

**KLASIFIKASI 15 KELAS BEATS ARITMIA
MENGUNAKAN GATED RECURRENT UNIT (GRU)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Komputer



OLEH :

MARDA TILA AGUSTINA

09011181823129

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**KLASIFIKASI 15 KELAS BEATS ARITMIA
MENGUNAKAN GATED RECURRENT UNIT (GRU)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Oleh :

MARDA TILA AGUSTINA
0901118182319

Palembang, 3 Agustus 2023

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer

Pembimbing Tugas Akhir


Dr. Ir. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001



Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.

NIP. 196908021994012001

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 25 Juli 2023

Tim Penguji :

1. Ketua : Sutarno, S.T.,M.T.

2. Sekretaris : Iman Saladdin B.Azhar,M.MSI.

3. Penguji : Firdaus, S.T., M.Kom.

4. Pendamping : Prof.Dr.Ir.Siti Nurmaini, M.T.



Handwritten signatures of the examiners: Sutarno, Iman Saladdin B.Azhar, Firdaus, and Prof.Dr.Ir.Siti Nurmaini.

Mengetahui, 28/7/23

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr.Ir.Sukemi M.T.

NIP.196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama :Marda Tila Agustina

NIM :09011181823129

Judul :Klasifikasi 15 Kelas Beats Aritmia Menggunakan *Gated
Recurrent Unit* (GRU)

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 18%

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

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



Indralaya,Agustus2023



Marda Tila Agustina
09011181823129

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk sang pencipta Allah SWT. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan support dan doa yang tiada henti untuk saya sampai di titik ini, adik tercinta dan ayuk tersayang yang sudah membersamai hingga selesainya tugas akhir ini, terimakasih yang tak terhingga untuk segala pengorbanan kalian untuk saya semoga kesehatan dan keberkahan selalu menghampiri.

Skripsi yang baik adalah skripsi yang selesai maka dari itu tugas akhir ini saya persembahkan untuk orang – orang yang bertanya kapan saya selesai menempuh strata-1 dan di wisuda.

“setiap perjalanan memang selalu rumit, meskipun jalannya terjal jangan pernah berhenti untuk sebuah tujuan yang indah, be the best and do the best”.

(marda agt)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur selalu penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul **“Klasifikasi 15 Kelas Beats Aritmia Menggunakan Gated Recurrent Unit (GRU)”**. Salawat serta salam tak lupa kita haturkan kepada junjungan kita nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini tentunya tidak lepas peran dari semua pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. Yang telah memberikan berkah serta nikmat kesehatan dan kesempatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua saya yaitu bapak A. Tarmizi dan ibu Susila Aini yang telah membesarkan saya dan mendukung apa yang saya inginkan serta telah memberikan dukungan baik moril, materil dan spiritual.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. M. Said, M. Sc. selaku plt dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M. T. selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M. T. selaku pembimbing tugas akhir penulis yang telah banyak membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini, yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan saran dan motivasi serta bimbingan terbaik untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Dr. Erwin S. Si., M. Si. selaku dosen pembimbing akademik Jurusan Sistem Komputer.
7. Mba Renny selaku Admin Jurusan Sistem Komputer yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan urusan administrasi.

8. Mbak Annisa Darmawahyuni M.Kom yang selalu memberikan bantuan dan saran untuk penulis.
9. Ririn Oktina Riza, Dini Agnes Triani dan Iqbal Maulin selaku kakak dan adik-adik penulis yang sudah ikut berperan dalam menyelesaikan tugas akhir penulis dan memberikan dukungan serta menyemangati penulis untuk selalu mengerjakan tugas akhir ini.
10. Dandi Saputra S.TP yang telah memberikan support dalam penyelesaian tugas akhir.
11. Teman-teman wisma nando Anggi, Yanti, Intan, Dia, Lala dll yang telah menyemangati penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
12. Teman-teman seperjuangan jurusan Sistem Komputer angkatan 2018.
13. Teman-teman seperjuangan di Intelligent System Research Group.
14. Almamater Sriwijaya.

Penulis menyadari dalam penyelesaian tugas akhir ini ada banyak sekali kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Indralaya, Agustus 2023

Penulis

Marda Tila Agustina

09011181823129

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan dan Batasan Masalah.....	2
1.2.1 Perumusan Masalah	2
1.2.2 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.3.1 Tujuan	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	2
1.4.1 Persiapan data.....	3
1.4.2 Pra Pengolahan data.....	3
1.4.3 Klasifikasi	3
1.4.4 Analisa dan Kesimpulan	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB I PENDAHULUAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	4

BAB IV PEMBAHASAN	4
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Elektrokardiogram (EKG).....	5
2.2 Aritmia	6
2.3 Tranformasi Wavelet Diskrit.....	6
2.4 Gated Recurrent Unit (GRU)	8
2.5 Model Evaluasi.....	9
2.5.1 Akurasi.....	9
2.5.2 Presisi.....	9
2.5.3 F1- score.....	10
2.5.4 Sensitivitas	10
2.5.5 Spesifisitas.....	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	11
3.1 Pendahuluan	11
3.2 Kerangka Penelitian.....	11
3.3 Persiapan Data.....	12
3.4 Pra Pemrosesan Data	17
3.4.1 Normalisasi Sinyal.....	17
3.4.2 Denoising Sinyal.....	18
3.4.3 Segmentasi Sinyal.....	19
3.5 Pembagian Data Latih dan Uji	19
3.5.1 Teknik pemisahan data.....	19
3.5.2 Teknik validasi	20
3.6 Klasifikasi dengan Gated Recurrent Unit.....	21
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....	57
4.1 Pendahuluan	57

4.2 Hasil Normalisasi Sinyal.....	57
4.3 Hasil Denoising Sinyal	57
4.4 Hasil Segmentasi Sinyal.....	58
4.5 Hasil Klasifikasi	59
4.5.1 Percobaan 1	59
4.5.2 Percobaan 2	62
4.5.3 Percobaan 3	66
4.5.4 Percobaan 4	70
4.5.5 Percobaan 5	74
4.5.6 Percobaan 6	78
4.6 Rangkuman hasil percobaan.....	82
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	86

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Morfologi Sinyal EKG	5
Gambar 2. 2 Diagram GRU yang disederhanakan.....	8
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	12
Gambar 3. 2 Contoh Gambar Beat EKG	16
Gambar 3. 3 Proses Splitting	20
Gambar 4. 1 (a) Sebelum Normalisasi dan (b) Sesudah Normalisasi	57
Gambar 4. 2 (a) Sebelum Denoising dan (b) Sesudah Denoising.....	58
Gambar 4. 3 Hasil Segmentasi Beat EKG	58
Gambar 4. 4 Grafik Akurasi dan Loss Model untuk Percobaan 1	59
Gambar 4. 5 Grafik Akurasi dan Loss Model untuk Percobaan 2	63
Gambar 4. 6 Grafik Akurasi dan Loss Model untuk Percobaan 3	67
Gambar 4. 7 Grafik Akurasi dan Loss Model untuk Percobaan 4	71
Gambar 4. 8 Grafik Akurasi dan Loss Model untuk Percobaan 5	75
Gambar 4. 9 Grafik Akurasi dan Loss Model untuk Percobaan 6	79

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Penomoran Label Anotasi Beat	13
Tabel 3. 2 Jumlah Beat Pada Setiap Anotasi	13
Tabel 3. 3 Nilai SNR Pada Setiap Fungsi wavelet.....	18
Tabel 3. 4 Pengujian tuning Parameter Model GRU	21
Tabel 4. 1 Confusion Matrix untuk percobaan 1	60
Tabel 4. 2 evaluasi performa untuk percobaan 1	61
Tabel 4. 3 evaluasi performa menggunakan metode K-Fold percobaan 1 ..	62
Tabel 4. 4 Confusion Matrix untuk percobaan 2	64
Tabel 4. 5 evaluasi performa untuk percobaan 2	65
Tabel 4. 6 evaluasi performa menggunakan metode K-Fold percobaan 2 ..	66
Tabel 4. 7 Confusion Matrix untuk percobaan 3	68
Tabel 4. 8 evaluasi performa untuk percobaan 3	69
Tabel 4. 9 evaluasi performa menggunakan metode K-Fold percobaan 3 ..	70
Tabel 4. 10 Confusion Matrix untuk percobaan 4	72
Tabel 4. 11 evaluasi performa untuk percobaan 4	73
Tabel 4. 12 evaluasi performa menggunakan metode K-Fold percobaan 4	74
Tabel 4. 13 Confusion Matrix untuk percobaan 5	76
Tabel 4. 14 evaluasi performa untuk percobaan 5	77
Tabel 4. 15 evaluasi performa menggunakan metode K-Fold percobaan 5	78
Tabel 4. 16 Confusion Matrix untuk percobaan 6	80
Tabel 4. 17 evaluasi performa untuk percobaan 6	81
Tabel 4. 18 evaluasi performa menggunakan metode K-Fold percobaan 6	82
Tabel 4. 19 hasil seluruh percobaan menggunakan metode splitting dan k- fold	83

CLASSIFICATION OF 15 CLASSES OF ARRHYTHMIC BEATS USING GATED RECURRENT UNIT (GRU)

MARDA TILA AGUSTINA (09011181823129)

Computer Engineering Department, Computer Science Faculty, Sriwijaya University

Email: mardatilaagustina23@gmail.com

ABSTRACT

Arrhythmia is a pattern of sudden fluctuations in heart rate from the normal heart rate. Cardiologists often have difficulty explaining electrocardiogram information when manually diagnosing cardiac arrhythmias. Gated Recurrent Unit (GRU) architecture is an effective method in processing time series type data. GRU has the advantage of optimizing the structure of LSTM network, GRU network only has two gate structures including update gate and reset gate which can solve the problem of long time interval prediction. Therefore, GRU aims to identify dependencies on various time scales. The data used is data containing ECG recordings of 48 patients in the MIT-BIH Arrhythmia Database. Classification of ECG signals using the Gated Recurrent Unit (GRU) approach by finding the most effective data model using the splitting method and the k-fold method. From the experiments conducted with the k-fold method, the best results were obtained with batch size parameters of 32 and learning rate of 0.00001, namely accuracy 99.92%, sensitivity 96.92%, specificity 99.90%, precision 93.38%, and f1-Score 92.88%. The GRU method successfully classifies arrhythmia signals.

Keywords: *Classification, GRU, arrhythmia*

Acknowledged By,

The Head of Computer Systems Department Final Project Advisor

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

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

KLASIFIKASI 15 KELAS BEATS ARITMIA MENGUNAKAN GATED RECURRENT UNIT (GRU)

MARDA TILA AGUSTINA (09011181823129)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya
Email: mardatilaagustina23@gmail.com

ABSTRAK

Aritmia adalah pola fluktuasi detak jantung yang tiba-tiba dari detak jantung normal. Ahli jantung sering mengalami kesulitan menjelaskan informasi elektrokardiogram saat mendiagnosis aritmia jantung secara manual. Arsitektur *Gated Recurrent Unit* (GRU) merupakan metode yang efektif dalam memproses data bertipe time series. GRU mempunyai kelebihan yang mengoptimalkan struktur jaringan LSTM, jaringan GRU hanya memiliki dua struktur gerbang termasuk gerbang pembaruan dan reset gerbang yang dapat memecahkan masalah prediksi lama interval waktu yang panjang. Oleh karena itu, GRU bertujuan untuk mengidentifikasi ketergantungan pada berbagai skala waktu. Data yang digunakan merupakan data yang berisi rekaman EKG 48 pasien pada MIT-BIH Arrhythmia Database. Klasifikasi sinyal EKG menggunakan pendekatan Gated Recurrent Unit (GRU) dengan mencari model data yang paling efektif yaitu dengan menggunakan metode splitting dan metode k-fold. Dari percobaan yang dilakukan dengan metode k-fold mendapatkan hasil terbaik dengan parameter batch size 32 dan learning rate 0,00001 yaitu akurasi 99,92% , sensitifitas 96,92% , spesifisitas 99,90% , presisi 93,38% , dan f1-Score 92,88%. Metode GRU berhasil mengklasifikasi sinyal aritmia.

Kata Kunci:Klasifikasi, GRU, aritmia

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer

Pembimbing Tugas Akhir

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

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aritmia adalah pola fluktuasi detak jantung yang tiba-tiba dari detak jantung normal[1]. Jika aritmia ini tidak ditangani dengan tepat, dapat mengganggu fungsi jantung dan berpotensi mengakibatkan kematian mendadak. Ketika impuls listrik yang mengoordinasikan detak jantung tidak berfungsi, jantung berdetak terlalu cepat, terlalu lambat, atau tidak teratur. Kondisi ini dikenal sebagai aritmia jantung. Ahli jantung sering mengalami kesulitan menjelaskan informasi EKG saat mendiagnosis aritmia jantung secara manual[2]. Perubahan detak jantung dan ritme inilah yang menyebabkan serangan jantung atau masalah irama jantung. Takikardia dan bradikardia adalah gejala aritmia jantung, yang membuat jantung berdetak cepat dan lambat secara tidak normal. Ketika jantung berdetak lebih dari 100 kali per menit dikatakan memiliki takikardia, bila berdetak kurang dari 60 kali per menit, ia mengalami bradikardia[3].

Elektrokardiogram adalah sebuah alat diagnosis yang bersifat non-invasif yang paling umum merekam aktifitas jantung yang direpresentasikan dalam sebuah sinyal listrik[4]. Sinyal EKG mengandung tidak lebih dari dua bagian penting dari statistik, termasuk yang berkorelasi dengan biomedis kesehatan dan terkait dengan kredensial pribadi atau biometrik[5]. Sinyal EKG terdiri dari sebuah gelombang P (kontraksi atrium), QRS (kontraksi ventrikular), dan T (relaksasi ventrikular) yang mana gelombang utama terdiri dari P,Q,R,S,T dan U.

Metode yang diusulkan pada penelitian ini adalah *Recurrent Neural Network* (RNN) arsitektur *Gated Recurrent Unit* (GRU) dikarenakan GRU merupakan metode yang efektif dalam memproses data bertipe time series. Selain itu GRU mempunyai kelebihan yang mengoptimalkan struktur jaringan LSTM, jaringan GRU hanya memiliki dua struktur gerbang termasuk gerbang pembaruan dan reset gerbang yang dapat memecahkan masalah prediksi lama interval waktu tunda yang panjang. Gerbang pembaruan digunakan untuk mengontrol sejauh mana informasi sebelumnya momen dibawa ke momen saat ini. Gerbang reset digunakan untuk mengontrol tingkat mengabaikan informasi

dari momen sebelumnya[6]. Tujuan utama GRU adalah untuk mengidentifikasi ketergantungan pada berbagai skala waktu[7].

Dari beberapa penjelasan yang dimaksud maka pada penelitian ini akan membahas dan mengklasifikasi metode GRU yang diberi judul “Klasifikasi 15 kelas beats aritmia menggunakan metode *Gated Recurrent Unit* (GRU)”.

1.2 Perumusan dan Batasan Masalah

1.2.1 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini :

1. Cara pengklasifikasian 15 kelas beats aritmia menggunakan metode Gated Reurrent Unit (GRU).
2. Bagaimana hasil akurasi dan output dalam klasifikasi 15 kelas beats aritmia menggunakan metode Gated Recurrent Unit (GRU).

1.2.2 Batasan Masalah

Berikut adalah beberapa batasan masalah pada Proposal Tugas Akhir ini:

1. Penelitian ini menggunakan dataset MIT-BIH Arrhythmia Database yang bisa diakses dan di dowload di website Physionet.org.
2. Penelitian ini hanya mengklasifikasikan 15 kelas beats aritmia.
3. Penyakit yang dianalisa hanya penyakit aritmia.
4. Penelitan ini menggunakan bahasa pemrograman python.

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Tujuan dari penulisan Proposal Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Mengklasifikasikan penyakit Aritmia dengan menggunakan metode Gated Recurrent Unit (GRU)
2. Menganalisa hasil dari klasifikasi 15 kelas beats aritmia menggunakan metode Gated Recurrent Unit (GRU)

1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu :

1.4.1 Persiapan data

Pada tahap awal ini mencari dataset yang akan digunakan. Dengan tujuan untuk mempersiapkan data sebelum diolah. Dataset yang digunakan yaitu MIT-BIH Arrhythmia Database.

1.4.2 Pra Pengolahan data

Pada tahap ini membahas mengenai bagaimana sinyal EKG dibersihkan dengan menerapkan fungsi ekstraksi Discrete Wavelet Transform pada data sinyal. Data tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa segmen dan ditampilkan sebagai detak jantung atau denyut nadi.

1.4.3 Klasifikasi

Pada tahap ini dilakukan klasifikasi data sinyal EKG menggunakan pendekatan Gated Recurrent Unit (GRU) dengan mencari model data yang paling efektif.

1.4.4 Analisa dan Kesimpulan

Pada tahap ini memeriksa data hasil klasifikasi, konfusi matriks dan penggambaran performa sistem klasifikasi.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penelitian yang digunakan untuk mempermudah penyusunan laporan Tugas Akhir secara lebih rinci adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi pembahasan tentang latar belakang penelitian yang dimaksud, tujuan, keterbatasan, rumusan masalah penelitian, teknik penelitian, dan sistematika penulisan penelitian yang direncanakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi deskripsi tentang dasar-dasar teori penelitian yang dapat membantu diskusi tentang pekerjaan yang dilakukan di bidang sains. Sinyal ECG, gelombang

EKG, transformasi wavelet diskrit, dan unit berulang berpagar semuanya akan tercakup dalam landasan teoretis..

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Ketiga berisi mencakup pendekatan yang akan diterapkan dalam penelitian ini dan merinci teknik, prosedur, hingga alur proses yang dilakukan selama periode penelitian dimulai dengan persiapan data, preprocessing data, distribusi data pelatihan dan pengujian, klasifikasi, dan evaluasi model.

BAB IV PEMBAHASAN

Keempat berisi berkaitan dengan pembenaran hasil tes serta evaluasi hasil mengingat manfaat dan kelemahan dari penelitian yang telah selesai.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kelima akan membahas kesimpulan yang ditarik dari analisis temuan dan hasil penelitian. Selain itu, bab ini menawarkan rekomendasi bermanfaat yang dapat digunakan untuk memajukannya dalam studi selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Masyuni, A. H. Nasyuha, and Tugiono, “Analisis Aritmia (Gangguan Irama Jantung) Menerapkan Metode Certainty Factor,” vol. 5, pp. 1386–1393, 2021, doi: 10.30865/mib.v5i4.3289.
- [2] J. S. Komputer, F. I. Komputer, and U. Sriwijaya, “KLASIFIKASI BEAT EKG SECARA DEEP LEARNING MENGGUNAKAN AUTOENCODER DAN DEEP NEURAL NETWORK,” 2019.
- [3] P. N. Madiun and G. Evolution, “Deteksi Dini Aritmia Jantung Melalui Denyut Nadi Menggunakan Algoritma Grammatical Evolution,” pp. 289–297, 2017.
- [4] M. Metode, C. Neural, and T. Akhir, “NETWORK,” 2021.
- [5] A. Ullah, S. Rehman, S. Tu, and R. M. Mehmood, “A Hybrid Deep CNN Model for Abnormal Arrhythmia Detection Based on Cardiac ECG Signal,” pp. 1–13, 2021.
- [6] W. Li, H. Wu, N. Zhu, Y. Jiang, J. Tan, and Y. Guo, “Prediction of dissolved oxygen in a fishery pond based on gated recurrent unit (GRU),” *Inf. Process. Agric.*, vol. 8, no. 1, pp. 185–193, 2021, doi: 10.1016/j.inpa.2020.02.002.
- [7] N. M. Haris, S. Ardi, and A. Lawi, “Klasifikasi Suara Detak Jantung Menggunakan Model Long-Short Term Memory Dan Gated Recurrent Unit,” pp. 62–65, 2021.
- [8] M. Rifali and D. Irmawati, “Sistem Cerdas Deteksi Sinyal Elektrokardiogram (EKG) untuk Klasifikasi Jantung Normal dan Abnormal Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST),” *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. 4, no. 1, pp. 49–55, 2019, doi: 10.21831/elinvo.v4i1.28242.
- [9] D. R. Sulistyaningrun and H. Khukmiati, “Penerapan Transformasi Wavelet Diskrit Untuk Reduksi Noise Pada Citra Digital,” *Limits J. Math. Its Appl.*, vol. 1, no. 1, p. 47, 2004, doi: 10.12962/j1829605x.v1i1.1350.
- [10] S. Sutarno, “Analisis Perbandingan Transformasi Wavelet Pada Pengenalan Citra Wajah,” *J. Generic*, vol. 5, no. 2, p. 79529, 2010.