

**PERANCANGAN SISTEM PEWARNAAN OTOMATIS GAMBAR  
*GRAYSCALE* MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL*  
*NEURAL NETWORKS* (CNN)**

**SKRIPSI**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S. Kom.)  
Pada Program Studi Teknik Informatika



Oleh :

**ALINDRO SEPTO NUGROHO**  
NPM : 2113020234

**FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI  
2025**

Skripsi oleh:

Alindro Septo Nugroho  
NPM : 2113020234

Judul :

**PERANCANGAN SISTEM PEWARNAAN OTOMATIS GAMBAR  
*GRAYSCALE MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL  
NEURAL NETWORKS (CNN)***

Telah Disetujui Untuk Diajukan Kepada Panitia Ujian/Sidang Skripsi  
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer  
Universitas Nusantara PGRI Kediri

Tanggal : 11 Juni 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

Julian Sahertian, S.Pd., M.T  
NIDN. 0707079001

Rony Heri Irawan, M.Kom  
NIDN. 0711018102

Skripsi oleh:

Alindro Septo Nugroho  
NPM : 2113020234

Judul :

**PERANCANGAN SISTEM PEWARNAAN OTOMATIS GAMBAR  
*GRAYSCALE* MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL*  
*NEURAL NETWORKS* (CNN)**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian/Sidang Skripsi  
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer  
Universitas Nusantara PGRI Kediri

Pada tanggal : 09 Juli 2025

**Dan Dinyatakan telah Memenuhi Syarat**

Panitia Penguji :

- |               |   |                              |       |
|---------------|---|------------------------------|-------|
| 1. Ketua      | : | Julian Sahertian, S.Pd., M.T | ..... |
| 2. Penguji I  | : | Ardi Sanjaya, M.Kom          | ..... |
| 3. Penguji II | : | Rony Heri Irawan, M.Kom      | ..... |

Mengetahui,  
Dekan FTIK

**DR. SULISTIONO, M.Si**  
NIDN. 0007076801

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : Alindro Septo Nugroho  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat/Tgl Lahir : Ponorogo, 05 September 2003  
NPM : 2113020234  
Fakultas/Prodi : Teknik dan Ilmu Komputer/ Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak dapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 09 Juli 2025  
Yang Menyatakan

**Alindro Septo Nugroho**  
NPM : 2113020234

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulisan skripsi ini dengan tulus saya dedikasikan kepada:

1. Kepada kedua orang tua saya, yang dengan kesabaran dan ketulusan luar biasa senantiasa mendoakan, memberikan dukungan moril maupun materil, serta menjadi fondasi utama dalam perjalanan akademik ini. Segala pencapaian yang berhasil diraih melalui karya ini tidak terlepas dari peran, pengorbanan, dan cinta tanpa syarat yang mereka curahkan sepanjang waktu.
2. Seluruh dosen Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah memberikan bimbingan, ilmu, dan pelajaran berharga, baik dalam ranah akademik maupun kehidupan sehari-hari.
3. Teman-teman seperjuangan di kampus, yang menjadi tempat berbagi suka dan duka, serta saling menyemangati selama menjalani masa perkuliahan hingga tahap akhir ini.
4. Almamater tercinta, Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah menjadi tempat saya tumbuh, belajar, dan mengembangkan diri selama masa perkuliahan.
5. Teman-teman *Gang 6 Crew*, yang telah menjadi tempat berbagi tawa, cerita, dan semangat. Terima kasih atas kebersamaan dan dukungan tanpa henti selama proses ini.
6. Dan secara khusus, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Tjut Nurul Mutia, yang telah menjadi sumber dukungan moral dan emosional selama proses penyusunan karya ini. Kehadiran dan peran aktifnya dalam memberikan semangat, doa, serta pendampingan yang konsisten menjadi bagian penting dalam menjaga motivasi dan ketekunan penulis hingga tugas ini dapat diselesaikan dengan baik.

Semoga dedikasi ini dapat menjadi penghormatan atas semua dukungan, doa, dan kebersamaan yang telah diberikan.

## HALAMAN MOTTO

"Ilusi tanpa aksi, hanyalah halusinasi"

— **DevaPamzky**

"Rasa ingin tahu adalah awal dari kebijaksanaan."

— *Socrates*

“Kemenangan besar dimulai dari keyakinan, dipandu oleh ilmu, dan  
disempurnakan oleh doa.”

— **Sultan Mehmed Al-Fatih**

" Bukan tubuh yang menentukan kekuatan, tapi tekad dan kehormatan.”

— **King Baldwin IV**

"Ilmu, iman, dan kehormatan adalah senjata paling tajam dalam perjuangan."

— **Salahuddin Al-Ayyubi**

## HALAMAN RINGKASAN

**Alindro Septo Nugroho** PERANCANGAN SISTEM PEWARNAAN OTOMATIS GAMBAR *GRAYSCALE* MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (CNN)*, Skripsi, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri, 2025.

Kata Kunci : Pewarnaan Otomatis, Gambar *Grayscale*, *Convolutional Neural Networks (CNN)*, *Deep learning*, Evaluasi Citra.

Penelitian ini mengatasi tantangan pewarnaan gambar *grayscale* yang sebelumnya terkendala ketidakakuratan dan ketergantungan manual. Tujuannya adalah mengembangkan sistem pewarnaan otomatis menggunakan *Convolutional Neural Networks (CNN)* berbasis *Deep learning* dan metode *Research and Development (R&D)* untuk akurasi dan konsistensi yang lebih baik, serta mengurangi intervensi manusia.

Metode penelitian adalah desain pengembangan (*Development Research*) , mencakup identifikasi masalah, pengumpulan data, desain model, pelatihan, pengujian, evaluasi, implementasi, dan pelaporan. Dataset dari Kaggle berisi gambar *grayscale* dan berwarna, distandarisasi 256×256 piksel, dan dibagi untuk pelatihan (70%), validasi (20%), dan uji (10%). Sistem dikembangkan dengan *Python*, memanfaatkan *TensorFlow*, *NumPy*, *OpenCV*, *Matplotlib*, dan *Scikit-learn*. Arsitektur CNN *encoder-decoder* menjadi inti sistem.

Pengujian sistem meliputi fungsional (*black-box*) yang memverifikasi interaksi pengguna (unggah, proses, tampilan hasil, penanganan error), dan non-fungsional untuk kualitas pewarnaan. Pada skenario satu gambar, metrik menunjukkan hasil positif: SSIM 0.9698 (Sangat Baik), PSNR 26.4118 dB (Baik), dan MAE 7.7269 (Sangat Baik). Akurasi *pixel-wise Confusion Matrix* 0.5947.

Untuk skenario folder, rata-rata SSIM 0.9304 (Baik), PSNR 23.0870 dB (Cukup), dan MAE 9.5615 (Sangat Baik). Akurasi *pixel-wise Confusion Matrix* 0.4148. Perbandingan dengan penelitian sebelumnya menunjukkan kinerja model yang setara atau sedikit lebih baik tanpa kompleksitas model *hibrida*.

Kesimpulannya, sistem pewarnaan otomatis berbasis CNN berhasil memenuhi tujuan penelitian dengan mengurangi ketergantungan manual dan menghasilkan pewarnaan yang konsisten serta realistis. Meskipun kinerja baik, akurasi *pixel-wise* pada pola warna kompleks masih menunjukkan ruang peningkatan. Saran meliputi penggunaan dataset lebih besar dan beragam, eksplorasi arsitektur model yang lebih kompleks, serta integrasi validasi subjektif pengguna.

## HALAMAN PRAKATA

Puji Syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas ridha dan karunianya peneliti dapat menyelesaikan penyusunan laporan penelitian ini. Penulisan ini juga tak lepas dari dukungan pihak yang selalu membantu dalam penulisan penelitian ini. Oleh karenanya peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd. selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri.
2. Dr. Sulistiono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Nusantara PGRI Kediri.
3. Risa Helilintar, M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Nusantara PGRI Kediri.
4. Julian Sahertian, S.Pd., M.T dan Rony Heri Irawan, M.Kom selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah dan mengarahkan kami selama mengerjakan skripsi.
5. Ucapan terimakasih kepada Kedua Orang Tua saya dan Keluarga atas doa dan dukungannya.yang selalu memotivasi penulis untuk tetap semangat dalam mengerjakan skripsi ini.

Disadari penelitian ini masih banyak kekurangan, maka diharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi semua pihak.

Kediri, 11 Juni 2025

Alindro Septo Nugroho  
NPM : 2113020234

## DAFTAR ISI

|                                                                        |      |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN PERSETUJUAN.....                                               | ii   |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                                                | iii  |
| HALAMAN PERNYATAAN .....                                               | iv   |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                                              | v    |
| HALAMAN MOTTO .....                                                    | vi   |
| HALAMAN RINGKASAN.....                                                 | vii  |
| HALAMAN PRAKATA .....                                                  | viii |
| DAFTAR ISI .....                                                       | ix   |
| DAFTAR TABEL.....                                                      | xii  |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                    | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                                  | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                                | 1    |
| A. Latar Belakang .....                                                | 1    |
| B. Identifikasi Masalah .....                                          | 2    |
| C. Rumusan Masalah .....                                               | 3    |
| D. Batasan Masalah.....                                                | 3    |
| E. Tujuan Penelitian.....                                              | 4    |
| F. Manfaat Penelitian .....                                            | 4    |
| BAB II LANDASAN TEORI .....                                            | 6    |
| A. Teori dan Penelitian Terdahulu .....                                | 6    |
| 1. Landasan Teori .....                                                | 6    |
| 2. Kajian Pustaka.....                                                 | 13   |
| B. Kerangka Berpikir.....                                              | 16   |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                                         | 18   |
| A. Desain Penelitian.....                                              | 18   |
| 1. Desain Penelitian Pengembangan ( <i>Development Research</i> )..... | 18   |
| 2. Variabel Penelitian .....                                           | 19   |
| 3. Metode Pengumpulan Data .....                                       | 21   |
| B. Instrumen Penelitian.....                                           | 22   |
| 1. Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ).....                            | 22   |
| 2. Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ).....                            | 23   |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 3. Dataset.....                                                    | 24 |
| 4. Analisis Hasil .....                                            | 25 |
| C. Jadwal Penelitian.....                                          | 26 |
| D. Objek Penelitian /Subjek Penelitian.....                        | 26 |
| 1. Analisa Kebutuhan Sistem .....                                  | 26 |
| 2. Objek Penelitian .....                                          | 28 |
| 3. Subjek Penelitian.....                                          | 28 |
| E. Prosedur Penelitian.....                                        | 29 |
| 1. Identifikasi Masalah .....                                      | 29 |
| 2. Pengumpulan Data .....                                          | 30 |
| 3. Membuat Model Pewarnaan .....                                   | 30 |
| 4. Pelatihan Model .....                                           | 30 |
| 5. Pengujian Model .....                                           | 30 |
| 6. Evaluasi dan Penyempurnaan Model .....                          | 31 |
| 7. Implementasi dan Validasi .....                                 | 31 |
| 8. Penulisan Laporan.....                                          | 31 |
| F. Teknik Analisis Data .....                                      | 31 |
| 1. Desain Sistem.....                                              | 31 |
| 2. Simulasi Proses Penyelesaian Masalah.....                       | 43 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....                                   | 48 |
| A. Hasil Penelitian .....                                          | 48 |
| 1. Implementasi Gambaran Sistem .....                              | 48 |
| 2. Implementasi Dataset .....                                      | 49 |
| 3. Implementasi Desain Sistem .....                                | 50 |
| 4. Kriteria Kualitas <i>Colorization</i> .....                     | 54 |
| 5. Pengujian Fungsional .....                                      | 57 |
| 6. Pengujian Non Fungsional .....                                  | 63 |
| B. Pembahasan.....                                                 | 72 |
| 1. Analisis Hasil Pengujian .....                                  | 72 |
| 2. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya (Kajian Pustaka)..... | 74 |
| 3. Umpan Balik dan Implementasi Praktis.....                       | 75 |
| 4. Analisis Hasil dan Kesimpulan .....                             | 75 |
| BAB V PENUTUP.....                                                 | 78 |
| A. Simpulan .....                                                  | 78 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| B. Saran.....       | 79 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 80 |
| LAMPIRAN.....       | 82 |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                                      | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 3. 1 Dataset Pelatihan Model.....                                    | 24      |
| Tabel 3. 2 Jadwal Penelitian.....                                          | 26      |
| Tabel 3. 3 Jenis Data .....                                                | 28      |
| Tabel 3. 4 User dan Admin.....                                             | 32      |
| Tabel 3. 5 <i>UseCase</i> Utama .....                                      | 33      |
| Tabel 3. 6 Validasi <i>Input</i> .....                                     | 37      |
| Tabel 3. 7 Proses Pewarnaan.....                                           | 37      |
| Tabel 3. 8 Metrik Kuantitatif.....                                         | 38      |
| Tabel 3. 9 Kelas Utama .....                                               | 39      |
| Tabel 3. 10 ( <i>Lanjutan</i> ) Kelas Utama .....                          | 40      |
| Tabel 3. 11 Hubungan Antar Kelas .....                                     | 41      |
| Tabel 3. 12 Contoh Data.....                                               | 44      |
| Tabel 4. 1 Implementasi Dataset .....                                      | 49      |
| Tabel 4. 2 Dataset Pengujian.....                                          | 50      |
| Tabel 4. 3 Kriteria PNSR .....                                             | 55      |
| Tabel 4. 4 Kriteria SSIM .....                                             | 56      |
| Tabel 4. 5 Kriteria MAE.....                                               | 56      |
| Tabel 4. 6 Hasil Matrik Evaluasi Kuantitatif Pengujian <i>Single</i> ..... | 64      |
| Tabel 4. 7 Hasil <i>Confution Matrix Single</i> .....                      | 65      |
| Tabel 4. 8 Hasil Matrik Evaluasi Kuantitatif Pengujian Folder .....        | 67      |
| Tabel 4. 9 Peringkat Kualitas Gambar .....                                 | 68      |
| Tabel 4. 10 Hasil <i>Confution Matrix Folder</i> .....                     | 70      |
| Tabel 4. 11 Contoh Gambar Terbaik dan Terburuk .....                       | 71      |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                                   | Halaman |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 2. 1 Struktur Algoritma CNN .....                                 | 7       |
| Gambar 2. 2 Struktur <i>Decoder-Encoder</i> .....                        | 7       |
| Gambar 2. 3 Kerangka Berpikir .....                                      | 16      |
| Gambar 3. 1 Spesifikasi Perangkat Keras .....                            | 23      |
| Gambar 3. 2 Prosedur Penelitian.....                                     | 29      |
| Gambar 3. 3 <i>UseCase Diagram</i> .....                                 | 31      |
| Gambar 3. 4 <i>Activity Diagram</i> .....                                | 34      |
| Gambar 3. 5 <i>Sequence Diagram</i> .....                                | 36      |
| Gambar 3. 6 <i>Class Diagram</i> .....                                   | 39      |
| Gambar 3. 7 Menu <i>input</i> .....                                      | 41      |
| Gambar 3. 8 Menu Proses .....                                            | 42      |
| Gambar 3. 9 Menu <i>Output</i> .....                                     | 43      |
| Gambar 4. 1 Alur Dataset.....                                            | 50      |
| Gambar 4. 2 Implementasi Halaman <i>Input</i> .....                      | 51      |
| Gambar 4. 3 Implementasi Halaman Proses .....                            | 52      |
| Gambar 4. 4 Implementasi Halaman <i>Output</i> .....                     | 53      |
| Gambar 4. 5 Pengujian Halaman Utama.....                                 | 57      |
| Gambar 4. 6 Pengujian Halaman Unggah.....                                | 58      |
| Gambar 4. 7 Pengujian Halaman Proses .....                               | 59      |
| Gambar 4. 8 Pengujian Halaman <i>Output</i> .....                        | 59      |
| Gambar 4. 9 Halaman Ketika Tidak Mengunggah <i>File</i> .....            | 60      |
| Gambar 4. 10 Tampilan Halaman Ketika Melibihi Batas <i>Maximum</i> ..... | 60      |
| Gambar 4. 11 Dataset <i>Grayscale</i> Pengujian <i>Single</i> .....      | 63      |
| Gambar 4. 12 Dataset Berwarna Pengujian <i>Single</i> .....              | 63      |
| Gambar 4. 13 <i>Console</i> Hasil Matrik Evaluasi <i>Single</i> .....    | 64      |
| Gambar 4. 14 Histogram <i>Confusion Matrix Single</i> .....              | 65      |
| Gambar 4. 15 <i>Console Confusion Matrix Single</i> .....                | 66      |
| Gambar 4. 16 Proses Pengujian Satu Folder.....                           | 66      |
| Gambar 4. 17 <i>Console</i> Evaluasi Kuantitatif Satu Folder .....       | 67      |
| Gambar 4. 18 Diagram Batang MAE.....                                     | 67      |
| Gambar 4. 19 Diagram Batang PSNR .....                                   | 68      |
| Gambar 4. 20 Diagram Batang SSIM .....                                   | 68      |
| Gambar 4. 21 <i>Console</i> Peringkat Kualitas Gambar Folder.....        | 69      |
| Gambar 4. 22 Histogram <i>Confusion Matrix</i> Folder .....              | 70      |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1 LEMBAR KEMANJUAN BIMBINGAN SKRIPSI..... | 83 |
| Lampiran 2 SURAT KETERANGAN BEBAS SIMILARITY ..... | 85 |
| Lampiran 3 HASIL CEK PLAGIASI .....                | 86 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Warna merupakan elemen krusial dalam gambar yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman visual manusia terhadap objek. Pewarnaan otomatis gambar *grayscale* adalah sebuah operasi yang bertujuan mengubah gambar hitam-putih menjadi gambar berwarna. Proses ini membantu mengembalikan informasi warna pada gambar *grayscale* tanpa memerlukan pengetahuan tentang warna asli objek, dengan tujuan utama menjadikan gambar lebih menarik bagi *audiens* melalui penambahan warna yang sesuai dengan adegan.

Namun, pewarnaan gambar *grayscale* konvensional menghadapi kendala signifikan dan inheren. Masalah utama terletak pada ketidakakuratan hasil, sebab luminansi yang sama dapat dikaitkan dengan berbagai nilai warna (*hue* atau saturasi) yang berbeda, sehingga menyulitkan pencapaian solusi yang tepat dan konsisten. Untuk mengatasi ini, teknik-teknik yang diandalkan sebelumnya, seperti pewarnaan manual (*hand coloring*), terbukti sangat memakan waktu dan membutuhkan usaha manusia yang ekstensif. Demikian pula, metode berbasis goresan (*scribble-based*) menuntut upaya keras dari pengguna untuk menambahkan detail warna yang akurat. Sementara itu, pendekatan berbasis contoh (*example-based*), yang berupaya mentransfer warna dari gambar referensi, seringkali terhambat oleh keharusan menyediakan gambar referensi yang memiliki konten dan histogram warna yang sangat sebanding dengan target. Ketidaksesuaian ini secara langsung dapat menyebabkan hasil pewarnaan menjadi kurang akurat atau memunculkan artefak.

Melihat kompleksitas dan kendala yang melekat pada metode pewarnaan gambar *grayscale* konvensional tersebut, penelitian ini secara spesifik mengadopsi dan mengembangkan pendekatan yang disarankan (EL Abbadi & Saleem, 2020) dalam studi "*Automatic gray images colorization based on Lab color space*", yang menekankan penggunaan gambar referensi dalam ruang warna Lab untuk mengatasi tantangan tersebut.

(Farella dkk., 2022), menunjukkan bahwa CNN dapat digunakan pada gambar sejarah untuk menghasilkan warna yang realistis dengan detail tinggi, seperti lanskap dan tekstur kompleks. Di sisi lain, (K. Kiani dkk., 2021) mengembangkan pendekatan *ensemble* CNN yang menggabungkan beberapa model untuk meningkatkan akurasi pewarnaan, terutama pada gambar dengan variasi warna yang luas.

Oleh karena itu, penelitian ini akan memecahkan masalah dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode *Research and Development (R&D)* dan menerapkan algoritma *Convolutional Neural Networks (CNN)* berbasis *deep learning* untuk pewarnaan gambar *grayscale*. Dengan menggunakan *deep learning*, CNN dapat mengekstraksi fitur penting dari gambar secara otomatis. Oleh karena itu, pewarnaan dapat dilakukan otomatis dan lebih cepat.

## B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa masalah utama yang diidentifikasi dalam penelitian ini, yaitu:

1. Ketidakakuratan yang inheren dalam pewarnaan gambar *grayscale*: Penelitian sebelumnya menghadapi masalah mendasar berupa ketidakakuratan yang melekat dalam proses pewarnaan gambar *grayscale*. Hal ini terjadi karena satu tingkat luminansi yang sama dalam gambar *grayscale* dapat dikaitkan dengan berbagai kemungkinan nilai warna (*hue*) atau saturasi, sehingga mencapai hasil pewarnaan yang tepat dan konsisten menjadi sulit.
2. Ketergantungan pada intervensi manual yang ekstensif: Sebagian besar teknik pewarnaan yang ada saat ini masih bergantung pada partisipasi manusia, seperti pemilihan gambar referensi yang tepat atau segmentasi manual. Keterlibatan manusia yang tinggi ini menjadikan proses pewarnaan sangat memakan waktu dan tenaga, serta tidak efisien.
3. Keterbatasan dalam pemilihan gambar referensi: Metode pewarnaan berbasis referensi menuntut gambar referensi yang memiliki fitur dan histogram warna yang mirip dengan gambar *grayscale* yang akan diwarnai. Ketidaksesuaian antara

gambar referensi dan gambar target dapat menyebabkan hasil pewarnaan menjadi kurang akurat.

### C. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengurangi ketergantungan pada intervensi manual dalam proses pewarnaan gambar *grayscale*, serta menggunakan nilai yang berbeda untuk meningkatkan akurasi pewarnaan gambar *Grayscale* terutama saat memilih gambar referensi?
2. Bagaimana pewarnaan gambar *grayscale* otomatis dan konsisten dapat dicapai melalui penerapan Algoritma *Deep learning Convolutional Neural Networks* (CNN) dan Metode *Research and Development(R&D)*?

### D. Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian dan memastikan hasil yang dapat diukur secara jelas, penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Gambar *grayscale* statis (tanpa video atau gambar bergerak) akan menjadi satu-satunya objek penelitian.
2. Dataset yang digunakan terdiri dari gambar berwarna dan gambar *grayscale* dengan resolusi standar yang diambil dari dataset publik yang diperoleh dari *kaggle*. Dataset yang digunakan adalah milik (Ghimire, 2022) yang berjumlah 2000 dataset.
3. Rasio gambar yang digunakan adalah 256 x 256, Dengan format gambar yaitu png dan jpg.
4. Bahasa Pemrograman yang akan digunakan adalah *Python*.
5. *Softwhere* yang digunakan adalah *VS-Code* dan *Google Colab* (untuk train yang memanfaatkan GPU *Google Colab*).
6. *Output* dari sistem ini akan berbentuk *website* dimana *Flask* akan dijadikan server untuk menampilkan *website*.

7. Gambar referensi yang digunakan untuk pewarnaan akan diambil dari dataset yang telah ditentukan tanpa mempertimbangkan pencarian referensi otomatis dari internet.
8. Parameter seperti *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR), *Structural Similarity Index* (SSIM), *Mean Absolute Error* (MAE) hasil visual akan digunakan untuk mengevaluasi efektivitas dan akurasi metode yang dikembangkan pada dataset yang telah dipilih sebelumnya. Selain itu, akurasi model dalam mengategorikan warna piksel dinilai melalui *Confusion Matrix*.
9. Metode *Research and Development* (R&D) akan digunakan untuk menerapkan algoritma *Convolutional Neural Networks* (CNN).
10. Untuk meningkatkan efisiensi implementasi, penelitian ini akan menggunakan arsitektur *CNN konvensional* daripada mengembangkan model CNN khusus.

#### **E. Tujuan Penelitian**

1. Mengembangkan sistem pewarnaan gambar *grayscale* yang dapat mengurangi ketergantungan pada intervensi manual dengan menerapkan algoritma *Convolutional Neural Networks* (CNN), serta mengeksplorasi penggunaan berbagai parameter untuk meningkatkan akurasi pewarnaan terutama dalam pemilihan gambar referensi.
2. Menerapkan algoritma *Deep learning Convolutional Neural Networks* (CNN) dan metode *Research and Development* (R&D) untuk menghasilkan sistem pewarnaan otomatis yang konsisten, sehingga dapat memberikan hasil pewarnaan yang lebih akurat dan stabil tanpa perlu intervensi manual yang signifikan.

#### **F. Manfaat Penelitian**

1. Peningkatan Akurasi dan Efisiensi Pewarnaan Otomatis: Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode pewarnaan otomatis yang lebih akurat dan realistis, yang memungkinkan pewarnaan gambar *grayscale* tanpa perlu intervensi manual yang signifikan. Hal ini akan mempercepat proses pewarnaan dan menghasilkan kualitas visual yang lebih baik.

2. Kontribusi terhadap Pengembangan Teknologi Pengolahan Gambar Berbasis Kecerdasan Buatan: Dengan menerapkan metode *Research and Development* (R&D) dan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN), penelitian ini secara langsung membantu mengembangkan teknologi pengolahan gambar berbasis kecerdasan buatan. Hasil ini dapat digunakan sebagai landasan untuk penelitian lebih lanjut di masa mendatang.
3. Mendukung Restorasi Foto Bersejarah dan Pelestarian Budaya melalui Efisiensi Pemrosesan Citra: Pendekatan yang dikembangkan dalam penelitian ini secara khusus memungkinkan restorasi gambar historis menjadi lebih efisien. Dengan kemampuan pewarnaan otomatis yang akurat, sistem ini secara langsung mendukung pelestarian warisan budaya dengan mengembalikan informasi warna pada foto-foto lama, menjadikannya lebih hidup dan mudah dipahami oleh generasi saat ini dan mendatang. Selain itu, efisiensi ini juga bermanfaat dalam analisis citra medis, yang dapat mempercepat diagnosis dalam bidang kesehatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- An, J., Kpeyton, K. G., & Shi, Q. (2020). *Grayscale images colorization with convolutional neural networks*. *Soft Computing*, 24(7), 4751–4758. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-04711-3>
- Ballester, C., Carrillo, H., Clément, M., & Vitoria, P. (2023). Analysis of Different Losses for Deep Learning Image Colorization. *Handbook of Mathematical Models and Algorithms in Computer Vision and Imaging: Mathematical Imaging and Vision, Umr 8049*, 821–846. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-98661-2\\_127](https://doi.org/10.1007/978-3-030-98661-2_127)
- Cheon, M., Yoon, S. J., Kang, B., & Lee, J. (2021). Perceptual image quality assessment with transformers. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 433–442. <https://doi.org/10.1109/CVPRW53098.2021.00054>
- EL Abbadi, N. K., & Saleem, E. (2020). Automatic gray images colorization based on lab color space. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 18(3), 1501–1509. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v18.i3.pp1501-1509>
- Farella, E. M., Malek, S., & Remondino, F. (2022). Colorizing the Past: Deep Learning for the Automatic Colorization of Historical Aerial Images. *Journal of Imaging*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/jimaging8100269>
- Ghimire, B. (2022). *Landscape color and grayscale images*. Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/theblackmamba31/landscape-image-colorization>
- Gunnam, R. D. (2023). A Deep Learning-based Approach for Colorization of Grayscale Images and Videos. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 11(12), 1833–1841. <https://doi.org/10.48047/ijfans/v11/i12/194>
- Kiani, K., Hemmatpour, R., & Rastgoo, R. (2021). Automatic Grayscale Image Colorization using a Deep Hybrid Model. *Journal of Artificial Intelligence and Data Mining*, 9(3), 321–328. <https://doi.org/10.22044/jadm.2021.9957.2131>
- Kiani, L., Saeed, M., & Nezamabadi-Pour, H. (2020). Image Colorization Using Generative Adversarial Networks and Transfer Learning. *Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing, MVIP, 2020-Febru(January 2019)*. <https://doi.org/10.1109/MVIP49855.2020.9116882>
- Kumar, M., Weissenborn, D., & Kalchbrenner, N. (2021). Colorization Transformer. *ICLR 2021 - 9th International Conference on Learning Representations*, 1–24.
- Lafta, N. A., & Abbood, Z. A. A. (2024). Comprehensive Review and Comparative Analysis of Keras for Deep Learning Applications: A Survey on Face

- Detection Using Convolutional Neural Networks. *International Journal of Religion*, 5(11), 1203–1213. <https://doi.org/10.61707/gkh1m822>
- Mohialden, Y. M., Kadhim, R. W., Hussien, N. M., & Hussain, S. A. K. (2024). Top Python-Based Deep Learning Packages: A Comprehensive Review. *International Journal Papier Advance and Scientific Review*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.47667/ijpasr.v5i1.283>
- Moshayedi, A. J., Roy, A. S., Kolahdooz, A., & Shuxin, Y. (2022). Deep Learning Application Pros And Cons Over Algorithm. *EAI Endorsed Transactions on AI and Robotics*, 1, 1–13. <https://doi.org/10.4108/airo.v1i1.19>
- Pandey. (2025). Python and Its Implications. *Journal, International*, 9–11. <https://doi.org/10.55041/IJSREM41465>
- Pinzek, S., Gustschin, A., Neuwirth, T., Backs, A., Schulz, M., Herzen, J., & Pfeiffer, F. (2021). Signal retrieval from non-sinusoidal intensity modulations in x-ray and neutron interferometry using piecewise-defined polynomial function. *Journal of Imaging*, 7(10). <https://doi.org/10.3390/jimaging7100209>
- Pradhan, N., Dhaka, V. S., Thakur, S., & Bhakar, S. (2021). Deep Learning Technique for Image Colorization. *ACM International Conference Proceeding Series*, 147–152. <https://doi.org/10.1145/3484824.3484902>
- Pyngrope, A. D. (2022). *COLORIZATION OF BLACK AND WHITE IMAGES : A SURVEY*. 10(3), 48–50.
- Sun, Z., Hu, Y., Yang, L., Lu, S., Mei, J., Han, Y., & Li, X. (2022). STC-NAS: Fast neural architecture search with source-target consistency. *Neurocomputing*, 497, 227–238. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.11.082>
- Suraya, S., & Sholeh, M. (2021). Designing and Implementing a Database for Thesis Data Management by Using the Python Flask Framework. *International Journal of Engineering, Science and Information Technology*, 2(1), 9–14. <https://doi.org/10.52088/ijesty.v2i1.197>
- Zhang, N., Wang, J., Li, Z., Xu, N., Ding, H., Zhang, Z., Guo, K., & Xu, H. (2023). Coordinated Optimal Control of AFS and DYC for Four-Wheel Independent Drive Electric Vehicles Based on MAS Model. *Sensors*, 23(7). <https://doi.org/10.3390/s23073505>