

**KLASIFIKASI GAGAL JANTUNG KONGESTIF  
DENGAN OPTIMISASI PARAMETER *LONG SHORT-  
TERM MEMORY* MENGGUNAKAN ALGORITMA  
*GRID SEARCH***

**TUGAS AKHIR**

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



**OLEH :**

**MUHAMMAD DIVO TRINANDA**

**09011381722103**

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

**2021**

# HALAMAN PENGESAHAN

**KLASIFIKASI GAGAL JANTUNG KONGESTIF DENGAN OPTIMISASI  
PARAMETER *LONG SHORT-TERM MEMORY* MENGGUNAKAN  
ALGORITMA *GRID SEARCH***

## SKRIPSI

**Program Studi Sistem Komputer**

**Jenjang S1**

Oleh :

**MUHAMMAD DIVO TRINANDA**

**09011381722103**

**Palembang, Juni 2021**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Sistem Komputer**

**Pembimbing Tugas Akhir**



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

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

## HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada:

Hari : Sabtu

Tanggal : 12 Juni 2021

**Tim Penguji :**

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



Handwritten signatures of the examiners and supervisor, corresponding to the list of names on the left.

Mengetahui, 17/7/21

Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Divo Trinanda

NIM : 09011381722103

Judul : Klasifikasi Gagal Jantung Kongestif Dengan Optimisasi Parameter *Long Short-Term Memory* Menggunakan Algoritma *Grid Search*

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 1%

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.



Indralaya, Juni 2021



M. Divo Trinanda

09011381722103

## KATA PENGANTAR

Pujian dan rasa syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas berkah dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang berjudul **“Klasifikasi Gagal Jantung Kongestif dengan Optimisasi Parameter *Long Short-Term Memory* Menggunakan Algoritma *Grid Search*”**.

Dalam laporan ini penulis menjelaskan mengenai klasifikasi sinyal EKG menggunakan *Long Short Term Memory* untuk mengklasifikasi sinyal gagal jantung kongestif dan sinyal normal dengan disertai data-data yang diperoleh penulis saat melakukan penelitian dan pengujian berbagai model. Penulis berharap agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi orang banyak dan menjadi bahan bacaan bagi yang tertarik, terutama para peneliti yang berada di bidang medis dan elektrokardiogram.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak atas ide dan saran serta bantuannya dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dan berterimakasih kepada yang terhormat :

1. Kedua Orang tua yang sangat saya sayangi, yang telah membesarkan dan mendidik saya dengan kasih sayang dan selalu memberikan semangat dan motivasi dalam hidup penulis.
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 Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan saran dan motivasi serta bimbingan terbaik untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Firdaus, M.Kom. selaku Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer.
6. Kak Muhammad Naufal dan Mbak Annisa Darmawahyuni yang selalu memberikan bantuan dan saran untuk penulis.

7. Olivia, Panca, Iqbal, Syafiq Prayuda, dan Syafiq Riadhi sebagai teman terbaik yang selalu memberikan semangat dan support bagi penulis.
8. Teman – teman SK17 Bukit.
9. Teman – teman seperjuangan di Intelligent System Research Group.
10. Dan semua pihak yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini tidak dapat dikatakan sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar penulisan laporan ini dapat menjadi lebih baik lagi dan dapat dijadikan sebagai sumber referensi yang bermanfaat bagi semua pihak.

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

Palembang, 10 Juli 2021

Penulis,



**Muhammad Divo Trinanda**  
**NIM. 09011381722103**

# **CLASSIFICATION OF CONGESTIVE HEART FAILURE WITH LONG SHORT-TERM MEMORY PARAMETER OPTIMIZATION USING GRID SEARCH ALGORITHM**

**MUHAMMAD DIVO TRINANDA (09011381722103)**

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

Email : [divo.trinanda99@gmail.com](mailto:divo.trinanda99@gmail.com)

## **ABSTRACT**

*Congestive Heart Failure is a growing health problem with approximately 26 million adults worldwide having suffered from Congestive Heart Failure. Congestive heart failure generally occurs due to abnormalities in the heart muscles so that the heart cannot work normally, this can result in a lack of blood supply needed by the body. Classification of the ECG signal for Congestive Heart Failure automatically using deep learning can help doctors because of human errors in annotating the ECG signal manually. The method used in this research is Long Short-Term Memory (LSTM). LSTM is an effective method in processing time series data. In addition, LSTM can overcome vanishing and exploding gradient problems in RNN. In this study, there are two classification scenarios carried out, namely the unidirectional LSTM and Bi-LSTM models with parameter values optimized using a grid search algorithm including epoch, batch size, and learning rate resulting in a total of 40 models. Based on 40 models tested, the best classification model is Bi-LSTM with parameter values of 32 batch size, 0.0001 learning rate, and 200 epochs. The Bi-LSTM model has the highest evaluation results in the classification of ECG signals for Congestive Heart Failure with sensitivity, precision, specificity, accuracy and F1 values of 95.15%, 99.23%, 99.32%, 99.78%, and 99.69%.*

**Keywords :** *Congestive Heart Failure, Electrocardiogram, Classification, Long Short-Term Memory, Grid Search.*

# KLASIFIKASI GAGAL JANTUNG KONGESTIF DENGAN OPTIMISASI PARAMETER *LONG SHORT-TERM MEMORY* MENGGUNAKAN ALGORITMA *GRID SEARCH*

**MUHAMMAD DIVO TRINANDA (09011381722103)**

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : [divo.trinanda99@gmail.com](mailto:divo.trinanda99@gmail.com)

## ABSTRAK

Gagal Jantung Kongestif merupakan masalah kesehatan yang berkembang dengan sekitar 26 juta orang dewasa di seluruh dunia telah menderita Gagal Jantung Kongestif. Gagal Jantung Kongestif umumnya disebabkan karena terjadi kelainan pada otot-otot jantung sehingga jantung tidak bisa bekerja secara normal, hal ini dapat mengakibatkan kurangnya pasokan darah yang dibutuhkan oleh tubuh. Klasifikasi terhadap sinyal EKG Gagal Jantung Kongestif secara otomatis menggunakan *deep learning* dapat membantu para dokter karena adanya *human errors* pada anotasi sinyal EKG secara manual. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Long Short-Term Memory* (LSTM). LSTM merupakan metode yang efektif dalam memproses data bertipe *time series*. Selain itu, LSTM dapat mengatasi masalah *vanishing* dan *exploding gradient* pada RNN. Pada penelitian ini, ada dua skenario klasifikasi yang dilakukan yaitu terhadap model *unidirectional* LSTM dan Bi-LSTM dengan nilai parameter yang dioptimasi menggunakan algoritma *grid search* meliputi *epoch*, *batch size*, dan *learning rate* menghasilkan total 40 model. Berdasarkan 40 model yang diuji coba, model klasifikasi terbaik adalah Bi-LSTM dengan nilai parameter 32 *batch size*, 0.0001 *learning rate*, dan 200 *epoch*. Model Bi-LSTM tersebut memiliki hasil evaluasi tertinggi pada klasifikasi sinyal EKG Gagal Jantung Kongestif dengan nilai sensitivitas, presisi, spesifisitas, akurasi dan F1 sebesar 95.15%, 99.23%, 99.32%, 99.78% dan 99.69%.

**Kata Kunci :** Gagal Jantung Kongestif, Elektrokardiogram, Klasifikasi, *Long Short-Term Memory*, *Grid Search*.



# 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>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>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	3
1.3 Perumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.5.1 Tahap Pertama (Persiapan Data).....	4
1.5.2 Tahap Kedua (Pra Pengolahan Data) .....	4
1.5.3 Tahap Ketiga (Klasifikasi).....	4
1.5.4 Tahap Keempat (Analisis dan Kesimpulan) .....	4
1.6 Sistematika Penelitian .....	5
BAB I PENDAHULUAN.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	5
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....	5
BAB V KESIMPULAN .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Jantung .....	6
2.2 Gagal Jantung Kongestif .....	7
2.3 Elektrokardiogram.....	8
2.4 Klasifikasi .....	11
2.5 Transformasi <i>Wavelet</i> .....	12

2.5.1	Transformasi <i>Wavelet</i> Kontinu .....	12
2.5.2	Transformasi <i>Wavelet</i> Diskrit .....	12
2.6	<i>Recurrent Neural Network</i> .....	14
2.6.1	<i>Long Short Term-Memory</i> .....	14
2.7	Algoritma <i>Grid Search</i> .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>17</b>
3.1	Pendahuluan .....	17
3.2	Kerangka Kerja .....	17
3.3	Persiapan Data.....	18
3.4	Pra Pengolahan Data .....	20
3.4.1	Pengurangan Derau atau <i>Denosing</i> .....	20
3.4.2	Normalisasi .....	25
3.4.3	Segmentasi .....	29
3.5	Pembagian Data Latih dan Data Uji .....	30
3.6	Membangun Model Klasifikasi .....	30
3.6.1	Tuning Parameter LSTM Menggunakan Algoritma <i>Grid Search</i> .....	30
3.6.2	Model <i>Unidirectional LSTM</i> .....	31
3.6.1	Model <i>Bidirectional LSTM</i> .....	32
3.7	Validasi Performa.....	33
3.7.1	Akurasi .....	33
3.7.2	Sensitivitas .....	34
3.7.3	Presisi .....	34
3.7.4	Spesifisitas.....	34
3.7.5	<i>F1 Score</i> .....	34
3.7.6	<i>Error</i> .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....</b>		<b>35</b>
4.1	Pendahuluan .....	35
4.2	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas Menggunakan Algoritma <i>Grid Search</i> .....	35
4.2.1	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 1 LSTM .....	36
4.2.2	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 2 LSTM .....	39
4.2.3	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 3 LSTM .....	41
4.2.4	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 4 LSTM .....	44
4.2.5	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 5 LSTM .....	46
4.2.6	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 6 LSTM .....	48
4.2.7	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 7 LSTM .....	51
4.2.8	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 8 LSTM .....	53

4.2.9	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 9 LSTM .....	55
4.2.10	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 10 LSTM .....	58
4.2.11	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 11 LSTM .....	60
4.2.12	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 12 LSTM .....	62
4.2.13	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 13 LSTM .....	64
4.2.14	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 14 LSTM .....	67
4.2.15	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 15 LSTM .....	69
4.2.16	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 16 LSTM .....	72
4.2.17	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 17 LSTM .....	74
4.2.18	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 18 LSTM .....	77
4.2.19	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 19 LSTM .....	79
4.2.20	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 20 LSTM .....	82
4.2.21	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 21 LSTM .....	84
4.2.22	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 22 LSTM .....	86
4.2.23	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 23 LSTM .....	89
4.2.24	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 24 LSTM .....	91
4.2.25	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 25 LSTM .....	93
4.2.26	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 26 LSTM .....	96
4.2.27	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 27 LSTM .....	98
4.2.28	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 28 LSTM .....	100
4.2.29	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 29 LSTM .....	103
4.2.30	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 30 LSTM .....	105
4.2.31	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 31 LSTM .....	107
4.2.32	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 32 LSTM .....	110
4.2.33	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 33 LSTM .....	112
4.2.34	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 34 LSTM .....	115
4.2.35	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 35 LSTM .....	118
4.2.36	Hasil Klasifikasi Sinyal 2 Kelas dengan Model 36 LSTM .....	120
4.3	Hasil Klasifikasi LSTM 3 Sinyal Menggunakan Algoritma <i>Grid Search</i> .....	122
4.3.1	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 1 LSTM .....	124
4.3.2	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 2 LSTM .....	126
4.3.3	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 3 LSTM .....	129
4.3.4	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 4 LSTM .....	131
4.3.5	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 5 LSTM .....	134
4.3.6	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 6 LSTM .....	136
4.3.7	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 7 LSTM .....	138

4.3.8	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 8 LSTM .....	141
4.3.9	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 9 LSTM .....	143
4.3.10	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 10 LSTM .....	146
4.3.11	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 11 LSTM .....	148
4.3.12	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 12 LSTM .....	151
4.3.13	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 13 LSTM .....	153
4.3.14	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 14 LSTM .....	156
4.3.15	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 15 LSTM .....	158
4.3.16	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 16 LSTM .....	161
4.3.17	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 17 LSTM .....	163
4.3.18	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 18 LSTM .....	166
4.3.19	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 19 LSTM .....	168
4.3.20	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 20 LSTM .....	171
4.3.21	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 21 LSTM .....	173
4.3.22	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 22 LSTM .....	176
4.3.23	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 23 LSTM .....	178
4.3.24	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 24 LSTM .....	181
4.3.25	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 25 LSTM .....	183
4.3.26	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 26 LSTM .....	186
4.3.27	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 27 LSTM .....	188
4.3.28	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 28 LSTM .....	191
4.3.29	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 29 LSTM .....	193
4.3.30	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 30 LSTM .....	196
4.3.31	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 31 LSTM .....	198
4.3.32	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 32 LSTM .....	201
4.3.33	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 33 LSTM .....	203
4.3.34	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 34 LSTM .....	206
4.3.35	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 35 LSTM .....	208
4.3.35	Hasil Klasifikasi Sinyal 3 Kelas dengan Model 36 LSTM .....	211
4.4	Klasifikasi Model Bi-LSTM.....	213
4.4.1	Hasil Klasifikasi Sinyal dengan Model 1 Bi-LSTM .....	214
4.4.2	Hasil Klasifikasi Sinyal dengan Model 2 Bi-LSTM .....	216
4.4.3	Hasil Klasifikasi Sinyal dengan Model 3 Bi-LSTM .....	218
4.4.4	Hasil Klasifikasi Sinyal dengan Model 4 Bi-LSTM .....	221
4.5	Perbandingan Hasil Keseluruhan Model untuk 3 Kelas Sinyal.....	222
4.6	Perbandingan Model Terbaik <i>Unidirectional</i> LSTM dan Bi-LSTM.....	224

4.7	Pengujian Model dengan Data <i>Unseen</i> .....	224
4.7.1	Pengujian Model Terbaik LSTM dengan Data <i>Unseen</i> .....	224
4.7.2	Pengujian Model Terbaik Bi-LSTM dengan Data <i>Unseen</i> .....	225
<b>BAB V KESIMPULAN</b> .....		<b>226</b>
5.1	Kesimpulan .....	226
5.2	Saran .....	227
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		<b>228</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1.</b> Bagian-Bagian Jantung .....	7
<b>Gambar 2.2.</b> Sinyal Gagal Jantung Kongestif .....	9
<b>Gambar 2.3.</b> Sinyal Jantung Normal .....	10
<b>Gambar 2.4.</b> Struktur <i>Recurrent neural network</i> .....	14
<b>Gambar 2.5.</b> Blok LSTM .....	15
<b>Gambar 3.1.</b> Diagram Alir penelitian.....	18
<b>Gambar 3.2.</b> Diagram Alir Pra Pengolahan Data .....	20
<b>Gambar 3.3.</b> Perbandingan sinyal BIDMC (HF) sebelum dan setelah DWT .....	22
<b>Gambar 3.4.</b> Perbandingan sinyal PTB kelas HF sebelum dan setelah DWT .....	22
<b>Gambar 3.5.</b> Perbandingan sinyal normal sinus <i>QTDB</i> sebelum dan sesudah DWT .....	23
<b>Gambar 3.6.</b> Perbandingan sinyal normal Fantasia sebelum dan sesudah DWT .....	23
<b>Gambar 3.7.</b> Perbandingan sinyal PTB kelas <i>Myocardial Infarction</i> sebelum dan sesudah DWT .....	23
<b>Gambar 3.8.</b> Perbandingan sinyal <i>BIDMC CHF</i> hasil DWT dan normalisasi .....	26
<b>Gambar 3.9.</b> Perbandingan sinyal <i>PTB Diagnostic ECG Database</i> hasil DWT dan normalisasi .....	26
<b>Gambar 3.10</b> Perbandingan sinyal normal sinus <i>QTDB</i> hasil DWT dan normalisasi .....	27
<b>Gambar 3.11</b> Perbandingan sinyal normal <i>fantasia</i> hasil DWT dan normalisasi .....	28
<b>Gambar 3.12</b> Perbandingan sinyal PTB kelas <i>Myocardial Infarction</i> hasil DWT dan normalisasi .....	28
<b>Gambar 4.1.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 1 LSTM 2 Kelas.....	37
<b>Gambar 4.2.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 1 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.3.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 1 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.4.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 2 LSTM 2 Kelas.....	39
<b>Gambar 4.5.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 2 LSTM 2 Kelas.....	41
<b>Gambar 4.6.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 2 LSTM 2 Kelas .....	41
<b>Gambar 4.7.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 3 LSTM 2 Kelas.....	42
<b>Gambar 4.8.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 3 LSTM 2 Kelas.....	43

<b>Gambar 4.9.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 3 LSTM 2 Kelas .....	44
<b>Gambar 4.10.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 4 LSTM 2 Kelas.....	44
<b>Gambar 4.11.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 4 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.12.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 4 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.13.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 5 LSTM 2 Kelas.....	39
<b>Gambar 4.14.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 5 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.15.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 5 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.16.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 6 LSTM 2 Kelas.....	41
<b>Gambar 4.17.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 6 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.18.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 6 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.19.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 7 LSTM 2 Kelas.....	42
<b>Gambar 4.20.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 7 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.21.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 7 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.22.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 8 LSTM 2 Kelas.....	44
<b>Gambar 4.23.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 8 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.24.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 8 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.25.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 9 LSTM 2 Kelas.....	45
<b>Gambar 4.26.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 9 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.27.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 9 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.28.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 10 LSTM 2 Kelas.....	47
<b>Gambar 4.29.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 10 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.30.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 10 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.31.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 11 LSTM 2 Kelas.....	48
<b>Gambar 4.32.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 11 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.33.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 11 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.34.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 12 LSTM 2 Kelas.....	50
<b>Gambar 4.35.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 12 LSTM 2 Kelas.....	38

<b>Gambar 4.36.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 12 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.37.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 13 LSTM 2 Kelas.....	51
<b>Gambar 4.38.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 13 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.39.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 13 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.40.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 14 LSTM 2 Kelas.....	53
<b>Gambar 4.41.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 14 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.42.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 14 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.43.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 15 LSTM 2 Kelas.....	54
<b>Gambar 4.44.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 15 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.45.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 15 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.46.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 16 LSTM 2 Kelas.....	56
<b>Gambar 4.47.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 16 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.48.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 16 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.49.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 17 LSTM 2 Kelas.....	57
<b>Gambar 4.50.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 17 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.51.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 17 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.52.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 18 LSTM 2 Kelas.....	59
<b>Gambar 4.53.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 18 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.54.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 18 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.55.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 19 LSTM 2 Kelas.....	60
<b>Gambar 4.56.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 19 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.57.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 19 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.58.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 20 LSTM 2 Kelas.....	62
<b>Gambar 4.59.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 20 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.60.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 20 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.61.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 21 LSTM 2 Kelas.....	62
<b>Gambar 4.62.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 21 LSTM 2 Kelas.....	38



<b>Gambar 4.63.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 21 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.64.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 22 LSTM 2 Kelas.....	63
<b>Gambar 4.65.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 22 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.66.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 22 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.67.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 23 LSTM 2 Kelas.....	65
<b>Gambar 4.68.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 23 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.69.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 23 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.70.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 24 LSTM 2 Kelas.....	66
<b>Gambar 4.71.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 24 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.72.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 24 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.73.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 25 LSTM 2 Kelas.....	68
<b>Gambar 4.74.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 25 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.75.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 25 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.76.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 26 LSTM 2 Kelas.....	69
<b>Gambar 4.77.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 26 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.78.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 26 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.79.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 27 LSTM 2 Kelas.....	71
<b>Gambar 4.80.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 27 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.81.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 27 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.82.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 28 LSTM 2 Kelas.....	73
<b>Gambar 4.83.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 28 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.84.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 28 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.85.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 29 LSTM 2 Kelas.....	74
<b>Gambar 4.86.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 29 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.87.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 29 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.88.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 30 LSTM 2 Kelas.....	76
<b>Gambar 4.89.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 30 LSTM 2 Kelas.....	38

<b>Gambar 4.90.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 30 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.91.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 31 LSTM 2 Kelas.....	77
<b>Gambar 4.92.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 31 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.93.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 31 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.94.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 32 LSTM 2 Kelas.....	79
<b>Gambar 4.95.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 32 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.96.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 32 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.97.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 33 LSTM 2 Kelas.....	80
<b>Gambar 4.98.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 33 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.99.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 33 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.100.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 34 LSTM 2 Kelas.....	82
<b>Gambar 4.101.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 34 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.102.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 34 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.103.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 35 LSTM 2 Kelas.....	83
<b>Gambar 4.104.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 35 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.105.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 35 LSTM 2 Kelas .....	39
<b>Gambar 4.106.</b> Grafik Akurasi dan <i>Loss</i> untuk Proses Pelatihan dan Pengujian Model 36 LSTM 2 Kelas.....	85
<b>Gambar 4.107.</b> Kurva P-R pada data Pengujian Model 36 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Gambar 4.108.</b> Kurva ROC pada Data Pengujian Model 36 LSTM 2 Kelas .....	39

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 3.1</b> Distribusi Data Sinyal EKG.....	20
<b>Tabel 3.2</b> Label Kelas.....	20
<b>Tabel 3.3</b> Nilai SNR Setiap Fungsi Wavelet.....	22
<b>Tabel 3.4</b> Parameter Umum Model LSTM.....	31
<b>Tabel 3.5</b> Tuning Parameter Pada Model LSTM.....	31
<b>Tabel 3.6</b> Model LSTM.....	31
<b>Tabel 3.7</b> Tuning Parameter Pada Model Bi-LSTM.....	32
<b>Tabel 3.7</b> Model Bi-LSTM.....	33
<b>Tabel 3.8</b> <i>Confusion Matrix</i> .....	33
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Model LSTM Pada Klasifikasi Sinyal 2 Kelas.....	35
<b>Tabel 4.2</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 1 LSTM 2 Kelas.....	37
<b>Tabel 4.3</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 1 LSTM 2 Kelas.....	37
<b>Tabel 4.4</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 1 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Tabel 4.5</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 1 LSTM 2 Kelas.....	38
<b>Tabel 4.6</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 2 LSTM 2 Kelas.....	39
<b>Tabel 4.7</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 2 LSTM 2 Kelas.....	40
<b>Tabel 4.8</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 2 LSTM 2 Kelas.....	40
<b>Tabel 4.9</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 2 LSTM 2 Kelas.....	40
<b>Tabel 4.10</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 3 LSTM 2 Kelas.....	42
<b>Tabel 4.11</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 3 LSTM 2 Kelas.....	42
<b>Tabel 4.12</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 3 LSTM 2 Kelas.....	43
<b>Tabel 4.13</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 3 LSTM 2 Kelas.....	43
<b>Tabel 4.14</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 4 LSTM 2 Kelas.....	44
<b>Tabel 4.15</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 4 LSTM 2 Kelas.....	45
<b>Tabel 4.16</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 4 LSTM 2 Kelas.....	45
<b>Tabel 4.17</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 4 LSTM 2 Kelas.....	45
<b>Tabel 4.18</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 5 LSTM 2 Kelas.....	47
<b>Tabel 4.19</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 5 LSTM 2 Kelas.....	47
<b>Tabel 4.20</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 5 LSTM 2 Kelas.....	47
<b>Tabel 4.21</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 5 LSTM 2 Kelas.....	47
<b>Tabel 4.22</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 6 LSTM 2 Kelas.....	49
<b>Tabel 4.23</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 6 LSTM 2 Kelas.....	49
<b>Tabel 4.24</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 6 LSTM 2 Kelas.....	49

<b>Tabel 4.25</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 6 LSTM 2 Kelas .....	50
<b>Tabel 4.26</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 7 LSTM 2 Kelas .....	51
<b>Tabel 4.27</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 7 LSTM 2 Kelas .....	51
<b>Tabel 4.28</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 7 LSTM 2 Kelas .....	52
<b>Tabel 4.29</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 7 LSTM 2 Kelas .....	52
<b>Tabel 4.30</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 8 LSTM 2 Kelas .....	53
<b>Tabel 4.31</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 8 LSTM 2 Kelas .....	54
<b>Tabel 4.32</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 8 LSTM 2 Kelas .....	54
<b>Tabel 4.33</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 8 LSTM 2 Kelas .....	54
<b>Tabel 4.33</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 9 LSTM 2 Kelas .....	56
<b>Tabel 4.33</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 9 LSTM 2 Kelas .....	56
<b>Tabel 4.34</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 9 LSTM 2 Kelas .....	56
<b>Tabel 4.35</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 9 LSTM 2 Kelas .....	57
<b>Tabel 4.36</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 10 LSTM 2 Kelas .....	58
<b>Tabel 4.37</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 10 LSTM 2 Kelas .....	58
<b>Tabel 4.38</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 10 LSTM 2 Kelas .....	59
<b>Tabel 4.39</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 10 LSTM 2 Kelas .....	59
<b>Tabel 4.40</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 11 LSTM 2 Kelas .....	60
<b>Tabel 4.41</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 11 LSTM 2 Kelas .....	61
<b>Tabel 4.42</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 11 LSTM 2 Kelas .....	61
<b>Tabel 4.43</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 11 LSTM 2 Kelas .....	61
<b>Tabel 4.44</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 12 LSTM 2 Kelas .....	63
<b>Tabel 4.45</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 12 LSTM 2 Kelas .....	63
<b>Tabel 4.46</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 12 LSTM 2 Kelas .....	63
<b>Tabel 4.47</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 12 LSTM 2 Kelas .....	63
<b>Tabel 4.48</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 13 LSTM 2 Kelas .....	65
<b>Tabel 4.49</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 13 LSTM 2 Kelas .....	65
<b>Tabel 4.50</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 13 LSTM 2 Kelas .....	66
<b>Tabel 4.51</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 13 LSTM 2 Kelas .....	66
<b>Tabel 4.52</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 14 LSTM 2 Kelas .....	67
<b>Tabel 4.53</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 14 LSTM 2 Kelas .....	68
<b>Tabel 4.54</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 14 LSTM 2 Kelas .....	68
<b>Tabel 4.55</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 14 LSTM 2 Kelas .....	68
<b>Tabel 4.56</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 15 LSTM 2 Kelas .....	70
<b>Tabel 4.57</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 15 LSTM 2 Kelas .....	70
<b>Tabel 4.58</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 15 LSTM 2 Kelas .....	71

<b>Tabel 4.59</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 15 LSTM 2 Kelas .....	71
<b>Tabel 4.60</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 16 LSTM 2 Kelas .....	72
<b>Tabel 4.61</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 16 LSTM 2 Kelas .....	73
<b>Tabel 4.62</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 16 LSTM 2 Kelas .....	73
<b>Tabel 4.63</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 16 LSTM 2 Kelas .....	73
<b>Tabel 4.64</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 17 LSTM 2 Kelas .....	75
<b>Tabel 4.65</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 17 LSTM 2 Kelas .....	75
<b>Tabel 4.66</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 17 LSTM 2 Kelas .....	76
<b>Tabel 4.67</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 17 LSTM 2 Kelas .....	76
<b>Tabel 4.68</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 18 LSTM 2 Kelas .....	77
<b>Tabel 4.69</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 18 LSTM 2 Kelas .....	78
<b>Tabel 4.70</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 18 LSTM 2 Kelas .....	78
<b>Tabel 4.71</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 18 LSTM 2 Kelas .....	78
<b>Tabel 4.72</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 19 LSTM 2 Kelas .....	80
<b>Tabel 4.73</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 19 LSTM 2 Kelas .....	81
<b>Tabel 4.74</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 19 LSTM 2 Kelas .....	81
<b>Tabel 4.75</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 19 LSTM 2 Kelas .....	81
<b>Tabel 4.76</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 20 LSTM 2 Kelas .....	82
<b>Tabel 4.77</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 20 LSTM 2 Kelas .....	82
<b>Tabel 4.78</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 20 LSTM 2 Kelas .....	83
<b>Tabel 4.79</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 20 LSTM 2 Kelas .....	83
<b>Tabel 4.80</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 21 LSTM 2 Kelas .....	84
<b>Tabel 4.81</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 21 LSTM 2 Kelas .....	85
<b>Tabel 4.82</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 21 LSTM 2 Kelas .....	85
<b>Tabel 4.83</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 21 LSTM 2 Kelas .....	85
<b>Tabel 4.84</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 22 LSTM 2 Kelas .....	87
<b>Tabel 4.85</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 22 LSTM 2 Kelas .....	87
<b>Tabel 4.86</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 22 LSTM 2 Kelas .....	87
<b>Tabel 4.87</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 22 LSTM 2 Kelas .....	88
<b>Tabel 4.88</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 23 LSTM 2 Kelas .....	89
<b>Tabel 4.89</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 23 LSTM 2 Kelas .....	89
<b>Tabel 4.90</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 23 LSTM 2 Kelas .....	90
<b>Tabel 4.91</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 23 LSTM 2 Kelas .....	90
<b>Tabel 4.92</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 24 LSTM 2 Kelas .....	91
<b>Tabel 4.93</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 24 LSTM 2 Kelas .....	92
<b>Tabel 4.94</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 24 LSTM 2 Kelas .....	92

<b>Tabel 4.95</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 24 LSTM 2 Kelas .....	92
<b>Tabel 4.96</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 25 LSTM 2 Kelas .....	94
<b>Tabel 4.97</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 25 LSTM 2 Kelas .....	94
<b>Tabel 4.98</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 25 LSTM 2 Kelas .....	94
<b>Tabel 4.99</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 25 LSTM 2 Kelas .....	94
<b>Tabel 4.100</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 26 LSTM 2 Kelas .....	96
<b>Tabel 4.101</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 26 LSTM 2 Kelas .....	96
<b>Tabel 4.102</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 26 LSTM 2 Kelas .....	97
<b>Tabel 4.103</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 26 LSTM 2 Kelas .....	97
<b>Tabel 4.104</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 27 LSTM 2 Kelas .....	98
<b>Tabel 4.105</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 27 LSTM 2 Kelas .....	99
<b>Tabel 4.106</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 27 LSTM 2 Kelas .....	99
<b>Tabel 4.107</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 27 LSTM 2 Kelas .....	99
<b>Tabel 4.108</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 28 LSTM 2 Kelas .....	101
<b>Tabel 4.109</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 28 LSTM 2 Kelas .....	101
<b>Tabel 4.110</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 28 LSTM 2 Kelas .....	101
<b>Tabel 4.111</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 28 LSTM 2 Kelas .....	102
<b>Tabel 4.112</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 29 LSTM 2 Kelas .....	103
<b>Tabel 4.113</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 29 LSTM 2 Kelas .....	103
<b>Tabel 4.114</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 29 LSTM 2 Kelas .....	104
<b>Tabel 4.115</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 29 LSTM 2 Kelas .....	104
<b>Tabel 4.116</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 30 LSTM 2 Kelas .....	105
<b>Tabel 4.117</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 30 LSTM 2 Kelas .....	106
<b>Tabel 4.118</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 30 LSTM 2 Kelas .....	106
<b>Tabel 4.119</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 30 LSTM 2 Kelas .....	106
<b>Tabel 4.120</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 31 LSTM 2 Kelas .....	108
<b>Tabel 4.121</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 31 LSTM 2 Kelas .....	108
<b>Tabel 4.122</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 31 LSTM 2 Kelas .....	109
<b>Tabel 4.123</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 31 LSTM 2 Kelas .....	109
<b>Tabel 4.124</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 32 LSTM 2 Kelas .....	110
<b>Tabel 4.125</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 32 LSTM 2 Kelas .....	111
<b>Tabel 4.126</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 32 LSTM 2 Kelas .....	111
<b>Tabel 4.127</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 32 LSTM 2 Kelas .....	111
<b>Tabel 4.128</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 33 LSTM 2 Kelas .....	113
<b>Tabel 4.129</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 33 LSTM 2 Kelas .....	113
<b>Tabel 4.130</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 33 LSTM 2 Kelas .....	114

<b>Tabel 4.131</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 33 LSTM 2 Kelas .....	114
<b>Tabel 4.132</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 34 LSTM 2 Kelas .....	115
<b>Tabel 4.133</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 34 LSTM 2 Kelas .....	116
<b>Tabel 4.134</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 34 LSTM 2 Kelas .....	116
<b>Tabel 4.135</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 34 LSTM 2 Kelas .....	116
<b>Tabel 4.136</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 35 LSTM 2 Kelas .....	118
<b>Tabel 4.137</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 35 LSTM 2 Kelas .....	118
<b>Tabel 4.138</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 35 LSTM 2 Kelas .....	118
<b>Tabel 4.139</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 35 LSTM 2 Kelas .....	119
<b>Tabel 4.140</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 36 LSTM 2 Kelas .....	120
<b>Tabel 4.141</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 36 LSTM 2 Kelas .....	120
<b>Tabel 4.142</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 36 LSTM 2 Kelas .....	121
<b>Tabel 4.143</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 36 LSTM 2 Kelas .....	121
<b>Tabel 4.144</b>	Hasil Model LSTM Pada Klasifikasi Sinyal 3 Kelas .....	122
<b>Tabel 4.145</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 1 LSTM 3 Kelas .....	124
<b>Tabel 4.146</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 1 LSTM 3 Kelas .....	124
<b>Tabel 4.147</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 1 LSTM 3 Kelas .....	125
<b>Tabel 4.148</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 1 LSTM 3 Kelas .....	125
<b>Tabel 4.149</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 2 LSTM 3 Kelas .....	127
<b>Tabel 4.150</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 2 LSTM 3 Kelas .....	127
<b>Tabel 4.151</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 2 LSTM 3 Kelas .....	127
<b>Tabel 4.152</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 2 LSTM 3 Kelas .....	128
<b>Tabel 4.153</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 3 LSTM 3 Kelas .....	129
<b>Tabel 4.154</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 3 LSTM 3 Kelas .....	129
<b>Tabel 4.155</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 3 LSTM 3 Kelas .....	130
<b>Tabel 4.156</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 3 LSTM 3 Kelas .....	130
<b>Tabel 4.157</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 4 LSTM 3 Kelas .....	131
<b>Tabel 4.158</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 4 LSTM 3 Kelas .....	132
<b>Tabel 4.159</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 4 LSTM 3 Kelas .....	132
<b>Tabel 4.160</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 4 LSTM 3 Kelas .....	132
<b>Tabel 4.161</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 5 LSTM 3 Kelas .....	134
<b>Tabel 4.162</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 5 LSTM 3 Kelas .....	134
<b>Tabel 4.163</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 5 LSTM 3 Kelas .....	135
<b>Tabel 4.164</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 5 LSTM 3 Kelas .....	135
<b>Tabel 4.165</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 6 LSTM 3 Kelas .....	136
<b>Tabel 4.167</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 6 LSTM 3 Kelas .....	137

<b>Tabel 4.168</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 6 LSTM 3 Kelas .....	137
<b>Tabel 4.169</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 6 LSTM 3 Kelas .....	137
<b>Tabel 4.170</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 7 LSTM 3 Kelas .....	139
<b>Tabel 4.171</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 7 LSTM 3 Kelas .....	139
<b>Tabel 4.172</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 7 LSTM 3 Kelas .....	139
<b>Tabel 4.173</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 7 LSTM 3 Kelas .....	140
<b>Tabel 4.174</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 8 LSTM 3 Kelas .....	140
<b>Tabel 4.175</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 8 LSTM 3 Kelas .....	141
<b>Tabel 4.176</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 8 LSTM 3 Kelas .....	142
<b>Tabel 4.177</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 8 LSTM 3 Kelas .....	142
<b>Tabel 4.178</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 9 LSTM 3 Kelas .....	142
<b>Tabel 4.179</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 9 LSTM 3 Kelas .....	144
<b>Tabel 4.180</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 9 LSTM 3 Kelas .....	144
<b>Tabel 4.181</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 9 LSTM 3 Kelas .....	145
<b>Tabel 4.182</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 10 LSTM 3 Kelas .....	145
<b>Tabel 4.183</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 10 LSTM 3 Kelas .....	146
<b>Tabel 4.184</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 10 LSTM 3 Kelas .....	147
<b>Tabel 4.185</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 10 LSTM 3 Kelas .....	147
<b>Tabel 4.186</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 11 LSTM 3 Kelas .....	149
<b>Tabel 4.187</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 11 LSTM 3 Kelas .....	149
<b>Tabel 4.188</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 11 LSTM 3 Kelas .....	150
<b>Tabel 4.189</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 11 LSTM 3 Kelas .....	150
<b>Tabel 4.190</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 12 LSTM 3 Kelas .....	151
<b>Tabel 4.191</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 12 LSTM 3 Kelas .....	152
<b>Tabel 4.192</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 12 LSTM 3 Kelas .....	152
<b>Tabel 4.193</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 12 LSTM 3 Kelas .....	152
<b>Tabel 4.194</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 13 LSTM 3 Kelas .....	154
<b>Tabel 4.195</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 13 LSTM 3 Kelas .....	154
<b>Tabel 4.196</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 13 LSTM 3 Kelas .....	155
<b>Tabel 4.197</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 13 LSTM 3 Kelas .....	155
<b>Tabel 4.198</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 14 LSTM 3 Kelas .....	156
<b>Tabel 4.199</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 14 LSTM 3 Kelas .....	157
<b>Tabel 4.200</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 14 LSTM 3 Kelas .....	157
<b>Tabel 4.201</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 14 LSTM 3 Kelas .....	157
<b>Tabel 4.202</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 15 LSTM 3 Kelas .....	159
<b>Tabel 4.203</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 15 LSTM 3 Kelas .....	159



<b>Tabel 4.204</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 15 LSTM 3 Kelas .....	160
<b>Tabel 4.205</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 15 LSTM 3 Kelas .....	160
<b>Tabel 4.206</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 16 LSTM 3 Kelas .....	161
<b>Tabel 4.207</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 16 LSTM 3 Kelas .....	162
<b>Tabel 4.208</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 16 LSTM 3 Kelas .....	162
<b>Tabel 4.209</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 16 LSTM 3 Kelas .....	162
<b>Tabel 4.210</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 17 LSTM 3 Kelas .....	164
<b>Tabel 4.211</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 17 LSTM 3 Kelas .....	164
<b>Tabel 4.212</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 17 LSTM 3 Kelas .....	165
<b>Tabel 4.213</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 17 LSTM 3 Kelas .....	165
<b>Tabel 4.214</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 18 LSTM 3 Kelas .....	166
<b>Tabel 4.215</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 18 LSTM 3 Kelas .....	167
<b>Tabel 4.216</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 18 LSTM 3 Kelas .....	167
<b>Tabel 4.217</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 18 LSTM 3 Kelas .....	167
<b>Tabel 4.218</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 19 LSTM 3 Kelas .....	169
<b>Tabel 4.219</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 19 LSTM 3 Kelas .....	169
<b>Tabel 4.220</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 19 LSTM 3 Kelas .....	170
<b>Tabel 4.221</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 19 LSTM 3 Kelas .....	170
<b>Tabel 4.222</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 20 LSTM 3 Kelas .....	171
<b>Tabel 4.223</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 20 LSTM 3 Kelas .....	172
<b>Tabel 4.224</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 20 LSTM 3 Kelas .....	172
<b>Tabel 4.225</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 20 LSTM 3 Kelas .....	172
<b>Tabel 4.226</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 21 LSTM 3 Kelas .....	174
<b>Tabel 4.227</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 21 LSTM 3 Kelas .....	174
<b>Tabel 4.228</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 21 LSTM 3 Kelas .....	175
<b>Tabel 4.229</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 21 LSTM 3 Kelas .....	175
<b>Tabel 4.230</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 22 LSTM 3 Kelas .....	176
<b>Tabel 4.231</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 22 LSTM 3 Kelas .....	177
<b>Tabel 4.232</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 22 LSTM 3 Kelas .....	177
<b>Tabel 4.233</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 22 LSTM 3 Kelas .....	177
<b>Tabel 4.234</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 23 LSTM 3 Kelas .....	179
<b>Tabel 4.235</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 23 LSTM 3 Kelas .....	179
<b>Tabel 4.236</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 23 LSTM 3 Kelas .....	180
<b>Tabel 4.237</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 23 LSTM 3 Kelas .....	180
<b>Tabel 4.238</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 24 LSTM 3 Kelas .....	181
<b>Tabel 4.239</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 24 LSTM 3 Kelas .....	182

<b>Tabel 4.240</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 24 LSTM 3 Kelas .....	182
<b>Tabel 4.241</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 24 LSTM 3 Kelas .....	182
<b>Tabel 4.242</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 25 LSTM 3 Kelas .....	184
<b>Tabel 4.243</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 25 LSTM 3 Kelas .....	184
<b>Tabel 4.244</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 25 LSTM 3 Kelas .....	185
<b>Tabel 4.245</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 25 LSTM 3 Kelas .....	185
<b>Tabel 4.246</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 26 LSTM 3 Kelas .....	186
<b>Tabel 4.247</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 26 LSTM 3 Kelas .....	187
<b>Tabel 4.248</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 26 LSTM 3 Kelas .....	187
<b>Tabel 4.249</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 26 LSTM 3 Kelas .....	187
<b>Tabel 4.250</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 27 LSTM 3 Kelas .....	189
<b>Tabel 4.251</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 27 LSTM 3 Kelas .....	189
<b>Tabel 4.252</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 27 LSTM 3 Kelas .....	190
<b>Tabel 4.253</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 27 LSTM 3 Kelas .....	190
<b>Tabel 4.254</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 28 LSTM 3 Kelas .....	191
<b>Tabel 4.255</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 28 LSTM 3 Kelas .....	192
<b>Tabel 4.256</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 28 LSTM 3 Kelas .....	192
<b>Tabel 4.257</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 28 LSTM 3 Kelas .....	192
<b>Tabel 4.258</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 29 LSTM 3 Kelas .....	194
<b>Tabel 4.259</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 29 LSTM 3 Kelas .....	194
<b>Tabel 4.260</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 29 LSTM 3 Kelas .....	195
<b>Tabel 4.261</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 29 LSTM 3 Kelas .....	195
<b>Tabel 4.262</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 30 LSTM 3 Kelas .....	196
<b>Tabel 4.263</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 30 LSTM 3 Kelas .....	197
<b>Tabel 4.264</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 30 LSTM 3 Kelas .....	197
<b>Tabel 4.265</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 30 LSTM 3 Kelas .....	197
<b>Tabel 4.266</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 31 LSTM 3 Kelas .....	199
<b>Tabel 4.267</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 31 LSTM 3 Kelas .....	199
<b>Tabel 4.268</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 31 LSTM 3 Kelas .....	200
<b>Tabel 4.269</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 31 LSTM 3 Kelas .....	200
<b>Tabel 4.270</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 32 LSTM 3 Kelas .....	201
<b>Tabel 4.271</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 32 LSTM 3 Kelas .....	201
<b>Tabel 4.272</b>	Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 32 LSTM 3 Kelas .....	202
<b>Tabel 4.273</b>	Evaluasi Performa Data Pengujian Model 32 LSTM 3 Kelas .....	202
<b>Tabel 4.274</b>	Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 33 LSTM 3 Kelas .....	204
<b>Tabel 4.275</b>	Matriks Konfusi Data Pengujian Model 33 LSTM 3 Kelas .....	204

<b>Tabel 4.276</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 33 LSTM 3 Kelas .....	205
<b>Tabel 4.277</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 33 LSTM 3 Kelas .....	205
<b>Tabel 4.278</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 34 LSTM 3 Kelas .....	206
<b>Tabel 4.279</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 34 LSTM 3 Kelas .....	207
<b>Tabel 4.280</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 34 LSTM 3 Kelas .....	207
<b>Tabel 4.281</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 34 LSTM 3 Kelas .....	207
<b>Tabel 4.282</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 35 LSTM 3 Kelas .....	209
<b>Tabel 4.283</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 35 LSTM 3 Kelas .....	209
<b>Tabel 4.284</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 35 LSTM 3 Kelas .....	210
<b>Tabel 4.285</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 35 LSTM 3 Kelas .....	210
<b>Tabel 4.286</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 36 LSTM 3 Kelas .....	211
<b>Tabel 4.287</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 36 LSTM 3 Kelas .....	212
<b>Tabel 4.288</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 36 LSTM 3 Kelas .....	212
<b>Tabel 4.289</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 36 LSTM 3 Kelas .....	212
<b>Tabel 4.290</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 1 Bi-LSTM .....	214
<b>Tabel 4.291</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 1 Bi-LSTM .....	214
<b>Tabel 4.292</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 1 Bi-LSTM .....	215
<b>Tabel 4.293</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 1 Bi-LSTM .....	215
<b>Tabel 4.294</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 2 Bi-LSTM .....	216
<b>Tabel 4.295</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 2 Bi-LSTM .....	217
<b>Tabel 4.296</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 2 Bi-LSTM .....	217
<b>Tabel 4.297</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 2 Bi-LSTM .....	217
<b>Tabel 4.298</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 3 Bi-LSTM .....	219
<b>Tabel 4.299</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 3 Bi-LSTM .....	219
<b>Tabel 4.300</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 3 Bi-LSTM .....	220
<b>Tabel 4.301</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 3 Bi-LSTM .....	220
<b>Tabel 4.302</b> Matriks Konfusi Data Pelatihan Model 4 Bi-LSTM .....	221
<b>Tabel 4.303</b> Matriks Konfusi Data Pengujian Model 4 Bi-LSTM .....	222
<b>Tabel 4.304</b> Evaluasi Performa Data Pelatihan Model 4 Bi-LSTM .....	222
<b>Tabel 4.305</b> Evaluasi Performa Data Pengujian Model 4 Bi-LSTM .....	222
<b>Tabel 4.306</b> Matriks Konfusi Model LSTM Menggunakan Data <i>Unseen</i> .....	224
<b>Tabel 4.307</b> Matriks Konfusi Model LSTM Menggunakan Data <i>Unseen</i> .....	225

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gagal jantung kongestif merupakan masalah kesehatan yang berkembang dengan sekitar 26 juta orang dewasa di seluruh dunia telah menderita gagal jantung kongestif[1]. Gagal jantung kongestif juga merupakan masalah kesehatan yang signifikan di Asia, di mana prevalensinya 6,7% jauh lebih tinggi dari pada di negara-negara Barat[2]. Gagal jantung kongestif umumnya terjadi apabila pada pemompaan otot jantung yang tidak memadai disebabkan oleh akumulasi cairan di sekitar jantung, mengakibatkan suplai darah tidak mencukupi ke organ lain dari jantung[2]. Gagal jantung kongestif apabila tidak ditangani dengan baik akan menimbulkan berbagai komplikasi penyakit serius seperti *syok kardiogenik*, *episode tromboemboli*, *efusi perikardium*, dan *tamponade perikardium*[4]. Meskipun berbagai macam penyakit jantung seperti gangguan katup telah menurun karena penggunaan teknologi yang canggih, namun gagal jantung masih tetap merupakan ancaman serius pada kesehatan yang dapat menimbulkan kematian[4]. Oleh sebab itu diperlukan diagnosis secara cepat dan tepat terhadap penyakit gagal jantung kongestif. Biasanya untuk mengetahui penyakit mengenai jantung sering menggunakan metode Elektrokardiogram (EKG)[5]. Elektrodiagram merupakan salah satu tes medis melalui permukaan kulit untuk mendeteksi kelainan jantung dengan cara memantau aktivitas listrik yang dihasilkan oleh jantung, sebagaimana jantung berkontraksi[6].

Sinyal pada EKG sangat perlu diklasifikasi serta diperlukan data yang mempunyai akurasi yang baik sebagai penunjang untuk penyelesaian permasalahan. Oleh sebab itu guna meminimalisir kesalahan dalam mendiagnosa seseorang terkena penyakit jantung atau tidak dapat menggunakan metode *Machine Learning* (ML) yang berguna sebagai pengklasifikasi serta menganalisis data EKG[7]. Teknik pembelajaran *Machine Learning* mengacu pada algoritma yang memiliki proses pra-pemrosesan, ekstraksi, pemilihan fitur, dan proses klasifikasi. Pemilihan fitur khusus antara sinyal normal dan gagal jantung kongestif dengan menggunakan *Machine Learning* sulit dilakukan serta membutuhkan banyak

waktu. Untuk menghindari masalah pada penggunaan *Machine Learning*, penulis mengusulkan penggunaan *Deep Learning* dalam percobaan ini yang berguna untuk mengoptimalkan kinerja sistem diagnosis gagal jantung kongestif secara otomatis serta diharapkan mampu mencapai hasil yang maksimal[8].

*Deep Learning* adalah contoh pembelajaran representasi, kelas pendekatan pembelajaran mesin dimana fitur tidak ditentukan sebelumnya tetapi dipelajari langsung secara otomatis dari data tanpa bantuan manusia[9]. *Deep learning* sudah digunakan dalam banyak bidang lainnya seperti pengenalan suara, gambar, serta mampu mendapatkan hasil yang sangat baik[10]. *Deep learning* dapat diterapkan pada bidang medis yang berfungsi untuk mengklasifikasikan sinyal EKG keadaan jantung pasien secara otomatis melalui sistem yang telah dirancang[11]. Salah satu jenis *Deep learning* yaitu *Recurrent Neural Network* (RNN).

RNN merupakan jaringan komputasi yang memproses data input secara berulang. RNN biasanya dipakai pada data bejenis *sequential* serta dikelompokkan ke dalam *deep learning* dikarenakan melakukan pembelajaran fitur tanpa ditentukan terlebih dahulu atau otomatis[12]. Pada penelitian ini menggunakan *Long Short Term Memory* (LSTM) sebagai arsitektur pada RNN. Arsitektur LSTM merupakan salah satu jenis dari RNN yang menghubungkan satu set subnet secara berulang yang biasanya diketahui sebagai *memory block*[13]. Sebelumnya, beberapa kelompok penelitian telah menggunakan *Long Short Term Memory* dalam mengembangkan sistem diagnosis dengan bantuan komputer untuk mendiagnosis berbagai kondisi medis[14]. Salah satu tantangan dalam keberhasilan penerapan model pembelajaran adalah menetapkan nilai untuk banyak parameternya. Misalkan  $L$  adalah jumlah lapisan tersembunyi,  $N_i$  adalah jumlah neuron di lapisan  $i$  dan  $N = \{N_1, N_2, \dots, N_L\}$ . Parameter  $L$  dan  $N$  sangat penting dan memiliki pengaruh besar terhadap performa pembelajaran mesin yang mendalam. Menyesuaikan parameter ini secara manual (pada dasarnya melalui metode *trial, and error*) untuk menemukan pengaturan kualitas tinggi adalah proses yang memakan waktu[15]. Untuk mengatasi tantangan ini, digunakanlah algoritma *grid search* sebagai pendekatan umum untuk menetapkan nilai parameter model pembelajaran mendalam[16]. *Grid search* lebih efisien dan menghemat waktu dalam pengaturan  $L$  dan  $N$ , dengan pendekatan ini daftar nilai diskrit  $L$  dan  $N$

disiapkan sebelumnya, di mana setiap entri menunjukkan jumlah lapisan tersembunyi dan jumlah neuron yang sesuai. Algoritma *grid search* melatih beberapa model berbeda menggunakan semua entri daftar. Terakhir, pemilihan file parameter diukur menggunakan akurasi model[17].

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengklasifikasi tiga kelas gagal jantung kongestif dengan optimisasi parameter *Long Short-Term Memory* menggunakan algoritma *grid search*.
2. Penggunaan sinyal elektrokardiogram untuk mendeteksi gagal jantung kongestif, jantung normal, dan serangan jantung.
3. Menganalisis kemampuan mendeteksi dengan metode yang dipakai pada penyakit gagal jantung kongestif.

## 1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil penjelasan latar belakang yang dikemukakan, maka perumusan masalah yang didapat adalah :

1. Apa saja tahapan mengklasifikasi gagal jantung kongestif menggunakan model *Long Short-Term Memory*?
2. Bagaimana memilih parameter LSTM yang terbaik menggunakan algoritme *grid search*?
3. Bagaimana hasil kinerja algoritme *grid search* pada LSTM dalam mengidentifikasi kombinasi parameter yang baik ?

## 1.4 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini :

1. Melakukan klasifikasi pada tiga kelas sinyal EKG dengan optimisasi parameter *Long Short-Term-Memory* (LSTM) menggunakan algoritme *grid search*.
2. Mensimulasikan program untuk mengklasifikasi gagal jantung kongestif dengan bahasa pemrograman python.

3. Menampilkan dan menganalisis tingkat keakurasian *Long Short-Term Memory* (LSTM) menggunakan algoritme *grid search*.

## **1.5 Metodologi Penelitian**

Metodologi yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini melalui beberapa tahapan, yaitu :

### **1.5.1 Tahap Pertama (Persiapan Data)**

Dalam tahap persiapan data melalui beberapa tahapan, yaitu dengan mencari data set seperti PTB *database* serta BIDMC *database* untuk data gagal jantung kongestif. Sedangkan Fantasia dan MIT BIH untuk data normal untuk data MI digunakan data PTB.

### **1.5.2 Tahap Kedua (Pra Pengolahan Data)**

Tahap pra pengolahan data dilakukan sebelum masuk ke dalam pengolahan data dengan model *deep learning*. Tahapan yang dilakukan terlebih dahulu yaitu menghilangkan derau atau *noise* yang terdapat pada data sinyal dengan *Discrete Wavelet Transform*. Kemudian dilanjutkan dengan proses normalisasi. Setelah itu data diambil sampelnya pada frekuensi 250 Hz. Hal ini memastikan bahwa frekuensi sinyal EKG telah distandarisasi.

### **1.5.3 Tahap Ketiga (Klasifikasi)**

Tahap klasifikasi akan dilakukan proses pengklasifikasian sinyal gagal jantung kongestif dengan menambahkan konfigurasi pada parameter *Long Short Term Memory* menggunakan algoritma *grid search*.

### **1.5.4 Tahap Keempat (Analisis dan Kesimpulan)**

Setelah mendapatkan beberapa hasil model *Long Short Term Memory* dilakukan analisis mengenai performa model untuk hasil nilai setiap parameter yang digunakan lalu akan didapatkan beberapa kesimpulan..

## **1.6 Sistematika Penelitian**

Adapun sistematika penulisan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab I akan menggambarkan tentang latar belakang perumusan, tujuan, serta batasan masalah dalam penelitian serta rangkaian penulisan yang akan dilakukan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab II akan dijelaskan mengenai dasar teori, prinsip dasar, serta konsep yang dibutuhkan guna memecahkan permasalahan dalam penelitian.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab III akan dijelaskan tentang bagaimana alur penelitian yang akan dilakukan mulai dari persiapan data, pra-pemrosesan data, pembagian data pelatihan dan pengujian, klasifikasi, serta validasi terhadap model yang dibuat.

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

Pada bab IV akan memberikan beberapa hasil dan analisis dari beberapa pengujian yang didapatkan serta akan dilakukan pembahasan terhadap hasil yang telah didapatkan, mulai dari kekurangan, serta kelebihan yang telah dilakukan.

### **BAB V KESIMPULAN**

Pada bab V akan berisi mengenai kesimpulan dari hasil penelitian penyakit Gagal Jantung Kongestif. Kemudian, ditambahkan saran yang akan berguna pada penelitian selanjutnya.



