

PERBAIKAN KUALITAS CITRA *CHEST X-RAY* DENGAN
METODE *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika*



Oleh :

Muhammad Irvan Arfandi
NIM: 09021181924012

**Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PERBAIKAN KUALITAS CITRA *CHEST X-RAY* DENGAN
METODE *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

Oleh:

Muhammad Irvan Arfandi
NIM : 09021181924012

Palembang, 12 Juli 2023

Pembimbing I



Julian Supardi, S.Pd., M.T.
NIP. 197207102010121001

Pembimbing II



Muhammad Qurhanul Rizqie, M.T.
NIP. 198712032022031006

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M. Kom.
NIP. 197812222006042003

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI

Pada hari Jumat tanggal 07 Juli 2022 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : Muhammad Irvan Arfandi
Nim : 09021181924012
Judul : Perbaikan Kualitas Citra *Chest X-ray* dengan Metode *Convolutional Neural Network*

dan dinyatakan LULUS.

1. Ketua

Kanda Januar Miraswan, S.Kom., M.T.
NIP. 199001092019031012



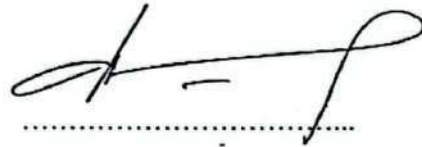
2. Penguji I

Dr. Abdiansah, S.Kom, M.Cs.
NIP. 198410012009121005



3. Pembimbing I

Julian Supardi, S.Pd., M.T.
NIP. 197207102010121001



4. Pembimbing II

Muhammad Qurhanul Rizqie, M.T.
NIP. 198712032022031006



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Swahitri Utami, M. Kom.
NIP. 197812222006042003

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Irvan Arfandi
NIM : 09021181924012
Program Studi : Teknik Informatika
Judul : Perbaikan Kualitas Citra *Chest X-ray* dengan Metode
Convolutional Neural Network

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 12%

Menyatakan bahwa Laporan Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan projek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, 12 Juli 2023



Muhammad Irvan Arfandi
NIM. 09021181924012

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

- If we go easy on them, they will never learn. -Sova
- Failure is the great teacher. So let's teach them something -Brimstone
- Hidup ini memang tidak adil, maka biasakanlah dirimu -Patrick Star
- Kita harus lebih kuat dari hari kemarin -Rock Lee
- Suatu hari aku ingin menjadi sesuatu yang berharga bagi orang lain -Gaara

Kupersembahkan karya tulis ini kepada :

- Keluarga
- Teman
- Fakultas Ilmu Komputer
- Universitas Sriwijaya

ABSTRACT

Chest x-ray image are an important tool in the diagnosis of lung and chest diseases. However, these images are often exposed to noise that can reduce their quality and usefulness. In this study, researchers performed chest x-ray image repair that has gaussian noise using Convolutional Neural Network (CNN) and compared the application of CNN methods from both CNN models, namely DnCNN and IRCNN in improving the quality of chest x-ray images that are disturbed by noise or interference from outside factors. The results of this study show that the DnCNN model has a greater average PSNR value than the IRCNN model with an average PSNR value 30.95 dB and SSIM 0.85. Meanwhile, the IRCNN model has an SSIM value that is greater than the DnCNN model with an average PSNR value 30.6 dB and SSIM 0.86.

Key Word : Chest x-ray image, CNN, Convolutional Neural Network., DnCNN, IRCNN.

ABSTRAK

Citra *chest x-ray* adalah alat penting dalam diagnosis penyakit paru-paru dan dada. Namun, citra ini sering kali terkena noise yang dapat mengurangi kualitas dan kegunaannya. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan perbaikan citra *chest x-ray* yang memiliki gaussian noise menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dan melakukan perbandingan penerapan metode CNN dari kedua model CNN yaitu DnCNN dan IRCNN dalam memperbaiki kualitas citra *chest x-ray* yang terganggu oleh noise atau interferensi dari faktor luar. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model model DnCNN memiliki nilai rata-rata PSNR yang lebih besar dari model IRCNN dengan rata-rata nilai PSNR sebesar 30.95 dB dan SSIM sebesar 0.85. Sedangkan, model IRCNN memiliki nilai SSIM yang lebih besar dari model DnCNN dengan rata-rata nilai PSNR sebesar 30.6 dB dan SSIM sebesar 0.86.

Kata Kunci : Citra *chest x-ray*, CNN, *Convolutional Neural Network*, DnCNN, IRCNN.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi petunjuk dan kekuatan kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Perbaikan Kualitas Citra *Chest X-ray* dengan Metode *Convolutional Neural Network*”

Untuk selanjutnya saya mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu :

1. Orang tua beserta keluarga yang selalu mendoakan, memberikan dukungan baik moril maupun materil, serta motivasi dan semangat selama hidup saya.
2. Bapak alm. Jaidan Jauhari, S.Pd. M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Alvi Syahrini Utami, M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Julian Supardi, S.Pd., M.T. dan Muhammad Qurhanul Rizqie, M.T. selaku Pembimbing Skripsi.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen serta Staff Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer UNSRI yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan.
6. Teman - teman dari Jurusan Teknik Informatika yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Khususnya seluruh teman-teman dari kelas REG B 2019 Indralaya.
7. Dan semua orang yang telah mendukung dan membantu saya, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Saya menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar lebih baik lagi dikemudian hari.

Akhir kata dengan segala keterbatasan, saya berharap semoga laporan ini menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi kita semua khususnya bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya secara langsung ataupun tidak langsung sebagai sumbangan pemikiran dalam peningkatan mutu pembelajaran dan penelitian.

Palembang, 12 Juli 2023



Muhammad Ivan Arfandi

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I Pendahuluan	I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-2
1.4 Tujuan.....	I-3
1.5 Manfaat.....	I-3
1.6 Batasan Masalah.....	I-3
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-3
1.8 Ringkasan	I-5
BAB II Kajian Literatur	II-1
2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 Landasan Teori.....	II-1
2.2.1 Chest X-ray	II-1
2.2.2 Citra Digital.....	II-3
2.2.3 <i>Neural Network</i>	II-3

2.2.4	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	II-4
2.2.5	Python	II-4
2.2.6	TensorFlow	II-5
2.2.7	DnCNN	II-5
2.2.8	IRCNN	II-6
2.2.9	Optimasi Adam	II-8
2.2.10	<i>Gaussian Noise</i>	II-8
2.2.11	<i>Peak Signal To Noise Ratio (PSNR)</i>	II-9
2.2.12	<i>Structural Similarity Index Metrics (SSIM)</i>	II-10
2.2.13	<i>Rational Unified Process</i>	II-11
2.3	Penelitian Lain yang Relevan.....	II-12
2.4	Ringkasan	II-13
BAB III Metodologi Penelitian.....		III-1
3.1	Pendahuluan	III-1
3.2	Pengumpulan Data	III-1
3.2.1	Jenis Data	III-1
3.2.2	Sumber Data.....	III-2
3.2.3	Metode Pengumpulan Data	III-2
3.3	Tahapan Penelitian.	III-2
3.3.1	Kerangka Kerja	III-3
3.3.1.1	Mengumpulkan Data	III-3
3.3.1.2	Preprocessing.....	III-3
3.3.1.3	Menerapkan CNN.....	III-4
3.3.1.4	Analisis Hasil Pengujian Penelitian	III-6
3.3.2	Kriteria Pengujian	III-6
3.3.3	Format Data Pengujian.....	III-6
3.3.4	Alat yang Digunakan dalam Pelaksanaan Penelitian.....	III-6
3.3.5	Pengujian Penelitian.....	III-7
3.3.6	Analisis Hasil Pengujian dan Membuat Kesimpulan.....	III-7
3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-8
3.5	Manajemen Proyek Penelitian.....	III-9
3.6	Ringkasan	III-9

BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK	IV-1
4.1 Pendahuluan	IV-1
4.2 Fase Insepsi	IV-1
4.2.1 Pemodelan Bisnis	IV-1
4.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	IV-2
4.2.3 Analisis Perangkat Lunak	IV-3
4.2.3.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak	IV-3
4.2.3.2 Analisis Data	IV-3
4.2.3.3 Analisis Model CNN	IV-3
4.2.4 Desain Perangkat Lunak	IV-5
4.2.4.1 Diagram Use Case	IV-5
4.2.4.2 Definisi Use Case	IV-5
4.2.4.3 Definisi Aktor	IV-6
4.2.4.4 Skenario Use Case	IV-7
4.3 Fase Elaborasi	IV-9
4.3.1 Pemodelan Bisnis	IV-9
4.3.2 Rancangan <i>Interface</i> (Antarmuka)	IV-10
4.3.3 Diagram Aktivitas	IV-10
4.3.4 <i>Sequence Diagram</i>	IV-13
4.4 Fase Kontruksi	IV-16
4.4.1 Kebutuhan Sistem	IV-16
4.4.2 Diagram Kelas	IV-16
4.4.3 Implementasi Diagram Kelas	IV-17
4.4.4 Implementasi <i>Interface</i>	IV-18
4.5 Fase Transisi	IV-19
4.5.1 Pemodelan Bisnis	IV-19
4.5.2 Rencana Pengujian	IV-19
4.6 Ringkasan	IV-20
BAB V Hasil dan Analisis Penelitian	V-1
5.1 Pendahuluan	V-1
5.2 Data Hasil Penelitian	V-1
5.2.1 Konfigurasi Percobaan	V-1
5.2.2 Data Hasil Konfigurasi	V-3

5.3	Analisis Hasil Penelitian	V-6
5.3.1	Analisis Hasil Penelitian Citra	V-6
5.3.2	Analisis Hasil Diagram Perbandingan Rata-rata Model CNN.....	V-7
5.4	Ringkasan	V-8
BAB VI Kesimpulan dan Saran		VI-1
6.1	Kesimpulan.....	VI-1
6.2	Saran.....	VI-1
DAFTAR PUSTAKA		xvi

DAFTAR TABEL

Tabel III-1. Rancangan Hasil Pengujian Citra.....	III-7
Tabel III-2. Rancangan Perbandingan Model CNN	III-7
Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional Perangkat Lunak.....	IV-2
Tabel IV-2. Kebutuhan Non-Fungsional Perangkat Lunak	IV-2
Tabel IV-3. Definisi Use Case	IV-6
Tabel IV-4. Definisi Aktor	IV-6
Tabel IV-5. Skenario Input Citra	IV-7
Tabel IV-6. Skenario Melakukan Preprocessing.....	IV-7
Tabel IV-7. Skenario Memuat Model CNN.....	IV-8
Tabel IV-8. Skenario <i>Testing</i> Perbaikan Citra	IV-8
Tabel IV-9. Implementasi Diagram Kelas	IV-17
Tabel IV-10. Rencana Pengujian	IV-19
Tabel V-1. Data Pengujian	V-2
Tabel V-2. Data Hasil Konfigurasi Citra Noise $\sigma = 15$	V-3
Tabel V-3. Data Hasil Konfigurasi Citra Noise $\sigma = 25$	V-4
Tabel V-4. Data Hasil Konfigurasi Citra $\sigma = 35$	V-4
Tabel V-5. Rata-rata Model CNN	V-5

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1 Citra chest x-ray (anterior-posterio).....	II-2
Gambar II-2. Arsitektur DnCNN (Zhang et al, 2017).....	II-6
Gambar II-3. Arsitektur IRCNN (Zhang et al, 2017).....	II-7
Gambar II-4. Diagram Pengukuran SSIM	II-10
Gambar III-1. Tahapan Penelitian.....	III-3
Gambar III-2. Penerapan CNN	III-4
Gambar III-3. Manajemen Proyek Penelitian	III-9
Gambar IV-1. Use Case Diagram.....	IV-5
Gambar IV-2. Rancangan Interface Perangkat Lunak	IV-10
Gambar IV-3. Diagram Aktivitas Input Citra	IV-11
Gambar IV-4. Diagram Aktivitas melakukan Preprocessing	IV-11
Gambar IV-5. Diagram Aktivitas Melatih Model CNN.....	IV-12
Gambar IV-6. Diagram Aktivitas <i>Testing</i> Perbaikan Citra	IV-13
Gambar IV-7. Sequence Diagram Input Citra.....	IV-14
Gambar IV-8. Sequence Diagram Preprocessing.....	IV-14
Gambar IV-9. Sequence Diagram Training	IV-15
Gambar IV-10. Sequence Diagram <i>Testing</i> Perbaikan Citra	IV-15
Gambar IV-11. Class Diagram.....	IV-17
Gambar IV-12. Implementasi Antarmuka <i>Input</i> Citra	IV-18
Gambar IV-13. Implementasi Antarmuka Proses Citra	IV-18
Gambar V-1. Analisis Citra 1	V-6
Gambar V-2. Analisis Citra 2	V-7
Gambar V-3. Diagram Perbandingan PSNR	V-7
Gambar V-4. Diagram Perbandingan SSIM.....	V-8

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan latar belakang penelitian dengan judul skripsi **Perbaikan Kualitas Citra *Chest X-ray* dengan Metode *Convolutional Neural Network***. Bab ini akan memuat beberapa pembahasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan skripsi yang akan dijelaskan pada masing-masing sub-bab pada bab ini.

1.2 Latar Belakang

Chest x-ray merupakan jenis pemeriksaan radiologi yang sering dilakukan untuk mengecek penyakit paru-paru seperti pneumonia, tuberculosis, dan juga dapat berguna untuk pendeteksian COVID-19 (Rahman et al.,2021). Namun, hasil pemeriksaan *chest x-ray* seringkali terganggu oleh *noise* atau interferensi dari faktor luar sehingga kualitas citra yang dihasilkan menjadi tidak optimal. Faktor-faktor tersebut ialah penggunaan alat yang tidak bagus, kesalahan operator, kelainan pasien dan lainnya (Aziz, Prasasti and Purboyo 2017). Hal ini dapat menyulitkan dokter dalam melakukan interpretasi hasil pemeriksaan dan diagnosis.

Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang dapat meningkatkan kualitas citra *chest x-ray* agar lebih mudah dibaca dan dipahami oleh dokter.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas citra *chest x-ray* adalah dengan menggunakan Convolutional Neural Network (CNN).

CNN merupakan salah satu jenis *Artificial Neural Network* (ANN) yang dapat dipakai untuk melakukan pengolahan citra. CNN memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi pola dan fitur yang terdapat dalam sebuah citra, sehingga dapat digunakan untuk melakukan peningkatan kualitas citra.

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Pardosi dan Gohzali, penelitian tersebut menggunakan metode CNN untuk memperbaiki kualitas citra, metode CNN menunjukkan kinerja yang baik dengan berhasil menghasilkan kualitas rata-rata PNSR pada citra sebesar 31,69 dB.

Dalam skripsi ini, akan diteliti perbandingan penerapan metode CNN dari kedua model CNN yaitu DnCNN (*Denoising Convolutional Neural Network*) dan IRCNN dalam memperbaiki kualitas citra *chest x-ray* yang terganggu oleh *noise* atau interferensi dari faktor luar. Dengan demikian, skripsi ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan kedua model CNN tersebut dalam memperbaiki kualitas citra *chest x-ray*. Hasil dari skripsi ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna untuk dapat mengetahui model CNN manakah yang paling efektif dalam mengatasi *noise*.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara mengimplementasikan perbaikan kualitas citra pada citra *chest X-ray* menggunakan model DnCNN dan IRCNN?
2. Bagaimana kinerja dari kedua model CNN yang digunakan dalam

memperbaiki kualitas citra *chest X-ray*?

1.4 Tujuan

1. Dapat menghasilkan perangkat lunak yang mengimplementasikan metode CNN untuk memperbaiki kualitas citra pada citra *chest x-ray*.
2. Dapat mengetahui apakah kedua model CNN yang digunakan memiliki kinerja yang baik dalam memperbaiki citra *chest x-ray*.

1.5 Manfaat

1. Dapat mengetahui apakah kedua model CNN yang digunakan efektif dalam memperbaiki kualitas citra *chest x-ray*.
2. Sebagai bahan referensi bagi peneliti lain yang ingin membahas topik yang terkait dengan penelitian ini.

1.6 Batasan Masalah

1. Citra yang diolah merupakan citra *chest x-ray* (anterior-posterior).
2. Ukuran citra diubah menjadi ukuran 256 x 256.
3. Citra yang diolah akan diberikan *gaussian noise*.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini akan dijabarkan melalui beberapa Bab sebagai bagian utama. Yaitu sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab ini akan membahas dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian, seperti definisi-definisi dalam *chest x-ray*, *computer vision*, *deep learning* dan CNN serta penelitian yang relevan dengan penelitian ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai tahapan yang dilakukan dalam penelitian yang akan digambarkan dalam bentuk kerangka kerja. Pada bab ini juga menjelaskan mengenai desain manajemen proyek untuk melakukan penelitian.

BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Pada bab ini akan membahas tentang bagaimana cara pengembangan dari sistem yang akan dibuat tersebut mulai dari mulai dari rancangan, fungsional, non fungsional, ataupun use case yang akan digunakan dalam sistem tersebut.

BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab ini menyajikan hasil analisis data berdasarkan nilai PSNR dan SSIM citra dari berbagai model CNN yang telah diteliti. Hasil pada bab ini akan menjadi dasar untuk menarik kesimpulan dalam penelitian ini.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan membahas mengenai penarikan kesimpulan dari uraian dan proses dalam penelitian yang dilakukan. Serta memberikan saran maupun rekomendasi.

1.8 Ringkasan

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, terjadinya noise pada citra *chest x-ray* dapat menyulitkan dokter dalam melakukan interpretasi hasil pemeriksaan dan menyebabkan kesulitan dalam diagnosis. Dalam penelitian ini peneliti akan melakukan perbaikan terhadap citra yang memiliki noise sehingga diharapkan penelitian dapat membantu dokter agar dapat melakukan interpretasi hasil pemeriksaan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar,A. (2014). A review of rup (rational unified process). *International Journal of Software Engineering (IJSE)*. 5(2):12-19.
- Aziz,M.N, A.L. Prasasti, and T.W Purboyo. (2017). A survey on the implementation of image enhancement. *International Journal of Applied Engineering Research* 12(21):11451-11459.
- Goyal B, A. Dogra, S. Agrawal, B.S. Sohi, (2018) Noise Issues Prevailing in Various Types of Medical Images. *Biomed Pharmacol Journal*. 11(3):1227-1237
- Kermany, D, K. Zhang and M. Goldbaum. (2018), “Labeled Optical Coherence Tomography (OCT) and Chest X-Ray Images for Classification”, *Mendeley Data*, V2, doi: 10.17632/rscbjbr9sj.2.
- Khilmawan, M. R., dan A.A Riadi. (2018). Implementasi Pengurangan Noise pada Citra Tulang Menggunakan Metode Median Filter dan Gaussian Filter. *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika*. 03(02):116-121.
- Kingma, D.P., and Ba, J. (2014) Adam: A Method for Stochastic Optimization. *ArXiv*. /abs/1412.6980.
- Laney AS, D.N., Weissman. (2014). Respiratory diseases caused by coal mine dust. *Journal of occupational and environmental medicine/American College of Occupational and Environmental Medicine*. 56(10):S18.
- Munir,R. (2019). Interpretasi dan Pengolahan Citra: Pengantar Pengolahan Citra (bagian 2). Bandung, Indonesia.
- Munir,R. (2021). Interpretasi dan Pengolahan Citra: Pemampatan Citra (bagian 1) Network. Bandung, Indonesia.
- Munir,R. (2022). Interpretasi dan Pengolahan Citra: Convolutional Neural Network. Bandung, Indonesia.
- Nurhikmat,T. (2018). Implementasi Deep Learning Untuk Image Classification Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Citra Wayang Golek. Tugas Akhir Program Studi Statistika FAKULTAS

MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2018.

Pardosi,I.A. dan H. Gohzali. (2021), Peningkatan Kualitas Citra Reduksi Noise Menggunakan Iterative Denoising and Backward Projection-CNN dan TFM-CLAHE pada Citra 24 Bit. *Jurnal Teknologi Informasi*, 20(4):566-579.

Rahman, T., Khandakar, A., Qiblawey, Y., Tahir, A., Kiranyaz, S., Abul Kashem, S. B., ... Chowdhury, M. E. H. (2021). Exploring the effect of image enhancement techniques on COVID-19 detection using chest X-ray images. *Computers in Biology and Medicine*, 132, 104319. doi:10.1016/j.compbiomed.2021.104319

Syahrudin,A.N., dan T. Kurniawan. (2018), Input Dan Output Pada Bahasa Pemrograman Python. *Jurnal Dasar Pemogramman Python*.

Wang,Z., A.C. Bovik, H.R. Sheikh, & E.P. Simoncelli, (2004). Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity. *IEEE Transactions on Image Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 13, 600 - 612. 10.1109/TIP.2003.819861.

Widiarto,S.A., W.A Saputra, dan A.R. Dewi. (2021), Klasifikasi Citra X-Ray Toraks Dengan Menggunakan Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization Dan Convolutional Neural Network. *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika*, 06(2):348-359.

Zhang,K, W. Zuo, Y. Chen, D. Meng and L. Zhang. (2017), Beyond a Gaussian Denoiser: Residual Learning of Deep CNN for Image Denoising, in *IEEE Transactions on Image Processing*, 26(7):3142-3155.

Zhang,K, W. Zuo, S. Gu and L. Zhang. (2017), Learning Deep CNN Denoiser Prior for Image Restoration, *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Honolulu, HI, USA, 2808-2817.