

ABSTRAK

Manuskrip kuno merupakan salah satu bentuk warisan budaya yang memiliki nilai historis tinggi, namun rentan mengalami kerusakan fisik akibat usia, kelembaban, atau penyimpanan yang tidak ideal. Restorasi digital menjadi pendekatan yang relevan untuk memulihkan keterbacaan manuskrip dan memperpanjang masa hidupnya secara visual. Penelitian ini mengusulkan pemanfaatan *Self-Attention Generative Adversarial Network* (SAGAN) sebagai metode restorasi citra manuskrip kuno. Arsitektur SAGAN dipilih karena kemampuannya dalam menangkap relasi spasial jarak jauh melalui mekanisme *self-attention*, yang penting dalam proses pemulihan area citra yang rusak. Pada model ini, arsitektur U-Net digunakan sebagai generator untuk mempertahankan detail lokal dan struktur global citra, sedangkan PatchGAN digunakan sebagai *discriminator* guna mengevaluasi realisme citra pada level *patch* lokal. Dataset yang digunakan terdiri dari 7.200 citra manuskrip beraksara Jawa dengan kerusakan sintetis berupa bercak, lubang, teks pudar, dan tinta tembus. Model dilatih menggunakan tiga skenario pengaturan *learning rate*, yaitu *fixed*, *exponential decay*, dan *cosine decay*. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) dan *Structural Similarity Index Measure* (SSIM). Hasil pengujian menunjukkan bahwa skenario *cosine decay* menghasilkan performa terbaik dengan nilai PSNR mencapai 30.84 dB dan SSIM 0.9929 pada akhir pelatihan, serta skor tinggi pada pengujian berbagai jenis kerusakan, seperti bercak (22.69 dB, 0.9719), tinta tembus (22.37 dB, 0.9564), teks pudar (16.12 dB, 0.9407), dan berlubang (11.46 dB, 0.8913). Dengan demikian, penggunaan SAGAN dengan pendekatan *learning rate* yang dinamis terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas visual dan struktural manuskrip kuno yang rusak.

Kata Kunci : Restorasi Digital, Manuskrip Kuno, *Self-Attention GAN*, *Deep Learning*.

ABSTRACT

Ancient manuscripts are a form of cultural heritage with significant historical value but are highly vulnerable to physical damage due to age, humidity, or improper storage. Digital restoration has become a relevant approach to recovering the legibility of such manuscripts and extending their visual lifespan. This study proposes the use of a Self-Attention Generative Adversarial Network (SAGAN) as a method for restoring damaged manuscript images. SAGAN is selected for its ability to capture long-range spatial dependencies through the self-attention mechanism, which is essential for restoring degraded regions in images. The model architecture employs a U-Net-based generator to preserve both local detail and global structure, and a PatchGAN discriminator to assess image realism at the local patch level. The dataset consists of 7,200 images of Javanese-script manuscripts with synthetic degradation types including stains, holes, faded text, and ink bleed. The model was trained using three learning rate scheduling strategies: fixed, exponential decay, and cosine decay. Evaluation was carried out using Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) and Structural Similarity Index Measure (SSIM). Results indicate that the cosine decay strategy produced the best performance, achieving 30.84 dB PSNR and 0.9929 SSIM at the final training epoch, with high restoration scores on various damage types such as stains (22.69 dB, 0.9719), ink bleed (22.37 dB, 0.9564), faded text (16.12 dB, 0.9407), and holes (11.46 dB, 0.8913). This implementation of SAGAN with dynamic learning rate scheduling proves effective in enhancing the visual and structural quality of damaged historical manuscripts.

Keywords : Digital Restoration, Ancient Manuscripts, Self-Attention GAN, Deep Learning