

TUGAS AKHIR
MENGGUNAKAN PEMBELAJARAN MENDALAM UNTUK
MENGHASILKAN GAMBAR ULTRASONOGRAFI B-MODE
SINTETIS



Oleh:

Andrianto

1462100261

PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025

Halaman ini sengaja dikosongkan

TUGAS AKHIR
MENGGUNAKAN PEMBELAJARAN MENDALAM
UNTUK MENGHASILKAN GAMBAR
ULTRASONOGRAFI B-MODE SINTETIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer di Program Studi Informatika



Oleh:

Andrianto

1462100261

PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025

Halaman ini sengaja dikosongkan

FINAL PROJECT
**USING DEEP LEARNING TO GENERATE SYNTHETIC B-
MODE ULTRASOUND IMAGES**

Prepared as partial fulfilment of the requirement for the degree of
Sarjana Komputer at Informatics Department



Oleh:

Andrianto

1462100261

INFORMATICS DEPARTMENT
FACULTY OF ENGINEERING
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025

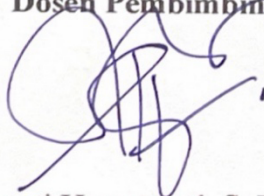
Halaman ini sengaja dikosongkan

PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Andrianto
NBI : 1462100261
Prodi : S-1 Informatika
Fakultas : Teknik
Judul : MENGGUNAKAN PEMBELAJARAN MENDALAM
UNTUK MENGHASILKAN GAMBAR
ULTRASONOGRAFI B-MODE SINTETIS

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing 1



Dr. Fajar Astuti Hermawati, S. Kom., M. Kom.
NPP. 20460.00.0512



Dr. Ir. Satrio, M. Kes., IPU., ASEAN ENG.
NPP. 20410.90.0197

Ketua Program Studi Informatika
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Aidil Primasetya Armin, S.ST., M.T.
NPP. 20460.16.0700

Halaman ini sengaja dikosongkan



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN

JL. SEMOLOWARU 45 SURABAYA

TLP. 031 593 1800 (EX 311)

EMAIL: PERPUS@UNTAG-SBY.AC.ID.

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andrianto
NIM : 1462100261
Fakultas : Teknik
Program Studi : Informatika
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya meyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)**, atas karya saya yang berjudul:

**Menggunakan Pembelajaran Mendalam Untuk Menghasilkan Gambar
Ultrasonografi B-Mode Sintetis**

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Nonexclusive Royalty- Free Right)**, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada Tanggal : 23 Juli 2025

Yang Menyatakan



(Andrianto)

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Andrianto
NBI : 1462100261
Fakultas/Program studi : S-1 Informatika
Judul : Menggunakan Pembelajaran Mendalam Untuk
Menghasilkan Gambar Ultrasonografi B-Mode
Sintetis

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Tugas Akhir dengan judul diatas bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Tugas Akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di lingkungan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.
2. Tugas Akhir dengan judul diatas bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non – material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.
3. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan hak atas Tugas Akhir ini kepada Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, untuk menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
4. Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak maupun demi menegakan integritas akademik di institusi ini dan bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan.

Surabaya, 25 Juli 2025


METERAI
TEMPEL
89AFDANX153312845 1462100261
Andrianto

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa dan Yang Maha Kuasa yang senantiasa melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “MENGUNAKAN PEMBELAJARAN MENDALAM UNTUK MENGHASILKAN GAMBAR ULTRASONOGRAFI B-MODE SINTETIS” sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dan mendapatkan gelar Sarjana Ilmu Komputer. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan Allah dan doa orang tua serta dukungan dari berbagai pihak yang telah berbaik hati membantu penulis mulai dari perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak berikut:

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia yang telah diberikan kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Keluarga saya, terutama kedua orang tua saya, yang selalu memberikan do'a dan dukungan kepada saya.
3. Dr. Fajar Astuti Hermawati, S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang banyak memberikan arahan dan juga saran kepada saya dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman saya angkatan 2021, yang telah memberikan semangat, bantuan, serta kebersamaan yang luar biasa selama proses pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya pembuatan Laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
6. Terakhir, terima kasih untuk diri sendiri karena telah mampu berusaha semaksimal mungkin dan berjuang sampai akhir.

Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi semua pihak yang membutuhkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Nama : Andrianto
Program Studi : Informatika
Judul : Menggunakan Pembelajaran Mendalam Untuk Menghasilkan Gambar Ultrasonografi B-Mode Sintetis

Citra ultrasonografi B-mode merupakan salah satu modalitas pencitraan medis yang penting dalam mendiagnosis berbagai kondisi internal tubuh, seperti jaringan lunak dan struktur otot. Namun, kekurangan perangkat ultrasonografi portabel sering kali menyebabkan gambar dengan resolusi rendah dan suara yang tinggi, yang dapat mengurangi akurasi diagnosis medis. Pendekatan berbasis pembelajaran mendalam yang menggunakan Generative Adversarial Networks (GAN), terutama arsitektur CycleGAN, digunakan dalam penelitian ini untuk membuat gambar ultrasonografi B-mode sintetis yang realistis tanpa menggunakan data berpasangan.

Dataset yang digunakan adalah gambar kepala janin dua dimensi dari potongan transversal trimester kedua yang diperoleh dari repositori publik Zenodo. Sebelum digunakan dalam pelatihan model, model CycleGAN dilatih menggunakan dua domain data yang tidak berpasangan. Untuk meningkatkan kualitas data, proses pra-pemrosesan termasuk normalisasi dan equalisasi histogram. Selain itu, model memiliki struktur dua generator dan dua discriminator, dan untuk meningkatkan kemiripan distribusi piksel, histogram-based discriminator ditambahkan.

Evaluasi hasil dilakukan secara menyeluruh menggunakan metrik kuantitatif dan visual seperti Fréchet Inception Distance (FID), Histogram Intersection, Entropy, dan Skewness. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model mampu menghasilkan citra sintetis dengan kualitas visual dan statistik yang mendekati gambar asli, dengan nilai FID menurun signifikan hingga mencapai 1208.49 dan histogram intersection sebesar 0.8113 pada epoch ke-77. Perbedaan nilai entropy dan skewness antara citra asli dan hasil generasi juga semakin kecil, menandakan bahwa model berhasil mempertahankan struktur anatomi yang penting.

Penelitian ini membuktikan bahwa CycleGAN dapat digunakan secara efektif untuk menghasilkan citra ultrasonografi B-mode berkualitas tinggi dari perangkat portabel, tanpa bergantung pada data berpasangan. Temuan ini memberikan kontribusi signifikan dalam bidang augmentasi data medis, pelatihan model diagnostik berbasis AI, dan peningkatan efisiensi proses diagnosis dalam lingkungan klinis dengan keterbatasan perangkat dan data.

Kata Kunci: CycleGAN, GAN, Citra Ultrasonografi Sintetis, Pembelajaran Mendalam, Histogram Intersection.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Name : Andrianto
Department : Informatics
Title : Using Deep Learning to Generate Synthetic B-Mode
Ultrasound Images

B-mode ultrasound imaging is one of the essential medical imaging modalities used to diagnose various internal conditions of the body, such as soft tissue and muscle structures. However, limitations of portable ultrasound devices often result in low-resolution images with high noise levels, which can reduce the accuracy of medical diagnoses. This study employs a deep learning approach based on Generative Adversarial Networks (GAN), specifically using the CycleGAN architecture, to generate realistic synthetic B-mode ultrasound images without relying on paired data.

The dataset used consists of two-dimensional ultrasound images of fetal heads in a transverse plane during the second trimester, obtained from the public Zenodo repository. Prior to model training, unpaired data from two domains were used. To improve data quality, preprocessing steps such as normalization and histogram equalization were applied. Additionally, the model architecture includes two generators and two discriminators, with a histogram-based discriminator added to enhance the similarity of pixel distributions.

The results were comprehensively evaluated using both quantitative and visual metrics, including Fréchet Inception Distance (FID), Histogram Intersection, Entropy, and Skewness. Training results indicate that the model was able to generate synthetic images with visual and statistical qualities close to the original images, with FID significantly decreasing to 1208.49 and a histogram intersection of 0.8113 at epoch 77. The differences in entropy and skewness between real and generated images also became smaller, indicating the model's ability to preserve important anatomical structures.

This study demonstrates that CycleGAN can be effectively used to generate high-quality B-mode ultrasound images from portable devices without relying on paired data. These findings make a significant contribution to the field of medical data augmentation, AI-based diagnostic model training, and improving diagnostic efficiency in clinical environments with limited devices and data availability.

Keywords: CycleGAN, GAN, Synthetic Ultrasound Imaging, Deep Learning, Histogram Intersection.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vii
PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR PERSAMAAN.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Dasar Teori.....	10
2.2.1 AI Dalam Pencitraan Diagnostik.....	10
2.2.2 Deep Learning Dalam Citra Medis.....	12
2.2.3 Generative Adversarial Networks (GAN)	13
2.2.4 CycleGAN.....	16
2.2.5 Ultrasonografi B-mode.....	20
2.2.6 Metode Evaluasi Citra Sintetis	21
2.2.7 Residual Generator	24
2.2.8 Citra USG Kepala.....	26
BAB 3 METODE PENELITIAN	29
3.1 Hipotesis	29
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	29
3.3 Objek Penelitian.....	29
3.4 Tahap Penelitian.....	30
3.4.1 Pengumpulan dan Persiapan Data	30
3.4.2 Pra-Pemrosesan Data.....	31
3.4.3 Perancangan Arsitektur Model	31
3.4.4 Pelatihan Model.....	33
3.4.5 Evaluasi Hasil.....	34
3.5 Skenario Pengujian	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	37

4.1.	Tahap Pengolahan Data.....	37
4.2.	Pelatihan Model CycleGAN	38
4.2.1.	Perancangan Dataset	39
4.2.2.	Perancangan Arsitektur Model.....	40
4.2.3.	Konfigurasi Optimizer dan Hyperparameter	42
4.2.4.	Proses Pelatihan dan Update Parameter.....	43
4.2.5.	Proses Evaluasi dan Penyimpanan Model	43
4.2.6.	Hasil Pelatian	44
4.3.	Pengujian Model	51
4.3.1.	Hasil Pengujian.....	53
4.4.	Implementasi Generasi Gambar	56
BAB 5	KESIMPULAN.....	61
5.1.	Kesimpulan	61
5.2.	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA		63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram alur kerja Generative Adversarial Network (GAN).....	14
Gambar 2. 2 Struktur Jaringan Generator dan Discriminator CycleGAN.....	17
Gambar 2. 3 Transformasi domain dan konsistensi siklik pada CycleGAN.	19
Gambar 2. 4 Perbandingan citra USG B-mode asli (A) dan hasil peningkatan berbasis GAN (B) (Cronin et al., 2020)	21
Gambar 2. 5 Diagram alur pelatihan GAN.....	22
Gambar 2. 6 Arsitektur Residual Generator (ResGen) dalam CycleGAN.	25
Gambar 2. 7 Citra USG Kepala Janin (Potongan Transversal).	27
Gambar 4. 1 Fungsi pembacaan dan penyimpanan dataset.....	37
Gambar 4. 2 Fungsi penyimpanan dataset ke format HDF5	38
Gambar 4. 3 Alur kerja training model dengan loop dan evaluasi	39
Gambar 4. 4 Kode verifikasi dan pemuatan dataset.....	40
Gambar 4. 5 Inisialisasi class HDF5 Dataset dan verifikasi data.....	40
Gambar 4. 6 Arsitektur Generator Menggunakan ResNet	41
Gambar 4. 7 Arsitektur dua discriminator konvensional (DiscA dan DiscB)	41
Gambar 4. 8 Kode Inisialisasi Kelas HisDis	41
Gambar 4. 9 Konfigurasi Optimizer dan Hyperparameter	42
Gambar 4. 10 Perbandingan Histogram Real dan Generated.....	44
Gambar 4. 11 Grafik loss dan metrik pelatihan pada epoch ke-1.....	45
Gambar 4. 12 Grafik distribusi piksel gambar asli dan hasil generasi pada epoch ke- 4.....	46
Gambar 4. 13 Grafik distribusi piksel gambar asli dan hasil generasi pada epoch ke- 5.....	47
Gambar 4. 14 Grafik distribusi piksel gambar asli dan hasil generasi pada epoch ke- 24.....	48
Gambar 4. 15 Grafik distribusi piksel gambar asli dan hasil generasi pada epoch ke- 43.....	49
Gambar 4. 16 Grafik distribusi piksel gambar asli dan hasil generasi pada epoch ke- 77.....	50
Gambar 4. 17 Grafik distribusi piksel gambar asli dan hasil generasi pada epoch ke- 100.....	51
Gambar 4. 18 Pengujian Model dan Fungsi.	51
Gambar 4. 19 Proses Inferensi dan Validasi Model.	52
Gambar 4. 20 Diagram Alir Pengujian Model	53
Gambar 4. 21 Perbandingan citra asli dan hasil translasi CycleGAN: baris pertama A (asli) dan B (hasil balik B ke A); baris kedua C (asli) dan D (hasil A ke B).	54
Gambar 4. 22 Diagram Alir Generasi Citra.....	56
Gambar 4. 23 Kode pemuatan model generator.	57
Gambar 4. 24 Transform augmentasi.	57

Gambar 4. 25 Inferensi gambar menggunakan generator.....	58
Gambar 4. 26 Post processing generate.	58
Gambar 4. 27 Perbandingan citra asli dan hasil generasi CycleGAN: baris pertama Real (A) ke Fake (B), baris kedua Real (C) ke Fake (D).	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 State Of The Art Teknik Sintesis Citra Ultrasonografi B-Mode.....	8
Tabel 3. 1 Tabel Spesifikasi dataset.....	30
Tabel 4. 1 Parameter Arsitektur.....	44
Tabel 4. 2 Asil pelatihan pertama epoch ke-1.....	45
Tabel 4. 3 Pelatihan pada epoch ke-4.....	46
Tabel 4. 4 Hasil Pelatihan epoch ke-5.....	46
Tabel 4. 5 Hasil Pelatihan epoch ke-24.....	47
Tabel 4. 6 Hasil Pelatihan Epoch ke-43.....	48
Tabel 4. 7 Hasil pelatihan Epoch ke-77 (Model terbaik).....	49
Tabel 4. 8 Hasil Pelatihan Epoch ke-100.....	50
Tabel 4. 9 Hasil Translasi.....	54

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2. 1 Fungsi generator dalam model GAN.	14
Persamaan 2. 2 Fungsi discriminator dalam model GAN.	15
Persamaan 2. 3 Fungsi discriminator dalam model GAN.	15
Persamaan 2. 4 Fungsi kerugian dalam model CycleGAN.	18
Persamaan 2. 5 Fungsi consistency loss dalam model GAN	18
Persamaan 2. 6 Fungsi total loss dalam model GAN	19
Persamaan 2. 7 Fungsi entropy Shannon	22
Persamaan 2. 8 Histogram Intersection antara distribusi A dan B	23
Persamaan 2. 9 FID antara distribusi fitur X dan Y	23
Persamaan 2. 10 IoU antara dua area A dan B	23
Persamaan 2. 11 Skewness untuk mengukur asimetri distribusi intensitas	24

Halaman ini sengaja dikosongkan