

**SEGMENTASI FITUR SINYAL EKG BERDASARKAN  
*DISCRETE WAVELET TRANSFORM* DAN *WINDOWED  
ANALYSIS* UNTUK PERHITUNGAN *QT CORRECTION*  
DENGAN *BAZEET'S FORMULA***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



**OLEH :**

**HANIF HABIBIE SUPRIANSYAH**

**09011281621049**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

## LEMBAR PENGESAHAN

Segmentasi fitur sinyal EKG berdasarkan *Discrete Wavelet Transform* dan *Windowed Analysis* untuk perhitungan *QT Correction* dengan *Bazeet's Formula*

### TUGAS AKHIR

Program Studi Sistem Komputer  
Jenjang S1

Oleh


Hanif Habibie Supriansyah  
09011281621049

Indralaya, Desember 2019

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.  
NIP. 19690802 199401 2 001



Rossi Passarella, S.T., M.Eng.  
NIP. 19780611 201012 1 004

## HALAMAN PERSETUJUAN

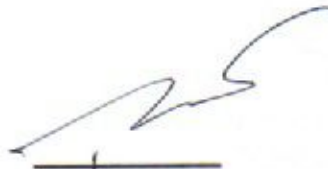

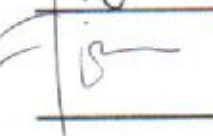
Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Jum'at

Tanggal : 20 Desember 2019

Tim Penguji :

1. Ketua : Rossi Passarella, S.T., M.Eng.
2. Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.
3. Anggota I : Dr. Ir. Bambang Tutuko, M.T.
4. Anggota II : Firdaus, S.T., M.Kom.

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
23/12/2019  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Rossi Passarella, S.T., M.Eng.

NIP. 197806112010121004

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hanif Habibie Supriansyah  
NIM : 09011281621049  
Judul : Segmentasi Fitur Sinyal EKG Berdasarkan *Discrete Wavelet Transform* dan *Windowed Analysis* untuk Perhitungan QT *Correction* dengan *Bazet's Formula*.

**Hasil Penyecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 4%**

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Indralaya, Desember 2019



**Hanif Habibie Supriansyah**  
NIM. 09011281621049

## HALAMAN PERSEMBAHAN

***“Work Hard in Silence, Let Success Make the Noise.”***

Selama saya hidup saya sering dapet pertanyaan

*“Apasih tipsnya biar bisa berprestasi?”*

*“Gimana sih caranya biar bisa cepet ngerti?”*

*“Kasih tips cara belajarnya biar pinter dong!”*

Tapi saya selalu jawab,

**“Saya bisa, bukan karena saya pintar, bukan karena saya selalu belajar, bukan karena kemampuan saya. Saya bisa, 90% nya karena doa orang tua saya. 5% nya karena keberuntungan. 5% lainnya karena usaha saya.”**

Karena saya yakin, di setiap sholatnya orang tua saya mendoakan saya, disaat masak ibu saya mendoakan saya, disaat berjualan ayah saya mendoakan saya, disaat kapanpun, saya selalu yakin doa mereka selalu ada untuk anaknya.

Yang saya lakukan sebagai anak hanya harus berbakti, tidak sesulit menjadi orang tua, tapi kadang saya masih gagal untuk jadi anak yang baik. Semoga Allah Subhanahu Wa Taa’la mengampuni saya, dan selalu melindungi orang tua saya. Semoga saya bisa menjadi anak atau kakak yang lebih baik lagi.

***Halaman ini dipersembahkan untuk kedua orang tua saya, sebagai bentuk ucapan terima kasih untuk mereka. Saya hidup untuk mereka. Saya bukan apa-apa tanpa mereka. Saya bisa karena doa orang tua saya.***

***“Tolong selalu doakan saya, Ibu, Ayah. Tanpa doa kalian, Hanif bisa apa?”***

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, atas segala karunia, berkat, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Proposal Tugas Akhir ini dengan judul “Segmentasi fitur sinyal EKG berdasarkan *Discrete Wavelet Transform* dan *Windowed Analysis* untuk perhitungan *QT Correction* dengan *Bazeet's Formula*”.

Dalam laporan ini penulis menjelaskan mengenai bagaimana cara melakukan segmentasi fitur dari sinyal EKG berdasarkan *discrete wavelet transform* dan *windowed analysis* dengan disertai data-data yang diperoleh penulis saat melakukan pengujian. Penulis berharap tulisan ini dapat bermanfaat bagi orang banyak, dan menjadi tambahan bahan bacaan dan referensi untuk para akademisi dan peneliti lain yang juga berada atau sedang menekuni bidang biomedik, khususnya penyakit jantung dan elektrokardiogram.

Pada penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapatkan ide dan saran serta bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala dan terimakasih kepada yang terhormat :

1. Kedua orang tua beserta keluarga yang selalu mendoakan, memberikan dukungan baik moril maupun materil, serta motivasi dan semangat selama hidup penulis.
2. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd. M.T selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
3. Bapak Rossi Passarella, S.T.,M.Eng selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir Penulis yang banyak memberikan arahan, bimbingan serta ilmu yang bermanfaat.
5. Bapak Huda Ubaya, S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer.

6. Bapak Ahmad Heryanto, S.Kom, M.T., selaku mentor dan panutan selama menjadi mahasiswa di Sistem Komputer, yang banyak memberikan masukan dan sebagai tempat berdiskusi banyak hal.
7. Kak Muhammad Naufal, Mbak Annisa Darmawahyuni, dan semua teman-teman yang tergabung dalam grup riset EKG yang turut membantu memberikan arahan serta ilmunya.
8. Muhammad Irham Rizki Fauzi sebagai partner dan teman dari awal pengerjaan tugas akhir, baik dalam pencarian literatur, pemrograman, serta diskusi mengenai riset dan lainnya.
9. Jerry Pratama Saputra, Adithia Jovandy, Nauval Faris, Meily Wahyuni, Bima Kurniawan sebagai teman yang banyak membantu dan menemani dari awal perkuliahan hingga pembuatan tugas akhir ini.
10. Krisma Bela sebagai partner yang selalu menemani dan memberikan dukungan serta motivasi untuk selalu menjadi lebih baik.
11. Teman - teman dari Jurusan Sistem Komputer yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Khususnya seluruh teman-teman dari kelas SK16B Indralaya.
12. Dan semua pihak yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa Proposal ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar lebih baik lagi dikemudian hari.

Akhir kata dengan segala keterbatasan, penulis berharap semoga laporan ini menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi kita semua khususnya bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya secara langsung ataupun tidak langsung sebagai sumbangan pemikiran dalam peningkatan mutu pembelajaran dan penelitian.

Indralaya, Desember 2019

Penulis

# SEGMENTASI FITUR SINYAL EKG BERDASARKAN *DISCRETE WAVELET TRANSFORM* DAN *WINDOWED ANALYSIS* UNTUK PERHITUNGAN *QT CORRECTION* DENGAN *BAZEET'S FORMULA*

**Hanif Habibie (09011281621049)**

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : [hanif.habibie2@gmail.com](mailto:hanif.habibie2@gmail.com)

## ABSTRAK

*Congenital Long QT Syndrome* adalah penyakit jantung langka yang ditandai dengan perpanjangan interval QT pada sinyal. Perhitungan interval QT didapat dengan mencari durasi dari titik awal  $QRS_{on}$  hingga akhir dari gelombang T atau  $T_{end}$ . Untuk mendapatkan lokasi dari fitur sinyal elektrokardiogram tersebut, diperlukan proses segmentasi dari setiap fitur pada sinyal elektrokardiogram. Penelitian ini mengusulkan algoritma untuk segmentasi fitur sinyal elektrokardiogram dengan metode *Discrete Wavelet Transform* dan *Windowed Analysis* untuk proses segmentasi fitur tersebut. Selanjutnya, digunakan metode *Bazeet's Formula* untuk melakukan perhitungan *QT Correction* untuk mengukur durasi dari interval QT. Penelitian ini menggunakan dataset QTDB yang disediakan secara publik oleh *Physionet*. Tahapan dalam penelitian ini meliputi prapemrosesan data untuk mengambil dan koreksi lokasi puncak R, *denoising* sinyal menggunakan *Discrete Wavelet Transform*, segmentasi fitur sinyal elektrokardiogram dengan hasil rekonstruksi per level (*Inverse Discrete Wavelet Transform*) dan *Windowed Analysis*. Berdasarkan tahapan-tahapan tersebut, hasil penelitian memiliki nilai rata-rata error (*mean error*) dengan  $P_{on}$  -0.001 detik,  $P_{peak}$  -0.002 detik,  $QRS_{on}$  -0.007 detik,  $QRS_{off}$  0.004 detik,  $T_{peak}$  0.011 detik, dan  $T_{end}$  -0.011 detik. Penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma yang dirancang mampu melakukan segmentasi fitur sinyal EKG dengan baik, dan hasil perhitungan *QT Correction* dapat dijadikan sebagai referensi untuk indikasi awal adanya *Long QT Syndrome*.

**Kata Kunci :** Segmentasi, *Long QT Syndrome*, Elektrokardiogram, *Discrete Wavelet Transform*, *Windowed Analysis*, *QT Correction*, *Bazeet's Formula*



**ECG SIGNAL FEATURES SEGMENTATION BASED ON DISCRETE  
WAVELET TRANSFORM AND WINDOWED ANALYSIS FOR  
CALCULATION OF QT CORRECTION WITH BAZEET'S FORMULA**

**Hanif Habibie Supriansyah (09011281621049)**

*Dept. of Computer Engineering, Faculty of Computer Science, Sriwijaya  
University*

*Email : [hanif.habibie2@gmail.com](mailto:hanif.habibie2@gmail.com)*

**ABSTRACT**

*Congenital Long QT Syndrome is a rare heart disease characterized by an extension of the QT interval on the signal. QT interval calculation is obtained by finding the duration from the  $QRS_{on}$  start point to the end of the T or  $T_{end}$  wave. To get the location of the electrocardiogram signal features, it requires a segmentation process of each feature on the electrocardiogram signal. This study proposes an algorithm for segmenting electrocardiogram signal features using the Discrete Wavelet Transform and Windowed Analysis methods for the segmentation process of these features. Next, the Bazeet's Formula method is used to calculate the QT Correction to measure the duration of the QT interval. This study uses the QTDB dataset publicly provided by Physionet. The stages in this research include the pre-processing of data to retrieve and correct the location of the R peak, denoising the signal using Discrete Wavelet Transform, segmenting electrocardiogram signal features with the results of reconstruction each level (Inverse Discrete Wavelet Transform) and Windowed Analysis. Based on these stages, the results of the study have an average value of error (mean error) with  $P_{on}$  -0.001 seconds,  $P_{peak}$  -0.002 seconds,  $QRS_{on}$  -0.007 seconds,  $QRS_{off}$  0.004 seconds,  $T_{peak}$  0.011 seconds, and  $T_{end}$  -0.011 seconds. This study shows that the algorithm designed is able to segment ECG signal features correctly, and the results of QT Correction calculations can be used as a reference for early indications of Long QT Syndrome..*

**Keywords:** *Segmentation, Long QT Syndrome, Electrocardiogram, Discrete Wavelet Transform, Windowed Analysis, QT Correction, Bazeet's Formula*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	3
1.3. Rumusan Masalah .....	3
1.4. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Gelombang EKG .....	5
2.2. Basis Data QTDB .....	8
2.3. <i>Congenital Long QT Syndrome</i> .....	10
2.4. <i>Discrete Wavelet Transform</i> .....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Pendahuluan .....	18
3.2. Kerangka Kerja .....	18
3.3. Pra Pemrosesan Data .....	20
3.4. <i>Denoising</i> Sinyal EKG .....	23
3.4.1. Dekomposisi Sinyal EKG dengan <i>Discrete Wavelet Transform</i> .....	24

3.4.2.	<i>Baseline Wander Removal</i> .....	25
3.4.3.	<i>Noise Removal dengan Soft Thresholding</i> .....	26
3.4.4.	<i>Inverse Discrete Wavelet Transform</i> .....	27
3.5.	Segmentasi Fitur EKG .....	27
3.5.1.	Deteksi QRS <sub>on</sub> dan QRS <sub>off</sub> .....	28
3.5.2.	Deteksi Gelombang P .....	33
3.5.3.	Deteksi Gelombang T .....	37
3.6.	Perhitungan <i>QT Correction</i> .....	41
3.7.	Validasi .....	43
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1.	Pendahuluan .....	46
4.2.	Dataset QTDB .....	46
4.3.	Proses <i>Denosing</i> Sinyal EKG .....	46
4.4.	Segmentasi Fitur Sinyal EKG .....	52
4.4.1.	Percobaan dan Pengujian Algoritma QRS <sub>off</sub> .....	53
4.4.2.	Percobaan dan Pengujian Algoritma P <sub>peak</sub> .....	54
4.4.3.	Percobaan dan Pengujian Algoritma P <sub>onset</sub> .....	54
4.4.4.	Hasil dari Percobaan dan Pengujian Algoritma .....	55
4.5.	Perhitungan <i>QT Correction</i> .....	62
<b>BAB V KESIMPULAN</b>		
5.1.	Kesimpulan .....	66
5.2.	Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		<b>67</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gelombang EKG normal .....	5
Gambar 2.2. Gelombang, segmen, dan interval pada sinyal EKG .....	7
Gambar 2.3. Beberapa macam dari keluarga wavelet .....	13
Gambar 2.4. (a) Contoh proses dekomposisi, (b) Contoh proses rekonstruksi	16
Gambar 3.1. Kerangka kerja penelitian .....	19
Gambar 3.2. Isi dari kamus file .atr .....	20
Gambar 3.3. Lokasi <i>non-beat annotations</i> pada sinyal EKG .....	23
Gambar 3.4. <i>Flowchart denoising</i> sinyal EKG .....	24
Gambar 3.5. Perbandingan Sinyal dengan <i>baseline wander</i> dan tidak .....	26
Gambar 3.6. Perbandingan sinyal mentah dan sinyal hasil <i>denoising</i> .....	27
Gambar 3.7. <i>Flowchart</i> segmentasi fitur sinyal EKG .....	28
Gambar 3.8. <i>Flowchart</i> deteksi QRS <sub>on</sub> .....	29
Gambar 3.9. <i>Flowchart</i> deteksi QRS <sub>off</sub> .....	30
Gambar 3.10. Gelombang Q .....	31
Gambar 3.11. QRS <sub>on</sub> dan gelombang Q .....	32
Gambar 3.12. Gelombang S .....	33
Gambar 3.13. QRS <sub>off</sub> dan gelombang S .....	33
Gambar 3.14. <i>Flowchart</i> deteksi gelombang P .....	34
Gambar 3.15. Gelombang P pada <i>Original Searching Window (OSW)</i> .....	35
Gambar 3.16. Gelombang P pada <i>Narrow Searching Window (NSW)</i> .....	36
Gambar 3.17. Titik P <i>onset</i> .....	37
Gambar 3.18. <i>Flowchart</i> deteksi gelombang T .....	38
Gambar 3.19. Titik T <sub>peak</sub> & T <sub>end</sub> pada saat TMAX positif & diatas <i>threshold</i>	39
Gambar 3.20. Titik T <sub>peak</sub> & T <sub>end</sub> pada saat TMAX positif & dibawah <i>threshold</i>	40
Gambar 3.21. Titik T <sub>peak</sub> & T <sub>end</sub> pada saat TMAX negatif & diatas <i>threshold</i>	40
Gambar 3.22. Titik T <sub>peak</sub> & T <sub>end</sub> pada saat TMAX negatif & dibawah <i>threshold</i>	41
Gambar 3.23. <i>Flowchart</i> deteksi <i>Congenital Long QT Syndrome</i> .....	42
Gambar 3.24. <i>Beat</i> dengan nilai QTc lebih dari 0.5 detik .....	43
Gambar 3.25. Perbandingan antara <i>ground truth expert</i> , <i>ecgpuwave</i> , dan hasil algoritma .....	44

Gambar 4.1. Perbandingan sinyal mentah, sinyal hasil <i>denoising</i> tiap <i>dataset</i>	47
Gambar 4.2. Sinyal rekonstruksi dari setiap koefisien detail.....	49
Gambar 4.3. Sinyal hasil <i>denoising</i> dan sinyal rekonstruksi tiap level.....	50
Gambar 4.4. Perbandingan dari hasil percobaan dan pengujian QRS <sub>off</sub> .....	53
Gambar 4.5. Perbandingan dari hasil percobaan dan pengujian P puncak .....	54
Gambar 4.6. Perbandingan dari hasil percobaan dan pengujian P <sub>on</sub> .....	55
Gambar 4.7. Perbandingan dari hasil percobaan.....	56
Gambar 4.8. Hasil segmentasi fitur EKG .....	57
Gambar 4.9. Persebaran data perhitungan QTc tiap dataset .....	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Amplitudo dan durasi normal dari gelombang EKG .....	8
Tabel 2.2. Persebaran dari basis data QTDB .....	9
Tabel 2.3. Karakteristik dari anotasi basis data QTDB .....	9
Tabel 2.4. QT Interval ( <i>Uncorrected</i> ) .....	11
Tabel 2.5. Pembagian rekomendasi nilai untuk QTc interval .....	12
Tabel 3.1. Simbol dari anotasi beat atau detak jantung .....	21
Tabel 3.2. Simbol dari anotasi <i>non-beat</i> .....	22
Tabel 3.3. Frekuensi ideal pada koefisien di setiap level dekomposisi .....	25
Tabel 4.1. Nilai error rata-rata untuk setiap fitur pada 6 dataset QTDB.....	58
Tabel 4.2. Nilai standar deviasi untuk setiap fitur pada 6 dataset QTDB.....	59
Tabel 4.3. Nilai error algoritma dengan <i>ground truth</i> pada dataset QTDB .....	60
Tabel 4.3. Perbandingan error dengan penelitian lainnya.....	61

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**LAMPIRAN 1.** Form Revisi Sidang TA 2

**LAMPIRAN 2.** Hasil cek plagiarisme TA 2

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

*Congenital long QT syndrome* (LQTS) adalah penyakit jantung langka yang ditandai dengan perpanjangan interval QT pada sinyal EKG dan memiliki risiko tinggi aritmia yang mengancam jiwa. Kemungkinan kemunculan penyakit diperkirakan mendekati 1 dari 2.500 kelahiran hidup [1]. *Congenital Long QT syndrome* (LQTS) adalah kondisi irama jantung yang berpotensi menyebabkan detak jantung yang cepat dan kacau. Detak jantung yang cepat ini bisa memicu keadaan seperti kejang mendadak. Dalam beberapa kasus, jantung dapat berdetak tidak menentu begitu lama sehingga menyebabkan kematian mendadak. Kemungkinan adanya penyakit ini bisa disebabkan akibat adanya mutasi genetik yang memungkinkan penderitanya menderita risiko dilahirkan dengan sindrom ini. Selain itu, obat-obatan tertentu, ketidakseimbangan garam dan mineral tubuh (kelainan elektrolit), dan kondisi medis dapat menyebabkan *Congenital Long QT Syndrome* [2]. Dalam keadaan normal, sinyal EKG memiliki nilai dan batas normal dari setiap fitur atau gelombangnya [3]. Sedangkan *Congenital Long QT Syndrome* termasuk kelainan dalam salah satu fitur dari gelombang EKG, yaitu gelombang Q dan gelombang T yang memiliki interval lebih dari batas normal.

Sinyal EKG adalah gelombang periodik dengan satu siklus yang terdiri dari gelombang P, kompleks QRS dan gelombang T [4]. Analisis sinyal EKG sangat penting dalam diagnosis penyakit jantung. Sinyal EKG menyampaikan informasi tentang struktur dan fungsi jantung. Sinyal EKG dicirikan oleh lima puncak dan lembah berlabel huruf P, Q, R, S, T. Ada juga gelombang U dalam sinyal EKG yang memiliki amplitudo sangat rendah atau bahkan lebih sering tidak ada. Hal utama dari sinyal EKG adalah siklus berulang tiga entitas listrik: gelombang P (depolarisasi atrium), kompleks QRS (depolarisasi ventrikel) dan gelombang T (repolarisasi ventrikel) [5].



Terdapat beberapa *noise* yang berbeda dipengaruhi oleh sinyal EKG selama akuisisi dan transmisi datanya. Beberapa *noise* yang terdapat pada sinyal EKG antara lain seperti *motion artifact*, *powerline interferences*, *muscle artifcacts*, dan *baseline wander*. [6] *Noise* yang terkontaminasi dalam sinyal EKG dapat menyebabkan interpretasi yang salah. Maka diperlukan metode untuk membersihkan *noise* dari sinyal EKG.

Setelah didapatkan data sinyal yang baik, perlu adanya analisa dan interpretasi terhadap sinyal EKG tersebut. Pengembangan algoritma segmentasi EKG yang efisien sangat penting. Sebagian besar informasi yang berguna secara klinis dalam sinyal EKG hadir dalam interval dan amplitudo yang ditentukan oleh fitur-fiturnya. Algoritma dalam deteksi dan segmentasi fitur pada sinyal EKG juga membantu dalam pendeteksian masalah jantung. Sejumlah teknik telah diusulkan untuk mendeteksi fitur EKG seperti penelitian yang dilakukan oleh M. Umer et. al [7] yang melakukan proses pendeteksian fitur dengan menggunakan *Novel Windowing Algorithm*. Pada penelitian tersebut, mengimplementasikan *adaptive notch filter* dan *2<sup>nd</sup> order filter* untuk *preprocessing* sinyal EKG. Selanjutnya digunakan *windowing algorithm* untuk melakukan ekstraksi fitur dari setiap gelombang EKG. Penelitian tersebut berhasil mendapatkan akurasi rata-rata sebesar 96.72% untuk deteksi gelombang P, 97.12% untuk deteksi gelombang Q, 96.04% untuk deteksi gelombang R, 97.32% untuk deteksi gelombang S, 97.56% untuk deteksi gelombang T. Namun dalam deteksinya, hanya dibatasi pada deteksi setiap puncak dari gelombang EKG, tanpa mendeteksi awal (*onset*) dan akhir (*offset*) gelombangnya.

Dalam mendeteksi adanya *Long QT Syndrome* diperlukan segmentasi sinyal EKG untuk awal dari *QRS complex* dan akhir dari gelombang T. H. Lin et. al [8] mengimplementasikan metode untuk *noise removal* dan segmentasi fitur menggunakan *discrete wavelet transform* pada database QTDB milik physionet. Sinyal EKG akan didekomposisi menjadi 8 level, menggunakan *mother wavelet sym5* dan metode *thresholding*. Penelitian ini mampu menghilangkan *noise* dari sinyal EKG. Selanjutnya, sinyal dekomposisi akan direkonstruksi dan dijadikan acuan untuk segmentasi fitur dari setiap gelombang dalam sinyal EKG.

Sensitivitas dari setiap deteksi fitur pada penelitian ini adalah 99.75% untuk deteksi gelombang P, 99.97% untuk deteksi gelombang QRS *onset*, 99.94% untuk deteksi gelombang R, 99.94% untuk deteksi gelombang QRS *offset*, 99.7% untuk deteksi gelombang T *peak*, dan 99.7% untuk deteksi gelombang T *end*. Namun pada penelitian ini hanya berfokus untuk menguji menghilangkan *noise* dan segmentasi fitur dari sinyal EKG, tidak melihat adanya indikasi dari perpanjangan interval QT dengan menghitung *QT Correction*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai segmentasi EKG dengan wavelet, maka penelitian ini akan menggunakan metode yang sama dalam menghilangkan *noise* dan segmentasi fitur EKG. Sedangkan untuk menghitung perpanjangan interval QT (*Long QT Syndrome*), digunakan *Bazeet's Formula*. Sehingga penelitian ini akan mengangkat judul Segmentasi fitur sinyal EKG berdasarkan *Discrete Wavelet Transform* dan *Windowed Analysis* untuk perhitungan *QT Correction* dengan *Bazeet's Formula*.

## 1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan segmentasi fitur gelombang PQRST dari sinyal EKG menggunakan *discrete wavelet transform* dan *windowed analysis*.
2. Membuat algoritma berdasarkan *Bazeet's Formula* untuk menghitung *QT Correction*.

## 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah yang ada pada tugas akhir ini adalah:

1. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah dataset QTDB yang disediakan oleh *physionet*.
2. *Record* yang digunakan adalah *record* yang lengkap, yaitu memiliki anotasi P, Q, R, S, T pada manual anotasi yang tersedia dalam dokumentasi dataset QTDB.
3. Data sinyal EKG akan disampel untuk memudahkan dalam visualisasi hasil.

4. Penelitian ini bersifat simulasi program dengan bahasa pemrograman Python, untuk segmentasi fitur dari sinyal EKG dan perhitungan *QT Correction* dengan *Bazeet's Formula*.

#### **1.4. Sistematika Penulisan**

Sistematika yang akan digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab pertama akan berisikan pemaparan yang sistematis mengenai latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, dan sistematika penulisan

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab *kedua* akan berisi penjelasan mengenai teori dasar yang akan menunjang penelitian ini. Dasar teori akan membahas literatur mengenai gelombang EKG, basis data QTDB, *Congenital Long QT Syndrome*, dan *Discrete Wavelet Transform*

##### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ketiga ini menjelaskan proses dalam menjalankan penelitian, mulai dari pra pemrosesan data, *denoising* sinyal EKG, segmentasi fitur, dan perhitungan QT Correction untuk *Long QT Syndrome*.

##### **BAB IV HASIL DAN ANALISIS**

Pada bab keempat ini menjelaskan hasil dan analisa terhadap penelitian yang telah dilakukan.

##### **BAB V KESIMPULAN**

Pada bab kelima ini menarik kesimpulan berdasarkan hasil dan analisa terhadap penelitian yang telah dilakukan

## Daftar Pustaka

- [1] L. Crotti, G. Celano, F. Dagradi, and P. J. Schwartz, "Congenital long QT syndrome," *Orphanet journal of Rare Disease*, vol. 16, pp. 1–16, 2008.
- [2] N. M. A. Lapointe, J. M. Kramer, and R. M. Califf, "What Clinicians Should Know About the QT Interval," *Jama The Journal Of The American Medical Association*, vol. 289, no. 16, pp. 2120–2128, 2003.
- [3] H. AL-Ziarjawey, "Heart Rate Monitoring and PQRST Detection Based on Graphical User Interface with Matlab," *International Journal of Information and Electronics Engineering*, vol. 5, no. 4, pp. 311–316, 2014.
- [4] C. M. A. Hedayat, H. Chia, X. Zhou, C. Richard., "Supervised ECG Interval Segmentation Using LSTM Neural Network," in *Int'l Conf. Bioinformatics and Computational Biology BIOCOMP'18*, 2018, no. August, p. 71.
- [5] K. G. Reddy and P. A. Vijaya, "ECG Signal Characterization and Correlation To Heart Abnormalities," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 4, no. 5, pp. 1212–1216, 2017.
- [6] D. P. P. K. Sahu, "P and T wave detection and delineation of ECG signal using differential evolution ( DE ) optimization strategy," *Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine*, 2018.
- [7] M. Umer, B. A. Bhatti, M. H. Tariq, M. Zia-ul-hassan, M. Y. Khan, and T. Zaidi, "Electrocardiogram Feature Extraction and Pattern Recognition Using a Novel Windowing Algorithm," *Advances in Bioscience and Biotechnology*, no. October, pp. 886–894, 2014.
- [8] H. Y. Lin, S. Y. Liang, Y. L. Ho, Y. H. Lin, and H. P. Ma, "Discrete-wavelet-transform-based noise removal and feature extraction for ECG signals," *IRBM*, vol. 35, no. 6, pp. 351–361, 2014.
- [9] A. Peterkova and M. Stremy, "The raw ECG signal processing and the detection of QRS complex," in *IEEE European Modelling Symposium*, 2015.
- [10] G. De Lannoy, B. Frenay, M. Verleysen, and J. Delbeke, "Supervised ECG

- Delineation Using the Wavelet Transform and Hidden Markov Models,” in *5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering*, 2012, vol. 37, no. January.
- [11] A. Gacek and W. Pedrycz, *ECG Signal Processing, Classification and Interpretation*. 2012.
- [12] D. E. Becker, “Fundamentals of electrocardiography interpretation.,” *Anesthesia progress*, vol. 53, no. 2, pp. 53–63; quiz 64, 2006.
- [13] A. L. Goldberger *et al.*, “PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals,” *Circulation*, vol. 101, no. 203, 2000.
- [14] “The QTDB Database.” [Online]. Available: <https://physionet.org/physiobank/database/qtdb/>. [Accessed: 02-Jul-2019].
- [15] P. Laguna, R. G. Mark, A. Goldberg, and G. B. Moody, “A database for evaluation of algorithms for measurement of QT and other waveform intervals in the ECG,” *Computers in Cardiology 1997*, no. October, pp. 673–676, 1997.
- [16] D. Hayn and S. Lobodzinski, “Development of a New QT Algorithm With Heterogenous ECG Databases,” *Journal of Electrocardiology*, vol. 36, no. 3, 2003.
- [17] J. Heather, H. Lee-Anna, S. M. Shubhayan, and T. A. Laura, “Long QT syndrome,” *Canadian Medical Association Journal*, vol. 183, no. 11, pp. 1272–1275, 2011.
- [18] P. J. Schwartz *et al.*, “Prevalence of the congenital long-qt syndrome,” *Circulation*, vol. 120, no. 18, pp. 1761–1767, 2009.
- [19] A. L. Goldberger, Z. D. Goldberger, and A. Shvilkin, “How to Make Basic ECG Measurements,” *Goldberger’s Clinical Electrocardiography*, pp. 11–20, 2017.
- [20] B. Vandenbergk *et al.*, “Which QT correction formulae to use for QT monitoring?,” *Journal of the American Heart Association*, vol. 5, no. 6, 2016.
- [21] Z. I. Bitar, O. Maadarani, H. Alfayed, and M. Bitar, “Beyond a prolonged QT interval,” *Journal of the Royal Society of Medicine Short Report*, vol. 4,

- no. 11, p. 204253331349437, 2013.
- [22] I. Goldenberg, A. J. Moss, and N. York, “Long QT Syndrome,” *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 51, no. 24, 2008.
- [23] N. Mehala and R. Dahiya, “A comparative study of FFT, STFT and wavelet techniques for induction machine fault diagnostic analysis,” in *Proc. of the 7th WSEAS Int. Conf. on COMPUTATIONAL INTELLIGENCE, MAN-MACHINE SYSTEMS and CYBERNETICS (CIMMACS '08)*, 2008, pp. 203–208.
- [24] A. M. T.R Gopalakrishnan Nair, Geetha A P, “Adaptive Wavelet Based Identification and Extraction of PQRST Combination in Randomly Stretching ECG Sequence,” in *2013 IEEE China Summit and International Conference on Signal and Information Processing*, 2013, pp. 278–282.
- [25] A. Graps, “An Introduction to Wavelets,” *IEEE Computational Science and Engineering*, vol. 2, pp. 1–18, 1995.
- [26] D. Cvetkovic, E. Derya, and I. Cosic, “Wavelet transform feature extraction from human PPG , ECG , and EEG signal responses to ELF PEMF exposures : A pilot study,” *Digital Signal Processing*, vol. 18, pp. 861–874, 2008.
- [27] H. Khorrami and M. Moavenian, “A comparative study of DWT , CWT and DCT transformations in ECG arrhythmias classification,” *Expert Systems With Applications*, vol. 37, no. 8, pp. 5751–5757, 2010.
- [28] R. Haddadi, E. Abdelmounim, M. El Hanine, and A. Belaguid, “Discrete wavelet transform based algorithm for recognition of QRS complexes,” in *International Conference on Multimedia Computing and Systems - Proceedings*, 2014, vol. 4, no. 9, pp. 375–379.
- [29] P. M. Bentley and J. T. E. McDonnell, “Wavelet transforms: an introduction,” *Electronics & Communication Engineering Journal*, vol. 6, no. 4, pp. 175–186, 1994.
- [30] P. Manhas, “Image processing by using different types of Discrete wavelet transform,” in *International Conference on Advanced Informatics for Computing Research*, 2018, no. July.
- [31] D. Gupta and S. Choubey, “Discrete Wavelet Transform for Image

Processing,” *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 598–602, 2008.

- [32] P. Laguna *et al.*, “New algorithm for QT interval analysis in 24-hour Holter ECG: performance and applications,” *Medical & Biological Engineering & Computing*, vol. 28, no. 1, pp. 67–73, 1990.
- [33] I. GOLDENBERG, A. J. MOSS, and W. ZAREBA, “QT Interval: How to Measure It and What Is ‘Normal,’” *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, vol. 17, no. 3, pp. 333–336, 2006.