

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manuskrip kuno merupakan salah satu warisan budaya yang menyimpan berbagai pengetahuan dan informasi historis penting mengenai peradaban masa lampau [1]. Manuskrip kuno memiliki nilai yang tinggi, baik secara ilmiah maupun budaya, karena mencakup berbagai aspek seperti sastra, agama, tradisi, hingga perkembangan bahasa. Namun, kondisi fisik manuskrip kuno sering kali tidak lagi ideal akibat usia yang sudah tua, paparan lingkungan yang tidak mendukung, serta metode penyimpanan yang kurang memadai [2]. Kerusakan yang umum terjadi pada manuskrip meliputi teks yang pudar, bercak akibat jamur, tinta yang tembus ke halaman belakang, hingga lubang pada media tulis. Kondisi ini disebabkan oleh usia manuskrip yang sudah tua, paparan lingkungan yang tidak ideal, atau cara penyimpanan yang kurang memadai. Kerusakan ini tidak hanya mengancam keutuhan fisik manuskrip, tetapi juga mengurangi keterbacaan isi informasi yang terkandung di dalamnya [3].

Dalam beberapa dekade terakhir, digitalisasi telah menjadi langkah penting dalam upaya pelestarian manuskrip kuno. Digitalisasi tidak hanya mencakup pengarsipan manuskrip dalam format digital, tetapi juga melibatkan restorasi visual untuk memperbaiki kerusakan yang terdapat pada manuskrip. Proses restorasi ini sangat penting untuk meningkatkan keterbacaan dan aksesibilitas manuskrip, terutama bagi penelitian dan dokumentasi budaya [4]. Dalam proses restorasi manuskrip kuno, para filolog—pakar yang mendalami teks kuno—memainkan peran yang sangat penting, terutama dalam memahami konteks historis dan struktur teks, serta memastikan hasil restorasi tetap otentik dan akurat secara ilmiah. Namun, restorasi manual yang dilakukan oleh filolog sering kali membutuhkan waktu dan sumber daya yang besar, terutama untuk memulihkan bagian teks yang sangat rusak. Oleh karena itu, pendekatan berbasis kecerdasan buatan *Artificial Intelligence*, khususnya pada bidang *Computer Vision*, telah menjadi solusi yang menarik untuk otomatisasi proses ini [5].

Salah satu metode AI yang telah terbukti efektif dalam pemulihan citra adalah *Generative Adversarial Networks* (GAN), yang diperkenalkan oleh Goodfellow dan rekannya pada tahun 2014. GAN bekerja dengan memanfaatkan dua jaringan saraf, yaitu *Generator* yang bertugas menciptakan data sintetik menyerupai data asli, dan *Discriminator* yang berfungsi membedakan antara data asli dan sintetik, dalam kerangka *adversarial learning* [6]. Keunggulan GAN terletak pada kemampuannya untuk belajar tanpa supervisi langsung, hanya menggunakan data asli tanpa label tambahan, menjadikannya ideal untuk tugas pemulihan citra, peningkatan resolusi (*super-resolution*), hingga penghapusan *noise* (*denoising*), dengan fleksibilitas tinggi untuk disesuaikan dalam berbagai kebutuhan spesifik [7]. Sebagai salah satu varian dari GAN, *Self-Attention GAN* (SAGAN) menawarkan kemampuan yang lebih canggih dengan memanfaatkan mekanisme *self-attention*. Tidak seperti GAN konvensional yang hanya mengandalkan konvolusi lokal, SAGAN memungkinkan jaringan untuk menangkap hubungan global antar-piksel dalam gambar. Mekanisme *self-attention* ini sangat penting dalam restorasi manuskrip kuno, karena memungkinkan model untuk memahami pola teks atau elemen gambar secara menyeluruh, bahkan pada area yang rusak atau tidak konsisten [8].

Penelitian yang dilakukan oleh Damayanti et al. [9], mengaplikasikan metode *Wasserstein Generative Adversarial Network - Gradient Penalty* (WGAN - GP) untuk merestorasi karakter aksara Jawa yang mengalami kerusakan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode WGAN - GP mampu meningkatkan akurasi restorasi, dengan nilai *Structural Similarity Index Measure* (SSIM) mencapai 85.12% untuk dataset karakter aksara Jawa cetak dan 90.67% untuk dataset karakter aksara Jawa tulisan tangan. Selain itu, nilai *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) yang diperoleh adalah 23.52 dB untuk karakter cetak dan 27.13 dB untuk karakter tulisan tangan. Penelitian ini menekankan pentingnya penggunaan teknik generatif dalam pemulihan manuskrip kuno yang mengalami kerusakan [9].

Penelitian yang dilakukan oleh Wibowo et al [10]. mengaplikasikan metode *StarGAN v2*, sebuah varian dari *Generative Adversarial Network* (GAN), untuk merestorasi naskah kuno beraksara Jawa yang mengalami kerusakan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *StarGAN v2* mampu menghasilkan citra rekonstruksi yang menyerupai kondisi aslinya, dengan nilai *Structural Similarity*

Index Measure (SSIM) mencapai 85.19% dan *Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)* sebesar 17.56 dB pada pelatihan hingga 100 epoch. Meskipun nilai *Learned Perceptual Image Patch Similarity (LPIPS)* mengalami peningkatan tipis dari 0.1020 menjadi 0.1051, hal ini masih menunjukkan potensi untuk peningkatan kualitas persepsi visual lebih lanjut. Penelitian ini menekankan pentingnya pemanfaatan teknologi *deep learning* generatif dalam pelestarian warisan budaya, khususnya untuk memulihkan bagian naskah kuno yang rusak atau hilang [10].

Penelitian yang dilakukan oleh Song et. al [11], mengaplikasikan model *Handwritten Chinese Character Inpainting Generative Adversarial Network (HCCI-GAN)* untuk mengisi area yang terkorupsi pada karakter Cina tulisan tangan menggunakan mekanisme *self-attention* dan *Generative Adversarial Network (GAN)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam menghasilkan karakter Cina yang realistis, bahkan ketika area oklusi besar. Model ini terdiri dari tiga modul utama: *encoder*, *inpainter* (dengan *self-attention*), dan *reconstructor*. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *Confidence*, *Entropy*, dan *Fréchet Inception Distance (FID)*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model HCCI-GAN mencapai *Confidence* 0.8561, *Entropy* 0.5573, dan FID 8.4253, yang lebih baik dibandingkan dengan metode *state-of-the-art* lainnya. Penelitian ini menekankan pentingnya mekanisme *self-attention* dalam meningkatkan bidang reseptif dan mengeksplorasi fitur karakter Cina secara global [11].

Penelitian yang dilakukan oleh Damayanti et al., Wibowo et al., dan Song et al. menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *Generative Adversarial Network (GAN)* memiliki potensi besar dalam proses restorasi digital aksara kuno dan tulisan tangan yang mengalami kerusakan. Metode WGAN-GP yang digunakan oleh Damayanti et al. berhasil merestorasi karakter aksara Jawa dengan tingkat akurasi tinggi, mencapai SSIM 90.67% dan PSNR 27.13 dB untuk dataset tulisan tangan, menunjukkan kemampuannya dalam menghasilkan citra yang tajam dan akurat. Sementara itu, StarGAN v2 yang diterapkan oleh Wibowo et al. juga berhasil melakukan rekonstruksi naskah Jawa dengan hasil SSIM 85.19% dan PSNR 17.56 dB, serta menunjukkan potensi perbaikan lebih lanjut melalui metrik persepsi LPIPS. Di sisi lain, pendekatan HCCI-GAN oleh Song et al. mengintegrasikan mekanisme *self-attention* secara eksplisit dan berhasil

meningkatkan kualitas restorasi karakter Cina tulisan tangan, ditunjukkan melalui metrik *Confidence* 0.8561, *Entropy* 0.5573, dan FID 8.4253.

Gap dari penelitian sebelumnya yaitu terletak pada belum adanya eksplorasi serius terhadap penerapan mekanisme *self-attention* dalam konteks restorasi manuskrip kuno, padahal kerusakan pada manuskrip sering kali bersifat menyebar dan kompleks secara spasial. *Self-attention* mampu menangkap relasi jangka panjang antar bagian citra, yang penting untuk memahami struktur naskah secara utuh dan kontekstual oleh arsitektur GAN konvensional. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan penggunaan *Self-Attention Generative Adversarial Network* (SAGAN) sebagai pendekatan *state-of-the-art*, untuk menjawab keterbatasan tersebut.

Dengan menggunakan data manuskrip kuno yang telah diberikan kerusakan sintetis untuk mensimulasikan kondisi nyata, model SAGAN dilatih dan dievaluasi menggunakan metrik PSNR dan SSIM guna menilai kualitas restorasi secara kuantitatif terhadap citra aslinya. Harapan dari penelitian ini adalah menghasilkan metode restorasi yang lebih akurat, utuh, dan kontekstual, khususnya pada naskah beraksara lokal seperti aksara Jawa, serta memberikan kontribusi nyata terhadap upaya pelestarian warisan budaya Indonesia secara digital dan berkelanjutan.

1.2 Perumusan Masalah

Pada bagian perumusan masalah, diuraikan mengenai permasalahan, metode usulan serta pertanyaan penelitian yang diuraikan sebagai berikut :

1.2.1 Permasalahan

Berdasarkan uraian latar belakang, dapat diambil permasalahan penelitian diantaranya sebagai berikut :

1. Manuskrip kuno sering mengalami berbagai bentuk kerusakan yang mengakibatkan penurunan keterbacaan dan kesulitan dalam proses pelestarian.
2. Upaya manual dalam merestorasi manuskrip oleh filolog membutuhkan waktu dan keahlian yang mendalam. Sementara, pendekatan otomatis masih menghadapi tantangan dalam menghasilkan hasil restorasi yang akurat, realistis, dan stabil secara visual.

1.2.2 Metode Usulan

Penelitian ini mengusulkan pemanfaatan *Self-Attention Generative Adversarial Network* (SAGAN) untuk merestorasi manuskrip kuno yang rusak. Mekanisme *self-attention* dalam SAGAN memungkinkan model untuk menangkap hubungan global antar-piksel, sehingga dapat merestorasi bagian teks dan gambar yang rusak dengan lebih akurat. Tidak seperti pendekatan konvolusional murni yang hanya mengandalkan informasi lokal, *self-attention* memungkinkan model mempertimbangkan seluruh bagian gambar dalam proses restorasi, menghasilkan hasil yang lebih realistis dan kohesif. Dengan pendekatan ini, diharapkan model dapat meningkatkan keterbacaan manuskrip yang rusak serta mempertahankan keaslian struktur teks dan elemen visualnya.

1.2.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang, dapat diambil pernyataan penelitian diantaranya sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil evaluasi *loss generator* dan *discriminator* pada pelatihan model *Self-Attention Generative Adversarial Network* untuk restorasi manuskrip kuno?
2. Bagaimana hasil evaluasi model *Self-Attention Generative Adversarial Network* untuk restorasi manuskrip kuno menggunakan *Structural Similarity Index Measure* (SSIM) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR)?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, dapat ditentukan tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Mengimplementasi model restorasi manuskrip kuno yang mengalami berbagai jenis kerusakan, seperti berlubang, tinta tembus, bercak, dan teks pudar berbasis *Self-Attention Generative Adversarial Network* (SAGAN).
2. Mengukur dan mengevaluasi kinerja model usulan menggunakan metrik seperti *Structural Similarity Index Measure* (SSIM) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR).

1.3.2 Manfaat

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang ada, dapat ditentukan manfaat dari penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan metode generatif, khususnya dalam penggunaan mekanisme *self-attention* untuk meningkatkan kualitas restorasi citra.
2. Membantu filolog dan peneliti dalam merestorasi manuskrip kuno secara efektif dan efisien dibandingkan metode manual.
3. Mendukung upaya pelestarian warisan budaya dengan menyediakan solusi berbasis teknologi untuk memperbaiki dan mendigitalkan manuskrip kuno yang rusak.
4. Menyediakan model restorasi yang dapat diadaptasi untuk berbagai jenis manuskrip dan skenario kerusakan, sehingga memberikan dampak yang lebih luas bagi pelestarian dokumen bersejarah.

1.4 Batasan Masalah

Berikut batasan-batasan yang akan diberikan agar permasalahan tidak terlalu luas dan tidak menyimpang sehingga sesuai dengan tujuan penulis berikut ini :

1. Fokus penelitian ini adalah pada empat jenis kerusakan utama, yaitu berlubang, tinta tembus, bercak, dan teks pudar.
2. Penelitian ini hanya berfokus pada restorasi visual manuskrip kuno yang rusak, tanpa mencakup analisis nilai karakteristik, interpretasi isi, atau studi linguistik manuskrip.
3. Penelitian ini hanya berfokus pada manuskrip kuno beraksara Jawa. Manuskrip dari bahasa atau aksara lain tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini.
4. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari koleksi manuskrip kuno yang dipotret langsung di Museum Negeri Mpu Tantular, Sidoarjo.
5. Dataset berupa citra digital manuskrip kuno yang telah diproses ulang dalam ukuran tetap 512x512 piksel yang diberikan kerusakan sintesis untuk keperluan pelatihan dan evaluasi model.

6. Model yang digunakan adalah *Self-Attention Generative Adversarial Network* (SAGAN) untuk restorasi manuskrip kuno yang rusak. Varian GAN lainnya hanya digunakan sebagai pembanding dalam evaluasi.
7. Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik seperti *Structural Similarity Index Measure* (SSIM) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR).

1.5 Sistematika Proposal

Sistematika penulisan proposal ini penulis susun dengan mengikuti aturan penulisan proposal pada program studi S1 Sistem Informasi Universitas Trunojoyo Madura. Berikut merupakan metodologi penulisan proposal pada penelitian ini.

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, permasalahan, metode usulan, pertanyaan penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan terkait penelitian yang dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori-teori penunjang yang berkaitan dengan restorasi manuskrip kuno, teknologi *deep learning*, dan mekanisme *Self-Attention Generative Adversarial Networks* (SAGAN). Selain itu, bab ini mencakup penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan pengembangan metode generatif untuk pemrosesan citra dan restorasi manuskrip kuno.

BAB III METODE USULAN

Membahas metode yang diusulkan, termasuk metodologi penelitian, tahapan penelitian, proses pengolahan dataset, penerapan model SAGAN, serta skenario pengujian dan evaluasi model restorasi manuskrip kuno.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas implementasi dan hasil pengolahan data, pelatihan, serta pengujian model restorasi manuskrip kuno menggunakan *Self-Attention GAN* (SAGAN). Evaluasi mencakup analisis loss Generator dan Discriminator, serta metrik PSNR dan SSIM. Pengujian dilakukan pada tiga skenario pembelajaran yaitu Cosine Decay, Exponential

Decay, dan Fixed Learning Rate dengan empat jenis kerusakan manuskrip antara lain bercak, berlubang, tinta tembus, dan teks pudar.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian mengenai restorasi digital manuskrip kuno menggunakan model Self-Attention Generative Adversarial Network (SAGAN). Selain merangkum temuan utama terkait efektivitas strategi learning rate dan kualitas hasil restorasi, bab ini juga menyampaikan saran untuk pengembangan model dan arah penelitian lanjutan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat semua sumber rujukan yang digunakan dalam penyusunan proposal penelitian. Penulisan daftar pustaka dilakukan secara otomatis menggunakan aplikasi pengelola referensi seperti Mendeley, untuk memastikan konsistensi dan akurasi dalam pencantuman referensi.