.

#### **4.2.2 Implementasi Peaks Detection**

Pada proses *peaks detection* ini, data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) akan dideteksi puncak-puncak gelombangnya. Proses ini menggunakan fungsi *wqrs* dan *ecgpuwave* yang terdapat di *WFDB Toolbox for Matlab*. Proses *peaks detection* dapat dilihat pada Kode Sumber 4.2.

```

function varargout=wqrs(varargin)

wqrs(recordName,N,N0,signal,threshold,findJ,
powerLineFrequency,resample)

```

```

function ecgpuwave(varargin)

    ecgpuwave(recordName,annFileName,startTi
    me,stopTime,qrsAnn,pflag,signalList)

```

**Kode Sumber 4.2 *Pseudocode* fungsi-fungsi untuk melakukan proses *peaks detection***

Pada Kode Sumber 4.2 data sinyal yang berekstensi .dat dibaca kemudian diplot untuk menentukan puncak-puncak gelombangnya. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan puncak P, Q, R, S, dan T pada gelombang sinyal. Setelah itu sinyal diplot lagi agar dapat dilihat hasilnya.

#### 4.2.3 Implementasi *Signal Segmentation*

Pada proses *signal segmentation* ini, data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) akan dipisahkan per denyut jantung yang terdapat dalam satu gelombang. Proses *peaks detection* dapat dilihat pada Gambar 4.4

```

load signal
fs = sampling frequency
extract QRS complex
for every QRS complexes in signal
    y = passband filter(signal)
    wavelets coefficient = y^2
    localized signal
    QRS peaks location = findpeaks(y,
    time, MinimumPeakHeight,
    MinimumPeakDistance)

```

**Kode Sumber 4.3 *Pseudocode* untuk melakukan proses *signal segmentation***

## **BAB V**

### **HASIL UJI COBA DAN EVALUASI**

Bab ini berisi penjelasan mengenai skenario uji coba dan evaluasi pada segmentasi denyut jantung dari data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) menggunakan *median filter* dan algoritma Pan-Tompkins. Hasil uji coba didapatkan dari implementasi pada bab 4. Bab ini berisikan pembahasan mengenai lingkungan pengujian, data pengujian, dan proses pengujian.

#### **5.1 Lingkungan Pengujian**

Lingkungan pengujian pada uji coba permasalahan segmentasi denyut jantung dari data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) dengan *median filter* dan algoritma Pan-Tompkins menggunakan spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Spesifikasi Lingkungan Pengujian**

<b>Perangkat</b>	<b>Jenis Perangkat</b>	<b>Spesifikasi</b>
<b>Perangkat Keras</b>	Prosesor	Intel(R) Core(TM) i7-2.6 GHz
	Memori	8 GB 1600 MHz DDR3L
<b>Perangkat Lunak</b>	Sistem Operasi	Windows 10
	Perangkat Pengembang	MATLAB R2018b

## 5.2 Data Pengujian

Subbab ini menjelaskan mengenai data yang digunakan pada uji coba. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, data yang digunakan adalah data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram yang direkam menggunakan konfigurasi *lead V1* serta diambil 10 detik pertama dari setiap rekam data.

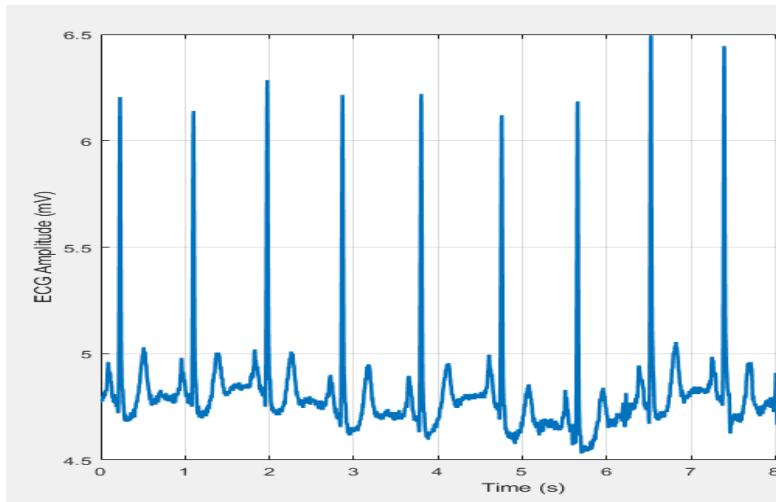
Data mentah kemudian diolah dengan tahap *denoising*, *peaks detection*, dan *signal segmentation*.

## 5.3 Proses pengujian

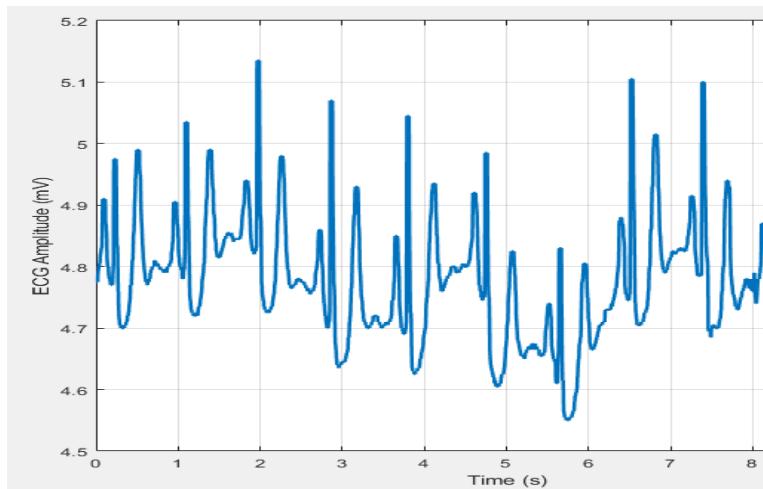
Subbab ini menjelaskan mengenai tahap pengujian yang diimplementasikan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, dalam proses pengujian ini terdiri dari *denoising*, *peaks detection*, dan *signal segmentation*.

### 5.3.1 Denoising

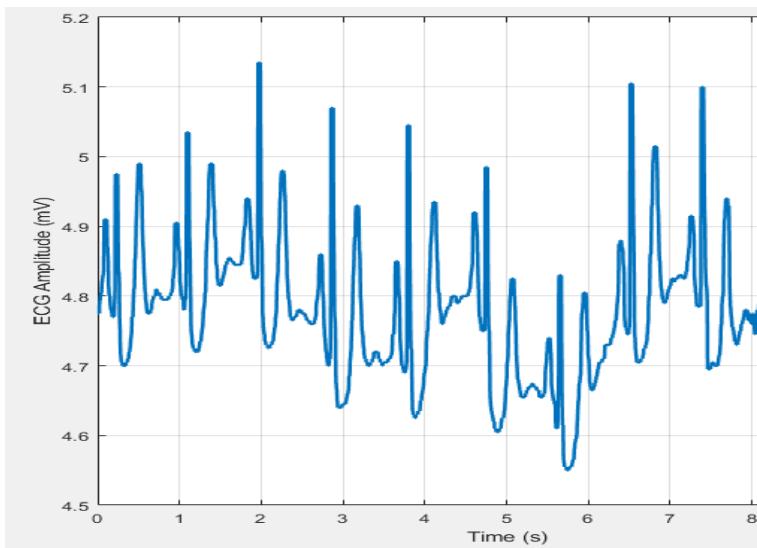
Pada tahap *denoising*, sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) dibersihkan dari derau berupa *baseline wandering* dan *power line interference*. Sinyal yang belum dibersihkan dari derau ditunjukkan oleh gambar 5.1. Hasil dari tahap *denoising* dapat dilihat di Gambar 5.2, 5.3, dan 5.4.



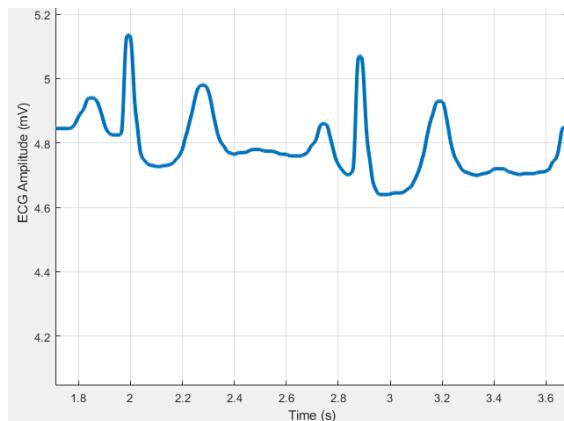
Gambar 5.1 Data sinyal masukan 101m.mat



Gambar 5.2 Data sinyal 101m.mat setelah denoising pertama menggunakan *median filter* dengan *sliding window* 600 ms



**Gambar 5.3 Data sinyal 101m.mat setelah *denoising* kedua menggunakan *median filter* dengan *sliding window* 200 ms**

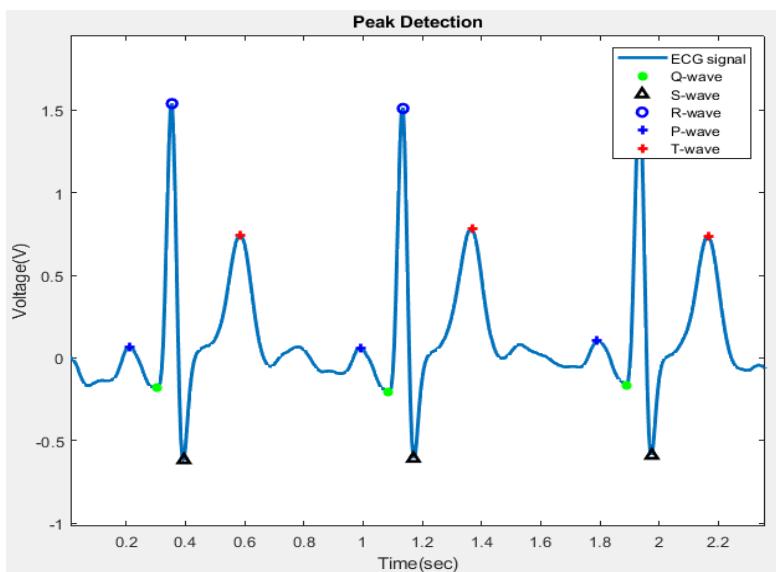


**Gambar 5.4 Data sinyal 101m.mat setelah semua tahap *denoising* selesai dilakukan**

Pada Gambar 5.1 menunjukkan sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) sebelum dilakukan proses *denoising*. Sementara pada Gambar 5.4 menunjukkan hasil akhir dari proses *denoising*. Terlihat perbedaan bentuk gelombang pada data sebelum maupun setelah dilakukan *denoising*. Sinyal setelah *denoising* merupakan sinyal yang sudah menghilangkan beberapa artefak seperti pernafasan dan pergerakan pasien.

### 5.3.2 Peaks Detection

Pada tahap *peaks detection*, sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) dideteksi puncak-puncak gelombangnya. Puncak-puncak gelombang yang dideteksi adalah puncak gelombang P, Q, R, S, dan T. Hasil dari tahap *peaks detection* dapat dilihat di Gambar 5.5.



**Gambar 5.5 Hasil proses peaks detection**

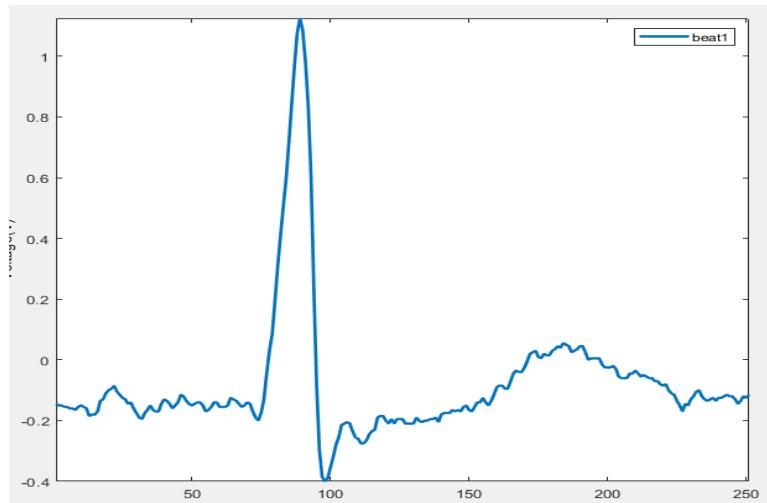
Algoritma Pan-Tompkins mendeteksi QRS complex terlebih dahulu untuk mendapatkan informasi fitur dari puncak-puncak Q, R, dan S. Setelah itu puncak gelombang P dan T baru dapat dideteksi.

Proses *peaks detection* menggunakan algoritma Pan-Tompkins telah memiliki filter tersendiri untuk menghilangkan derau. Sehingga algoritma yang dijalankan dapat mendeteksi puncak-puncak gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) dengan baik.

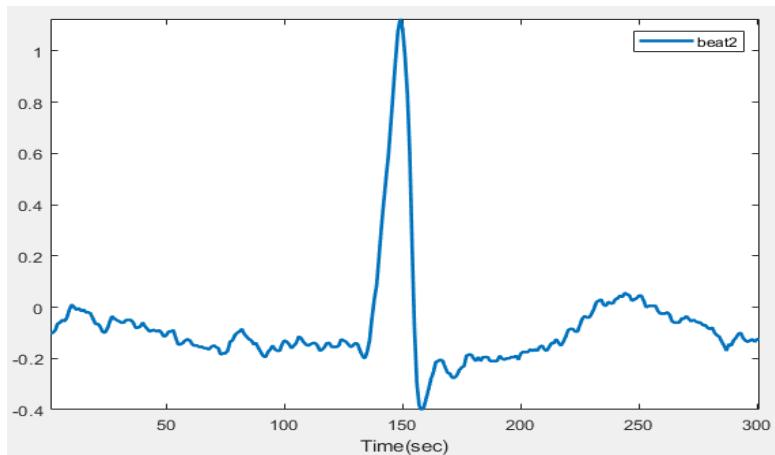
Oleh karena itu, data masukan untuk proses *peak detection* diganti dengan sampel data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) berdurasi 2.5 detik yang terdiri dari 3 denyut jantung. Pada Gambar 5.2 menunjukkan bahwa algoritma yang dijalankan mampu menunjukkan puncak-puncak gelombang dengan baik.

### 5.3.3 *Signal Segmentation*

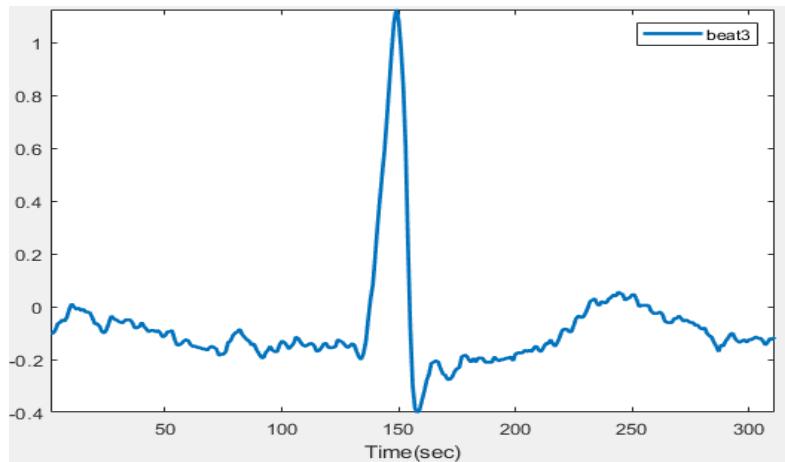
Pada tahap *signal segmentation*, sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) dipisahkan per denyut jantung. Hasil dari tahap *signal segmentation* dapat dilihat di Gambar 5.6, 5.7, dan 5.8.



**Gambar 5.6 Denyut jantung pertama hasil dari proses *signal segmentation***



**Gambar 5.7 Denyut jantung kedua hasil dari proses *signal segmentation***



**Gambar 5.8 Denyut jantung ketiga hasil dari proses *signal segmentation***

Proses *signal segmentation* menggunakan data masukan yang merupakan hasil dari *peaks detection*. Karena dari proses *peak detection* telah mampu mendeteksi puncak-puncak gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) dengan baik, maka proses *signal segmentation* yang dilakukan dengan mengisolasi *QRS complex* pada masing-masing denyut jantung dapat dilakukan dengan baik pula. Dapat dilihat dari Gambar 5.6, 5.7, dan 5.8 bahwa data sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) telah terpisah denyut-per-denyut.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan kesimpulan yang dapat diambil dari hasil uji coba yang telah dilakukan. Selain kesimpulan, terdapat juga saran yang ditujukan untuk pengembangan perangkat lunak nantinya.

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil uji coba segmentasi sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) menggunakan *median filter* dan Algoritma Pan-Tompkins adalah sebagai berikut:

1. Implementasi *median filter* dapat digunakan sebagai penghilang derau *baseline wandering* dan *powerline interference* yang terdapat pada sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG).
2. Implementasi algoritma Pan-Tompkins dapat dijadikan sebagai algoritma deteksi puncak gelombang sinyal denyut jantung berbasis elektrokardiogram (EKG) yang kemudian dapat membantu proses segmentasi sinyal.

#### **6.2 Saran**

Saran yang diberikan terkait pengembangan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Menambah jumlah data sinyal yang diujikan karena dari total data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dianggap masih terlalu sedikit.
2. Memperbaiki cara penggunaan algoritma yang digunakan untuk segmentasi karena data masukan pada proses segmentasi lebih sedikit daripada data masukan awal.

## LAMPIRAN

**Tabel A. 1 Daftar file yang digunakan sebagai data masukan awal**

No	Nama file	Lead	Sampling Frequency (Hz)
1	101m.mat	V1	360
2	105m.mat	V1	360
3	106m.mat	V1	360
4	107m.mat	V1	360
5	108m.mat	V1	360
6	109m.mat	V1	360
7	111m.mat	V1	360
8	112m.mat	V1	360
9	113m.mat	V1	360
10	115m.mat	V1	360
11	116m.mat	V1	360
12	118m.mat	V1	360
13	119m.mat	V1	360
14	121m.mat	V1	360
15	122m.mat	V1	360
16	200m.mat	V1	360
17	201m.mat	V1	360
18	202m.mat	V1	360
19	203m.mat	V1	360
20	205m.mat	V1	360
21	207m.mat	V1	360

22	208m.mat	V1	360
23	209m.mat	V1	360
24	210m.mat	V1	360
25	212m.mat	V1	360
26	213m.mat	V1	360
27	214m.mat	V1	360
28	215m.mat	V1	360
29	217m.mat	V1	360
30	219m.mat	V1	360
31	220m.mat	V1	360
32	221m.mat	V1	360
33	222m.mat	V1	360
34	223m.mat	V1	360
35	228m.mat	V1	360
36	230m.mat	V1	360
37	231m.mat	V1	360
38	232m.mat	V1	360
39	233m.mat	V1	360
40	234m.mat	V1	360

**Tabel B. 1 Kode sumber tahap *denoising***

1	cd dataset
2	wt = waitbar(0,'Please Wait....');
3	for k=100:109
4	str = int2str(k);
5	str = strcat(str,'.dat');
6	waitbar(k/109,wt);
7	End
8	close(wt);
9	[filename, pathname] = uigetfile('* .dat');
10	if isequal(filename, 0)    isequal(pathname, 0)
11	disp('File input canceled.');
12	ECG_Data = [];
13	Else
14	
15	str=fopen(filename,'r');
16	end;
17	time=10;
18	f=fread(str,1*200*time,'ubit12');
19	Orig_Sig=f(1:2:length(f));
20	cd ..;
21	% --- Executes denoising
22	% Removing Baseline Wandering
23	fs = 100;
24	t = 0:1/fs:1;
25	x = sin(2*pi*t*3)+0.25*sin(2*pi*t*40);



54	End
55	close(wt);
56	[filename, pathname] = uigetfile('* .dat');
57	if isequal(filename, 0)    isequal(pathname, 0)
58	disp('File input canceled.');
59	ECG_Data = [];
60	Else
61	
62	str=fopen(filename, 'r');
63	end;
64	time=10;
65	f=fread(str, 1*200*time, 'ubit12');
66	Orig_Sig=f(1:2:length(f));
67	cd ...;
68	% --- Executes denoising
69	fs = 100;
70	t = 0:1/fs:1;
71	x = sin(2*pi*t*3)+0.25*sin(2*pi*t*40);
72	% Removing Powerline interference
73	y = medfilt1(x,12);
74	sig=load('\dataset\input.dat');
75	N=length(sig);
76	fs=200;
77	t=[0:N-1]/fs;
78	figure(1);
79	subplot(3,1,1);
80	plot(sig)
81	title('Original Signal')

82	ylabel('voltage(v)')
83	b=2/32*[1 0 0 0 0 0 -2 0 0 0 0 0 1];
84	a=[1 -2 1];
85	sigL=filter(b,a,sig);
86	subplot(3,1,2);
87	plot(sigL,'r')
88	title('Filtered signal-Baseline removed')
89	ylabel('voltage(V)')
90	b=[-1/32 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1/32];
91	a=[1 -1];
92	sigH=filter(b,a,sigL);
93	subplot(3,1,3);
94	plot(sigH,'k')
95	title('Filtered signal-Powerline removed')
96	ylabel('voltage(V)')
97	xlabel('Time(sec)')
98	title('Filtered signal-Powerline removed')
99	ylabel('voltage(V)')
100	xlabel('Time(sec)')

**Tabel B. 2 Kode sumber tahap *peaks detection***

1	sig=load('dataset\input.dat');
2	N=length(sig);
3	fs=200;
4	t=[0:N-1]/fs;
5	b=1/32*[1 0 0 0 0 0 -2 0 0 0 0 0 1];
6	a=[1 -2 1];

7	sigL=filter(b,a,sig);
8	b=[ -1/32 0 1 -1 0 1/32];
9	a=[1 -1];
10	sigH=filter(b,a,sigL);
11	b=[1/4 1/8 0 -1/8 -1/4];
12	a=[1];
13	sigD=filter(b,a,sigH);
14	sigD2=sigD.^2;
15	signorm=sigD2/max(abs(sigD2));
16	h=ones(1,31)/31;
17	sigAV=conv(signorm,h);
18	sigAV=sigAV(15+[1:N]);
19	sigAV=sigAV/max(abs(sigAV));
20	threshold=mean(sigAV);
21	P_G= (sigAV>0.01);
22	figure;plot(sigL)
23	title('Peak Signal')
24	xlabel('Time(sec)')
25	ylabel('Voltage(V)')
26	difsig=diff(P_G);
27	left=find(difsig==1);
28	raight=find(difsig== -1);
29	left=left-(6+16);
30	raight=raight-(6+16);
31	for i=1:length(left);
32	
33	[R_A(i) R_t(i)]=max(sigL(left(i):raight(i)));

34	R_t(i)=R_t(i)-1+left(i) %add offset
35	
36	[Q_A(i) Q_t(i)]=min(sigL(left(i):R_t(i)) );
37	Q_t(i)=Q_t(i)-1+left(i)
38	
39	[S_A(i) S_t(i)]=min(sigL(left(i):raight(i)));
40	S_t(i)=S_t(i)-1+left(i)
41	
42	[P_A(i) P_t(i)]=max(sigL(left(i):Q_t(i)) );
43	P_t(i)=P_t(i)-1+left(i)
44	
45	[T_A(i) T_t(i)]=max(sigL(S_t(i):raight(i))));
46	T_t(i)=T_t(i)-1+left(i)+47
47	
48	End
49	figure;
50	plot(t,sigL,t(Q_t),Q_A,'*g',t(S_t),S_A,'^k', t(R_t), R_A,'ob',t(P_t),P_A,'+b',t(T_t),T_A,'+r' );
51	legend('ECG signal','Q-wave','R-wave','P- wave', 't-wave')
52	title('Peak Detection')
53	xlabel('Time(sec)')
54	ylabel('Voltage(V)')
55	for i=1:(length(P_t))-1)

56	
57	HRV=P_t(i+1)-P_t(i)
58	End

**Tabel B. 3 Kode sumber proses *signal segmentation***

1	load mit200;
2	qrsEx = ecgsig(4560:4810);
3	[mpdict,~,~,longs] = wmpdictionary(numel(qrs Ex),'lstcpt',{{'sym4',3}});
4	Figure
5	plot(qrsEx)
6	hold on
7	axis tight
8	legend('beat1')
9	ylabel('Voltage(V)')
10	xlabel('Time(sec)')
11	wt = modwt(ecgsig,5);
12	wtrec = zeros(size(wt));
13	[qrspeaks,locs] = findpeaks(ecgsig.^2,tm,'Mi nPeakHeight',0.35,...
14	'MinPeakDistance',0.150);
15	Figure
16	qrsEx = ecgsig(4500:4800);
17	plot(qrsEx)
18	hold on
19	axis tight
20	legend('beat2')
21	ylabel('Voltage(V)')

22	xlabel('Time(sec)')
23	Figure
24	qrsEx = ecgsig(4500:4810);
25	plot(qrsEx)
26	hold on
27	axis tight
28	legend('beat3')
29	ylabel('Voltage(V)')
30	xlabel('Time(sec)')

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Sannino and G. De Pietro, "A Deep Learning Approach for ECG-based Heartbeat Classification for Arrhythmia Detection," *Future Generation Computer Systems*, vol. 86, no. 13, pp. 446-455, 2018.
- [2] P. d. Chazal and R. B. Reilly, "A Patient-Adapting Heartbeat Classifier Using ECG Morphology and Heartbeat Interval Features," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 53, no. 12, pp. 2535-2543, 2006.
- [3] S. Chen, W. Hua, J. Li and X. Gao, "Heartbeat Classification Using Projected and Dynamic Features of ECG Signal," *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 31, no. 1, pp. 165-173, 2017.
- [4] Ö. Yıldırım, P. Pławiak, R.-S. Tan and U. R. Acharya, "Arrhythmia Detection Using Deep Convolutional Neural Network with Long Duration ECG Signals," *Computers in Biology and Medicine*, vol. 102, no. 11, pp. 411-420, 2018.
- [5] M. Kachuee, S. Fazeli and M. Sarrafzadeh, "ECG Heartbeat Classification: A Deep Transferable Representation," *arXiv:1805.00794 [cs.CY]*, July 2018.
- [6] K. Najarian and R. Splinter, *Biomedical Signal and Image Processing Second Edition*, Boca Raton: CRC Press, 2012.
- [7] D. S. Wijayanto, "Implementasi Jaringan

- Sensor Nirkabel untuk Pemantauan Elektrokardiogram di Tenda Medis Menggunakan Raspberry Pi," Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [8] F. Netter, *Atlas of Human Anatomy Fifth Edition*, Philadelphia: Saunders Elsevier, 2011.
- [9] M. Ohki, M. E. Zervakis and A. N. Venetsanopoulos, "3-D Digital Filters," *Control and Dynamic Systems*, vol. 69, no. 1, pp. 49-88, 1995.
- [10] I. Maulana and P. N. Andono, "Analisa Perbandingan Adaptif Median Filter Dan Median Filter Dalam Reduksi Noise Salt & Pepper," *Cogito Smart Journal*, vol. 2, no. 2, p. 157, 2016.
- [11] M. A. Hashima, Y. W. H. Haub and R. Baktheric, "Efficient QRS Complex Detection Algorithm Implementation on SOC-Based Embedded System," *Jurnal Teknologi (Science and Engineering)*, vol. 78, no. 7-5, pp. 49-58, 2016.
- [12] J. Pan and W. J. Tompkins, "A Real-Time QRS Detection Algorithm," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 32, no. 3, pp. 230-236, 1985.
- [13] H. Lassoued, R. Ketata and Y. Slim, "ECG Decision Support System based on feedforward Neural Networks," *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, vol. 1, no. 1, pp. 1-14, 2018.

- [14] J. Anderson and S. E. DiCarlo, ""Virtual" experiment for understanding the electrocardiogram and the mean electrical axis," *Advances in Physiology Education*, vol. 23, no. 1, pp. 1-17, 2000.

## **BIODATA PENULIS**



Pratiwi Fitriana Haris merupakan putri sulung dari pasangan Bapak Hartono dan Ibu Isti Nuratri. Lahir di Blora pada tanggal 23 Februari 1997. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Trisula 1 Blora (2001-2003), SDN Tempelan 2 Blora (2003-2009), SMP Negeri 2 Blora (2009-2012), SMA Negeri 1 Pati (2012-2014) dan S1 Teknik Informatika ITS (2014-2020). Bidang studi yang diambil oleh penulis pada saat

berkuliah di Teknik Informatika ITS adalah Komputasi Cerdas dan Visi (KCV). Penulis aktif dalam organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada periode 2015-2016 dan 2016-2017. Penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan yaitu ITS EXPO 2015 pada divisi Kompetisi Robot in Action serta SCHEMATICS 2015 pada divisi Hubungan Masyarakat. Penulis memiliki hobi membaca dan berdiskusi. Penulis dapat dihubungi melalui email: fhpratiwi@outlook.com.