

PENINGKATAN KUALITAS CITRA *COLOR-EMBEDDED-GRayscale* MENGGUNAKAN *DEEP CONVOLUTIONAL NETWORKS*

SKRIPSI

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



Disusun Oleh :

**Albi Revlin Bagaskara
NIM. M0516008**

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

commit to user
2020

**HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**PENINGKATAN KUALITAS CITRA COLOR-EMBEDDED-GRAYSCALE
MENGUNAKAN DEEP CONVOLUTIONAL NETWORKS**

Disusun Oleh:

**ALBI REVLIN BAGASKARA
M0516008**

Skripsi ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan dewan penguji
pada tanggal, 08 September 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

Peningkatan Kualitas Citra Color-Embedded-Grayscale menggunakan Deep
Convolutional Networks

Disusun Oleh:

ALBI REVLIN BAGASKARA
M0516008

Telah dipertahankan di hadapan dewan penguji
pada tanggal 15 September 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. Dr. WIHARTO, S.T., M.Kom.

NIP. 197502102008011005

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

NIP. 197611292008122001

Disahkan oleh

Kepala Program Studi Informatika



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

NIP. 197502102008011005

MOTTO

“I’m not lazy, I’m just conserving energy by not doing anything unnecessary”

– Houtaro Oreki –



commit to user

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Orang tua yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis.

Teman-teman penulis yang selalu mengingatkan penulis untuk segera menyelesaikan
Tugas Akhirnya.



commit to user

**PENINGKATAN KUALITAS CITRA *COLOR-EMBEDDED-GRAYSCALE*
MENGUNAKAN *DEEP CONVOLUTIONAL NETWORKS***

ALBI REVLIN BAGASKARA

Program Studi Informatika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Color recovery merupakan *ill-posed inverse problem* yaitu masalah terbalik yang tidak punya solusi yang unik. Pada banyak kasus, kualitas dari citra hasil restorasi warna tidak memuaskan dikarenakan distorsi warna dan *checkerboard artifact*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diusulkan metode berbasis *deep learning* untuk peningkatan kualitas citra hasil restorasi warna. Metode ini menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN) untuk proses *post color recovery*. Metode yang diusulkan memberikan hasil yang lebih bagus dibandingkan dengan metode-metode sebelumnya berdasarkan penilaian PSNR dan SSIM dengan nilai tertinggi 29.57 dB untuk PSNR dan 0.9331 SSIM.

Keywords: image quality improvement, convolutional neural network, ill-posed inverse problem, color-embedded-grayscale

commit to user

COLOR-EMBEDDED-GRAYSCALE QUALITY ENHANCEMENT USING DEEP CONVOLUTIONAL NETWORKS

ALBI REVLIN BAGASKARA

**Department of Informatics
Faculty of Mathematic and Natural Sciences
Universitas Sebelas Maret**

ABSTRACT

The color recovery process of color-embedded-grayscale image can be considered as ill-posed inverse imaging problem. In the most case, the quality of recovered color image is less satisfying due to color distortion and checkerboard artifact on the image. To overcome this this aforementioned problem this paper presents deep-learning based for increasing the quality of recovered color image. This method integrates the effectiveness of Convolutional Neural Networks (CNN) as post processing of recovery method. As reported in the Experimental Section, the proposed method yields the promising results compared to the previous method in the color recovery task measured in terms of subjective and objective quality assessments with the highest average score being 29.57 dB and 0.9331 for PSNR and SSIM respectively.

Keywords: image quality improvement, convolutional neural network, ill-posed inverse problem, color-embedded-grayscale

commit to user

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis haturkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia yang Dia berikan kepada penulis. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Rasa terimakasih juga penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang membantu penulisan Tugas Akhir. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Wiharto, ST., M. Kom. selaku kepala program Studi Informatika yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Heri Prasetyo, S.Kom., M.Sc., Ph.D. dan Ibu Dr. Umi Salamah, S.Si., M.Kom. selaku dosen pembimbing atas ilmu dan masukan yang diberikan, serta kesediaan untuk membimbing penulis selama pelaksanaan Tugas Akhir.
3. Orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis.
4. Teman-teman penulis atas segala dukungan dan dorongannya.

Penyusunan Tugas Akhir ini tentunya masih ada beberapa kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran pembaca sangat diperlukan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penulis sendiri.

Surakarta, _____

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| MOTTO | iii |
| PERSEMBAHAN..... | iv |
| ABSTRAK..... | v |
| ABSTRACT..... | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3. Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.4. Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.6. Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1. Dasar Teori | 4 |
| 2.1.1. Citra Digital | 4 |
| 2.1.2. Discrete Wavelet Transform..... | 4 |
| 2.1.3. Bilinear Interpolation..... | 5 |
| 2.1.4. Discrete Convolution..... | 5 |
| 2.1.5. Deep Feedforward Neural Network | 6 |
| 2.1.6. Fungsi Aktivasi..... | 7 |
| 2.1.7. Fungsi Loss..... | 7 |
| 2.1.8. Convolutional Neural Network | 8 |
| 2.1.9. Automatic Differentiation..... | 8 |
| 2.1.10. Back-Propagation | 11 |

| | |
|---|-----------|
| 2.1.11. Adaptive Momentum Estimation | 11 |
| 2.1.12. Full Reference Image Quality Assesment | 12 |
| 2.2. Penelitian Terkait..... | 15 |
| 2.2.1. Color to Gray and Back: Color Embedding Into Textured Gray Images..... | 15 |
| 2.2.2. Swarm Intelligence on Color-Embedded-Grayscale Image | 17 |
| 2.2.3. Color-Embedded-Grayscale Quality Enhancement Using Deep Convolutional Network | 20 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 28 |
| 3.1. Pengumpulan Dataset | 29 |
| 3.2. Perancangan Model Neural Network..... | 30 |
| 3.3. Proses Konvolusi pada <i>Neural Network</i> | 33 |
| 3.4. Hyperparameter Tuning..... | 34 |
| 3.5. Pelatihan Model Neural Network | 35 |
| 3.6. Membandingkan Hasil dengan Metode Sebelumnya | 36 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 37 |
| 4.1. Situasi Percobaan..... | 37 |
| 4.2. Hasil Percobaan | 37 |
| 4.3. Investigasi Visual..... | 38 |
| BAB V PENUTUP | 42 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 42 |
| 5.2. Saran | 42 |
| DAFTAR PUSTAKA | 43 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1.1 Diagram skema dari proses <i>color recovery</i> | 2 |
| Gambar 2.1 <i>Graph</i> komputasi dari fungsi <i>y</i> | 9 |
| Gambar 2.2 Skema proses <i>color embedding</i> | 16 |
| Gambar 2.3 Skema proses <i>color recovery</i> | 16 |
| Gambar 2.4 Citra hasil <i>color recovery</i> setelah dilakukan <i>error diffusion halftoning</i> dan <i>scaling</i> | 17 |
| Gambar 2.5 Citra hasil <i>color recovery</i> pada <i>testing image</i> | 20 |
| Gambar 2.6 <i>Correction Network</i> (CorNet)..... | 21 |
| Gambar 2.7 <i>Input layer</i> pada <i>CorNet</i> | 22 |
| Gambar 2.8 <i>Hidden layer</i> pada <i>CorNet</i> | 22 |
| Gambar 2.9 <i>Output layer</i> pada <i>CorNet</i> | 23 |
| Gambar 2.10 Perbandingan citra hasil restorasi warna pada tiap metode | 24 |
| Gambar 3.1 Alur Tahapan Penelitian..... | 28 |
| Gambar 3.2 Sample Citra dari <i>Train Data Track 1 bicubic downscaling x2 and x3 dataset</i> | 29 |
| Gambar 3.3 Sample Citra dari <i>Validation Data Track 1 bicubic downscaling x4 dataset</i> | 29 |
| Gambar 3.4 Sample Citra dari <i>Kodak Image dataset</i> | 29 |
| Gambar 3.5 Diagram skema <i>color recovery</i> (Bagaskara, 2020)..... | 30 |
| Gambar 3.6 Diagram skema <i>color recovery</i> yang diajukan | 31 |
| Gambar 3.7 <i>Recovery Network</i> (RecovNet)..... | 31 |
| Gambar 3.8 <i>Input layer</i> pada <i>RecovNet</i> | 32 |
| Gambar 3.9 <i>Hidden layer</i> pada <i>RecovNet</i> | 32 |
| Gambar 3.10 <i>Output layer</i> pada <i>RecovNet</i> | 33 |
| Gambar 3.11 Proses Konvolusi pada <i>Input Layer</i> | 33 |
| Gambar 3.12 Proses Konvolusi pada <i>Hidden Layer</i> | 34 |
| Gambar 3.13 Proses Konvolusi pada <i>Output Layer</i> | 34 |

Gambar 4.1 Perbandingan performa *network* berdasarkan ukuran *kernel*.....35
Gambar 4.2 Perbandingan citra hasil restorasi citra pada citra 07.png.....36
Gambar 4.3 Perbandingan citra hasil restorasi citra pada citra 0023.png.....37



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Proses <i>forward accumulation</i> | 10 |
| Tabel 2.2 Proses <i>reverse accumulation</i> | 10 |
| Tabel 2.3 Hasil rata-rata PSNR dan SSIM..... | 23 |
| Tabel 2.4 Rangkuman Penelitian Terkait..... | 25 |
| Tabel 3.1 Konfigurasi <i>hyperparameter</i> | 35 |
| Tabel 4.1. Hasil rata-rata PSNR dan SSIM..... | 38 |



commit to user