

**PENINGKATAN KUALITAS CITRA JANTUNG JANIN
MENGUNAKAN PENDEKATAN *SUPER RESOLUTION***

TUGAS AKHIR

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



**DISUSUN OLEH :
YUSDIANSYA PUTRA
09011381823078**

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**PENINGKATAN KUALITAS CITRA JANTUNG JANIN
MENGUNAKAN PENDEKATAN *SUPER RESOLUTION***

TUGAS AKHIR

**Program Studi Sistem Komputer
Jenjang S1**

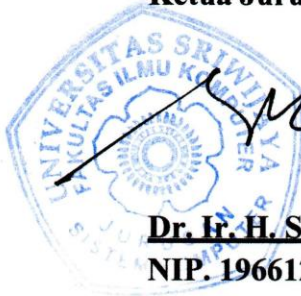
Oleh :

**YUSDIANSYA PUTRA
09011381823078**

Palembang, Juli 2022

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

Pembimbing Tugas Akhir

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

HALAMAN PERSETUJUAN


Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 16 Juni 2022

Tim Penguji :

1. Ketua : Rossi Passarella, S.T., M.Eng.
2. Sekretaris : Iman Saladin B. Azhar, M.MSI.
3. Penguji : Sutarno, S.T., M.T.
4. Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T.



Handwritten signatures of the examiners, including a stamp for Sutarno, S.T., M.T.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yusdiansya Putra

NIM : 09011381823078

Judul : Peningkatan Kualitas Citra Jantung Janin Menggunakan Pendekatan *Super Resolution*

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 4%

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

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



Yusdiansya Putra
NIM.09011381823078

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Hidup dalam garis sederhana bukanlah penghalang dalam menuntut ilmu, bukan menjadi suatu alasan untuk tetap diam tetapi yang harus dilakukan sekarang adalah bagaimana cara memulai dari kondisi tersebut menuju ke fase yang lebih baik. Setiap usaha yang telah dilakukan tidak akan sia-sia jika diiringi doa Orang Tua, tawakal dan berserah diri kepada Allah SWT. Jangan merasa kurang, karena semua sudah diatur sebaik mungkin”

(Penulis, Yusdiansya Putra)

Skripsi ini dipersembahkan untuk :

Kedua Orang Tua

(M. Yusuf dan Mardiana)

Adik dan Sepupu

(Yuliana Putri dan Kartila Wati)

Keluarga Besarku

(Moh. Diani, Anita dan Asmara)

Teman – temanku

(Sistem Komputer 2018)

Dan Alamamaterku

(Universitas Sriwijaya)

"Pendidikan itu bukan sebuah produk seperti gelar, diploma, pekerjaan, atau uang yang dihasilkan, pendidikan itu suatu proses yang tak akan pernah berakhir"

(Bel Kaufman)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Ungkapan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas limpahan nikmat, rahmat, serta hidayah-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini yang berjudul “Peningkatan Kualitas Citra Jantung Janin Menggunakan Pendekatan *Super Resolution*”.

Dalam laporan ini penulis menjelaskan proses bagaimana peningkatan kualitas citra pada data jantung janin yang disertai data-data dan hasil yang diperoleh. Penulis berharap laporan ini bermanfaat bagi banyak pihak, serta menjadi salah satu sumber bacaan atau referensi bagi akademisi dan peneliti lain yang sedang menekuni bidang citra.

Penulis mendapatkan ide, saran dan bantuan dalam penyusunan laporan ini dari banyak pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ucapkan rasa syukur kepada Allah SWT dan rasa terima kasih penulis kepada semua pihak yang terhormat, antara lain:

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dengan baik dan lancar.
2. Kedua orang tua, adik serta keluarga yang selalu mendoakan, nasihat, dukungan, moril dan material.
3. Yang terhormat, bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Yang terhormat, bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T., selaku ketua jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Yang terhormat, ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurmaini, M.T., selaku pembimbing tugas akhir yang selalu meluangkan waktu memberikan bimbingan, arahan dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Yang terhormat, bapak Sutarno S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer.

7. Kak Muhammad Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T., Mba Ade Iriani Sapitri, M.Kom. dan Mba Annisa Darmawahyuni, M.Kom., sebagai mentor dan juga memberi arahan dalam menyelesaikan tugas akhir.
8. Mbak Reni selaku admin jurusan sistem komputer yang telah membantu mengurus seluruh berkas.
9. Kepada Kak M. Adhitya Reski Pratama, R, S.Kom., Kak Abdullah Farhan, S. Kom., Kak Arjuno Gusendi, S. Kom dan Kak Lia Anggraini, S. Kom, selaku kakak tingkat yang selalu memberi arahan dan Sri Nadhila, Jarna Ajda, Haqiqi Oktaviani dan Jumhadi sebagai teman seperjuangan yang sangat baik mulai dari material, waktu dan saling mendukung satu sama lain sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
10. Semua pihak yang membantu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar menjadi lebih baik lagi dikemudian hari. Akhir kata dengan segala keterbatasan, penulis berharap semoga laporan ini menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikumWarahmatullahi Wabarakatuh

Palembang, Juli 2022



Yusdiansya Putra

NIM. 09011381823078

**IMPROVING THE IMAGE QUALITY OF THE FETAL HEART
USING THE SUPER RESOLUTION APPROACH**

YUSDIANSYA PUTRA (09011381823078)

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

Email: yusdiansyahputra@gmail.com

ABSTRACT

The image of the fetal heart is the image produced by ultrasound, where the image is used in the health sector to obtain information about the development of the fetus in the womb. The image produced by ultrasound does not fully obtain detailed and detailed information. However, in the medical field, two-dimensional ultrasound, in general, is still widely applied to obstetricians because it is still considered appropriate in obstetrical examinations. This becomes one of the challenges, especially in the poor quality of the fetal heart image, both in the protocol and the different variations in each patient. Therefore, to overcome these problems, it is necessary to increase the resolution and accuracy of single image super-resolution which is faster on deep learning. In this research, image quality improvement uses a deep learning method with a super-resolution approach. The deep learning methods used are super-resolution residual network, super-resolution generative adversarial network, and super-resolution convolutional neural network. Image quality improvement is carried out by using low resolution and high-resolution images or enhancements from the initial video data, with a total of 144 models designed. The data will be trained and tested using fetal heart image data which are few in data access. Each model is designed with a combination of parameters such as epoch, batch size, learning rate, optimizer, and upscale. From the results of testing 144 models that have been designed, the model that produces the best performance is model 9 using the super-resolution convolutional neural network method, the model uses parameters epoch 1000, batch size 64, learning rate 0.0001, and Adam optimizer. This model produces the best evaluation with MSE 11.24343, SSIM 0.96637/96.637, and PSNR 34.76977 dB, while the unseen data results obtained are MSE 11.28212, SSIM 0.96082/96.082, and PSNR 34.96804 dB.

Keywords : *Fetal Heart Image, Ultrasonography, Super Resolution Residual Network, Super Residual Generative Adversarial Network, Super Resolution Convolutional Neural Network.*

PENINGKATAN KUALITAS CITRA JANTUNG JANIN MENGUNAKAN PENDEKATAN *SUPER RESOLUTION*

YUSDIANSYA PUTRA (09011381823078)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : yusdiansyahputra@gmail.com

ABSTRAK

Citra jantung janin adalah citra yang dihasilkan oleh ultrasonografi, dimana citra tersebut digunakan pada bidang kesehatan untuk mendapatkan informasi seputar perkembangan janin dalam rahim. Citra yang dihasilkan oleh ultrasonografi tidak sepenuhnya mendapatkan informasi yang rinci serta mendetail. Namun dalam bidang medis, ultrasonografi dua dimensi secara umum masih banyak diaplikasikan bagi para dokter kandungan karena masih dianggap tepat dalam pemeriksaan kandungan. Hal ini menjadi salah satu tantangan khususnya pada kualitas citra jantung janin yang kurang baik, baik itu pada protokol serta variasi yang berbeda pada setiap pasien. Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan peningkatan resolusi dan akurasi *single image super-resolution* yang lebih cepat pada *deep learning*. Pada penelitian ini peningkatan kualitas citra menggunakan metode *deep learning* dengan pendekatan *super resolution*. Adapun metode *deep learning* yang digunakan adalah *super resolution residual network*, *super resolution generative adversarial network* dan *super resolution convolutional neural network*. Peningkatan kualitas citra dilakukan dengan menggunakan citra *low resolution* dan *high resolution* atau *enhancement* dari data awal video, dengan jumlah model yang dirancang sebanyak 144 model. Data akan dilatih dan diuji menggunakan data citra jantung janin yang sedikit dalam pengaksesan data. Setiap model dirancang dengan kombinasi parameter *epoch*, *batch size*, *learning rate*, *optimizer* dan *upscale*. Dari hasil pengujian 144 model yang telah dirancang, model yang menghasilkan performa kinerja terbaik adalah pada model 9 menggunakan metode *super resolution convolutional neural network*, model tersebut menggunakan parameter *epoch* 1000, *batch size* 64, *learning rate* 0.0001, *optimizer* Adam dan *upscale* X2. Model ini menghasilkan evaluasi terbaik dengan nilai MSE 11.24343, SSIM 0.96637/96.637 dan PSNR 34.76977 dB sedangkan hasil data *unseen* yang diperoleh yaitu MSE 11.28212, SSIM 0.96082/96.082 dan PSNR 34.96804 dB.

Kata Kunci : Citra Jantung Janin, Ultrasonografi, *Super Resolution Residual Network*, *Super Residual Generative Adversarial Network*, *Super Resolution Convolutional Neural Network*.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRACT	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan dan Batasan Masalah Penelitian	2
1.2.1 Perumusan Masalah	2
1.2.2 Batasan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.3.1 Tujuan Penelitian	3
1.3.2 Manfaat Penelitian	3
1.4 Metodologi Penulisan.....	4
1.4.1 Tahap Pertama (Persiapan Data).....	4
1.4.2 Tahap Kedua (Pra Pengolahan Data).....	4
1.4.3 Tahap Ketiga (Pelatihan Data).....	4
1.4.4 Tahapan Keempat (Evaluasi).....	4

1.4.5 Tahapan Kelima (Analisis dan Kesimpulan)	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Jantung Janin.....	6
2.2 Penyakit Jantung Bawaan	7
2.3 <i>Ultrasonography</i>	8
2.4 <i>Medical Image</i>	8
2.5 Citra Digital.....	9
2.5.1 Ruang Warna RGB	9
2.5.2 Citra <i>Grayscale</i>	10
2.5.3 Citra <i>Binary</i>	11
2.6 <i>Image Enhancement</i>	11
2.6.1 <i>Bilateral Filter</i>	11
2.6.2 <i>Filter</i>	12
2.6.3 <i>Fast Non Local Mean</i>	12
2.6.4 Kecerahan dan Kontras Citra	12
2.6.5 <i>Unsharp Masking Filter</i>	13
2.7 <i>Artificial Intelligence</i>	13
2.8 <i>Machine Learning</i>	13
2.9 <i>Deep Learning</i>	14
2.10 Pengenalan Pola	15
2.11 <i>Super Resolution Residual Network</i>	15
2.12 <i>Super Resolution Generative Adversarial Network</i>	16
2.12.1 Generator	17
2.12.2 Diskriminator	17
2.13 <i>Super Resolution Convolutional Neural Network</i>	18

2.14 <i>Hyperparameter</i>	18
2.14.1 <i>Optimizer</i>	19
2.14.2 <i>Batch Size</i>	19
2.14.3 <i>Epoch</i>	19
2.14.4 <i>Learning Rate</i>	20
2.15 Evaluasi Kinerja.....	20
2.15.1 <i>Mean Squared Error</i>	20
2.15.2 <i>Structural Similarity Index Measure</i>	21
2.15.3 <i>Peak Signal to Noise Ratio</i>	22
BAB II METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Pendahuluan	24
3.2 Kerangka Kerja	24
3.3 Studi Literatur	25
3.4 Persiapan Data.....	26
3.5 Pra-pengolahan (<i>Pre-processing</i>)	27
3.5.1 Konversi Rekam Medis ke Citra.....	28
3.5.2 Jumlah Data	29
3.5.3 Konversi Ukuran Citra.....	30
3.5.4 <i>Low Resolution</i>	31
3.5.5 <i>Ground Truth</i>	34
3.6 <i>Create Target</i>	36
3.7 <i>Backbone Super Resolution Residual Network</i>	37
3.7.1 <i>Pra-Residual Block</i>	37
3.7.2 <i>Residual Block</i>	37
3.7.3 <i>Post-Residual Block</i>	38
3.7.4 <i>Subpixel Block</i>	39

3.7.5 <i>Last Convolution Layer</i>	39
3.8 <i>Backbone Super Resolution Generative Adversarial Network</i>	39
3.9 <i>Backbone Super Resolution Convolutional Neural Network</i>	40
3.10 <i>Hyperparameter</i>	41
3.11 Evaluasi	42
3.12 Analisa Hasil	42
3.13 Kesimpulan	42
3.14 Lingkungan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Pendahuluan	44
4.2 Hasil Peningkatan Kualitas Citra Jantung Janin Menggunakan Pendekatan <i>Super Resolution</i>	44
4.2.1 Hasil <i>Super Resolution</i> Pada Metode <i>Super Resolution Residual</i> <i>Network</i>	48
4.2.2 Hasil <i>Super Resolution</i> Pada Metode <i>Super Resolution Generative</i> <i>Adversarial Network</i>	56
4.2.3 Hasil <i>Super Resolution</i> Pada Metode <i>Super Resolution Convolutional</i> <i>Neural Network</i>	64
4.3 <i>Hyperparameter Tuning</i>	72
4.4 Hasil Evaluasi	73
4.4.1 Hasil Evaluasi Rata - Rata Model	73
4.4.2 Hasil Evaluasi Model Terbaik Per Rekam Medis	75
4.5 Hasil Uji Data <i>Unseen</i>	76
4.6 Hasil <i>Super Resolution</i>	77
4.6.1 Hasil <i>Super Resolution</i> Pada Metode SRResNet	77
4.6.2 Hasil <i>Super Resolution</i> Menggunakan Metode SRGAN	80
4.6.3 Hasil <i>Super Resolution</i> Menggunakan Metode SRCNN	83

4.6.4 Hasil <i>Super Resolution</i> Data <i>Unseen</i>	86
4.7 Analisa Hasil	87
4.7.1 Analisa Hasil Rekam Medis Dari Model Terbaik	87
4.7.2 Analisa Hasil Rata – Rata (<i>Average</i>)	91
4.7.3 Analisa Hasil Uji Data <i>Unseen</i>	94
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	97
5.1 Pendahuluan	97
5.2 Kesimpulan	97
5.3 Saran.....	98
DAFTAR PUSTAKA	99

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Anatomi Jantung Janin [11].....	6
Gambar 2.2 Sampel Citra Jantung Janin	8
Gambar 2.3 Citra RGB [27]	10
Gambar 2.4 Citra <i>grayscale</i> [27].....	10
Gambar 2.5 Citra Biner [21].....	11
Gambar 2.6 Diagram Model Arsitektur <i>Super Resolution Residual Network</i> [40]	15
Gambar 2.7 Jaringan Generator [6]	17
Gambar 2.8 Jaringan Diskriminator [6].....	17
Gambar 2.9 Diagram Model Arsitektur Super Resolution Convolutional Neural Network.....	18
Gambar 3.1 Kerangka kerja penelitian	25
Gambar 3.2 Data rekam medis yang terkumpul	26
Gambar 3.3 Tahapan pra-pengolahan.....	28
Gambar 3.4 Konversi rekam medis ke citra	29
Gambar 3.5 Konversi dimensi citra.....	30
Gambar 4.1 Grafik <i>Loss</i> Model 1	48
Gambar 4.2 Grafik <i>Loss</i> Model 2	50
Gambar 4.3 Grafik <i>Loss</i> Model 3	52
Gambar 4.4 Grafik <i>Loss</i> Model 4	54
Gambar 4.5 Grafik <i>Loss</i> Model 5	56
Gambar 4.6 Grafik <i>Loss</i> Model 6	58
Gambar 4.7 Grafik <i>Loss</i> Model 7	60
Gambar 4.8 Grafik <i>Loss</i> Model 8	62

Gambar 4.9 Grafik <i>Loss</i> Model 9	64
Gambar 4.10 Grafik <i>Loss</i> Model 10	66
Gambar 4.11 Grafik <i>Loss</i> Model 11	68
Gambar 4.12 Grafik <i>Loss</i> Model 12	70
Gambar 4.13 Hasil Evaluasi Perbandingan 3 Metode <i>Mean Squared Error</i> Setiap Rekam Medis	88
Gambar 4.14 Hasil Evaluasi Perbandingan 3 Metode <i>Structural Similarity Index Measure</i> Setiap Rekam Medis	89
Gambar 4.15 Hasil Evaluasi Perbandingan 3 Metode <i>Peak Signal To Noise Ratio</i> Setiap Rekam Medis	90
Gambar 4.16 Hasil Evaluasi Perbandingan 3 Metode <i>Mean Squared Error</i> dari Rata - Rata Model	91
Gambar 4.17 Hasil Evaluasi Perbandingan 3 Metode <i>Structural Similarity Index Measure</i> dari Rata - Rata Model	92
Gambar 4.18 Hasil Evaluasi Perbandingan 3 Metode <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> dari Rata - Rata Model	93
Gambar 4.19 Hasil Evaluasi Perbandingan 3 Metode <i>Mean Squared Error</i> Pada Data <i>Unseen</i>	94
Gambar 4.20 Hasil Evaluasi Perbandingan 3 Metode <i>Structural Similarity Index Measure</i> Pada Data <i>Unseen</i>	95
Gambar 4.21 Hasil Evaluasi Perbandingan 3 Metode <i>Peak Signal To Noise Ratio</i> Pada Data <i>Unseen</i>	95

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Deskripsi Rekam Medis Yang Digunakan	27
Tabel 3.2 Jumlah Citra Yang Dihasilkan	29
Tabel 3.3 Hasil Konversi Dimensi Citra	31
Tabel 3.4. Low Resolution	32
Tabel 3.5 High Resolution.....	34
Tabel 3.6 <i>Create Target</i>	37
Tabel 3.7 <i>Pra-Residual Block</i>	37
Tabel 3.8 <i>Residual Block</i>	38
Tabel 3.9 <i>Post-Upsampling Block</i>	38
Tabel 3.10 <i>Subpixel Block Block</i>	39
Tabel 3.11 <i>Last Convolution Layer</i>	39
Tabel 3.12 <i>Arsitektur Backbone Discriminator</i>	40
Tabel 3.13 <i>Arsitektur Backbone Super Resolution Convolutional Neural Network</i>	41
Tabel 3.14 <i>Parameter Learning</i>	41
Tabel 3.15 <i>Informasi Hardware</i>	43
Tabel 3.16 <i>Informasi Software</i>	43
Tabel 4.1 Jumlah Model Yang Dihasilkan.....	45
Tabel 4.2 Model Terbaik dari Setiap Metode, Data dan <i>Scale</i>	46
Tabel 4.3 Waktu Pelatihan Model	47
Tabel 4.4 Hasil Evaluasi Model 1	49
Tabel 4.5 Hasil Evaluasi Model 2	51
Tabel 4.6 Hasil Evaluasi Model 3	53
Tabel 4.7 Hasil Evaluasi Model 4	55

Tabel 4.8 Hasil Evaluasi Model 5	57
Tabel 4.9 Hasil Evaluasi Model 6	59
Tabel 4.10 Hasil Evaluasi Model 7	61
Tabel 4.11 Hasil Evaluasi Model 8	63
Tabel 4.12 Hasil Evaluasi Model 9	65
Tabel 4.13 Hasil Evaluasi Model 10	67
Tabel 4.14 Hasil Evaluasi Model 11	69
Tabel 4.15 Hasil Evaluasi Model 12	71
Tabel 4.16 Pencarian Model Terbaik dari Setiap Metode	72
Tabel 4.17 Model Terbaik dari Setiap Metode.....	73
Tabel 4.18 Model Terbaik dari Setiap Metode.....	73
Tabel 4.19 Hasil Evaluasi Model per Rekam Medis.....	75
Tabel 4.20 Hasil Evaluasi Data <i>Unseen</i> Setiap Metode	76
Tabel 4.21 Hasil Super Resolution Pada Metode SRResNet	77
Tabel 4.22 Hasil <i>Super Resolution</i> Pada Metode SRGAN	80
Tabel 4.23 Hasil <i>Super Resolution</i> Pada Metode SRCNN.....	83
Tabel 4.24 Hasil <i>Super Resolution</i> Pada Data <i>Unseen</i>	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Form Perbaikan

Lampiran 2. Cek Plagiat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada ekokardiografi jantung janin, permasalahan yang terjadi pada saat mendiagnosa penyakit jantung bawaan ialah ketika pengambilan ultrasonografi citra yang sangat rentan pada bagian buram yang akan merusak serta menurunkan kualitas citra itu sendiri [1]. Citra jantung janin yang dihasilkan oleh ultrasonografi umumnya digunakan pada bidang kesehatan dengan menggunakan pendekatan *deep learning* [2][3], dimana ultrasonografi digunakan untuk mendapatkan informasi seputar perkembangan janin dalam rahim. Citra yang diperoleh oleh ultrasonografi dua dimensi tidak sepenuhnya mendapatkan informasi yang rinci serta mendetail. Namun dalam bidang medis, ultrasonografi dua dimensi secara umum masih banyak diaplikasikan bagi para dokter kandungan karena masih dianggap tepat dalam pemeriksaan kandungan, dimana citra yang diperoleh oleh ultrasonografi berasal dari sebuah sensor dan transduser yang mempunyai intensitas rendah [4]. Hal ini menjadi salah satu tantangan khususnya pada kualitas citra jantung janin yang kurang baik, protokol serta variasi yang berbeda pada setiap pasien [5].

Terdapat satu permasalahan yaitu bagaimana cara memperbaiki serta memulihkan detail tekstur yang lebih halus dan hasil yang lebih jelas pada faktor peningkatan skala yang lebih besar. Terlepas dari kualitas citra yang buruk serta resolusi yang kurang baik, terdapat terobosan dalam akurasi serta peningkatan resolusi *single image super-resolution* pada citra jantung janin menggunakan *deep convolutional neural networks* yang lebih cepat serta mendalam. Metode super resolusi pada prinsipnya didorong oleh pilihan fungsi serta tujuan, dimana metode super resolusi tersebut diharapkan dapat meningkatkan kualitas resolusi citra [6].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, terdapat beberapa metode *deep learning* yang digunakan dalam melakukan peningkatan kualitas citra. *Super resolution residual network*, *super resolution generative adversarial network* dan

super resolution convolutional neural network adalah metode yang dapat menghasilkan citra beresolusi super atau baik dari citra beresolusi rendah dengan detail yang lebih halus dan kualitas yang tinggi. Arsitektur *super resolution residual network* juga dipakai pada metode lain seperti metode *super resolution generatif adversarial network* yaitu kesamaan pada 16 blok *deep residual network* dengan fungsi *loss* yaitu *mean squared error*. Yang membedakan kedua metode tersebut hanyalah pada arsitektur yang digunakan, metode *super resolution residual network* menggunakan arsitektur generator sedangkan *super resolution generatif adversarial network* menggunakan dua arsitektur sekaligus yaitu generator dan diskriminator [6]. *Super resolution convolution neural network* adalah metode yang menggunakan tiga lapisan dalam konsentrasi *super resolution*, yang mana metode ini merupakan metode generasi pertama dalam *super resolution*. Metode ini terdiri dari tiga komponen yaitu ekstraktor fitur, pemetaan non-linier dan rekonstruksi [7]. *Image enhancement* memiliki peran yang sangat penting dalam pengolahan gambar dan pengenalan pola. Dimana tujuan dari *image enhancement* adalah meningkatkan kualitas citra, agar dalam pemrosesan citra, citra yang diproses lebih baik dari pada citra asli [8][9]. *Filters* berfungsi untuk menghilangkan *noise* dan meningkatkan kualitas citra, *filter* yang dimaksud digunakan untuk menghilangkan *noise* dari suatu citra tanpa menghilangkan informasi atau atribut asli dari citra tersebut [10].

Terkait dengan permasalahan yang terjadi pada peningkatan kualitas citra menggunakan metode *deep learning*. Maka penulis memfokuskan pada satu topik dalam penelitian ini yaitu “Peningkatan Kualitas Citra Jantung Janin Menggunakan Pendekatan *Super Resolution*”.

1.2 Perumusan dan Batasan Masalah Penelitian

1.2.1 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana melakukan pra-pengolahan pada data citra jantung janin ?
2. Bagaimana melakukan uji coba model pada metode yang diusulkan ?
3. Bagaimana menghitung evaluasi dari model yang dihasilkan ?

1.2.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan hanya berupa citra jantung janin.
2. Penelitian ini, sebatas mensimulasikan dari program dengan menggunakan bahasa pemrograman *python* dalam membuat sebuah model dari metode yang digunakan dalam peningkatan kualitas citra jantung janin.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian serta penulisan tugas akhir ini, yaitu :

1. Melakukan pengolahan citra menggunakan teknik *enhancement* seperti teknik *bilateral filter*, *filter*, *fast nonlocal means denoising*, *brightness and contrast* dan *unsharp masking filtering*.
2. Dapat melakukan uji model citra pada jantung janin menggunakan pendekatan *super resolution*, dimana metode yang digunakan adalah *super resolution residual networ*, *super resolution generative adversarial network* dan *super resolution convolutional network*.
3. Mengukur kinerja evaluasi peningkatan kualitas citra pada jantung janin dengan menggunakan pendekatan *super resolution* yang diukur dengan menggunakan *mean squared error*, *structural similarity index measure* dan *peak signal to noise ratio*.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, diharapkan bisa bermanfaat bagi banyak pihak. Antara lain sebagai berikut :

1. Dapat digunakan sebagai sumber acuan khususnya dalam peningkatan kualitas citra.

2. Dapat digunakan sebagai referensi ketika mengambil keputusan bagi para medis dalam menganalisa hasil citra jantung janin yang sudah dilakukan peningkatan kualitas citra.

1.4 Metodologi Penulisan

Metode penelitian yang digunakan dalam kepenulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1.4.1 Tahap Pertama (Persiapan Data)

Pada tahapan pertama, menganalisis serta memahami data sehingga berhubungan dengan topik penelitian ini.

1.4.2 Tahap Kedua (Pra Pengolahan Data)

Pada tahapan kedua, penulis melakukan pra-pengolahan data sebelum data tersebut menuju ke tahapan selanjutnya.

1.4.3 Tahap Ketiga (Pelatihan Data)

Pada tahapan ini, data yang sudah diolah pada tahap sebelumnya akan masuk pada tahapan pelatihan atau *training*, pada tahapan ini akan mendapatkan model yang digunakan untuk tahapan seterusnya.

1.4.4 Tahapan Keempat (Evaluasi)

Pada tahapan ini, hasil dari training akan di *generate* dan dilakukan evaluasi menggunakan *mean squared error*, *structural similarity index measure* dan *peak signal to noise ratio*.

1.4.5 Tahapan Kelima (Analisis dan Kesimpulan)

Tahapan ini, memperoleh hasil dari evaluasi untuk dilakukan analisa performa dan kesimpulan.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun alur kepenulisan yang digunakan dalam menulis tugas akhir yaitu sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pertama, menjelesan awal dari penelitian, dimana pembaca dapat mengkapat informasi latar belakang, tujuan, rumusan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua, penulis akan mengumpulkan dari berbagai sumber untuk dijadikan sebagai acuan dalam penelitian. Penulis juga mencari banyaknya sumber informasi dalam menyelesaikan permasalahan yang didapat selama penelitian berlangsung.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ketiga, penulis akan menjelaskan bagaimana proses penelitian. Dimulai dari persiapan dataset sampai ke tahap analisa dan kesimpulan.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Pada bab keempat, penulis akan menjelaskan analisa serta evaluasi hasil selama penelitian dan penulis akan menjelaskan dari hasil yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kelima, penulis menarik hasil kesimpulan pada penelitian yang diperoleh dan memberikan saran dari hasil penelitian yang dilewati.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Nurmaini *et al.*, “Accurate detection of septal defects with fetal ultrasonography images using deep learning-based multiclass instance segmentation,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 196160–196174, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3034367.
- [2] L. Saba *et al.*, “The present and future of deep learning in radiology,” *Eur. J. Radiol.*, vol. 114, no. September 2018, pp. 14–24, 2019, doi: 10.1016/j.ejrad.2019.02.038.
- [3] M. P. McBee *et al.*, “Deep Learning in Radiology,” *Acad. Radiol.*, vol. 25, no. 11, pp. 1472–1480, 2018, doi: 10.1016/j.acra.2018.02.018.
- [4] M. Khairudin and D. Irmawati, “Comparison methods of edge detection for USG images,” *Proc. - 2016 3rd Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Electr. Eng. ICITACEE 2016*, pp. 85–88, 2017, doi: 10.1109/ICITACEE.2016.7892416.
- [5] G. Wang *et al.*, “Interactive Medical Image Segmentation Using Deep Learning with Image-Specific Fine Tuning,” *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 37, no. 7, pp. 1562–1573, 2018, doi: 10.1109/TMI.2018.2791721.
- [6] C. Ledig *et al.*, “Photo-realistic single image super-resolution using a generative adversarial network,” in *Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017*, 2017, vol. 2017-Janua, pp. 105–114, doi: 10.1109/CVPR.2017.19.
- [7] C. Dong, C. C. Loy, and K. He, “Image Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks,” pp. 1–14.
- [8] S. H. Contreras Ortiz, T. Chiu, and M. D. Fox, “Ultrasound image enhancement: A review,” *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 7, no. 5, pp. 419–428, 2012, doi: 10.1016/j.bspc.2012.02.002.
- [9] Q. Chen and D. Wu, “Image denoising by bounded block matching and 3D filtering,” *Signal Processing*, vol. 90, no. 9, pp. 2778–2783, 2010, doi: 10.1016/j.sigpro.2010.03.016.

- [10] S. Saladi and N. Amutha Prabha, “Analysis of denoising filters on MRI brain images,” *Int. J. Imaging Syst. Technol.*, vol. 27, no. 3, pp. 201–208, 2017, doi: 10.1002/ima.22225.
- [11] A. Quarteroni, T. Lassila, S. Rossi, and R. Ruiz-Baier, “Integrated Heart—Coupling multiscale and multiphysics models for the simulation of the cardiac function,” *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.*, vol. 314, pp. 345–407, 2017, doi: 10.1016/j.cma.2016.05.031.
- [12] R. Sameni, “Extraction of Fetal Cardiac Signals from an Array of Reza Sameni To cite this version : HAL Id : tel-00373361 Extraction of Fetal Cardiac Signals from an Array of Maternal Abdominal Recordings,” 2009.
- [13] O. Bergmann *et al.*, “Evidence for cardiomyocyte renewal in humans,” *Science (80-.)*, vol. 324, no. 5923, pp. 98–102, 2009, doi: 10.1126/science.1164680.
- [14] J. G. Stinstra, *The Reliability of the Fetal Magnetocardiogram*. 2001.
- [15] T. Hosono, “Fetal magnetocardiography,” *Rinsho Byori.*, vol. 54, no. 5, pp. 477–485, 2006, doi: 10.1007/0-387-24024-1_1.
- [16] G. Buckberg, N. Nanda, C. Nguyen, and M. Kocica, “What Is the Heart? Anatomy, Function, Pathophysiology, and Misconceptions,” *J. Cardiovasc. Dev. Dis.*, vol. 5, no. 2, p. 33, 2018, doi: 10.3390/jcdd5020033.
- [17] N. Gyö, “Page 1 of 63 1,” pp. 1–63, 2016.
- [18] C. P. Bridge, C. Ioannou, and J. A. Noble, “Automated annotation and quantitative description of ultrasound videos of the fetal heart,” *Med. Image Anal.*, vol. 36, pp. 147–161, 2017, doi: 10.1016/j.media.2016.11.006.
- [19] P. Suetens, *Fundamentals of Medical Imaging, Second Edition*. 2009.
- [20] O. N. Shpakov and G. V. Bogomolov, “Technogenic activity of man and local sources of environmental pollution,” *Stud. Environ. Sci.*, vol. 17, no. C, pp. 329–332, 1981, doi: 10.1016/S0166-1116(08)71924-1.
- [21] M. Alasdair, “An Introduction to Digital Image Processing with Matlab,

- Notes for SCM2511 Image Processing 1,” *J. Ilm.ELIT. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 83–87, 2014.
- [22] S. Tena, S. Tena, and S. Tena, “Image Enhancement Menggunakan Metode Linear Filtering Dan Stationary Wavelet Transform,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 8, no. 2, 2012, doi: 10.24843/10.24843/MITE.
- [23] K. Singh, A. Seth, H. S. Sandhu, and K. Samdani, “A comprehensive review of convolutional neural network based image enhancement techniques,” *2019 IEEE Int. Conf. Syst. Comput. Autom. Networking, ICSCAN 2019*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/ICSCAN.2019.8878706.
- [24] A. Mandal and M. K. Nigam, “E-R E-R E-R E-R,” vol. 1, no. 10, pp. 46–54, 2018.
- [25] D. Bhonsle, V. Chandra, and G. R. Sinha, “Medical Image Denoising Using Bilateral Filter,” *Int. J. Image, Graph. Signal Process.*, vol. 4, no. 6, pp. 36–43, 2012, doi: 10.5815/ijigsp.2012.06.06.
- [26] R. Chandel and G. Gupta, “Image Filtering Algorithms and Techniques : A Review,” vol. 3, no. 10, pp. 198–202, 2013.
- [27] S. K. Laha, “Enhancement of fault diagnosis of rolling element bearing using maximum kurtosis fast nonlocal means denoising,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 100, pp. 157–163, 2017, doi: 10.1016/j.measurement.2016.12.058.
- [28] M. Nurkamid and Sutejo, “Metode Kecerahan Citra Kontras Citra Dan Penajaman Citra Untuk Peningkatan Mutu Citra,” *J. Univ. Muria Kudus*, no. January, pp. 1–26, 2017, [Online]. Available: https://eprints.umk.ac.id/110/1/METODE_KECERAHAN_CITRA_KONT RAS_CITRA.pdf.
- [29] D. P. Sari, “Analisa Unsharp Mask Filter Untuk Perbaikan Citra Pada Pas Foto,” vol. 5, no. 6, pp. 644–647, 2018.
- [30] J. Kim, K. Lee, J. Lee, and K. Kim, “Image Enhancement by Unsharp Mask Filtering Based on Detrending Method,” vol. 7, pp. 26–29, 2018.

- [31] P. Hamet and J. Tremblay, “Artificial intelligence in medicine,” *Metabolism.*, vol. 69, pp. S36–S40, 2017, doi: 10.1016/j.metabol.2017.01.011.
- [32] Y. E. Yoon, S. Kim, and H. J. Chang, “Artificial intelligence and echocardiography,” *J. Cardiovasc. Imaging*, vol. 29, no. 3, pp. 193–204, 2021, doi: 10.4250/jcvi.2021.0039.
- [33] K. Kusunose, A. Haga, T. Abe, and M. Sata, “Utilization of artificial intelligence in echocardiography,” *Circ. J.*, vol. 83, no. 8, pp. 1623–1629, 2019, doi: 10.1253/circj.CJ-19-0420.
- [34] S. Lierman and L. Veuchelen, “Optimisation approach of ALARA in nuclear practice: An early application of the precautionary principle? Scientific uncertainty versus legal uncertainty and its role in tort law,” *Eur. Environ. Law Rev.*, vol. 15, no. 4, pp. 98–107, 2006.
- [35] R. S. Andersen, A. Peimankar, and S. Puthusserypady, “A deep learning approach for real-time detection of atrial fibrillation,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 115, pp. 465–473, 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2018.08.011.
- [36] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, “Deep learning,” *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, 2015, doi: 10.1038/nature14539.
- [37] L. Murn, M. G. Blanch, M. Santamaria, F. Rivera, M. Mrak, and V. Group, “Towards Transparent Application of Machine,” no. 5.
- [38] S. Theodoridis and K. Koutroumbas, *Pattern Recognition - minder good*. 2009.
- [39] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *4TH EDITION Digital image processing*. 2018.
- [40] P. N. Suganthan, “Convolutional neural networks for EE6227,” no. i, pp. 1–60, 2021.
- [41] R. Sood, B. Topiwala, K. Choutagunta, R. Sood, and M. Rusu, “An Application of Generative Adversarial Networks for Super Resolution

- Medical Imaging,” *Proc. - 17th IEEE Int. Conf. Mach. Learn. Appl. ICMLA 2018*, pp. 326–331, 2019, doi: 10.1109/ICMLA.2018.00055.
- [42] M. Wistuba, N. Schilling, and L. Schmidt-thieme, “Learning Hyperparameter Optimization Initializations.”
- [43] N. Rochmawati, H. B. Hidayati, Y. Yamasari, H. P. A. Tjahyaningtjas, W. Yustanti, and A. Prihanto, “Analisa Learning Rate dan Batch Size pada Klasifikasi Covid Menggunakan Deep Learning dengan Optimizer Adam,” *J. Inf. Eng. Educ. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 44–48, 2021, doi: 10.26740/jieet.v5n2.p44-48.
- [44] M. Satria Wibawa, “Pengaruh Fungsi Aktivasi, Optimisasi dan Jumlah Epoch Terhadap Performa Jaringan Saraf Tiruan,” *J. Sist. Dan Inform.*, vol. 11, no. January 2017, 2016, doi: 10.13140/RG.2.2.21139.94241.
- [45] R. W. There, L. Rate, and A. There, “ $(3) - 1$ where H.”
- [46] U. Sara, M. Akter, and M. S. Uddin, “Image Quality Assessment through FSIM, SSIM, MSE and PSNR—A Comparative Study,” *J. Comput. Commun.*, vol. 07, no. 03, pp. 8–18, 2019, doi: 10.4236/jcc.2019.73002.