

PENERAPAN LORA FINE-TUNING TERHADAP STABLE DIFFUSION UNTUK GENERASI KARAKTER PIXEL ART

Haidar Azmi Rohman

Teknik Informatika, Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta
Depok, Jawa Barat

This research implements fine-tuning on a Stable Diffusion model using the Low-Rank Adaptation (LoRA) method to generate pixel art characters from text descriptions. The adapted model is then integrated into a website to facilitate user access and testing. The data used for training is a manually annotated pixel art character dataset to ensure consistency and relevance of visual attributes. The model's effectiveness is evaluated through a quantitative approach using the Learned Perceptual Image Patch Similarity (LPIPS) metric and a qualitative approach through user feedback. Quantitative evaluation results show that the fine-tuned model achieved an average LPIPS score of 0.2471, significantly lower than the Stable Diffusion 1.5 base model which had a score of 0.8638, indicating a significant improvement in visual correspondence between the prompt and the generated image. From the qualitative side, the model received an average score of 4.48/5 for style quality and 4.24/5 for color accuracy, although challenges were found in headgear representation with a 0.00% correspondence rate. Thus, this research proves the effectiveness of LoRA in adapting generative models for digital art with efficient computational resources, offering an innovative solution for indie game developers and digital designers in producing high-quality visual assets..

Keywords: Fine-tuning, LoRA, Stable Diffusion, Pixel art, Generate Characters, LPIPS

Penelitian ini mengimplementasikan fine-tuning pada model Stable Diffusion menggunakan metode Low-Rank Adaptation (LoRA) untuk menghasilkan karakter pixel art dari deskripsi teks. Model yang telah disesuaikan ini kemudian diintegrasikan ke dalam sebuah website untuk mempermudah akses dan pengujian oleh pengguna. Data yang digunakan dalam pelatihan adalah dataset karakter pixel art yang telah dianotasi secara manual untuk memastikan konsistensi dan relevansi atribut visual. Efektivitas model dievaluasi melalui pendekatan kuantitatif menggunakan metrik Learned Perceptual Image Patch Similarity (LPIPS) dan pendekatan kualitatif melalui umpan balik pengguna. Hasil evaluasi kuantitatif menunjukkan bahwa model fine-tuned mencapai skor LPIPS rata-rata 0.2471, jauh lebih rendah dibandingkan base model Stable Diffusion 1.5 yang memiliki skor 0.8638, mengindikasikan peningkatan signifikan dalam kesesuaian visual antara prompt dan gambar yang dihasilkan. Dari sisi kualitatif, model ini mendapatkan rata-rata skor 4.48/5 untuk kualitas style dan 4.24/5 untuk kesesuaian warna, meskipun ditemukan tantangan pada representasi headgear dengan tingkat kesesuaian 0.00%. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan efektivitas LoRA dalam mengadaptasi model generatif untuk seni digital dengan sumber daya komputasi yang efisien, menawarkan solusi inovatif bagi pengembang game indie dan desainer digital dalam memproduksi aset visual berkualitas tinggi.

Kata kunci: Fine-tuning, LoRA, Stable Diffusion, Pixel art, Generasi Karakter, LPIPS

1) PENDAHULUAN

Pengembangan karakter *pixel art* yang konsisten dan berkualitas tinggi memerlukan keterampilan khusus dan waktu produksi yang signifikan, seringkali memakan waktu berjam-jam hingga berhari-hari untuk satu karakter, dan dapat meluas hingga berbulan-bulan untuk koleksi karakter dalam sebuah proyek *game*. Desain karakter *pixel art* yang baik menuntut kreator untuk mengontrol ketat kesederhanaan, proporsi tubuh, dan

pengulangan warna dalam ruang visual yang sangat terbatas, terutama dalam ukuran 16x16 hingga 32x32 piksel. Tantangan ini menjadi hambatan nyata, terutama bagi pengembang *indie* yang memiliki keterbatasan dalam tim maupun sumber daya produksi visual.

Di sisi lain, kemajuan teknologi kecerdasan buatan (AI) telah membuka peluang baru dalam otomatisasi proses artistik. Model generatif seperti Stable Diffusion terbukti mampu menghasilkan ilustrasi berdasarkan deskripsi teks.

Namun, model ini belum dapat dioptimalkan untuk menciptakan *pixel art* karakter dengan karakteristik visual yang khas. Hasil dari model standar sering menunjukkan piksel yang tidak konsisten, gradasi warna yang terlalu halus, serta hilangnya siluet tegas yang menjadi ciri utama *pixel art*. *Pixel art* memiliki aturan visual yang spesifik, seperti resolusi rendah, *outline* tegas, dan palet warna terbatas, yang tidak dimiliki oleh gaya seni digital lain. Model generatif umum tidak memiliki pemahaman implisit terhadap aturan-aturan ini, sehingga pendekatan umum tidak cukup untuk menghasilkan gambar *pixel art* yang layak secara estetika dan teknis.

Salah satu solusi yang menjanjikan adalah penerapan *fine-tuning* menggunakan teknik Low-Rank Adaptation (LoRA). LoRA memungkinkan penyesuaian model AI dengan data terbatas dan kebutuhan komputasi yang rendah, menjadikannya solusi ideal untuk pengembang *indie* yang tidak memiliki akses ke infrastruktur AI skala besar. LoRA hanya menambahkan modul adaptasi kecil pada model tanpa mengubah keseluruhan bobot inti, sehingga proses pelatihan menjadi jauh lebih efisien dalam hal waktu, memori, dan biaya. Teknik ini telah terbukti berhasil dalam domain visual lain, seperti adaptasi gaya Pokémon, kartun, dan pop-art, hal ini menunjukkan bahwa LoRA memiliki kemampuan untuk menangkap dan menanamkan gaya visual yang spesifik dengan kualitas tinggi.

Penerapan teknik *fine-tuning* LoRA secara khusus untuk *pixel art* karakter masih sangat jarang dibahas secara akademik. Meskipun komunitas pengembang dan seniman digital telah mulai mengeksplorasi pendekatan ini, belum ada studi yang secara sistematis

mengkaji efektivitas dan efisiensi penggunaan LoRA dalam menghasilkan karakter *pixel art* yang sesuai secara estetika dan teknis. Hal ini menciptakan kesenjangan penelitian (*research gap*) yang signifikan dan menjadi peluang untuk eksplorasi akademik lebih lanjut.

Dengan mengadaptasi model Stable Diffusion menggunakan teknik LoRA pada *dataset pixel art* karakter, penelitian ini tidak hanya bertujuan menghasilkan gambar yang sesuai estetika *pixel art*, tetapi juga menyediakan pendekatan terukur, hemat sumber daya, dan siap diterapkan oleh pengembang di ekosistem kreatif lokal. Penelitian ini diharapkan dapat menjawab kebutuhan praktis sekaligus memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan AI generatif yang kontekstual, khususnya dalam domain seni digital bergaya retro.

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bagaimana menerapkan LoRA *fine-tuning* untuk melatih *base* model Stable Diffusion untuk generasi *pixel art* karakter?

Bagaimana mengembangkan sistem berbasis web untuk *men-generate* gambar *pixel art* karakter menggunakan model Stable Diffusion berdasarkan deskripsi teks?

Agar penelitian ini dapat terfokus dan terarah, terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut:

Penelitian hanya akan berfokus pada penggunaan model Stable Diffusion untuk menghasilkan *pixel art* karakter bergaya retro.

Latar belakang atau objek tambahan tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini.

Resolusi *pixel art* yang dihasilkan dibatasi sesuai standar

resolusi rendah yang umum digunakan dalam karya *pixel art* 512x512 piksel.

Input yang digunakan berupa deskripsi teks sederhana yang mencakup elemen karakter, seperti warna, bentuk, dan atribut dasar.

Penelitian ini tidak mencakup aspek hukum, seperti hak cipta dan kepemilikan karya seni yang dihasilkan oleh AI.

Evaluasi kualitas hasil *pixel art* akan dilakukan berdasarkan aspek visual, estetika *pixel art*, dan kesesuaian dengan deskripsi teks, dengan melibatkan penilaian oleh para ahli atau pengembang *game*.

Berikut tujuan yang ingin dicapai dengan penerapan LoRA *fine-tuning* terhadap model Stable Diffusion untuk generasi *pixel art* karakter:

Menerapkan *fine-tuning* dengan metode LoRA untuk melatih *base* model Stable Diffusion untuk dapat menghasilkan gambar karakter dengan gaya *pixel art*.

Menerapkan model Stable Diffusion hasil *fine-tuning* dengan metode LoRA pada *website* yang akan dikembangkan, untuk melihat hasil generasi *pixel art* karakter.

Menguji efektivitas model hasil *fine-tuning* melalui evaluasi kuantitatif menggunakan metrik LPIPS dan penilaian kualitatif berbasis umpan balik pengguna terhadap kualitas hasil gambar yang dihasilkan.

Adapun beberapa manfaat dalam penelitian ini:

Memberikan solusi efisien untuk menghasilkan *pixel art* karakter secara otomatis melalui penerapan LoRA *fine-tuning* pada model Stable Diffusion, sehingga menghemat waktu dan biaya produksi.

Mendukung pengembang *indie* dalam menciptakan aset visual

berkualitas tinggi dengan keterbatasan sumber daya, membantu mereka bersaing di industri kreatif.

Berkontribusi pada pengembangan teknologi kecerdasan buatan di bidang seni digital dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Mempermudah akses terhadap teknologi generatif seni digital, sehingga membuka peluang bagi lebih banyak orang untuk berpartisipasi dalam dunia seni visual.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen berbasis teknologi kecerdasan buatan (AI). Tujuan utama penelitian ini adalah mengembangkan model generatif berbasis Stable Diffusion yang dioptimalkan menggunakan LoRA (Low-Rank Adaptation) untuk menghasilkan karakter *pixel art* berkualitas tinggi. Penelitian ini berfokus pada penerapan teknologi AI untuk menyelesaikan permasalahan praktis dalam pembuatan karakter *pixel art*.

Dimulai dengan studi literatur yang bertujuan untuk mengeksplorasi berbagai teori, pendekatan teknis, dan tren terkini yang relevan dengan pengembangan karakter *pixel art* berbasis AI. Fokus utama diarahkan pada pemahaman gaya visual *pixel art*, kemampuan model generatif seperti Stable Diffusion dalam menghasilkan seni visual, serta efektivitas metode *fine-tuning* LoRA untuk adaptasi gaya tertentu dalam domain citra. Perbedaan yang ada berdasarkan penelitian terdahulu adalah penggunaan LoRA untuk melatih model Stable Diffusion untuk mengurangi daya komputasi sehingga dapat mengurangi biaya,

tanpa mengurangi keandalan *base* model.

Identifikasi Peluang Identifikasi peluang dalam penelitian ini dirancang untuk menggali kebutuhan nyata di lapangan, terutama dalam konteks industri kreatif digital dan komunitas pengembang *game indie*. Tujuannya adalah untuk menemukan area di mana penerapan AI, khususnya melalui teknik LoRA pada Stable Diffusion, dapat memberikan solusi nyata terhadap tantangan dalam produksi visual karakter *pixel art*.

Pengumpulan Data *Dataset* untuk *fine-tuning* dikumpulkan dengan memadukan data yang didapat dari berbagai sumber, di antaranya: *Dataset Pixel Characters Dataset* oleh Volodymyr Pivoshenko yang tersedia pada *website* Kaggle. Semua gambar diseleksi dan disesuaikan resolusinya ke ukuran 512x512 piksel, sesuai dengan resolusi yang digunakan oleh Stable Diffusion dan batasan penelitian ini.

Image Captioning Pada tahap ini, dilakukan proses pemberian *caption* secara manual terhadap *dataset* gambar karakter *pixel art* yang telah dikumpulkan. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan deskripsi teks yang akurat dan terstruktur guna digunakan dalam tahap *fine-tuning* model Stable Diffusion dengan teknik LoRA. Setiap gambar dianalisis secara visual untuk mengidentifikasi elemen-elemen utama karakter, seperti warna rambut, jenis pakaian, perlengkapan kepala, senjata, dan arah hadap karakter. Deskripsi teks disusun dengan format yang konsisten agar dapat dibaca dan dipahami secara efektif oleh model generatif. Format *caption* mengikuti pola seperti: "pixel art character, [warna rambut], [perlengkapan kepala], [jenis pakaian], [senjata], [arah hadap]".

LoRA *Fine-tuning* Pada tahap ini, teknik Low-Rank Adaptation (LoRA) diterapkan untuk *fine-tuning* model Stable Diffusion, dengan tujuan menyesuaikan model besar secara efisien tanpa memperbarui semua parameter. LoRA memungkinkan penyesuaian model hemat sumber daya, cocok untuk lingkungan dengan keterbatasan komputasi. Parameter utama LoRA, seperti *rank* dan *learning rate*, disesuaikan untuk mengoptimalkan hasil generasi *pixel art* karakter. *Fine-tuning* dilakukan secara iteratif menggunakan pustaka *deep learning* seperti PyTorch, dengan evaluasi berkala untuk memastikan kualitas *pixel art* yang dihasilkan sesuai dengan deskripsi *input*. Penerapan LoRA diharapkan meningkatkan kemampuan model untuk menghasilkan karakter *pixel art* yang lebih detail dan estetik.

Integrasi Ke *Website* Untuk menguji secara langsung model yang sudah dilatih, model akan diintegrasikan ke *website* sehingga memudahkan untuk melakukan pengujian. *Website* yang akan dibuat akan memiliki kolom *input prompt* dan tombol *generate* untuk menghasilkan gambar berdasarkan *prompt* yang diinputkan *user*. Serta *feedback form* untuk memudahkan *user* memberi masukan dari hasil *generate*.

Evaluasi Pada tahap Evaluasi Model, dilakukan pengukuran terhadap kualitas hasil generasi *pixel art* karakter yang dihasilkan oleh model Stable Diffusion setelah *fine-tuning* dengan LoRA. Evaluasi ini dilakukan dengan menggunakan metrik kuantitatif LPIPS untuk mengukur kesamaan antara gambar yang dihasilkan dengan deskripsi teks yang relevan. LPIPS (Learned Perceptual Image Patch Similarity) adalah

pengukuran kesamaan antara dua gambar menurut manusia, berdasarkan *deep neural network*. Dalam evaluasi ini, diambil 100 *prompt* sampel dari *dataset*, untuk dilakukan generasi gambar menggunakan model yang telah di-*fine-tuning* kemudian hasil generasi dibandingkan dengan gambar dari *dataset* sampel, kesamaan antara kedua elemen ini diukur melalui nilai *similarity*.

Analisis Hasil Tahap analisis hasil dilakukan dengan membandingkan performa model Stable Diffusion setelah *fine-tuning* menggunakan LoRA dengan model *baseline* tanpa *fine-tuning*. Perbandingan ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat peningkatan kualitas hasil generasi *pixel art* karakter serta efisiensi proses yang dicapai melalui *fine-tuning*. Hasil perbandingan dirangkum dalam bentuk tabel dan grafik untuk menunjukkan perbedaan performa antara model dengan *fine-tuning* dan tanpa *fine-tuning*.

Objek penelitian dalam studi ini adalah model generatif AI berbasis Stable Diffusion yang dioptimalkan untuk menghasilkan karakter *pixel art* dengan atribut budaya tertentu. Penelitian ini juga mencakup *dataset* gambar *pixel art* karakter yang terdiri dari elemen-elemen visual seperti pakaian tradisional, aksesoris, dan gaya khas yang merepresentasikan budaya tertentu.

Model, *framework*, dan teknik yang digunakan meliputi:

Stable Diffusion: Sebagai model generatif berbasis AI yang dikembangkan untuk menghasilkan gambar berkualitas tinggi.

LoRA (Low-Rank Adaptation): Digunakan untuk melakukan *fine-tuning* model Stable Diffusion,

mengurangi kebutuhan sumber daya komputasi dan memungkinkan pelatihan pada *dataset* terbatas.

LPIPS (Learned Perceptual Image Patch Similarity): Digunakan untuk evaluasi hasil generasi model dengan mengukur kesesuaian antara gambar dan deskripsi teks melalui *similarity score*.

PyTorch: *Framework deep learning* yang digunakan untuk mengimplementasikan model Stable Diffusion, LoRA, dan BLIP.

Python Libraries: Melibatkan pustaka seperti NumPy, Matplotlib, dan Pandas untuk manipulasi data dan visualisasi hasil penelitian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kebutuhan

Pada tahapan ini, penulis melakukan analisis kebutuhan untuk mendukung pengembangan model Stable Diffusion yang dioptimalkan dengan teknik LoRA serta perancangan dan pengembangan

website Pixel Art Character Generator.

1) Kebutuhan Fungsional

Sistem harus mampu melakukan proses *text-to-image generation* menggunakan model Stable Diffusion yang telah di-*fine-tune* dengan LoRA. Sistem harus mampu menghasilkan karakter dengan gaya

pixel art dari deskripsi teks yang diberikan oleh pengguna. Sistem harus mampu mengevaluasi kesesuaian antara gambar dan teks menggunakan metrik LPIPS.

2) Kebutuhan Non-Fungsional

Model harus dioptimalkan menggunakan teknik LoRA agar proses *fine-tuning* dan *inference* lebih ringan dan hemat sumber daya.

Website harus memiliki waktu respons yang cepat dan dapat

digunakan di berbagai perangkat tanpa hambatan.

Website harus dapat diakses melalui peramban umum tanpa memerlukan instalasi tambahan. Sistem harus aman dari masukan teks berbahaya yang dapat menyebabkan error pada proses inferensi model. Gambar

pixel art yang dihasilkan harus memiliki resolusi 512x512 dan sesuai dengan deskripsi yang diberikan pengguna.

B. Implementasi LoRA Fine-tuning Proses

fine-tuning merupakan inti dari penelitian ini karena bertujuan untuk mengadaptasi model Stable Diffusion agar mampu menghasilkan karakter pixel art yang sesuai dengan estetika retro dan deskripsi pengguna. Agar proses

fine-tuning berjalan optimal, diperlukan dataset yang telah diberi anotasi atau keterangan teks (captioned dataset), sehingga model tidak hanya belajar dari gambar, tetapi juga memahami konteks teks yang menggambarkan gambar tersebut.

1) **Persiapan Dataset** Dataset yang digunakan diperoleh dari website dataset sumber terbuka Kaggle (Pixel Character Dataset oleh Volodymyr Pivoshenko). Semua gambar diseleksi dan disesuaikan resolusinya ke ukuran 512x512 piksel, sesuai dengan resolusi yang digunakan oleh Stable Diffusion dan batasan penelitian ini.

2) **Proses Captioning** Agar setiap gambar dapat digunakan untuk

fine-tuning Stable Diffusion, dilakukan proses anotasi setiap gambar

secara manual. Proses dilakukan dengan memberikan

caption agar model mempelajari art style dari retro pixel art character dan mengekstrak beberapa fitur yang ada dalam karakter, seperti warna rambut, perlengkapan kepala, jenis atasan (shirt, armor, dress), senjata, dan arah menghadap sehingga akan menghasilkan anotasi seperti: "pixel art character, [warna rambut], [head gear], [warna rambut], [jenis atasan], [jenis atasan], [senjata], [arah menghadap]".

3) Pelaksanaan Fine-tuning

Fine-tuning dengan teknik LoRA (Low-Rank Adaptation) pada Stable Diffusion dipilih karena: mengurangi kebutuhan komputasi (tidak perlu fine-tuning semua parameter); cocok untuk lingkungan resource terbatas (seperti Google Colab); dan menghasilkan checkpoint yang ringan dan mudah diintegrasikan.

4) Hasil Awal Selama proses

fine-tuning, model mulai menunjukkan peningkatan kemampuan dalam: menghasilkan bentuk pixel art yang lebih presisi (tegas, tidak blur); mencocokkan atribut visual dengan prompt teks; dan mengurangi noise atau gaya visual yang tidak sesuai pixel art. Sebagai contoh, sebelum

fine-tuning, prompt "pixel art character, black, leather tunic, facing forward, arrow sack" menghasilkan gambar dengan tekstur lukisan digital. Setelah

fine-tuning dengan LoRA, model menghasilkan karakter pixel art bergaya klasik dengan garis tegas dan resolusi terbatas.

C. Implementasi Pengembangan Website

Implementasi web bertujuan untuk menyediakan antarmuka yang praktis bagi pengguna, terutama masyarakat umum serta pengembang

game indie dan desainer digital, yang ingin mencoba hasil dari model generatif pixel art karakter yang telah di-fine-tune. Implementasi web pada penelitian ini dikembangkan untuk mengintegrasikan model Stable Diffusion hasil

fine-tuning dengan LoRA agar pengguna dapat menghasilkan gambar karakter pixel art berdasarkan deskripsi teks.

1) Integrasi Model ke Website

Integrasi model Stable Diffusion hasil

fine-tuning LoRA ke dalam website merupakan langkah krusial untuk menjadikan sistem dapat diakses dan digunakan oleh pengguna.

Backend sistem ini dikembangkan menggunakan Python dengan framework Flask karena fleksibilitasnya dalam membangun API dan kemampuannya untuk mengelola model machine learning.

D. Pengujian Website

Pada penelitian ini website yang telah berhasil dikembangkan akan dilakukan pengujian untuk mengevaluasi kinerja sistem apakah sistem telah berjalan sesuai dengan requirement awal atau belum. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kekurangan-kekurangan pada sistem, sehingga dapat menjadi evaluasi dalam pengembangan sistem kedepannya.

1) Pengujian Black Box Pengujian

black box yang dilakukan melalui pengujian mandiri dilaksanakan dengan cara membandingkan harapan dengan hasil percobaan atau pengamatan.

E. Analisis Model

Analisis model dilakukan untuk menilai performa model Stable Diffusion setelah melalui proses

fine-tuning menggunakan Low-Rank Adaptation (LoRA). Penilaian ini berfokus pada dua aspek utama: kualitas hasil generasi dan efisiensi komputasi.

1) Kualitas Hasil Generasi dan Efisiensi Proses

Evaluasi dilakukan dengan menggunakan metrik LPIPS, yaitu pengukuran kesamaan antara dua gambar menurut manusia, berdasarkan deep neural network, dan waktu inferensi yang dibutuhkan untuk melakukan inferensi pada GPU T4 di Google Colab. Tahap dalam melakukan uji LPIPS adalah sebagai berikut: ambil 100

prompt sampel acak dari dataset yang sudah dibuat;

generate 100 gambar menggunakan model yang sudah di-fine-tuning ; tiap gambar dilakukan uji LPIPS

score dengan gambar dari dataset sampel sebagai pembanding.

Tabel III. Hasil Uji LPIPS

Model yang diuji	Rata-rata LPIPS Score	Waktu Inferensi GPU T4
SD 1.5 <i>base model</i>	0.8638	10.7 detik
Hasil LoRA <i>fine-tuning</i>	0.2471	9 detik

score yang lebih rendah menunjukkan bahwa gambar yang dihasilkan lebih sesuai dengan dataset

sampel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model

fine-tuned menghasilkan nilai LPIPS similarity rata-rata lebih rendah dibanding model baseline. Gambar yang dihasilkan memiliki karakteristik

pixel art yang lebih tegas, seperti outline, gradasi terbatas, dan resolusi khas.

Prompt sederhana seperti "pixel art character, red hair, green armor, facing left" mampu menghasilkan gambar sesuai deskripsi, menunjukkan peningkatan pemahaman model terhadap detail visual. Dengan penerapan LoRA, proses

fine-tuning dapat dilakukan dengan sumber daya terbatas (GPU T4 di Google Colab) tanpa mengorbankan kualitas output.

F. Analisis Data Feedback Website Setelah

website Pixel Art Character Generator selesai dikembangkan dan diintegrasikan dengan model hasil fine-tuning, dilakukan pengumpulan umpan balik dari pengguna untuk mengevaluasi kualitas antarmuka dan hasil gambar. Evaluasi manusia terhadap karakter seni piksel yang dihasilkan AI sangat penting karena sifat unik seni piksel dan kebutuhan fungsional aset permainan.

1) Metode Pengumpulan Feedback

Data diperoleh melalui kuesioner online yang dibagikan kepada: mahasiswa jurusan Desain dan Informatika; pengembang game indie; dan komunitas seni digital lokal. Kuesioner terdiri dari pertanyaan kuantitatif (menggunakan skala Likert 1–5) dan pertanyaan terbuka.

Tabel V. Hasil Uji *Feedback Website*

Aspek Penilaian	Rata-rata skor
Style	4.48/5 ▾
Color	4.24/5 ▾
Kesesuaian warna rambut	89.66% ▾
Kesesuaian jenis pakaian	75.86% ▾
Kesesuaian senjata	89.66% ▾
Kesesuaian pose	89.66% ▾

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini telah dilakukan dengan menerapkan

fine-tuning model Stable Diffusion dengan metode LoRA untuk menghasilkan karakter pixel art sesuai prompt teks, sekaligus mengintegrasikan model tersebut pada website untuk aksesibilitas pengguna. Efektivitas model diuji secara kuantitatif menggunakan metrik LPIPS, yang menunjukkan peningkatan kesesuaian visual antara gambar dan deskripsi teks setelah

fine-tuning (skor LPIPS 0.2471 pada model fine-tuned dibandingkan 0.8638 pada base model). Selain itu, pengujian kualitatif melalui umpan balik pengguna menunjukkan bahwa model diterima dengan baik secara estetika (rata-rata skor 4.48/5 untuk

style dan 4.24/5 untuk warna) dan praktis. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa LoRA efektif dalam adaptasi model generatif untuk seni digital dengan

sumber daya terbatas, memberikan solusi efisien bagi pengembang game indie dan desainer digital dalam menciptakan aset visual.

B. Saran

- 1) Perluasan Dataset : Dataset pixel art dapat ditingkatkan baik dalam kuantitas maupun keragaman atribut karakter untuk meningkatkan generalisasi model.
- 2) Peningkatan Kualitas Captioning : Kombinasi dengan pendekatan manual atau model captioning lain bisa meningkatkan akurasi deskripsi teks yang lebih kontekstual dan detail.
- 3) Evaluasi Kualitatif yang Lebih Luas : Selain metrik LPIPS similarity, evaluasi dari pengguna akhir atau pakar seni visual pixel art dapat memberikan perspektif tambahan tentang kualitas dan utilisasi hasil generasi.
- 4) Pengembangan Fitur Web Tambahan : Sistem dapat diperluas dengan fitur-fitur seperti editor pixel art, galeri komunitas, atau generator variasi dari karakter yang sama untuk meningkatkan pengalaman pengguna.
- 5) Eksplorasi Adaptasi ke Gaya Visual Lain : Penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi penerapan LoRA pada gaya seni digital lainnya (misalnya: chibi, isometrik, 8-bit) guna memperluas cakupan aplikasi model generatif.

V. REFERENSI

[1] Anggrianto, C., Iswanto, R., Pratomo, E. R., Wardaya, M., Sutanto, S. M., Santoso, A. R., Budi, H. S., Wirawan, J., Indriati, L.,

Utomo, P. R., Saniscara, P., Limantara, Q. R., & Wardhani, P. (2024). *AI & Desain: Ancaman atau Peluang? | AI & Design: Threat or Opportunity?* (Ebook). PENERBIT CIPUTRA.

[2] Dhariwal, P., & Nichol, A. (2021). Diffusion Models Beat GANs on Image Synthesis. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 11, 8780–8794.

[3] Elgammal, A., Liu, B., Elhoseiny, M., & Mazzone, M. (2017). CAN: Creative Adversarial Networks, Generating “Art” by Learning About Styles and Deviating from Style Norms. *Proceedings of the 8th International Conference on Computational Creativity, ICCO 2017*.

[4] Esser, P., Kulal, S., Blattmann, A., Entezari, R., Müller, J., Saini, H., Levi, Y., Lorenz, D., Sauer, A., Boesel, F., Podell, D., Dockhorn, T., English, Z., & Rombach, R. (2024). Scaling Rectified Flow Transformers for High-Resolution Image Synthesis. *Proceedings of Machine Learning Research*, 235, 12606–12633.

[5] Gao, Y., Liang, J., & Yang, J. (2025). Color Palette Generation From Digital Images: A Review. *Color Research and Application*, 50(3), 250–265.

[6] Hall, J., & Schofield, D. (2025). The Value of Creativity: Human Produced Art vs. AI-Generated Art. *Art and Design Review*, 13(01), 65–88.

[7] Ho, J., Jain, A., & Abbeel, P. (2020). Denoising Diffusion Probabilistic Models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 6840–6851.

[8] Hsieh, C.-A., Zhang, J., & Yan, A. (2024). *Sprite Sheet Diffusion: Generate Game Character for Animation*.

[9] Hu, E., Shen, Y., Wallis, P., Allen-Zhu, Z., Li, Y., Wang, S., Wang, L., & Chen, W. (2021). LoRA: Low-Rank Adaptation of Large Language Models. *ICLR 2022 - 10th International Conference on Learning Representations*.

[10] McCormack, J., Gifford, T., & Hutchings, P. (2019). Autonomy, Authenticity, Authorship and Intention in computer generated art. *Lecture Notes in*

Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 11453 LNCS, 35–50.

[11] Renza, V. (2022). AI Generated Art. *Morals & Machines*, 2(2), 32–39.

[12] Risandhy, R. (2023). MENGIDENTIFIKASI TANTANGAN DAN PELUANG DALAM PEMANFAATAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE ART BAGI DESAINER GRAFIS. *WARNARUPA (Journal of Visual Communication Design)*, 2(2).

[13] Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P., & Ommer, B. (2022). High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2022 - June, 10674–10685.

[14] Surabhi, A. (2022). Pixel Perfection: The Evolution Of Digital Art In Applied Design. *International Journal of Current Science (IJCS PUB) Www.Ijcspub.Org*, 12(1), 2250–1770.

[15] Yang, L., Zhao, Y., Yang, M.-H., Zhang, Z., Song, Y., Hong, S., Xu, R., Zhang, W., & Cui, B. (2023). Diffusion Models: A Comprehensive Survey of Methods and Applications. *Comprehensive Survey of Methods and Applications*, 1(1), 58.

[16] Zhang, R., Isola, P., Efros, A. A., Shechtman, E., & Wang, O. (2018). The Unreasonable Effectiveness of Deep Features as a Perceptual Metric. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 586–595.

[17] Zufri, T., Frans, O., & Hilman, D. (2022). *Pixel Art for Game Character Design*.