# PERANCANGAN SISTEM UNTUK MENDETEKSI NILAI QT-CORRECTED MENGGUNAKAN METODE *LONG SHORT-TERM MEMORY*

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat**

**Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**

**OLEH :**

**FEBBY NURHERLIZA**

**09011381621081**

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

## HALAMAN PENGESAHAN

**PERANCANGAN SISTEM UNTUK MENDETEKSI NILAI *QT-CORRECTED* MENGGUNAKAN METODE *LONG SHORT-TERM MEMORY***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

**Oleh:**

**FEBBY NURHERLIZA**
**09011381621081**

**Palembang, Januari 2021**

**Mengetahui,**

| Ketua Jurusan Sistem Komputer, | Pembimbing Tugas Akhir, |
|---|---|
| **Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.** | **Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.** |
| **NIP. 19661203200641001** | **NIP. 196908021994012001** |



Scanned with CamScanner

ii

## HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada:

Hari : Senin

Tanggal : 11 Januari 2021

**Tim Penguji :**

**1. Ketua : Ahmad Zarkasi, M.T .**

**2. Sekretaris : Rossi Passarella, M.Eng.**

**3. Penguji : Firdaus, M.Kom.**

**4. Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Sistem Komputer**

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

**NIP. 196612032006041001**



iii

# HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Febby Nurherliza

NIM : 09011381621081

Judul : Perancangan Sistem Untuk Mendeteksi Nilai QT-Corrected Menggunakan Long Short-Term Memory

**Hasil pengecekan *Software Turnitin*: 5%**

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 tidak dipaksakan.

Palembang, Januari 2021

Febby Nurherliza



iv

# LEMBAR PERSEMBAHAN

*‘‘Birds don't just fly*

*They fall down and get up*

*Nobody learns without getting it wrong”*

*Ku persembahkan karya kecil ini untuk orang-orang yang aku cintai*

*Diriku*

*dan*

*Keluargaku..*

# KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji dan syukur atas kehadirat Allah SWT, karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Proposal Tugas Akhir ini dengan judul **"Perancangan Sistem Untuk Mendeteksi Nilai QT-Corrected Menggunakan Metode Long Short-Term Memory"**.

Dalam tugas akhir ini penulis menjelaskan mengenai perancangan sistem untuk mendeteksi nilai QT-Corrected menggunakan metode *Long Short-Term Memory*, dengan disertai data-data yang diperoleh penulis saat melakukan pengujian. Penulis berharap tulisan ini dapat bermanfaat bagi orang banyak, dan menjadi tambahan bahan bacaan bagi yang tertarik para teman-teman peneliti lain yang juga berada di bidang medis khususnya penyakit jantung dan elektrokardiogram.

Pada penyusunan tugas akhir 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 SWT dan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Kedua orang tua beserta keluarga yang selalu mendoakan serta memberikan motivasi dan semangat.
2. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd.M.T selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
3. Bapak Dr.Ir.H.Sukemi, M.T selaku Ketua Jurusan Sistem Kompuer Fakutas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir Penulis.
5. Bapak Huda Hubaya, M.T selaku Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer.

6. Bapak Firdaus, M.Kom. Mbak Annisa Kak Naufal dan Kak Viko yang turut membantu memberikan arahan serta nasihat.
7. Teman-teman seperjuangan *Intelligent System Research Group* (ISYSRG)
8. Teman – teman dari Jurusan Sistem Komputer yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.
9. Dan semua pihak yang telah membantu

Penulis menyadari bahwa tugas akhir 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 penyusunan tugas akhir ini menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi kita semua khususnya bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya secara langsung ataupun tidak langsung sebagai sumbangan pikiran dalam peningkatan mutu pembelajaran dan penelitian.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palembang, Januari 2021
Penulis,

**Febby Nurherliza**
**NIM. 09011381621081**

***QT-Correction Detection System using Long Short-Term Memory***

**Febby Nurherliza (09011381621081)**

*Computer Engineering Department, Computer Science Faculty, Sriwijaya University*

Email: nurherlizafebby@gmail.com

***Abstract***

*The bioelectric activity of the heart produces an electrical signal called an Electrocardiogram signal. This recording of electrical signals helps doctors diagnose abnormalities in the patient's heart. One form of congenital abnormality in the human heartbeat that can cause syncope, sudden cardiac arrest and sudden death is Long-QT syndrome, which is characterized by an extension of the interval between Q and T waves on an electrocardiogram signal. Classification of ECG beats in large amounts of data and sequences has its challenges, so Deep Learning that have the advantage in processing data automatically and are able to learn their own computational features and methods are highly recommended in this research. From the 3 experimental models, the best models were Bi-LSTM Model 3, with results of accuracy, sensitivity, specificity, precision, and F1-Score of 99.52%, 96.23%, 99.72%, 96.53%, 96.37% respectively. Then this model was tested back to the other datasets NSRDB with 99.76% accuracy results, 98.30 % sensitivity, 99.87% specificity, 98.37% precision, and 98.34% F1-Score.*

***Keywords:*** *Electrocardiogram, Long-QT syndrome, Classification, Deep Learning, Long Short-Term Memory*

***Acknowledged,***

| ***The Head of Computer Systems Deparment*** | ***Final Project Advisor*** |
|---|---|
| **Dr. Ir. H. Sukemi M.T.** | **Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.** |
| **NIP. 196612032006041001** | **NIP. 196908021994012001** |

Scanned with CamScanner

**Perancangan Sistem Untuk Mendeteksi Nilai QT-Corrected Menggunakan Metode Long Short -Term Memory**

**Febby Nurherliza (09011381621081)**

*Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya*

Email: nurherlizafebby@gmail.com

**Abstrak**

Aktifitas bioelektrik jantung menghasilkan suatu sinyal elektrik yang disebut dengan sinyal elektrokardiogram. Rekaman sinyal elektrik ini membantu para dokter mendiagnosa kelainan yang terdapat pada jantung pasien. Salah satu bentuk kelainan bawaan pada detak jantung manusia yang dapat menyebabkan sinkop, henti jantung, dan kematian mendadak adalah Long-QT syndrome, yang dicirikan dengan perpanjangan interval diantara gelombang Q dan T pada sinyal elektrokardiogram. Klasifikasi beat EKG dalam jumlah data yang besar dan bersifat sekuensial menjadi tantangan tersendiri, sehingga metode Deep Learning yang mempunyai keunggulan dalam memproses data secara otomatis serta mampu mempelajari fitur dan metode komputasinya sendiri sangat di rekomendasikan pada penelitian ini. Dari 3 model percobaan, didapat model terbaik yaitu Bi-LSTM Model 3, dengan hasil akurasi, sensitivitas, spesifisitas, presisi, dan F1-Score masing-masing 99.52%, 96.23%, 99.72%, 96.53%, 96.37%. Kemudian model ini di ujikan kembali pada dataset lain yaitu NSRDB dengan akurasi 99.76%, sensitivitas 98,30 %, spesifisitas 99.87%, presisi 98.37%, dan F1-Score 98.34%.

**Kata Kunci:** Electrocardiogram, Long-QT syndrome, Klasifikasi, Deep Learning, Long Short-Term Memory

**Mengetahui,**

| Ketua Jurusan Sistem Komputer, | Pembimbing Tugas Akhir, |
|---|---|
| **Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.** | **Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.** |
| **NIP. 19661203200641001** | **NIP. 196908021994012001** |

Scanned with CamScanner

# DAFTAR ISI

Halaman

**HALAMAN PENGESAHAN** ..... **ii**

**HALAMAN PERSETUJUAN** ..... **iii**

**HALAMAN PERNYATAAN** ..... **iv**

**LEMBAR PERSEMBAHAN** ..... **v**

**KATA PENGANTAR** ..... **vi**

**ABSTRAK** ..... **viii**

**ABSTRACT** ..... **ix**

**DAFTAR ISI** ..... **x**

**DAFTAR GAMBAR** ..... **xiii**

**DAFTAR TABEL** ..... **xviii**

**LAMPIRAN** ..... **xxii**

**BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Perumusan Masalah ..... 2

1.3 Batasan Masalah ..... 3

1.4 Tujuan ..... 3

1.5 Sistematika Penulisan ..... 4

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Sinyal Elektrokardiogram ..... 6

2.2 *Long-QT Syndrome* ..... 7

2.3 *Discrete Wavelet Transform* ..... 8

2.4 *Artificial Neural Network* ..... 12

2.5 *Recurrent Neural Network* 15

2.6 *Long Short-Term Memory* (LSTM) 16

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Kerangka Kerja Penelitian 18

3.2 Persiapan Data 20

3.3 Pra-Pengolahan Data Sinyal EKG 24

3.4 Klasifikasi P, QRS, dan T Sinyal EKG 27

3.5 Deteksi QT Interval dan RR Interval 32

3.6 Menghitung Durasi Waktu QT Interval dan RR Interval 33

3.7 Menghitung Nilai QTc 34

3.8 Proses Validasi 36

3.9 Proses Analisis 37

3.10 Kesimpulan 37

**BAB IV HASIL DAN ANALISA**

4.1 Hasil Perbandingan 3 Model Arsitektur LSTM Per-Kelas 38

4.1.1 Arsitektur Bi-LSTM Model 1 38

4.1.2 Arsitektur Bi-LSTM Model 2 54

4.1.3 Arsitektur Bi-LSTM Model 3 70

4.2 Hasil Perbandingan Keseluruhan Model 86

4.3 Hasil *Testing* Model Terbaik Pada Data *Expert* 86

4.4 Hasil Perhitungan Nilai QT-Corrected 90

4.5 Analisa 98

**BAB V KESIMPULAN**

5.1 Kesimpulan 100

**DAFTAR PUSTAKA** ..... 102

**JADWAL PENELITIAN** ..... 108

# DAFTAR GAMBAR

Halaman

**Gambar 2.1** Gelombang Sinyal EKG ..... 6

**Gambar 2.2** Perbandingan Interval QTc ..... 8

**Gambar 2.3** Proses Dekomposisi Sinyal ..... 10

**Gambar 2.4** Proses Rekonstruksi Sinyal ..... 10

**Gambar 2.5** Keluarga *Wavelet* ..... 11

**Gambar 2.6** Arsitektur *Artificial Neural Network* ..... 12

**Gambar 2.7** Arsitektur Jaringan Lapisan Tunggal ..... 13

**Gambar 2.8** Arsitektur Jaringan Lapisan Jamak ..... 13

**Gambar 2.9** Arsitektur Jaringan Lapisan *Recurrent* ..... 14

**Gambar 2.10** *Recurrent Neural Network* ..... 15

**Gambar 2.11** *Proses Forward & Backward* RNN ..... 15

**Gambar 2.12** Unit LSTM ..... 17

**Gambar 2.13** *Forward & Backward* LSTM ..... 17

**Gambar 3.1** Alur Kerangka Kerja Penelitian ..... 19

**Gambar 3.2** Isi dari File.atr ..... 22

**Gambar 3.3** *Flowchart Denoising* Sinyal EKG ..... 24

**Gambar 3.4** Sinyal EKG sebelum dan sesudah reduksi derau dengan dekomposisi bior6.8 ..... 25

**Gambar 3.5** Perbandingan Fungsi *Wavelet* Berdasarkan Referensi Penelitian ..... 25

**Gambar 3.6** *Flowchart* Klasifikasi P, QRS, T ..... 28

**Gambar 3.7** Arsitektur LSTM ..... 29

**Gambar 3.8** Sinyal EKG $P_{on}$-$P_{on2}$ ..... 31

**Gambar 3.9** *Flowchart* Deteksi QT Interval dan RR Interval ..... 32

**Gambar 3.10** Posisi QT Interval dan RR Interval ..... 33

**Gambar 3.11** *Flowchart* Menghitung Durasi QT dan RR Interval ..... 33

**Gambar 3.12** *Flowchart* Menghitung Nilai QTc ..... 35

**Gambar 3.13** *Confusion Matrix* ..... 36

**Gambar 4.1** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Arrythmia ..... 39

**Gambar 4.2** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Arrythmia ..... 41

**Gambar 4.3** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH ST-Change ..... 42

**Gambar 4.4** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH ST-Change ..... 44

**Gambar 4.5** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhytmia ..... 45

**Gambar 4.6** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhytmia ..... 47

**Gambar 4.7** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data European ST-T ..... 48

**Gambar 4.8** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 1 pada Data European ST-T ..... 50

**Gambar 4.9** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Long Term ECG ..... 51

**Gambar 4.10** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Long Term ECG ..... 53

**Gambar 4.11** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Arrythmia ..... 55

**Gambar 4.12** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Arrythmia ..... 56

**Gambar 4.13** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH ST-Change ..... 58

**Gambar 4.14** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH ST-Change ..... 60

**Gambar 4.15** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhytmia ..... 61

**Gambar 4.16** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhytmia ..... 63

**Gambar 4.17** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data European ST-T ..... 64

**Gambar 4.18** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 2 pada Data European ST-T ..... 66

**Gambar 4.19** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Long Term ECG ..... 67

**Gambar 4.20** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Long Term ECG ..... 69

**Gambar 4.21** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Arrythmia ..... 71

**Gambar 4.22** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Arrythmia ..... 72

**Gambar 4.23** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH ST-Change ..... 73

**Gambar 4.24** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH ST-Change ..... 75

**Gambar 4.25** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhytmia ..... 76

**Gambar 4.26** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhytmia ..... 78

**Gambar 4.27** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data European ST-T ..... 79

**Gambar 4.28** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 3 pada Data European ST-T ..... 81

**Gambar 4.29** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Long Term ECG ..... 82

**Gambar 4.30** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Long Term ECG ..... 84

**Gambar 4.31** Kurva Hasil *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model Terbaik pada Data *Expert* ..... 87

**Gambar 4.32** Kurva PR dan ROC Bi-LSTM Model Terbaik pada Data *Expert* ..... 88

**Gambar 4.33** Grafik Persebaran Nilai QTc pada Basis Data MIT BIH Arrhythmia ..... 92

**Gambar 4.34** Grafik Persebaran Nilai QTc pada Basis Data MIT BIH ST-Change ..... 92

**Gambar 4.35** Grafik Persebaran Nilai QTc pada Basis Data MIT BIH Supraventricular Arrhythmia ..... 93

**Gambar 4.36** Grafik Persebaran Nilai QTc pada Basis Data European ST-T ..... 93

**Gambar 4.37** Grafik Persebaran Nilai QTc pada Basis Data MIT BIH Long Term ECG ..... 94

# DAFTAR TABEL

Halaman

**Tabel 2.1.** Durasi normal dan Amplitudo pada sinyal EKG ..... 7

**Tabel 2.2.** Fungsi Aktivasi ..... 14

**Tabel 3.1** Distribusi Data 105 Rekaman Physionet: The QT Database ..... 20

**Tabel 3.2** Tipe File Pada QT Database ..... 21

**Tabel 3.3** *Beat annotation Symbol* ..... 22

**Tabel 3.4** *Non-Beat annotation Symbol* ..... 23

**Tabel 3.5** Hasil Perhitungan SNR Berdasarkan 4 Fungsi *Wavelet* ..... 27

**Tabel 3.6** Tiga Arsitektur LSTM ..... 30

**Tabel 3.7** Persamaan QTc Formula ..... 34

**Tabel 4.1** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Arrythmia ..... 38

**Tabel 4.2** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Arrythmia ..... 39

**Tabel 4.3** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Arrythmia ..... 40

**Tabel 4.4** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH ST-Change ..... 42

**Tabel 4.5** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH ST-Change ..... 42

**Tabel 4.6** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data ST-Change ..... 43

**Tabel 4.7** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhythmia ..... 45

**Tabel 4.8** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhythmia ..... 45

**Tabel 4.9** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhythmia ..... 46
**Tabel 4.10** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 1 pada Data European ST-T ..... 48
**Tabel 4.11** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data European ST-T ..... 48
**Tabel 4.12** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 1 European ST-T ..... 49
**Tabel 4.13** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Long-Term ECG ..... 51
**Tabel 4.14** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Long-Term ECG ..... 51
**Tabel 4.15** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 1 pada Data MIT BIH Long-Term ECG ..... 52
**Tabel 4.16** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 2 pada Data MI BIH Arrhytmia ..... 54
**Tabel 4.17** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MI BIH Arrhytmia ..... 54
**Tabel 4.18** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Arrhytmia ..... 55
**Tabel 4.19** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 2 pada Data MI BIH STChange ..... 57
**Tabel 4.20** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MI BIH ST-Change ..... 58
**Tabel 4.21** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH ST-Change ..... 59
**Tabel 4.22** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhythmia ..... 61
**Tabel 4.23** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhythmia ..... 61

**Tabel 4.24** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhythmia ..... 62
**Tabel 4.25** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 2 pada Data European ST-T ..... 64
**Tabel 4.26** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data European ST-T ..... 64
**Tabel 4.27** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 2 European ST-T ..... 65
**Tabel 4.28** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Long-Term ECG ..... 67
**Tabel 4.29** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Long-Term ECG ..... 67
**Tabel 4.30** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 2 pada Data MIT BIH Long-Term ECG ..... 68
**Tabel 4.31** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 3 pada Data MI BIH Arrhytmia ..... 70
**Tabel 4.32** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MI BIH Arrhytmia ..... 70
**Tabel 4.33** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Arrhytmia ..... 71
**Tabel 4.34** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 3 pada Data MI BIH STChange ..... 73
**Tabel 4.35** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MI BIH ST-Change ..... 73
**Tabel 4.36** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH ST-Change ..... 74
**Tabel 4.37** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhythmia ..... 76
**Tabel 4.38** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhythmia ..... 76

**Tabel 4.39** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Supraventricular Arrhythmia ..... 77

**Tabel 4.40** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 3 pada Data European ST-T ..... 79

**Tabel 4.41** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data European ST-T ..... 79

**Tabel 4.42** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 3 European ST-T ..... 80

**Tabel 4.43** Hasil *Training* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Long-Term ECG ..... 82

**Tabel 4.44** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Long-Term ECG ..... 82

**Tabel 4.45** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model 3 pada Data MIT BIH Long-Term ECG ..... 83

**Tabel 4.46** Perbandingan Semua Hasil Kinerja pada Seluruh Basis Data ..... 85

**Tabel 4.47** Hasil *Training* Bi-LSTM Model Terbaik pada Data *Expert* ..... 86

**Tabel 4.48** Hasil *Testing* Bi-LSTM Model Terbaik pada Data *Expert* ..... 86

**Tabel 4.49** Matriks Konfusi *Training* dan *Testing* Bi-LSTM Model Terbaik pada Data *Expert* ..... 87

**Tabel 4.50** Perhitungan Nilai QTc Menggunakan Bazett's Formula ..... 90

**Tabel 4.51** Perhitungan Nilai QTc Menggunakan Fridericia's Formula ..... 90

**Tabel 4.52** Perhitungan nilai QTc menggunakan Sagie's Formula ..... 91

**Tabel 4.53** Perhitungan Nilai QTc Menggunakan Hodges’s Formula ..... 91

# DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran –** Form Perbaikan, Hasil Pengecekan Plagiat, Hasil Suliet, Bebas Bayaran, Bebas Pustaka

# BAB I

# PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang dilakukannya penelitian yang berjudul "Perancangan sistem untuk mendeteksi nilai QT-*Corrected* menggunakan metode *Long short-term memory*". Pada penelitian ini mengangkat topik penyakit jantung dikarenakan penyakit ini merupakan salah satu penyebab angka kematian tertinggi di seluruh dunia. Kelainan jantung berupa gejala *Long-QT syndrome* akan dideteksi dan diklasifikasi melalui sinyal elektrokardiogram, dengan menerapkan algoritma *deep learning* dimana data sinyal dipelajari secara otomatis tanpa bantuan tangan manusia. Dengan karakter sinyal elektrokardiogram yang bersifat sekuensial maka metode *deep learning* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *Recurrent Neural Network* (RNN) dengan arsitektur *Long Short-Term Memory*.

## 1.1 Latar Belakang

Penyakit jantung masih menduduki peringkat satu penyebab kematian di seluruh dunia. Diagnosis dini tentu diharapkan membantu para dokter dan para medis lebih mudah mendeteksi dan menangani pasien yang mempunyai penyakit jantung. Salah satu cara untuk mendiagnosa penyakit jantung adalah menggunakan pemeriksaan Elektrokardiogram (EKG)[1]. EKG adalah rekaman aktivitas bioelektrikal jantung dalam periode waktu. Salah satu bentuk kelainan bawaan pada detak jantung manusia yang dapat menyebabkan sinkop, henti jantung, dan kematian mendadak adalah *Long-QT syndrome*[2][3]. Dimana *Long-QT syndrome* merupakan kelainan bawaan yang dicirikan dengan perpanjangan interval diantara gelombang Q dan T pada sinyal elektrokardiogram (EKG) [2].

Banyak metode konvensional yang sudah pernah dilakukan dalam mendeteksi deteksi dan klasifikasi detak jantung seperti SVM, *Hidden Markov* Model, *Naïve Bayesian*, *Neural Network*, dll [4] namun dari penelitian sebelumnya masih ditemui kendala seperti nilai akurasi yang belum terlalu baik. Proses analisis yang dilakukan dengan metode konvensial dalam mendeteksi Long-QT membutuhkan waktu yang sangat lama karena pada sinyal EKG terdapat berbagai karakteristik dan variasi fitur morfologi yang sulit [4]. Selain itu data sinyal EKG

bersifat sekuensial [5] dan berukuran besar serta memiliki kompleksitas yang tinggi maka diperlukan sebuah sistem dan metode baru yang mampu menganalisis EKG secara otomatis untuk dalam mendeteksi bentuk kelainan pada detak jantung.

Ada metode lain selain metode konvensional yang dapat mendeteksi dan mengklasifikasi detak jantung dengan baik, yaitu dengan menggunakan metode Deep Learning, keunggulan *deep learning* dibanding machine learning adalah dapat memproses data secara otomatis serta mampu mempelajari fitur dan metode komputasinya sendiri tanpa campur tangan manusia. Beberapa jenis *deep learning* yang digunakan dalam pemrosesan data sinyal EKG yaitu, *Deep Neural Nerwork*[6], *Convolutional Neural Network*[7], dan *Reccurent Neural Network*[8]. Untuk jenis data yang bersifat sekuensial maka algoritma Reccurent Neural Network (RNN) memiliki keunggulan dalam memprosesnya dibanding algortima deep learning lainnya[9].

RNN adalah salah satu bagian perkembagan dari algoritma jaringan saraf tiruan yang digunakan untuk memproses data yang bersifat sekuensial yang pemrosesan data masukannya dipanggil berulang-ulang[9]. Seperti yang telah dijelaskan diatas bahwa sinyal EKG bersifat sekuensial maka metode RNN diusulkan pada penelitian ini. Dimana metode RNN dengan arsitektur *Long Short Term Memory* (LSTM) nantinya akan digunakan untuk mengklasifikasi gelombang P, QRS, dan T. Serta menghitung nilai *QT Corrected* yang dipakai ahli untuk menilai gejala *Long – QT Syndrome*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dijabarkan, maka didapatkan perumusan masalah yaitu bagaimana mengklasifikasi gelombang P, QRS, dan T, serta menghitung nilai *QT-Corrected* menggunakan metode RNN dengan arsitektur LSTM. Adapun permasalahan dalam penelitian ini:

1. Bagaimana cara melakukan proses pra-pengolahan data sinyal elektrokardiogram untuk mengklasifikasi gelombang P, QRS, dan T. Serta menghitung nilai *QT Corrected* yang dipakai ahli untuk menilai gejala *Long – QT Syndrome*?

2. Bagaimana membuat model pengklasifikasi RNN-LSTM dalam mengklasifikasi gelombang P, QRS, dan T dengan bentuk simulasi menggunakan bahasa pemrograman yang dinamis ?
3. Bagaimana mengukur kinerja model pengklasifikasi RNN-LSTM berdasarkan parameter *confusion matrix*, yaitu akurasi, sensitivitas, spesfisitas, presisi, dan F1 score ?

## 1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam perancangan sistem pada penelitian ini adalah:

1. Sistem pemodelan yang akan dibuat hanya sebatas simulasi untuk mengklasifikasi gelombang P, QRS, dan T, serta menghitung nilai *QT Corrected.*
2. Basis data diambil dari *public dataset* Physionet: The QT Database yang bisa diakses dari laman https://physionet.org/physiobank/database/qtdb/. Dimana basis data ini terdiri dari 105 rekaman EKG.
3. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Recurrent Neural Network* dengan arsitektur *Long-Short Term Memory* (LSTM).

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan proses pra-pengolahan pada data sinyal elektrokardiogram untuk mengklasifikasi gelombang P, QRS, dan T. Serta menghitung nilai *QT Corrected* yang dipakai ahli untuk menilai gejala *Long-QT Syndrome*.
2. Menguji hasil dari model pengklasifikasi RNN-LSTM dalam mengklasifikasi gelombang P, QRS, dan T dengan bentuk simulasi menggunakan bahasa pemrograman yang dinamis.
3. Mengukur kinerja model pengklasifikasi RNN-LSTM berdasarkan parameter *confusion matrix*, yaitu akurasi, sensitivitas, spesfisitas, presisi, dan F1 score

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan yang akan dijabarkan di bawah ini:

1. **Bab I : Pendahuluan**

   Bab pertama dalam tugas akhir ini memuat penjabaran sistemaris mengenai topik yang diambil meliputi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

2. **Bab II : Tinjauan Pustaka**

   Bab kedua berisi tinjauan pustaka yang menunjang pembahasan dari penelitian ini. Dimana tinjauan pustaka ini terdiri dari literatur EKG, Long-QT Syndrome, Neural Network, Recurrent Neural Network yang mengacu pada beberapa penelirian jurnal publikasi.

3. **Bab III : Metodologi Penelitian**

   Bab ketiga menjabarkan tahapan – tahapan pada penelitian ini yang akan dijelaskan secara terperinci, seperti langkah – langkah persiapan data, pra-pengolahan data, klasifikasi, dan validasi. Selain itu pada bab ini juga menjelaskan tentang pendekatan atau algoritma RNN dan model yang digunakan sehingga tujuan dari penelitian ini dapat tercapai.

4. **Bab IV : Hasil dan Analisa**

   Bab keempat terdiri dari hasil *training* dan *testing* dari penelitian yang telah dilakukan, dan data – data yang diambil dari *training* dan *testing* tersebut akan selanjutnya akan di analisa dengan menggunakan berbagai macam teknik.

5. **Bab V : Kesimpulan**

Bab kelima menjabarkan kesimpulan yang diperolah penulis setelah melakukan penelitian, serta merupakan jawaban dari setiap tujuan yang ingin di capai.

## DAFTAR PUSTAKA


[1] S. Singh, S. K. Pandey, U. Pawar, and R. R. Janghel, "Classification of ECG arrhythmia using recurrent neural networks," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 132, pp. 1290–1297, 2018.

[2] A. J. Moss, P. J. Schwartz, R. S. Crampton, E. Locati, and E. Carleen, "The long QT syndrome: a prospective international study.," *Circulation*, vol. 71, no. 1, pp. 17–21, 1985.

[3] A. J. Moss and J. L. Robinson, "The long-QT syndrome," *Circulation*, vol. 105, no. 7, pp. 784–786, 2002.

[4] H. Abrishami, M. Campbell, and R. Czosek, "Supervised ECG Interval Segmentation Using LSTM Neural Network."

[5] J. H. Tudor, "Elektrokardiography (EKG)/Electrocardiography (ECG)," in *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*, J. Vonk and T. Shackelford, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 1–11.

[6] S. Nurmaini, A. Gani, and others, "Cardiac Arrhythmias Classification Using Deep Neural Networks and Principle Component Analysis Algorithm.," *Int. J. Adv. Soft Comput. Its Appl.*, vol. 10, no. 2, 2018.

[7] D. Li, J. Zhang, Q. Zhang, and X. Wei, "Classification of ECG signals based on 1D convolution neural network," in *2017 IEEE 19th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*, 2017, pp. 1–6.

[8] M. Zihlmann, D. Perekrestenko, and M. Tschannen, "Convolutional recurrent neural networks for electrocardiogram classification," in *2017 Computing in Cardiology (CinC)*, 2017, pp. 1–4.

[9] H. W. Lui and K. L. Chow, "Multiclass classification of myocardial infarction with convolutional and recurrent neural networks for portable ECG devices," *Informatics Med. Unlocked*, vol. 13, no. August, pp. 26–33, 2018.

[10] A. L. Goldberger, *Clinical Electrocardiography E-Book: A Simplified Approach*. Elsevier Health Sciences, 2012.

[11] D. E. Becker, "Fundamentals of electrocardiography interpretation," *Anesth. Prog.*, vol. 53, no. 2, pp. 53–64, 2006.

[12] A. Peterkova and M. Stremy, "The raw ECG signal processing and the detection of QRS complex," in *IEEE European modelling symposium*, 2015.

[13] I. Goldenberg and A. J. Moss, "Long QT syndrome," *J. Am. Coll. Cardiol.*, vol. 51, no. 24, pp. 2291–2300, 2008.

[14] A. D. C. Paulussen *et al.*, "Genetic variations of KCNQ1, KCNH2, SCN5A, KCNE1, and KCNE2 in drug-induced long QT syndrome patients," *J. Mol. Med.*, vol. 82, no. 3, pp. 182–188, 2004.

[15] Sudden Arrhythmia Death Syndromes Foundation, "Acquired, Drug-Induced Long QT Syndrome: A guide for patients and health care providers," 2006.

[16] A. Grossmann and J. Morlet, "Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape," *SIAM J. Math. Anal.*, vol. 15, no. 4, pp. 723–736, 1984.

[17] S. Mallat, *A wavelet tour of signal processing*. Elsevier, 1999.

[18] P. S. Addison, "Wavelet transforms and the ECG: a review," *Physiol. Meas.*, vol. 26, no. 5, p. R155, 2005.

[19] J. J. F. Cebrián, C. M. T. González, and V. N. Ornedo, "2-D Discrete Wavelet Transform for Hand Palm Texture Biometric Identification and Verification," *Wavelet Transform. Their Recent Appl. Biol. Geosci.*, p. 103, 2012.

[20] D. Sripathi, "Efficient implementations of discrete wavelet transforms using FPGAs," 2003.

[21] F. Amato, A. López, E. M. Peña-Méndez, P. Va\vnhara, A. Hampl, and J. Havel, "Artificial neural networks in medical diagnosis." Elsevier, 2013.

[22] C. Gallo, “Artificial Neural Networks: tutorial,” 2015.

[23] T. Wiatowski and H. Bölcskei, “A mathematical theory of deep convolutional neural networks for feature extraction,” *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 64, no. 3, pp. 1845–1866, 2017.

[24] J. A. Bullinaria, “Recurrent neural networks,” *Neural Comput. Lect.*, vol. 12, 2013.

[25] R. Pascanu, T. Mikolov, and Y. Bengio, “On the difficulty of training recurrent neural networks,” in *International conference on machine learning*, 2013, pp. 1310–1318.

[26] A. Darmawahyuni, S. Nurmaini, and others, “Deep Learning with Long Short-Term Memory for Enhancement Myocardial Infarction Classification,” in *2019 6th International Conference on Instrumentation, Control, and Automation (ICA)*, 2019, pp. 19–23.

[27] O. Faust, A. Shenfield, M. Kareem, T. R. San, H. Fujita, and U. R. Acharya, “Automated detection of atrial fibrillation using long short-term memory network with RR interval signals,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 102, pp. 327–335, 2018.

[28] K. Kim, “Arrhythmia classification in multi-channel ECG signals using deep neural networks,” 2018.

[29] A. Darmawahyuni, S. Nurmaini, W. Caesarendra, V. Bhayyu, M. N. Rachmatullah, and others, “Deep Learning with a Recurrent Network Structure in the Sequence Modeling of Imbalanced Data for ECG-Rhythm Classifier,” *Algorithms*, vol. 12, no. 6, p. 118, 2019.

[30] P. Laguna, R. Jané, and P. Caminal, “Automatic detection of wave boundaries in multilead ECG signals: Validation with the CSE database,” *Comput. Biomed. Res.*, vol. 27, no. 1, pp. 45–60, 1994.

[31] Ö. Yildirim, “A novel wavelet sequence based on deep bidirectional LSTM network model for ECG signal classification,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 96, pp. 189–202, 2018.

[32] Q. Qin, J. Li, L. Zhang, Y. Yue, and C. Liu, “Combining low-dimensional wavelet features and support vector machine for arrhythmia beat classification,” *Sci. Rep.*, vol. 7, no. 1, p. 6067, 2017.

[33] M. Sharma and U. R. Acharya, “A new method to identify coronary artery disease with ECG signals and time-Frequency concentrated antisymmetric biorthogonal wavelet filter bank,” *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 125, pp. 235–240, 2019.

[34] K. Mourad and B. R. Fethi, “Efficient automatic detection of QRS complexes in ECG signal based on reverse biorthogonal wavelet decomposition and nonlinear filtering,” *Measurement*, vol. 94, pp. 663–670, 2016.

[35] M. Alfaouri and K. Daqrouq, “ECG signal denoising by wavelet transform thresholding,” *Am. J. Appl. Sci.*, vol. 5, no. 3, pp. 276–281, 2008.

[36] M. A. Kabir and C. Shahnaz, “Denoising of ECG signals based on noise reduction algorithms in EMD and wavelet domains,” *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 7, no. 5, pp. 481–489, 2012.

[37] E.-S. A. El-Dahshan, “Genetic algorithm and wavelet hybrid scheme for ECG signal denoising,” *Telecommun. Syst.*, vol. 46, no. 3, pp. 209–215, 2011.

[38] F. Monitillo, M. Leone, C. Rizzo, A. Passantino, and M. Iacoviello, “Ventricular repolarization measures for arrhythmic risk stratification,” *World J. Cardiol.*, vol. 8, no. 1, p. 57, 2016.

[39] B. J. Drew *et al.*, “Prevention of torsade de pointes in hospital settings: a scientific statement from the American Heart Association and the American College of Cardiology Foundation endorsed by the American Association of Critical-Care Nurses and the International Society ,” *J. Am. Coll. Cardiol.*, vol. 55, no. 9, pp. 934–947, 2010.

[40] H. C. Bazett, “AN ANALYSIS OF THE TIME-RELATIONS OF ELECTROCARDIOGRAMS.,” *Ann. Noninvasive Electrocardiol.*, vol. 2, no. 2, pp. 177–194, 1997.

[41] L. S. Fridericia, “The duration of systole in an electrocardiogram in normal humans and in patients with heart disease,” *Ann. Noninvasive Electrocardiol.*, vol. 8, no. 4, pp. 343–351, 2003.

[42] A. Sagie, M. G. Larson, R. J. Goldberg, J. R. Bengtson, and D. Levy, “An improved method for adjusting the QT interval for heart rate (the Framingham Heart Study),” *Am. J. Cardiol.*, vol. 70, no. 7, pp. 797–801, 1992.

[43] M. Hodges, “Rate correction of the QT interval,” *Card. Electrophysiol. Rev.*, vol. 1, no. 3, pp. 360–363, 1997.

[44] B. Vandenberk *et al.*, “Which QT correction formulae to use for QT monitoring?,” *J. Am. Heart Assoc.*, vol. 5, no. 6, p. e003264, 2016.