

**DETEKSI T WAVE ALTERNANS PADA SINYAL  
ELEKTROKARDIGORAM MENGGUNAKAN METODE  
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS 1-DIMENSI**

**TUGAS AKHIR**

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



**OLEH:**

**XOSYA SALASSA**

**09011281722033**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**DETEKSI T WAVE ALTERNANS PADA SINYAL  
ELEKTROKARDIGRAM MENGGUNAKAN METODE  
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS 1-DIMENSI**

**TUGAS AKHIR**

**Program Studi Sistem Komputer**

**Jenjang S1**

**Oleh :**


**XOSYA SALASSA**

**09011281722033**

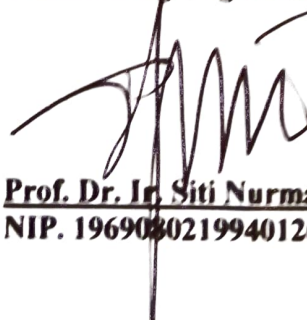
**Indralaya,  Juli 2021**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Sistem Komputer**

  
**Dr. Ir. H. Sukemi M.T.**  
**NIP. 196612032006041001**

**Pembimbing Tugas Akhir**

  
**Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.**  
**NIP. 196903021994012001**

## HALAMAN PERSETUJUAN


Telah diuji dan lulus pada :


Hari : Jum'at


Tanggal : 9 Juli 2021


**Tim Penguji :**

1. **Ketua** : Ahmad Zarkasi, M.T.
2. **Sekretaris** : Rendyansyah, M.T.
3. **Penguji** : Sutarno, S.T., M.T.
4. **Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.

  
7.12.2021



  
SUTARNO  
21/07/2021



**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Sistem Komputer**



**Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.**

**NIP. 196612032006041001**

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Xosya Salassa

NIM : 09011281722033

Judul : Deteksi *T Wave Alternans* Pada Sinyal Elektrokardiogram  
Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network 1 Dimensi*

**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, 21 Juli 2021**



**Xosya Salassa**  
**NIM. 09011281722033**

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul **“Deteksi *T Wave Alternans* Pada Sinyal Elektrokardiogram Menggunakan Metode *Convolutional Neural Networks* 1-Dimensi”**.

Dalam laporan ini penulis menjelaskan bagaimana pemodelan untuk melakukan identifikasi dan deteksi kelainan pada gelombang T pada sinyal elektrokardiogram yang diperoleh penulis saat melakukan penelitian dan pengujian data. Penulis berharap kedepannya tulisan ini dapat digunakan bagi orang banyak dan menjadi bahan bacaan yang bermanfaat pada bidang *deep learning* untuk sub-topik biomedik

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak atas ide dan saran serta bantuannya dalam menyelesaikan penulisan Proposal Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT dan terimakasih kepada yang terhormat :

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan Proposal Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar.
2. Orang tua saya tercinta yang telah membesarkan saya dengan penuh kasih sayang dan selalu mengajarkan saya dalam berbuat hal yang baik. Terimakasih untuk segala do'a, motivasi dan dukungannya baik moril, materil maupun spritual selama ini.
3. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

4. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah berkenan meluangkan waktunya guna membimbing, memberikan saran dan motivasi serta bimbingan terbaik untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Dr. Ir. Bambang Tutuoko, M.T., selaku Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer.
7. Kak Naufal Rachmatullah dan Mbak Annisa Darmawahyuni yang telah mengajari hingga memberi saran dalam penelitian Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Intelligent Systems Research Group (ISysRG) dan khususnya teman-teman Tim Sinyal Batch 2 yang telah bersedia menjadi teman dalam bertukar pikiran untuk menyelesaikan permasalahan pada Tugas Akhir ini.
9. Teman – teman Sistem Komputer 2017 yang turut menjadi *support system* penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangatlah diharapkan penulis agar dapat segera diperbaiki sehingga laporan ini dapat dijadikan sebagai masukan ide dan pemikiran yang bermanfaat bagi semua pihak dan menjadi tambahan bahan bacaan bagi yang tertarik dalam penelitian pemodelan pada bidang *deep learning* untuk sub-topik biomedik

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Indralaya, 9 Juli 2021

Penulis,

Xosya Salassa  
NIM. 09011281722033

# DETECTION OF *T* WAVE ALTERNANS BASED ON THE ELECTROCARDIOGRAM SIGNAL USING THE 1-DIMENSIONAL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

**Xosya Salassa (09011281722033)**

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

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

## ABSTRACT

*T Wave Alternans (TWA) is a disease of the human heart characterized by fluctuations in pulse by amplitude and morphological pulse in T waves, where this electrophysiological phenomenon can lead to sudden death. TWA was first discovered by He Hering in 1908 by stating that TWA is based on variations in vector and amplitude on T waves that occur at every other pulse. This study considers the delineation of wave classes using convolutional Neural Network 1 Dimensional (CNN 1D) and Detection method in T wave. Then continued by processing data using Discrete Wavelet Transform (DWT), signal normalization, and signal cementation. Followed by the delineation process using 1-dimensional CNN architecture, after which the best model is tested so that the T Wave has TWA or not. From the results of the research conducted that in QTDB data there is no TWA, while in the TWA Challenge Database signal detected 7 records out of 100 records.*

**Keywords:** *T Wave Alternans, Detection, Waves, Convolutional Neural Network 1 Dimensional.*

**Head of Department Computer Engineering**      **Indralaya, Juli 2021**  
**Supervisor**

**Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.**  
**NIP. 196612032006041001**

**Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.**  
**NIP. 196908021994012001**

# **DETEKSI *T WAVE ALTERNANS* PADA SINYAL ELEKTROKARDIGORAM MENGGUNAKAN METODE *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS 1-DIMENSI***

**Xosya Salassa (09011281722033)**

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email: [xsalassa@gmail.com](mailto:xsalassa@gmail.com)

## **ABSTRAK**

*T Wave Alternans (TWA)* merupakan penyakit pada jantung manusia yang dicirikan dengan adanya fluktuasi denyut demi denyut amplitudo dan morfologi pada gelombang T, dimana fenomena elektrofisiologi ini dapat menyebabkan kematian mendadak. *TWA* ditemukan pertama kali oleh He Hering pada tahun 1908 dengan menyatakan bahwa *TWA* didasarkan kepada variasi pada vektor dan amplitude pada gelombang T yang terjadi pada setiap denyut lainnya. Penelitian ini menyajikan dalineasi kelas gelombang menggunakan metode Convolutional Neural Network 1 Dimensi (CNN 1D) dan Pendeteksian pada gelombang T. Langkah pertama, dilakukan persiapan data yang digunakan yaitu QTDB, dan *T Wave Alternans*. Kemudian dilanjutkan dengan cara pemrosesan data dengan menggunakan Discrete Wavelet Transform (*DWT*), normalisasi sinyal, dan sementasi sinyal. Dilanjutkan dengan proses delineasi menggunakan arsitektur CNN 1 dimensi, setelah itu model terbaik dilakukan pengujian agar Gelombang T terdapat *TWA* atau tidak. Dari hasil penelitian yang dilakukan bahwasanya pada data QTDB tidak terdapat adanya *TWA*, sedangkan pada sinyal *TWA Challenge Database* terdeteksi 7 record dari 100 record.

**Kata Kunci :** *T Wave Alternans*, Deteksi, Gelombang , *Convolutional Neural Network 1 Dimensi*.

**Ketua Jurusan Sistem Komputer**

**Indralaya, Juli 2021**  
**Pembimbing Tugas Akhir**

**Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.**  
**NIP. 196612032006041001**

**Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.**  
**NIP. 196908021994012001**



# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian.....	2
1.2.1. Tujuan Penelitian .....	2
1.2.2. Manfaat Penelitian .....	3
1.3. Perumusan Penelitian dan Batasan Masalah Penelitian .....	3
1.3.1. Perumusan Masalah Penelitian .....	3
1.3.2. Batasan Masalah Penelitian.....	4
1.4. Metodologi Penelitian .....	4
1.4.1. Langkah Pertama (Persiapan Data).....	4
1.4.2. Langkah Kedua (Pra Proses Data) .....	4
1.4.3. Langkah Ketiga (Klasifikasi).....	4

1.4.4.	Langkah Keempat (Deteksi <i>T Wave Alternansi</i> ).....	4
1.4.5.	Langkah Kelima (Menganalisa dan Kesimpulan).....	5
1.5.	Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>		<b>7</b>
2.1.	Elektrokardiogram.....	7
2.2.	Gelombang EKG.....	8
2.3.	Transformasi <i>Wavelet</i> .....	9
2.4.	<i>Artificial Neural Network (ANN)</i> .....	10
2.5.	<i>Convolutional Neural Network</i> .....	10
2.6.	<i>T-Wave Alternans</i> .....	11
2.7.	Model Evaluasi.....	11
2.7.1.	Akurasi.....	12
2.7.2.	Presisi.....	12
2.7.3.	Sensitivitas.....	12
2.7.4.	Spesifisitas.....	13
2.7.5.	<i>F1 Score</i> .....	13
2.7.6.	<i>Error</i> .....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>14</b>
3.1.	Pendahuluan.....	14
3.2.	Kerangka Kerja.....	14
3.3.	Persiapan Data.....	16
3.3.1.	Basis Data <i>QT Database</i> .....	16
3.3.2.	Basis Data <i>T Wave Alternans</i> .....	17
3.4.	Pra proses Data.....	18
3.4.1.	Denoising Sinyal.....	18
3.4.2.	Normalisasi Sinyal.....	20

3.4.3.	Segmentasi Sinyal .....	22
3.4.4.	Pembagian Data Latih dan Tes .....	23
3.5.	Delineasi dengan <i>Convolutional Neural Network</i> .....	24
3.6.	Deteksi <i>T Wave Alternans</i> .....	26
3.6.1.	Deteksi Puncak R dan Gelombang T .....	26
3.6.2.	Pembagian Gelombang T Ganjil dan Genap.....	28
3.6.3.	Melakukan deteksi <i>TWA</i> .....	29
<b>BAB IV</b>	.....	<b>30</b>
4.1.	Pendahuluan .....	30
4.2.	Hasil Dealinasi Model CNN.....	30
4.2.1.	60% Data Latih dan 40% Data Uji.....	30
4.2.2.	70% Data Latih dan 30% Data Uji.....	33
4.2.3.	80% Data Latih dan 20% Data Uji.....	36
4.2.4.	90% Data Latih dan 10% Data Uji.....	39
4.3.	Hasil <i>Tuning</i> Automatis CNN .....	43
4.4.	Hasil Deteksi <i>R Peak</i> dan Gelombang T Pada Data QTDB Normal ....	45
4.5.	<i>T odd</i> dan <i>T even</i> Pada Data QTDB Normal.....	47
4.6.	Deteksi <i>T Wave Alternans</i> Pada Data QTDB Normal.....	51
4.7.	Hasil Deteksi <i>R Peak</i> dan Gelombang T Pada Data <i>TWA Challenge</i> ....	58
4.8.	<i>T Odd</i> dan <i>T Even</i> Pada Data <i>TWA Challenge</i> .....	61
4.9.	Deteksi <i>T Wave Alternans</i> Pada Data <i>TWA Challenge</i> .....	66
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	.....	<b>76</b>
5.1.	Kesimpulan.....	76
5.2.	Saran .....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>78</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>83</b>

## DAFTAR GAMBAR

### Halaman

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Deliniasi CNN.....	15
Gambar 3.2 Alur Deteksi <i>T Wave Alternans</i> .....	15
Gambar 3.3 Sampel Hasil Segmentasi Sinyal QTDB .....	22
Gambar 3.4 Sampel Hasil Segmentasi Sinyal <i>TWA Challenge</i> .....	23
Gambar 3.5 Arsitektur Model CNN.....	25
Gambar 3.6 Visualisasi Posisi R <i>Peak</i> .....	27
Gambar 3.7 Visualisasi Gelombang T .....	27
Gambar 3.8 Posisi Gelombang T dan Gelombang Genap Pada Sinyal EKG .....	28
Gambar 4.1 Visualisasi Akurasi dan <i>Loss</i> 60% Data Latih dan 40% Data Uji ....	30
Gambar 4.2 Visualisasi Akurasi dan <i>Loss</i> 70% Data Latih dan 30% Data Uji ....	33
Gambar 4.3 Visualisasi Akurasi dan <i>Loss</i> 80% Data Latih dan 20% Data Uji ....	36
Gambar 4.4 Visualisasi Akurasi dan <i>Loss</i> 90% Data Latih dan 10% Data Uji ....	40
Gambar 4.5 Sampel Hasil Deliniasi CNN Model 4 .....	45
Gambar 4.6 Visualisasi Posisi R <i>Peak</i> Data QTDB Normal .....	46
Gambar 4.7 Sampel Dari Keseluruhan Gelombang T .....	47
Gambar 4.8 Visualisasi <i>Beat</i> Ganjil dan Genap Data QTDB Normal .....	48
Gambar 4.9 Visualisasi Posisi T Genap dan Ganjil Data QTDB Normal .....	51
Gambar 4.10 Visualisasi Perbedaan Gelombang <i>Beat</i> Ganjil dan Genap Pada QTDB Normal .....	57
Gambar 4.11 Visualisasi Posisi R <i>Peak</i> pada Data <i>TWA Challenge</i> .....	59
Gambar 4.12 Visualisasi Gelombang T pada Data <i>TWA Challenge</i> .....	61
Gambar 4.13 Visualisasi Gelombang Genap dan Gajil Data <i>TWA Challenge</i> ....	63
Gambar 4.14 Visualisasi Posisi T Genap dan Gajil Data <i>TWA Challenge</i> .....	66
Gambar 4.15 Visualisasi Perbedaan Gelombang <i>Beat</i> Ganjil dan Genap Pada Data <i>TWA Challenge</i> .....	72

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1. Nama Sudut Pandangan Visualisasi Jantung .....	8
Tabel 2.2 Matriks Konfusi .....	12
Tabel 3.1. Distribusi 105 Rekaman berdasarkan <i>Database</i> Asli .....	16
Tabel 3.2 Nilai SNR setiap fungsi <i>wavelet</i> .....	19
Tabel 3.3 Perbandingan Sinyal <i>DWT</i> dengan Sinyal Normalisasi .....	20
Tabel 3.4 Perbandingan Sinyal Awal dengan Sinyal Normalisasi .....	21
Tabel 3.5 Jumlah Pembagian <i>Beat</i> untuk Data Latih dan Data uji .....	24
Tabel 3.6 5 Kelas Gelombang .....	25
Tabel 3.7 Parameter Umum Model CNN .....	26
Tabel 4.1 Matriks Konfusi Data Pelatihan CNN 60% Data Latih dan 40% Data Uji .....	31
Tabel 4.2 Matriks Konfusi Data Pengujian CNN 60% Data Latih dan 40% Data Uji .....	31
Tabel 4.3 Evaluasi Performa Data Pengujian CNN 60% Data Latih dan 40% Data Uji .....	32
Tabel 4.4 Evaluasi Performa Data Pelatihan CNN 60% Data Latih dan 40% Data Uji .....	33
Tabel 4.5 Matriks Konfusi Data Pelatihan CNN 70% Data Latih dan 30% Data Uji .....	34
Tabel 4.6 Matriks Konfusi Data Pengujian CNN 70% Data Latih dan 30% Data Uji .....	34
Tabel 4.7 Evaluasi Performa Data Pelatihan CNN 70% Data Latih dan 30% Data Uji .....	35
Tabel 4.8 Evaluasi Performa Data Pengujian CNN 70% Data Latih dan 30% Data Uji .....	35
Tabel 4.9 Matriks Konfusi Data Pelatihan CNN 80% Data Latih dan 20% Data Uji .....	37
Tabel 4.10 Matriks Konfusi Data Pengujian CNN 80% Data Latih dan 20% Data Uji .....	37
Tabel 4.11 Evaluasi Performa Data Pelatihan CNN 80% Data Latih dan 20% Data Uji .....	38
Tabel 4.12 Evaluasi Performa Data Pengujian CNN 80% Data Latih dan 20% Data Uji .....	39
Tabel 4.13 Matriks Konfusi Data Pelatihan CNN 90% Data Latih dan 10% Data Uji .....	40
Tabel 4.14 Matriks Konfusi Data Pengujian CNN 90% Data Latih dan 10% Data Uji .....	41

Tabel 4.15 Evaluasi Performa Data Pelatihan CNN 90% Data Latih dan 10% Data Uji.....	42
Tabel 4.16 Evaluasi Performa Data Pengujian CNN 90% Data Latih dan 10% Data Uji.....	43
Tabel 4.17 Hasil <i>Tuning</i> Automatis CNN.....	43
Tabel 4.18 Hasil Model CNN <i>Tuning</i> Automatis Data Latih .....	44
Tabel 4.19 Hasil Model CNN <i>Tuning</i> Automatis Data Uji.....	44
Tabel 4.20 Rekap Hasil Deteksi <i>TWA</i> pada Data <i>QTDB</i> Normal.....	52
Tabel 4.21 Rekap Nilai Penghitung <i>TWA</i> pada Data <i>QTDB</i> Normal.....	58
Tabel 4.22 Rekap Hasil Deteksi <i>TWA</i> Pada Data <i>TWA Challenge</i> .....	66
Tabel 4.23 Rekap Nilai Penghitung <i>TWA</i> pada Data <i>TWA Challenge</i> .....	73

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Perbaikan  
Lampiran 2. Cek Plagiat

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

*T Wave Alternans (TWA)* merupakan penyakit pada jantung manusia yang dicirikan dengan adanya fluktuasi denyut demi denyut amplitudo dan morfologi pada gelombang T, dimana fenomena elektrofisiologi ini dapat menyebabkan kematian mendadak. *TWA* ditemukan pertama kali oleh He Hering pada tahun 1908 dengan menyatakan bahwa *TWA* didasarkan kepada variasi pada vektor dan amplitudo pada gelombang T yang terjadi pada setiap denyut lainnya [1]. *TWA* didefinisikan sebagai variasi *beat-to-beat* periodik dalam amplitudo gelombang T, ini didasarkan pada kasus perbedaannya hanya beberapa microvolts ketika berhadapan dengan sinyal EKG yang sebelumnya dan menyebabkan adanya penggunaan metode semi otomatis untuk melakukan pendeteksian *TWA* dalam sinyal EKG yang andal [2]. Pentingnya gelombang T dalam EKG dikarenakan gelombang tersebut merupakan gelombang tegak lurus yang sesuai dengan repolarisasi ventrikel jantung [3], [4]. Variasi denyut jantung dalam amplitudo atau bentuk gelombang T (*TWA*) berguna untuk mengidentifikasi pasien yang berisiko tinggi mengalami kematian jantung mendadak [5]–[8].

Elektrokardiogram (EKG) adalah alat atau *tool* non-invasi yang efektif untuk melakukan perekaman kesehatan jantung yang dapat menampilkan aktivitas listrik dari jantung dalam bentuk grafis[9]. Fitur ini sudah terkenal di dunia kedokteran, dan EKG merupakan salah satu cara populer yang digunakan untuk pendekatan serta memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk mendeteksi penyakit jantung[10]. Ciri dari sinyal EKG, memiliki gelombang P, QRS kompleks, dan gelombang T[10]–[12]. Oleh karena itu, setiap gelombang yang mewakili kinerja fisiologis dari sistem jantung berakibat pada analisis kumulatif komponen gelombang EKG dalam diagnosis dan kelainan prognosis atau penyakit jantung yang termasuk ke dalam identifikasi gelombang ini[12].



Pendeteksian gelombang T sudah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya salah satunya adalah Nameraq Widatalla, dkk[13] menggunakan metode *Recurrence Plots*. Nameraq menyatakan teknik ini dapat mendeteksi semua titik T-End dalam EKG dan sebagian besar titik dalam sinyal EKG, namun mereka kesulitan dalam mendeteksi gelombang T karena amplitudo yang rendah dibandingkan dengan puncak R. dan juga, dalam penentuan tepat ujungnya tampak lebih sulit dalam kasus yang memiliki *noise* frekuensi tinggi dalam sinyal. Selain Namareq, Wanyue Lie, dkk[4] juga melakukan pendeteksian posisi gelombang T berdasarkan morfologi gelombang T yang mana hasil dari lokasi titik puncak gelombang T, berdasarkan pelabelan *standar deviasi* dari ahli sebesar 30,00. Pada penelitiannya Wanyue Lie, dkk mendapatkan hasil akhir *standar deviasi* gelombang T sebesar 47,46 dan ini dikategorikan selisih yang sangat jauh. Oleh sebab itu diperlukannya perbaikan algoritma dan dibutuhkannya *Dataset* yang lebih sistematis dan terdokumentasi dengan baik

Berdasarkan uraian diatas, penulis akan menggunakan metode lain dalam melakukan klasifikasi gelombang T yakni dengan metode *Convolutional Neural Network* (CNNs) *1-Dimensi* dikarenakan arsitektur pembelajaran mendalam yang khas meniru sistem visual biologis. Metode ini terdiri dari tiga jenis lapisan, *convolutional layers*, *pooling layers*, dan *fully-connected layer*[14]. CNN bekerja dengan baik untuk pengelolaan *Dataset* yang besar[15], berdasarkan penjelasan diatas dan dari referensi – referensi yang lain tidak ada peneliti yang membahas tentang deteksi dari gelombang T menggunakan pendekatan *deep learning* terlebih dahulu. Maka dari itu penulis akan membahas tentang bagaimana metode CNN dapat mendeteksi gelombang T yang dalam hal ini diberi judul “Deteksi *T Wave Alternans* Pada Sinyal Elektrokardiogram Menggunakan Metode *Convolutional Neural Networks 1-Dimensi*”

## **1.2. Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian**

### **1.2.1. Tujuan Penelitian**

Dengan dilaksanakan penelitian terhadap klasifikasi pada gelombang T ini, diharapkan tujuan yang tercapai adalah:

1. Penulis bisa melakukan proses *preprocessing* sinyal EKG dengan cara denoising dan segmentasi menggunakan *Convolutional Neural Networks (CNNs) 1-Dimensi*
2. Dapat mengklasifikasikan sinyal EKG pada gelombang T menggunakan metode *Convolutional Neural Networks (CNNs) 1-Dimensi*
3. Dapat mendeteksi adanya *T Wave Alternans* pada sinyal Elektrokardiogram

### **1.2.2. Manfaat Penelitian**

Dengan dilakukan penelitian ini, diharapkan manfaat yang bisa dihasilkan adalah:

1. Menghasilkan data gelombang T baru yang lebih bersih dan bebas dari *noise*
2. Dapat membantu pakar dalam mendeteksi adanya *T Wave Alternans*

### **1.3. Perumusan Penelitian dan Batasan Masalah Penelitian**

#### **1.3.1. Perumusan Masalah Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan rumusan masalah dengan beberapa *point* dibawah ini:

1. Bagaimana cara menghasilkan *best model* sinyal EKG dengan metode *Convolutional Neural Networks (CNNs) 1-Dimensi*?
2. Bagaimana cara mendeteksi *T Wave Alternans*?
3. Apakah *software* atau *tools* yang digunakan cocok untuk deteksi gelombang T cocok menggunakan metode *Convolutional Neural Networks (CNNs) 1-Dimensi*?

### **1.3.2. Batasan Masalah Penelitian**

Berikut batasan masalah pada Tugas Akhir ini, yaitu :

1. *Dataset* yang digunakan adalah *QT Database*[16] dan *T-Wave Alternans Challenge Database*[17]
2. Dikarenakan ini menyangkut nyawa manusia, penelitian yang dilakukan hanya menggunakan *software* Spyder yang menggunakan Python sebagai bahasa pemrograman

### **1.4. Metodologi Penelitian**

Agar penelitian ini dapat berjalan sesuai dengan harapan penulis oleh sebab itu penulisan penelitian ini terdiri dari:

#### **1.4.1. Langkah Pertama (Persiapan Data)**

Pada sesi ini dicoba dengan menganalisis serta menguasai informasi yang hendak digunakan agar cocok dengan topik penelitian.

#### **1.4.2. Langkah Kedua (Pra Proses Data)**

Pada sesi ini dilakukan pra proses data sebelum masuk ke modal pembelajaran dari mesin. Pra proses data dicoba dengan menghilangkan derau menggunakan transformasi *wavelet* diskrit, segmentasi sinyal, dan normalisasi

#### **1.4.3. Langkah Ketiga (Klasifikasi)**

Pada sesi ini dilakukan klasifikasi terhadap sinyal Elektrokardiogram untuk gelombang P, QRS-Kompleks dan T dengan pertimbangan parameter pengujian yang sudah dibuat menggunakan model *Convolutional Neural Network* 1 Dimensi.

#### **1.4.4. Langkah Keempat (Deteksi *T Wave Alternansi*)**

Pada sesi ini dilakukan pendeteksian terhadap sinyal Elektrokardiogram untuk gelombang R pada puncaknya serta gelombang T

#### **1.4.5. Langkah Kelima (Menganalisa dan Kesimpulan)**

Setelah mendapatkan hasil dari pengujian parameter dan pendeteksian terhadap sinyal elektrokardiogram dilanjutkan menganalisa terhadap hasil yang ditunjukkan oleh klasifikasi dan deteksi *T Wave Alternans* pada sinyal elektrokardiogram

#### **1.5. Sistematika Penulisan**

Agar penyusunan tugas akhir ini mudah untuk dilakukan dan setiap bab yang ada lebih jelas maksud yang disampaikan, maka penulis membuat sistematika penulisan seperti yang tertera dibawah ini:

##### **BAB I – PENDAHULUAN**

Pada bab ini, apa saja yang dibahas adalah Latar Belakang Masalah, Manfaat dan Tujuan, Perumusan Masalah dan Batasan Masalah, Metode yang dilakukan pada penelitian, dan bagaimana Sistematika pada penulisan dari penelitian yang dikerjakan.

##### **BAB II – TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini, dilakukan literatur *review* merujuk ke *paper* yang sudah diterbitkan yang berkaitan dengan penelitian yang dilaksanakan

##### **BAB III – METODOLOGI**

Agar alur proses, metode, teknik secara rinci dalam melakukan penelitian dibahas di bab tiga ini

##### **BAB IV – HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dari analisis dan pengujian yang sudah didapatkan dari penelitian serta tercapainya pembahasan yang meliputi kelebihan dan kekurangan yang peneliti lakukan

## **BAB V – KESIMPULAN DAN SARAN**

Setelah dilakukan penelitian, pada bab ini dikumpulkan kesimpulan yang dari penelitian yang sudah dilakukan serta memberikan saran agar penelitian selanjutnya bisa diperbaiki untuk tugas akhir yang dikerjakan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Sieed, “Automatic Detection and Quantification of T-Wave Alternans Automatic Detection and Quantification of,” no. September 2008, 2015, doi: 10.13140/RG.2.1.1151.2485.
- [2] G. Goovaerts, B. Vandenberg, R. Willems, and S. Van Huffel, “Automatic detection of *T Wave Alternans* using tensor decompositions in multiLead ECG signals,” *Physiol. Meas.*, vol. 38, no. 8, pp. 1513–1528, 2017, doi: 10.1088/1361-6579/aa7876.
- [3] L. D. Sharma and R. K. Sunkaria, “Novel T-wave Detection Technique with Minimal Processing and RR-Interval Based Enhanced Efficiency,” *Cardiovasc. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 367–379, 2019, doi: 10.1007/s13239-019-00415-4.
- [4] W. Li, L. Qiu, J. Zhang, W. Zhu, and L. Wang, “An automatic detection algorithm for T wave position based on T wave morphology,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 30–35, 2019, doi: 10.1145/3354031.3354052.
- [5] L. D. Sharma and R. K. Sunkaria, “Novel T-wave Detection Technique with Minimal Processing and RR-Interval Based Enhanced Efficiency,” *Cardiovasc. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 367–379, 2019.
- [6] R. Goya-Esteban, O. Barquero-Perez, M. Blanco-Velasco, A. J. Caamano-Fernandez, A. Garcia-Alberola, and J. L. Rojo-Alvarez, “Nonparametric signal processing validation in T-wave alternans detection and estimation,” *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 61, no. 4, pp. 1328–1338, 2014, doi: 10.1109/TBME.2014.2304565.
- [7] S. Nemati, O. Abdala, V. Monasterio, S. Yim-Yeh, A. Malhotra, and G. D. Clifford, “A nonparametric surrogate-based test of significance for T-wave alternans detection,” *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 58, no. 5, pp. 1356–

1364, 2010.

- [8] M. Orini *et al.*, “Comparative evaluation of methodologies for T-wave alternans mapping in electrograms,” *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 61, no. 2, pp. 308–316, 2013.
- [9] G. Chen, M. Chen, J. Zhang, L. Zhang, and C. Pang, “A Crucial Wave Detection and Delineation Method for Twelve-*Lead* ECG Signals,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 10707–10717, 2020.
- [10] C. Wijaya, Andrian, M. Harahap, CHRistnatalis, M. Turnip, and A. Turnip, “Abnormalities State Detection from P-Wave, QRS Complex, and T-Wave in Noisy ECG,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1230, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1230/1/012015.
- [11] B. MisHRa, N. Arora, and Y. Vora, “Wearable ECG for Real Time Complex P-QRS-T Detection and Classification of Various Arrhythmias,” in *2019 11th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS)*, 2019, pp. 870–875.
- [12] D. Zavantis, E. Mastora, and G. Manis, “Robust automatic detection of P wave and T wave in electrocardiogram,” *Comput. Cardiol. (2010).*, vol. 44, pp. 1–4, 2017, doi: 10.22489/CinC.2017.089-407.
- [13] N. Widatalla, A. Khandoker, Y. Kasahara, and Y. Kimura, “A Recurrence Plot Based Method for the Detection of End of T-wave in Abnormal Non-invasive Fetal Electrocardiogram Signals,” *2019 Comput. Cardiol. Conf.*, vol. 45, pp. 1–4, 2019, doi: 10.22489/cinc.2019.271.
- [14] W. Liu *et al.*, “Real-Time MultiLead Convolutional Neural Network for Myocardial Infarction Detection,” *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, vol. 22, no. 5, pp. 1434–1444, 2018, doi: 10.1109/JBHI.2017.2771768.
- [15] M. M. Al Rahhal, Y. Bazi, M. Al Zuair, E. Othman, and B. BenJdira, “Convolutional Neural Networks for electrocardiogram classification,” *J. Med. Biol. Eng.*, vol. 38, no. 6, pp. 1014–1025, 2018.

- [16] 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,” in *Computers in cardiology 1997*, 1997, pp. 673–676.
- [17] G. B. Moody, “The physionet/computers in cardiology challenge 2008: T-wave alternans,” in *2008 Computers in Cardiology*, 2008, pp. 505–508.
- [18] H. K. Chatterjee, R. Gupta, and M. Mitra, “Real Time P and T Wave Detection from Ecg using Fpga,” *Procedia Technol.*, vol. 4, pp. 840–844, 2012, doi: 10.1016/j.protcy.2012.05.138.
- [19] C. K. Roopa and B. S. Harish, “Automated ECG Analysis for Localizing THROMBUS in Culprit Artery Using Rule Based Information Fuzzy Network,” *Int. J. Interact. Multimed. Artif. Intell.*, vol. IP, no. IP, p. 1, 2019, doi: 10.9781/ijimai.2019.02.001.
- [20] N. Widatalla, A. Khandoker, Y. Kasahara, and Y. Kimura, “Detection of End of T-wave in Fetal ECG Using Recurrence Plots,” *Proc. ANNu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS*, pp. 2618–2621, 2019, doi: 10.1109/EMBC.2019.8856737.
- [21] O. Bulteel, P. Dupuis, S. Jeumont, L. M. Irengé, J.-L. Gala, and D. Flandre, “Supervised ECG Delineation Using the Wavelet Transform and Hidden Markov Models,” *Fourth Focus. Work. Electron. Recognit. bio-molecules*, no. May 2014, 2008, doi: 10.1007/978-3-540-89208-3.
- [22] T. B. Garcia, *12-Lead ECG: The art of interpretation*. Jones & Bartlett Publishers, 2013.
- [23] J. S. Sahambi, S. N. Tandon, and R. K. P. Bhatt, “Using wavelet transforms for ECG characterization. An on-line digital signal processing system,” *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 16, no. 1, pp. 77–83, 1997.
- [24] C. Saritha, V. Sukanya, and Y. N. Murthy, “ECG signal analysis using wavelet transforms,” *Bulg. J. Phys.*, vol. 35, no. 1, pp. 68–77, 2008.



- [25] I. M. Nasser and S. S. Abu-Naser, "Predicting Tumor Category Using Artificial Neural Networks," *Int. J. Acad. Heal. Med. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–7, 2019, [Online]. Available: [www.ijeais.org/ijahmr](http://www.ijeais.org/ijahmr).
- [26] Y. Chen, K. Zhu, L. Zhu, X. He, P. Ghamisi, and J. A. Benediktsson, "Automatic design of convolutional neural network for hyperspectral image classification," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 57, no. 9, pp. 7048–7066, 2019.
- [27] B. D. Nearing and R. L. Verrier, "Modified moving average analysis of T-wave alternans to predict ventricular fibrillation with high accuracy," *J. Appl. Physiol.*, vol. 92, no. 2, pp. 541–549, 2002.
- [28] B. Ghoraani, A. M. Suszko, R. J. Selvaraj, A. Subramanian, S. Krishnan, and V. S. Chauhan, "Body surface distribution of *T Wave Alternans* is modulated by heart rate and ventricular activation sequence in patients with cardiomyopathy," *PLoS One*, vol. 14, no. 4, 2019.
- [29] X. Wan, Y. Li, C. Xia, M. Wu, J. Liang, and N. A. Wang, "A T-wave alternans assessment method based on least squares curve fitting technique," *Measurement*, vol. 86, pp. 93–100, 2016.
- [30] M. Sokolova and G. Lapalme, "A systematic analysis of performance measures for classification tasks," *Inf. Process. Manag.*, vol. 45, no. 4, pp. 427–437, 2009.
- [31] G. B. Moody and R. G. Mark, "The MIT-BIH arrhythmia *database* on CD-ROM and software for use with it," in *[1990] Proceedings Computers in Cardiology*, 1990, pp. 185–188.
- [32] A. Taddei *et al.*, "The European ST-T *database*: Development, distribution and use," in *[1990] Proceedings Computers in Cardiology*, 1990, pp. 177–180.
- [33] J. EFFENDI and S. Nurmaini, "OTOMATISASI DELINEASI SINYAL ELEKTROKARDIOGRAM MENGGUNAKAN METODE LONG

SHORT-TERM MEMORY BERBASIS EKSTRAKSI FITUR  
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK 1-DIMENSI,” Sriwijaya  
University, 2021.