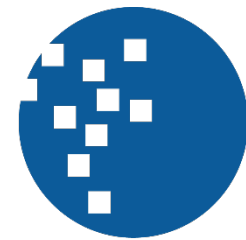


**MODEL KLASIFIKASI ARITMIA MENGGUNAKAN *HYBRID*
MULTIMODAL RESNET-BI-LSTM, ATTENTION, DAN ROBERTA
PADA SINYAL ELEKTROKARDIOGRAM DAN LAPORAN MEDIS**



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

SKRIPSI

Rosa Aulia Wangi
00000069798

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2025

**MODEL KLASIFIKASI ARITMIA MENGGUNAKAN *HYBRID*
MULTIMODAL RESNET-BI-LSTM, ATTENTION, DAN ROBERTA
PADA SINYAL ELEKTROKARDIOGRAM DAN LAPORAN MEDIS**



SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer (S.Kom).

Rosa Aulia Wangi
00000069798

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA**

TANGERANG

2025

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rosa Aulia Wangi

Nomor Induk Mahasiswa : 00000069798

Program Studi : Sistem Informasi

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan saya yang berjudul:

*MODEL KLASIFIKASI ARITMIA MENGGUNAKAN HYBRID MULTIMODAL
RESNET-BI-LSTM, ATTENTION, DAN ROBERTA PADA SINYAL
ELEKTROKARDIOGRAM DAN LAPORAN MEDIS*

merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan hasil plagiat, dan tidak pula dituliskan oleh orang lain. Semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya cantumkan dan nyatakan dengan benar pada bagian daftar pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan penyimpangan dan penyalahgunaan dalam pelaksanaan kegiatan maupun dalam penulisan laporan ini, saya bersedia menerima konsekuensi untuk dinyatakan **TIDAK LULUS**. Saya juga bersedia menanggung segala konsekuensi hukum yang berkaitan dengan tindak plagiarisme ini sebagai kesalahan saya pribadi dan bukan tanggung jawab Universitas Multimedia Nusantara.

Tangerang, 08 Desember 2025



Rosa Aulia Wangi

HALAMAN PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rosa Aulia Wangi
NIM : 00000069798
Program Studi : Sistem Informasi
Judul Laporan : Model Klasifikasi Aritmia Menggunakan Hybrid
Multimodal ResNet-Bi-Lstm, Attention, Dan RoBERTa Pada Sinyal
Elektrokardiogram Dan Laporan Medis

Dengan ini saya menyatakan secara jujur menggunakan bantuan Kecerdasan Artifisial (AI) dalam pengerjaan Tugas Akhir sebagai berikut (beri tanda centang yang sesuai):

- ☒ Menggunakan AI sebagaimana diizinkan untuk membantu dalam menghasilkan ide-ide utama saja
- ☒ Menggunakan AI sebagaimana diizinkan untuk membantu menghasilkan teks pertama saja
- ☒ Menggunakan AI untuk menyempurnakan sintaksis dan tata bahasa untuk pengumpulan tugas
- ☐ Karena tidak diizinkan: Tidak menggunakan bantuan AI dengan cara apa pun dalam pembuatan tugas

Saya juga menyatakan bahwa:

- (1) Menyerahkan secara lengkap dan jujur penggunaan perangkat AI yang diperlukan dalam tugas melalui Formulir Penggunaan Perangkat Kecerdasan Artifisial (AI)
- (2) Mengakui telah menggunakan bantuan AI dalam tugas saya baik dalam bentuk kata, paraphrase, penyertaan ide atau fakta penting yang disarankan oleh AI dan saya telah menyantumkan dalam sitasi serta referensi
- (3) Terlepas dari pernyataan di atas, tugas ini sepenuhnya merupakan karya saya sendiri

Tangerang, 08 Desember 2025



Rosa Aulia Wangi

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rosa Aulia Wangi
NIM : 00000069798
Program Studi : Sistem Informasi
Jenjang : ~~D3~~/S1/~~S2~~* (pilih salah satu)
Judul Karya Ilmiah : Model Klasifikasi Aritmia Menggunakan Hybrid Multimodal ResNet-Bi-Lstm, Attention, Dan RoBERTa Pada Sinyal Elektrokardiogram Dan Laporan Medis

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia (**pilih salah satu**):

- ☐ Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk memublikasikan hasil laporan saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh civitas academica UMN/ publik. Saya menyatakan bahwa laporan yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial.
- ☒ Saya tidak bersedia memublikasikan hasil laporan ini ke dalam repositori Knowledge Center karena ada data yang bersifat konfidensial.
- ☐ Lainnya, pilih salah satu:
 - ☐ Hanya dapat diakses secara internal Universitas Multimedia Nusantara.
 - ☐ Embargo publikasi laporan dalam kurun waktu 3 tahun.

Tangerang, 08 Desember 2025



Rosa Aulia Wangi

* Pilih salah satu

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas selesainya penulisan Skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Komputer (S.Kom) Jurusan Sistem Informasi Pada Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Andrey Andoko, M.Sc. Ph.D., selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Dr. Eng. Niki Prastomo, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara.
3. Ririn Ikana Desanti, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sistem Informasi Universitas Multimedia Nusantara.
4. Dinar Ajeng Kristiyanti, S.Kom., M.Kom., selaku Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sehingga terselesainya laporan.
5. dr. Lestari Puji Ayu, selaku Supervisor dari Santosa Hospital Bandung Central yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sehingga terselesainya laporan ini.
6. Keluarga, Eric Mourinho, serta teman-teman yang telah memberikan bantuan, dukungan moral maupun material, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi .

Semoga Skripsi Ini dapat memberikan wawasan yang bermanfaat serta menjadi referensi bagi pihak yang membutuhkan.

Tangerang, 08 Desember 2025



Rosa Aulia Wangi

MODEL KLASIFIKASI ARITMIA MENGGUNAKAN *HYBRID MULTIMODAL RESNET-BI-LSTM, ATTENTION*, DAN ROBERTA PADA SINYAL ELEKTROKARDIOGRAM DAN LAPORAN MEDIS

Rosa Aulia Wangi

ABSTRAK

Aritmia meningkat di Asia lebih dari 72 juta kasus pada tahun 2050. Namun, sekitar 60,5% penelitian masih bergantung pada sinyal ECG tunggal, dengan pola gelombang yang tumpang tindih dan sering gagal menangkap informasi diagnostik, Keterbatasan Penelitian terdahulu dengan dua kelas diagnostik yaitu normal dan abnormal, maka penelitian ini menggunakan kelas diagnostik yaitu NORM, MI, STTC, dan CD serta pendekatan multimodal. Pemilihan algoritma berdasarkan penelitian terdahulu berupa *ResNet* mampu mengekstraksi fitur morfologi ECG, *BiLSTM* efektif dalam hubungan temporal pada sinyal biologis, dan *Attention* membantu menyoroti segmen sinyal yang paling relevan. serta *RoBERTa* karena memahami hubungan semantik dan konteks medis pada laporan klinis berbahasa Jerman. Integrasi model multimodal hibrida memungkinkan pemanfaatan informasi fisiologis dan tekstual untuk prediksi aritmia.

Tahapan penelitian mengikuti kerangka *Cross Industry Standard Process for Data Mining CRISP-DM* yang meliputi *business understanding* identifikasi permasalahan integrasi multimodal dalam sistem informasi kesehatan, *data understanding* berupa data *PTB-XL* dengan 21799 Row, *data preparation* berupa *Normalization, Augmentation*, dan *Class Weighting* serta *Oversampling*, Kemudian *Ratio Training Testing* yaitu *Train 80% Validation 10% Testing 10%* serta tahapan *Modeling* dengan melakukan evaluasi perbandingan *hyperparameter*, *Evaluation* menggunakan akurasi, presisi, *recall*, *F1-score*, serta *deployment*.

Hasil penelitian Pada model *ResNet BiLSTM* dengan *Attention*, nilai *accuracy Class NORM* mencapai 87,98% dengan *macro F1-score* sebesar 79,00% dan *AUC* 95,15%. Model *RoBERTa* pada laporan medis menghasilkan *Class NORM accuracy* 88,61%, *macro F1-score* 80,78%, dan *AUC* 94,25%, model *Hybrid ResNet–BiLSTM Attention* dengan *RoBERTa* memberikan hasil terbaik dengan *accuracy Class NORM* sebesar 91,41%, *macro F1-score* 81,07%, dan *AUC* mencapai 97,42%, maka dinilai integrasi *multimodal* memperkuat kemampuan generalisasi, dan mengurangi *overfitting* yang terjadi pada model berbasis sinyal maupun teks tunggal. Keterbatasan penelitian ini meliputi keterbatasan variasi data laporan medis yang hanya berbahasa Jerman Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperluas berbagai bahasa.

Kata kunci: *Arrhythmia Detection, German Language Medical reports, Multi Modal Hybrid Classification Model, RoBERTa, Residual Network -Bi Directional Long Short-Term Memory Attention Modeling*

ARRHYTHMIA CLASSIFICATION MODEL USING HYBRID MULTIMODAL RESNET–BI-LSTM, ATTENTION, AND ROBERTA ON ELECTROCARDIOGRAM SIGNALS AND MEDICAL REPORTS

Rosa Aulia Wangi

ABSTRACT (English)

Arrhythmia cases in Asia are projected to exceed 72 million by 2050. However, around 60.5 percent of existing studies still rely on single ECG signals, which contain overlapping waveforms and often fail to capture complete diagnostic information. Previous research also commonly used only two diagnostic classes, namely normal and abnormal. Therefore, this study employs four diagnostic classes, namely NORM, MI, STTC, and CD, along with a multimodal approach. The algorithm selection is based on prior research showing that ResNet is capable of extracting detailed ECG morphological features, BiLSTM is effective in modeling temporal relationships within biological signals, and Attention helps highlight the most clinically relevant signal segments. RoBERTa is also used due to its ability to understand semantic relationships and medical context in German clinical reports. The integration of these models within a hybrid multimodal framework enables the combined use of physiological and textual information for improved arrhythmia prediction.

The research stages follow the Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) framework, which includes business understanding to identify the problem of multimodal integration in health information systems, data understanding using the PTB-XL dataset with 21,799 rows, data preparation involving normalization, augmentation, class weighting, and oversampling, followed by a training-testing ratio of 80% training, 10% validation, and 10% testing, and modeling by comparing hyperparameter performance. Evaluation was conducted using accuracy, precision, recall, and F1-score, and the deployment stage focuses on implementing the model into clinical information systems to support arrhythmia detection.

The research results show that in the ResNet BiLSTM model with Attention, the Class NORM accuracy reached 87.98% with a macro F1-score of 79.00% and an AUC of 95.15%. The RoBERTa model on medical reports achieved a Class NORM accuracy of 88.61%, a macro F1-score of 80.78%, and an AUC of 94.25%. The hybrid ResNet–BiLSTM Attention with RoBERTa model produced the best results, with a Class NORM accuracy of 91.41%, a macro F1-score of 81.07%, and an AUC of 97.42%. Therefore, multimodal integration is considered to enhance generalization ability and reduce overfitting observed in models based on single signals or text. The limitations of this study include the limited variation of medical report data, which are only available in German. Future research is expected to expand the dataset to include multiple languages.

Keywords: Arrhythmia Detection, German Language Medical reports, Multi Modal Hybrid Classification Model, RoBERTa, Residual Network-Bi Directional Long Short-Term Memory Attention.

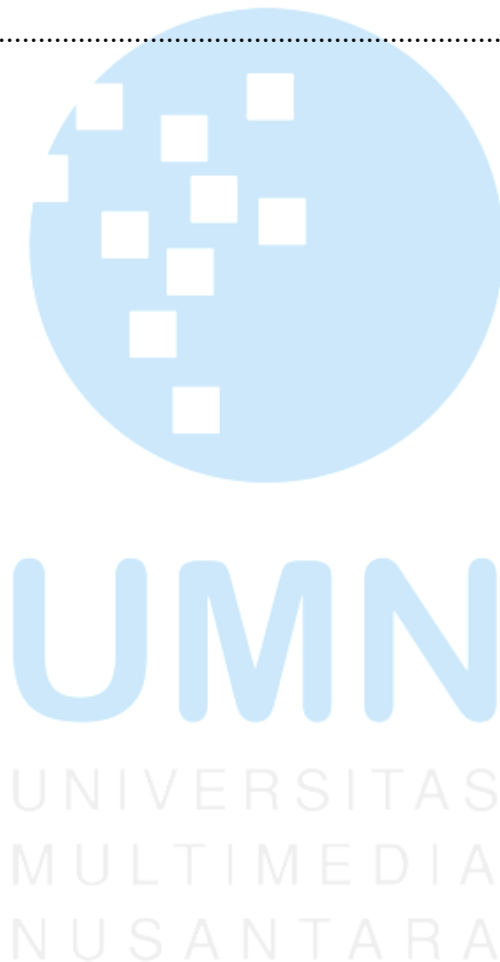
DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
HALAMAN PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT (English)</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR RUMUS	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Batasan Masalah	9
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	10
1.4.2 Manfaat Penelitian	10
1.4.2.1 Manfaat Teoritis	10
1.4.2.2 Manfaat Praktis	11
1.5 Sistematika Penulisan	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Penelitian Terdahulu	13
2.2 Teori terkait Penelitian	19
2.2.1 <i>Arrhythmia</i>	20
2.2.2 <i>Atrial Fibrillation</i>	22
2.2.3 <i>Ventricular Tachycardia</i>	23
2.2.4 <i>Normal Sinus Rhythm</i>	25
2.2.5 <i>Myocardial Infarction (MI)</i>	26
2.2.6 <i>STTC ST-T Change</i>	27
2.2.7 <i>Conduction Disorder</i>	28
2.2.8 <i>Sinyal Elektrokardiogram</i>	29
2.2.9 <i>Medical report</i>	31

2.2.10	<i>Holter Monitor</i>	33
2.2.11	<i>ECG Signal dan Medical Report menjadi Representasi Vektor</i>	34
2.2.12	<i>Integrasi ECG Signal dengan Medical report</i>	36
2.3	<i>Framework dan Algoritma</i>	38
2.3.1	<i>Cross Industry Standard Process for Data Mining</i>	38
2.3.2	<i>Convolutional Neural Network</i>	41
2.3.3	<i>Bidirectional Long Short-Term Memory</i>	42
2.3.4	<i>Residual Network (RESNET)</i>	44
2.3.5	<i>ResNet–Bidirectional LSTM–Attention</i>	45
2.3.6	<i>Robustly Optimized BERT Pretraining Approach</i>	48
2.3.7	<i>Embedding</i>	52
2.3.8	<i>MultiModal Fusion</i>	52
2.3.9	<i>Fusion Head</i>	53
2.3.10	<i>Augmentation</i>	53
2.3.11	<i>Weighted Focal Loss</i>	53
2.3.12	<i>Learning Rate Scheduler</i>	54
2.3.13	<i>Hyperparameter tuning</i>	54
2.3.14	<i>Lambda Layer</i>	55
2.3.15	<i>Evaluation Metric</i>	55
2.4	<i>Tools Penelitian</i>	61
2.4.1	<i>Jupyter Notebook</i>	61
2.4.2	<i>Phyton</i>	62
BAB III	<i>METODE PENELITIAN</i>	64
3.1	<i>Gambaran Umum Objek Penelitian</i>	64
3.2	<i>Metode Penelitian</i>	65
3.2.1	<i>Alur Penelitian</i>	70
3.2.1.1	<i>Business Understanding</i>	70
3.2.1.2	<i>Data Understanding</i>	78
3.2.1.3	<i>Data Preprocessing</i>	80
3.2.1.4	<i>Modeling</i>	93
3.2.1.5	<i>Evaluation</i>	112
3.2.1.6	<i>Deployment</i>	114
3.2.2	<i>Metode Data Mining</i>	116

3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	119
3.3.1 Populasi dan Sample.....	121
3.3.2 Periode Pengambilan Data.....	121
3.4 Teknik Analisis Data.....	122
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	125
4.1 Hasil Penelitian.....	125
4.1.1 <i>Business Understanding</i>	126
4.1.2 <i>Data Understanding</i>	131
4.1.2.1 <i>Dataset Overview</i>	132
4.1.2.2 Analisis Demografi.....	136
4.1.2.3 Analisis Sinyal ECG.....	139
4.1.2.4 Analisis <i>Medical Report</i>	144
4.1.2.5 <i>SCP Codes Analysis</i>	145
4.1.2.6 <i>Diagnostic Class Analysis</i>	148
4.1.2.7 <i>Target Class Analysis</i>	154
4.1.3 <i>Data Preprocessing</i>	155
4.1.3.1 <i>Data Preprocessing untuk sinyal Elektrokardiogram</i>	155
4.1.3.2 <i>Data Preprocessing untuk Medical report</i>	163
4.1.4 <i>Modeling</i>	169
4.1.4.1 <i>Metode ResNet BI-LSTM dengan Attention Sinyal Elektrokardiogram</i>	169
4.1.4.2 <i>Metode RoBERTa untuk Medical Report</i>	176
4.1.4.3 <i>MultiModal Hybrid Metode ResNet BiLSTM Attention dan RoBERTa</i>	182
4.1.5 <i>Evaluation</i>	186
4.1.5.1 <i>Evaluasi Metode ResNet BI-LSTM Attention ECG Signal</i>	187
4.1.5.2 <i>Evaluasi Metode RoBERTa untuk Medical report</i>	196
4.1.5.3 <i>Evaluasi Hybrid ResNet BI LSTM Attention dan RoBERTa untuk Klasifikasi Aritmia</i>	202
4.1.6 <i>Deployment</i>	212
4.2 Pembahasan Penelitian.....	215
4.2.1 <i>Metode ResNet BiLSTM Attention Pada Sinyal Elektrokardiogram</i>	218
4.2.2 <i>Metode RoBERTa untuk Klasifikasi Aritmia</i>	221

4.2.3	<i>Multimodal Hybrid ResNet BiLstm Attention dan RoBERTa untuk Klasifikasi Aritmia</i>	223
4.2.4	Implikasi dan Relevansi Klinis	226
4.2.5	Keterbatasan dan Arah Penelitian Selanjutnya	227
BAB V SIMPULAN SARAN		230
5.1	Simpulan	230
5.2	Saran	231
DAFTAR PUSTAKA		233
LAMPIRAN		255



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu berdasarkan metode yang digunakan.....	14
Tabel 3.1 Tahapan Pembersihan Pada Medical Report	86
Tabel 3.2 Hyperparameter tuning dalam Penelitian	95
Tabel 3.3 Perbandingan Penggunaan Metode Data Mining	117
Tabel 3.4 Perbandingan Teknik dalam analisis Data.....	122
Tabel 4.1 Dataset PTB -XL Understanding.....	133
Tabel 4.2 Multi Label Clasification.....	149
Tabel 4.3 Representasi One Hot Encoding.....	158
Tabel 4.4 Data Splitting Pada ECG Signal.....	160
Tabel 4.5 One Hot Encoding pada Medical Report.....	165
Tabel 4.6 Data Splitting Pada RoBERTa untuk Medical Report	167
Tabel 4.7 Perbandingan 5 Model Dalam Pemilihan Hyperparameter	172
Tabel 4.8 Perbandingan Hyperparameter Penggunaan model RoBERTa	178
Tabel 4.9 Perbandingan HyperParameter Pada Hybrid Model.....	183
Tabel 4.10 Akurasi Klasifikasi berdasarkan Kelas ECG.....	189
Tabel 4.11 Hasil Klasifikasi Aritmia metode ResNet BiLSTM Attention	190
Tabel 4.12 Hasil Accuracy pada masing masing class	196
Tabel 4.13 Classification Report RoBERTa Model	197
Tabel 4.14 Accuracy pada masing masing Class.....	207
Tabel 4.15 Classification Report pada Metode Hybrid	208
Tabel 4.16 Perbandingan Beberapa Metric dengan Penelitian terdahulu	216

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Arrhythmia Market Report	2
Gambar 1.2 Peningkatan Penggunaan Metode ResNet Bilstm Attention	4
Gambar 1.3 Perbandingan Efektivitas penggunaan Metode ResNet Bilstm Attention	6
Gambar 2.1 Tipe Penyakit Aritmia.....	20
Gambar 2.2 Ritme Atrial Fibrillation	22
Gambar 2.3 Ritme Ventricular Tachycardia.....	24
Gambar 2.4 Normal Sinus Rhythm	25
Gambar 2.5 Signal Pada MI.....	26
Gambar 2.6 STTC Signal	27
Gambar 2.7 Conduction Disorder Signal.....	28
Gambar 2.8 Sinyal Elektodiagram Pada Deteksi Aritmia	30
Gambar 2.9 Pola Elektodiagram pada deteksi Aritmia.....	30
Gambar 2.10 Medical report dalam Penyakit Aritmia.....	32
Gambar 2.11 Holter Monitor Pada Klasifikasi Aritmia.....	33
Gambar 2.12 Proses Perubahan Kedua jenis Data Menjadi Vektor	35
Gambar 2.13 Integrasi Sinyal ECG dan Medical report.....	37
Gambar 2.14 Framework CRISP - DM	39
Gambar 2.15 Arsitektur CNN.....	42
Gambar 2.16 Arsitektur BILSTM.....	43
Gambar 2.17 ResNet Model Architecture	44
Gambar 2.18 Arsitektur BILSTM Model	46
Gambar 2.19 Arsitektur RoBERTa.....	49
Gambar 3.1 Alur Penelitian	66
Gambar 3.2 Proses pengecekan Aritmia.....	73
Gambar 3.3 Arsitektur Hybrid ResNet and BILSTM Attention.....	101
Gambar 3.4 Flowchart Sliding Window For Medical Report	107
Gambar 3.5 Flowchart Tahapan Deployment.....	115
Gambar 3.6 Pengumpulan data dalam penelitian	120
Gambar 4.1 <i>Business Understanding</i> Pada Rs Sentosa	127

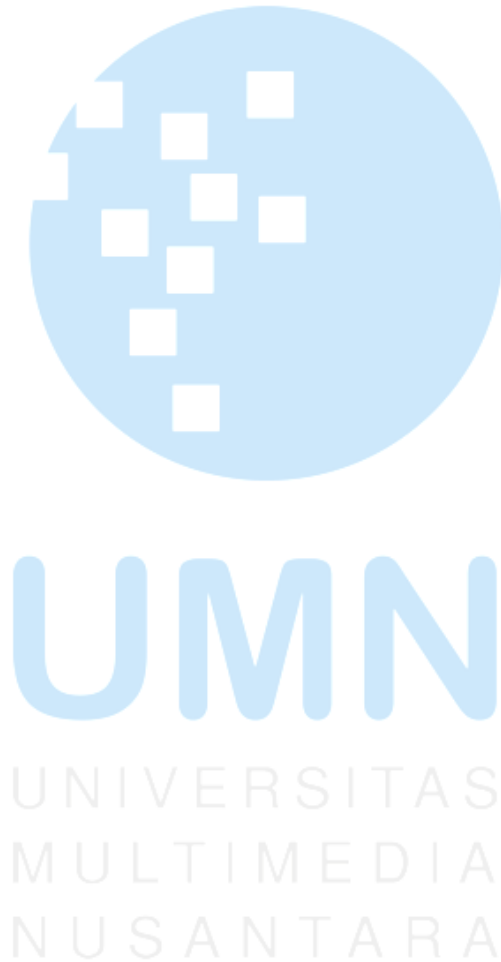
Gambar 4.2 Normal sinus	130
Gambar 4.3 Sinyal Ecg Abnormal.....	131
Gambar 4.4 Korelasi Matrix pada Kolom Dataset PTBXL.....	135
Gambar 4.5 Missing Value pada Data Set.....	136
Gambar 4.6 Distribusi Umur dalam Penelitian.....	137
Gambar 4.7 Distribusi Jenis Kelamin Pada Penelitian	138
Gambar 4.8 Distribusi rekaman ECG berdasarkan Device	139
Gambar 4.9 Ecg Sample untuk Penelitian	140
Gambar 4.10 Ecg Signal Normal.....	141
Gambar 4.11 Visualisasi Sinyal ECG Myocardial Infarction.....	142
Gambar 4.12 Visualisasi Sinyal ECG STTC	142
Gambar 4.13 Visualisasi Sinyal ECG Conduction Disturbance.....	143
Gambar 4.14 Ecg Report Analysis	144
Gambar 4.15 Distribusi daripada SCP CODES.....	146
Gambar 4.16 Distribusi Diagnostic Category.....	147
Gambar 4.17 Scp Code Analysis	148
Gambar 4.18 Distribusi Data berdasarkan Diagnostic Class.....	150
Gambar 4.19 HeatMap Diagnostic Class.....	151
Gambar 4.20 Persentase Kerusakan pada records Per Kelas.....	152
Gambar 4.21 Kerusakan Signal HYP	153
Gambar 4.22 Diagnostic Class Berdasarkan Sample.....	154
Gambar 4.23 Filter pada Bandpass Butterworth pada Lead	156
Gambar 4.24 Amplitudo Distribution Before and After Normalization.....	157
Gambar 4.25 Augmentasi pada Sinyal ECG	159
Gambar 4.26 Splitting Data (Train Validation Test)	161
Gambar 4.27 Hasil Oversampling Pada Kelas.....	162
Gambar 4.28 Cleaning Medical Report	164
Gambar 4.29 Penghapusan Data Medical Report yang tidak sesuai	164
Gambar 4.30 Ultra Aggreseive Oersampling	168
Gambar 4.31 Visualisasi Class Weight Pada Diagnosa Class.....	170
Gambar 4.32 Visualisasi Class Weight dengan berupa Focal Loss.....	176

Gambar 4.33 Validation Evaluasi saat Training pada Metode ResNet biLSTM.	188
Gambar 4.34 Roc Curve Pada Penelitian.....	191
Gambar 4.35 Precision Recall Curve pada penelitian	192
Gambar 4.36 Confusion Matrix pada Masing Masing Classnya	194
Gambar 4.37 ROC CURVE evaluasi pada RoBERTa	198
Gambar 4.38 Precision Recall Curve pada RoBERTa	199
Gambar 4.39 Confusion Matrix Pada RoBERTa.....	201
Gambar 4.40 Evaluasi Training and loss Pada metode Hybrid	205
Gambar 4.41 Training dan Fitur Accuracy Validation.....	206
Gambar 4.42 Confusion Matrix Pada Metode Hybrid.....	209
Gambar 4.43 ROC Multi Label Classification	210
Gambar 4.44 Evaluasi Precision recall Multi label	211
Gambar 4.45 Tahapan Deployment Pada Penelitian	213
Gambar 4.47 Proses Deployment pada Medical Report.....	214



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Formulir Bimbingan Skripsi.....	255
Lampiran B Hasil Turnitin Laporan	257
Lampiran C Dataset Yang Digunakan	261
Lampiran D Pengecekan Hasil AI Writing Turnitin.....	266
Lampiran E Formulir Penggunaan Perangkat AI	267
Lampiran F Formulir Wawancara Terkait Transfer Knowledge	269



DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Pseudocode dalam ResNet BI LSTM Attention.....	47
Rumus 2.2 Pseudocode Terkait penggunaan metode RoBERTa.....	51
Rumus 2.3 Accuracy dalam Penelitian	55
Rumus 2.4 Precision dalam Penelitian	56
Rumus 2.5 Recall dalam Penelitian	57
Rumus 2.6 F1 Score dalam Penelitian	57
Rumus 2.7 Confusion Matrix dalam Penelitian.....	58
Rumus 2.8 ROC Curve dalam Penelitian	59
Rumus 2.9 AUC dalam Penelitian.....	60

