

**PENGHILANGAN DERAU *SALT-AND-PEPPER*
MENGUNAKAN KERANGKA KERJA *RESIDUAL LEARNING*
PADA CITRA BERWARNA**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mendapatkan Gelar Strata Satu
Program Studi Informatika



Oleh

Muhammad Farhan Ichlasul Amal

NIM. M0516036

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2020

**PENGHILANGAN DERAU *SALT-AND-PEPPER*
MENGUNAKAN KERANGKA KERJA *RESIDUAL LEARNING*
PADA CITRA BERWARNA**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mendapatkan Gelar Strata Satu
Program Studi Informatika



Disusun Oleh :

Muhammad Farhan Ichlasul Amal

NIM. M0516036

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

PENGHILANGAN DERAU SALT-AND-PEPPER MENGGUNAKAN KERANGKA
KERJA RESIDUAL LEARNING PADA CITRA BERWARNA

Disusun Oleh:

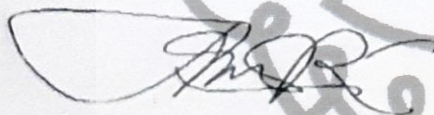
MUHAMMAD FARHAN ICHLASUL AMAL

M0516036

Skripsi ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan dewan penguji
pada tanggal, 21 April 2020

Pembimbing I

Pembimbing II



HERI PRASETYO, S.Kom, MSc.Eng,
PhD
NIP. 1983030220161001



Dr. UMI SALAMAH, S.Si., M.Kom,
NIP. 197002171997022001

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

PENGHILANGAN DERAU SALT-AND-PEPPER MENGGUNAKAN KERANGKA
KERJA RESIDUAL LEARNING PADA CITRA BERWARNA

Disusun Oleh:

MUHAMMAD FARHAN ICHLASUL AMAL
M0516036

Telah dipertahankan di hadapan dewan penguji
pada tanggal 05 Mei 2020

Susunan Dewan penguji

1. HERI PRASETYO, S.Kom, MSc.Eng, PhD

NIP. 1983030220161001

2. Dr. UMI SALAMAH, S.Si., M.Kom.

NIP. 197002171997022001

3. ESTI SURYANI, S.Si., M.Kom.

NIP. 197611292008122001

4. Dr. WIHARTO, S.T., M.Kom.

NIP. 197502102008011005

Disahkan oleh

Kepala Program Studi Informatika



Dr. WIHARTO, S.T., M.Kom.

NIP. 197502102008011005

commit to user

MOTTO

“Bloom where you're planted”



commit to user

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

Orang tua yang telah memberi dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir.

Teman-teman yang selalu memotivasi penulis.



commit to user

**PENGHILANGAN DERAU *SALT-AND-PEPPER* MENGGUNAKAN
KERANGKA KERJA *RESIDUAL LEARNING* PADA CITRA BERWARNA**

MUHAMMAD FARHAN ICHLASUL AMAL

Program Studi Informatika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Sebagian besar metode penghilangan derau *salt-and-pepper* masih memanfaatkan pendekatan *median filter*. Akan tetapi, hasil pemulihan yang didapatkan masih belum bisa menyiasati kekurangan *median filter* untuk menghilangkan *noise* pada kontaminasi tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan metode pemulihan kontaminasi *salt-and-pepper* yang sepenuhnya menggunakan pendekatan *convolutional neural network* (CNN). CNN diimplementasikan menggunakan kerangka kerja *residual learning* dengan *pre-activation residual unit* agar pelatihan *neural network* dapat lebih cepat mencapai konvergen. Proses *denoising* diformulasikan sebagai *image translation problem* yang mentransformasikan citra terkontaminasi (*noisy image*) menjadi citra yang bebas kontaminasi (*denoised image*) dan dilakukan tanpa menggunakan pra-pemrosesan citra. Oleh karena itu, arsitektur *neural network* hanya membutuhkan citra yang terkontaminasi sebagai *input* dan menghasilkan *output* berupa citra yang telah terpulihkan (*denoised image*). Berdasarkan hasil eksperimen, rata-rata nilai PSNR yang didapatkan mampu melampaui nilai PSNR usulan-usulan metode *denoising* sebelumnya pada tiap rasio *noise* yang dipertimbangkan. Terlebih pada pengujian menggunakan citra Kodak *Image Dataset*, arsitektur yang dikembangkan memperoleh peningkatan nilai PSNR hingga 7 dB dari usulan metode sebelumnya pada rasio *noise* 30%. Secara visual, arsitektur yang diusulkan dapat menyajikan pemulihan citra dengan sangat baik.

Keywords : *image denoising, salt and pepper noise, convolutional neural networks, residual learning, deep learning.*

**SALT-AND-PEPPER NOISE REMOVAL USING RESIDUAL LEARNING
FRAMEWORK ON COLORED IMAGES**

MUHAMMAD FARHAN ICHLASUL AMAL

Departement of Informatics

Faculty of Mathematic and Natural Sciences

Universitas Sebelas Maret

ABSTRACT

Most salt-and-pepper noise removal methods still utilize the median filter approach. However, the image recovery results obtained are still unable to get around the weakness of median filter to eliminate high noise contamination. Therefore, this study proposes an image recovery method from salt-and-pepper contamination that fully uses the convolutional neural network (CNN). CNN is implemented using a residual learning framework with pre-activation residual units so that the training of the network can be more convergent. The denoising process is formulated as an image translation problem that transforms noisy images into denoised images. Noise removal is done without using image pre-processing, therefore the neural network architecture only requires a noisy image as the input and then produces denoised image as the output. Based on the experimental results, the average PSNR values obtained were able to exceed the PSNR values of the previous denoising method at each noise ratio considered. Especially in testing using the Kodak Image Dataset, the proposed architecture is able to increase the PSNR value of up to 7 dB from the previous method proposed at a noise ratio of 30%. Visually, the proposed architecture can present very well denoised image.

Keywords : *image denoising, salt and pepper noise, convolutional neural networks, residual learning, deep learning.*

commit to user

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar strata satu Program Studi Informatika Universitas Sebelas Maret dengan sebaik-baiknya. Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan sejumlah pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Heri Prasetyo, S.Kom., M.Sc., Ph.D. dan Ibu Dr. Umi Salamah, S.Si., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan saran dalam mengerjakan penelitian pada Tugas Akhir ini.
2. Saudara Alim Wicaksono Hari Prayuda yang telah memberikan ilmu, masukan, dan sarana berupa perangkat komputer sehingga penulis dapat melakukan penelitian *deep learning* ini.
3. Orang tua penulis yang senantiasa memberi dukungan dan doa kepada penulis selama pengerjaan penelitian.
4. Teman-teman S1 Informatika UNS yang selalu memberikan semangat mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa pada penyusunan Tugas Akhir ini juga terdapat kekurangan. Oleh sebab itu, penulis berharap kepada semua pihak sekiranya dapat memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi berupa metode untuk menghilangkan kontaminasi derau *salt-and-pepper* serta dapat memberikan manfaat kepada pembaca.

Surakarta, 5 Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN PERSETUJUAN | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| MOTTO | iv |
| PERSEMBAHAN | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Batasan Masalah | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 5 |
| 1.6 Sistematika Penelitian | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Dasar Teori | 6 |
| 2.1.1 Citra Digital | 6 |
| 2.1.2 Derau Citra | 6 |
| 2.1.3 <i>Impulsive Noise</i> | 7 |
| 2.1.4 <i>Deep Feedforward Network</i> | 8 |
| 2.1.5 <i>Convolution Operation</i> | 9 |
| 2.1.6 <i>Convolutional Neural Network</i> | 9 |
| 2.1.6.1 Dimensi <i>Kernel</i> | 10 |
| 2.1.6.2 <i>Stride</i> | 10 |
| 2.1.6.3 <i>Padding</i> | 11 |
| 2.1.6.4 <i>Dilatasi</i> | 11 |
| 2.1.7 <i>Activation Function</i> | 11 |
| 2.1.8 <i>Loss Function</i> | 12 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.1.9 | <i>Adaptive Moment Estimation (Adam)</i> | 12 |
| 2.1.10 | <i>Batch Normalization</i> | 13 |
| 2.1.11 | <i>Residual Network</i> | 14 |
| 2.1.12 | <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> | 15 |
| 2.2 | Penelitian Terkait | 16 |
| 2.2.1 | <i>A New Fast and Efficient Decision-Based Algorithm for Removal of High-Density Impulse Noises</i> | 16 |
| 2.2.2 | <i>A Convolutional Neural Networks Denoising Approach for Salt and Pepper Noise</i> | 16 |
| 2.2.3 | <i>Noise2Noise: Learning Image Restoration without Clean Data</i> | 17 |
| 2.2.4 | <i>Convolutional Neural Network with Median Layers for Denoising Salt-and-Pepper Contaminations</i> | 18 |
| 2.2.5 | <i>Beyond a Gaussian Denoiser: Residual Learning of Deep CNN for Image</i> | 18 |
| 2.2.6 | <i>Learning deep CNNs for impulse noise removal in images</i> | 19 |
| BAB III | METODOLOGI PENELITIAN | 24 |
| 3.1 | Pengumpulan <i>Dataset</i> | 24 |
| 3.2 | Pembuatan <i>Dataset</i> | 26 |
| 3.3 | Perancangan Model <i>Neural Network</i> | 27 |
| 3.4 | Menyetel <i>Hyperparameter</i> dan Melatih Model | 28 |
| 3.5 | Membandingkan Hasil | 28 |
| BAB IV | HASIL DAN PEMBAHASAN | 29 |
| 4.1 | Arsitektur <i>Neural Network</i> | 29 |
| 4.2 | Situasi Percobaan | 31 |
| 4.3 | Pengaturan <i>Hyperparameter</i> | 31 |
| 4.4 | Percobaan Model <i>Residual Unit</i> | 32 |
| 4.5 | Percobaan Kedalaman <i>Residual Unit</i> | 33 |
| 4.6 | Percobaan Jumlah <i>Feature Channel</i> | 36 |
| 4.7 | Investigasi Visual | 37 |
| 4.8 | Perbandingan Performa <i>Denoising</i> | 40 |
| 4.9 | Penggunaan pada Kontaminasi <i>Uniform Random Value</i> | 43 |
| BAB V | PENUTUP | 45 |
| 5.1 | Kesimpulan | 45 |
| 5.2 | Saran | 45 |

| | |
|-------------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA | 47 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN | 51 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1. Ilustrasi Citra yang Terkontaminasi <i>Salt-and-Pepper</i> | 7 |
| Gambar 2.2. <i>Shortcut Connection</i> pada <i>Residual Network</i> | 15 |
| Gambar 3.1. Alur Penelitian | 24 |
| Gambar 3.2. Sampel <i>Dataset</i> yang Digunakan pada Tahap Pelatihan dan Validasi | 25 |
| Gambar 3.3. Sampel <i>Dataset</i> yang Digunakan pada Tahap Pengujian | 25 |
| Gambar 3.4. Pembuatan <i>Patch</i> pada Citra <i>Training</i> | 26 |
| Gambar 3.5. Jenis <i>Residual Unit</i> | 27 |
| Gambar 4.1. Usulan Arsitektur <i>Neural Network</i> untuk <i>Denoising Salt-and-Pepper</i> ... | 29 |
| Gambar 4.2. Susunan <i>Layer</i> pada <i>Pre-activation Residual Unit</i> | 30 |
| Gambar 4.3. Kurva Perbandingan Performa <i>Denoising Model Pre-Activation Unit</i> Dan <i>Original Unit</i> | 33 |
| Gambar 4.4. Kurva Perbandingan Performa <i>Denoising</i> Pada Tiap Jumlah Unit | 34 |
| Gambar 4.5. Perbandingan Kedalaman Arsitektur <i>Neural Network CNN-ML</i> dan Arsitektur yang Dikembangkan | 35 |
| Gambar 4.6. Kurva Perbandingan Performa <i>Denoising</i> pada Tiap Jumlah <i>Channel</i> ... | 36 |
| Gambar 4.7. Hasil Pemulihan Kontaminasi <i>Salt-and-Pepper</i> pada Citra Bird | 38 |
| Gambar 4.8. Hasil Pemulihan Kontaminasi <i>Salt-and-Pepper</i> pada Citra Baboon | 39 |
| Gambar 4.9. Sampel Citra Hasil Pemulihan Kontaminasi <i>Uniform Random Value</i> | 44 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Rangkuman Penelitian Terkait | 20 |
| Tabel 4.1. Konfigurasi <i>Hyperparameter</i> | 32 |
| Tabel 4.2. Perbandingan Nilai PSNR (dB) Hasil <i>Denoising</i> pada Set Citra Pertama dan Set Citra Kedua | 42 |
| Tabel 4.3. Nilai PSNR (dB) Hasil <i>Denoising</i> pada Set Citra Ketiga | 43 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1 : Hasil Pemulihan Kontaminasi <i>Salt-and-Pepper</i> | 51 |
| Lampiran 2 : Proses Learning <i>Network</i> dengan $p = 90\%$ | 52 |

*commit to user*