



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

SKRIPSI

HAIDAR AZMI ROHMAN

2107411058

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN
KOMPUTER**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PENERAPAN LoRA FINE-TUNING TERHADAP STABLE DIFFUSION UNTUK GENERASI KARAKTER PIXEL ART” sebagai salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Program Studi Teknik Informatika di Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam proses penyelesaian studi dan skripsi ini. Dengan demikian, sudah sepantasnya penulis mengungkapkan rasa terima kasih yang tulus dan berdoa agar Allah memberikan balasan yang terbaik. Secara khusus penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

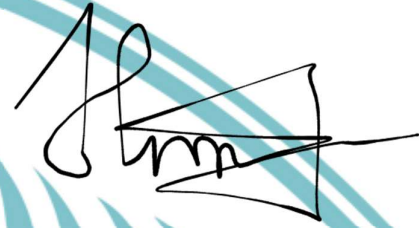
1. Ibu Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika dan Komputer.
2. Ibu Euis Oktavianti, S.Si., M.TI., selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika.
3. Seluruh Bapak/Ibu guru dan dosen yang sudah meluangkan waktunya sebagai responden penelitian ini.
4. Ibu Iklima Ermis Ismail, S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar membimbing, mengarahkan, membantu, serta menyemangati dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh Bapak/Ibu guru atau dosen yang sudah mendidik penulis sehingga menjadi pribadi yang lebih baik.
6. Kedua orang tua penulis yang selalu mendukung, mendoakan, memberi semangat, serta kasih sayang yang tiada hentinya kepada penulis.
7. Adik dan adik-adik sepupu penulis yang telah sepenuhnya memberikan dukungan dan doanya.
8. Teman-teman penulis yang selalu memberi semangat.

Akhir kata, semoga skripsi penulis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, baik dari segi pendidikan maupun penelitian. Penulis sadar bahwasanya skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, penulis mengucapkan permohonan maaf atas kekurangan

dan keterbatasan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk kritik, saran, dan masukan yang dapat membantu memperbaiki serta menyempurnakan skripsi ini.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, 12 Juni 2025



Haidar Azmi Rohman



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

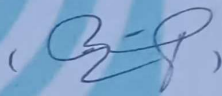
LEMBAR PENGESAHAN

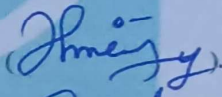
Skripsi diajukan oleh:

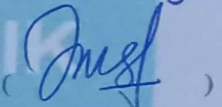
Nama : Haidar Azmi Rohman
NIM : 2107411058
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : PENERAPAN LORA FINE-TUNING TERHADAP STABLE
DIFFUSION UNTUK GENERASI KARAKTER PIXEL ART

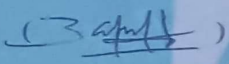
Telah diuji oleh tim penguji dalam sidang skripsi pada hari Jumat, tanggal 20, bulan Juni, tahun 2025 dan dinyatakan **LULUS**.

Disahkan oleh:

Pembimbing I : Iklima Ermis Ismail S.Kom., M.Kom. ()

Penguji I : Mera Kartika Delimayanti., S.Si., M.T., Ph.D ()

Penguji II : Rizki Elisa Nalawati, S.T., M.T. ()

Penguji III : Bambang Warsuta S.Kom., M.T.I. ()

Mengetahui:

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua Jurusan



Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom.

NIP 197908032003122003



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

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

ABSTRAK

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.*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	9
1.1 Latar Belakang	9
1.2 Rumusan Masalah	12
1.3 Batasan Masalah	12
1.4 Tujuan dan Manfaat	12
1.5 Sistematika Penulisan	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	15
2.1 Pixel Art Karakter	15
2.2 Kecerdasan Buatan dalam Karya Digital	15
2.3 Model Difusi	16
2.4 Stable Diffusion	18
2.5 Low-Rank Adaptation (LoRA)	19
2.6 Evaluasi Model dengan LPIPS dan Feedback Pengguna.....	21
2.7 Penelitian Terdahulu	22
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	24
3.1 Rancangan Penelitian	24
3.2 Tahapan penelitian	24
3.3 Objek Penelitian.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Analisis kebutuhan.....	32
4.2 Implementasi LoRa Fine-tuning	37
4.3 Implementasi Pengembangan <i>Website</i>	47
4.4 Pengujian <i>Website</i>	54
4.4 Analisis Model	55
4.5 Analisis data feedback website	58
4.5.1 Metode Pengumpulan Feedback	58
4.5.2 Hasil dan Interpretasi	60
BAB V PENUTUP.....	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	64

LAMPIRAN.....	67
---------------	----



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model grafis model difusi (Song et al., 2020).....	17
Gambar 3.1 Rancangan penelitian	24
Gambar 4.1 <i>Use case diagram</i> sistem.....	32
Gambar 4.2 <i>Activity diagram</i>	33
Gambar 4.3 <i>Interface</i> bagian modular	35
Gambar 4.4 <i>Interface</i> bagian free-text	35
Gambar 4.5 <i>Cloning</i> repositori Diffusers.....	39
Gambar 4.6 Instalasi <i>dependencies</i>	40
Gambar 4.7 Menjalankan <i>script</i> dan menambahkan <i>parameter</i>	40
Gambar 4.8 Hasil Sebelum fine-tuning.....	47
Gambar 4.9 Hasil Setelah fine-tuning.....	47
Gambar 4.10 Arsitektur <i>back-end</i>	49
Gambar 4.11 Penjelasan Kode Flask API bagian ke-satu.....	50
Gambar 4.12 Penjelasan Kode Flask API bagian ke-kedua.....	50
Gambar 4.13 API Call <i>front-end</i>	51
Gambar 4.14 <i>Interface</i> halaman modular.....	52
Gambar 4.15 <i>Interface</i> halaman <i>free-text</i>	53
Gambar 4.16 <i>Interface</i> halaman setelah <i>generate</i>	53
Gambar 4.17 Ambil sample acak	56
Gambar 4.18 Generate gambar	56
Gambar 4.19 Uji LPIPS	57

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu.....	22
Tabel 4.1 Distribusi dataset.....	38
Tabel 4.2 parameter untuk model dan dataset.....	40
Tabel 4.4 Parameter untuk strategi pelatihan dan optimasi memori.....	43
Tabel 4.6 Parameter untuk penjadwalan laju pembelajaran.....	44
Tabel 4.7 Parameter untuk checkpoint dan pelacakan eksperimen.....	45
Tabel 4.8 Parameter publikasi dan berbagi model.....	46
Tabel 4.9 Skenario pengujian <i>black box</i>	54
Tabel 4.10 Hasil uji LPIPS.....	57
Tabel 4.11 Data responden.....	60
Tabel 4.12 Hasil uji LPIPS.....	60

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pixel art merupakan salah satu bentuk seni digital yang menekankan estetika visual minimalis melalui penggunaan piksel beresolusi rendah dan palet warna terbatas. Gaya ini telah menjadi elemen penting dalam industri kreatif, khususnya dalam pengembangan karakter game retro dan indie. Estetika sederhana, garis tegas, dan gradasi warna khas menjadikan pixel art tidak hanya sebagai elemen visual, tetapi juga sebagai identitas yang kuat dalam membentuk pengalaman unik di dalam permainan (Pretiliano et al., 2020).

Meskipun tren grafis 3D mendominasi perkembangan visual dalam industri game modern, pixel art tetap mempertahankan daya tariknya. Dalam konteks industri game Indonesia, gaya visual retro dan pixel art menunjukkan peningkatan popularitas, terutama di kalangan pengembang indie. Banyak studio lokal memilih pixel art karena alasan efisiensi produksi, aksesibilitas teknis, dan nilai estetika nostalgia yang masih kuat di kalangan pemain (Pratama & Haryana, 2023; Andersen, 2021). Beberapa game lokal seperti *Coffee Talk* (Toge Productions), *Rising Hell* (Tahoe Games), dan *A Space for The Unbound* (Mojiken Studio) telah menunjukkan bahwa pixel art mampu bersaing di pasar global, sekaligus memperkenalkan nuansa lokal Indonesia secara unik dan otentik (Rosebud AI, 2024; GamePrime.id, 2021).

Proses pembuatan karakter pixel art yang konsisten dan berkualitas tinggi masih 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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

. Menurut Andersen (2021), 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 (Daffa, 2024). 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 (Elkheshen, 2021).

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. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan yang lebih spesifik agar model dapat memahami dan menghasilkan karakter pixel art secara akurat.

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 (Hugging Face, 2023; Simon, 2023). 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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

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.

Tren industri juga menunjukkan bahwa kebutuhan terhadap solusi otomatisasi pixel art semakin meningkat. Platform seperti PixelVibe kini menyediakan generator pixel art berbasis AI untuk mendukung pengembang indie, yang menandakan adanya permintaan pasar yang nyata terhadap efisiensi produksi aset retro (Rosebud AI, 2024). Di Indonesia, jumlah game indie bergaya pixel art terus meningkat setiap tahunnya, dengan keberhasilan beberapa judul yang mendapatkan penghargaan dan pengakuan internasional (GamePrime.id, 2021; Gimbot.com, 2023). Komunitas pixel art lokal juga berkembang aktif, dengan berbagai inisiatif seperti workshop, game jam, hingga dukungan dari platform distribusi digital dan lembaga pemerintah.

Lebih jauh, pendekatan otomatisasi pixel art berbasis AI juga berpotensi memberikan kontribusi lebih luas bagi sektor ekonomi kreatif digital nasional. Dengan mengadopsi teknologi ini, pengembang game, desainer, maupun pelaku industri kreatif lainnya dapat mempercepat produksi konten visual tanpa kehilangan sentuhan artistik. Selain itu, pendekatan ini juga dapat mendukung ekosistem edukasi dan inkubasi teknologi kreatif di Indonesia, terutama bagi mahasiswa dan kreator muda yang ingin mengeksplorasi seni digital secara efisien dan mandiri.

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.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan LoRA fine-tuning untuk melatih *base* model Stable Diffusion untuk generasi *pixel art* karakter ?
2. Bagaimana mengembangkan sistem berbasis web untuk men-*generate* gambar *pixel art* karakter menggunakan model *Stable Diffusion* berdasarkan deskripsi teks?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Penelitian hanya akan berfokus pada penggunaan model *Stable Diffusion* untuk menghasilkan *pixel art* karakter bergaya retro.
2. latar belakang atau objek tambahan, tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini.
3. Resolusi pixel art yang dihasilkan dibatasi sesuai standar resolusi rendah yang umum digunakan dalam karya *pixel art* 512x512 piksel.
4. Input yang digunakan berupa deskripsi teks sederhana yang mencakup elemen karakter, seperti warna, bentuk, dan atribut dasar.
5. Penelitian ini tidak mencakup aspek hukum, seperti hak cipta dan kepemilikan karya seni yang dihasilkan oleh AI.
6. 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.

Dengan rumusan dan batasan masalah ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan solusi yang terarah dan aplikatif untuk mendukung pengembangan pixel art karakter berbasis AI.

1.4 Tujuan dan Manfaat

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



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Menerapkan *fine-tuning* dengan metode LoRA untuk melatih *base* model Stable Diffusion untuk dapat menghasilkan gambar karakter dengan gaya *pixel art*.
2. Menerapkan model Stable Diffusion hasil *fine-tuning* dengan metode LoRA pada website yang akan dikembangkan, untuk melihat hasil hasil generasi *pixel art* karakter.
3. 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 :

1. 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.
2. Mendukung pengembang indie dalam menciptakan aset visual berkualitas tinggi dengan keterbatasan sumber daya, membantu mereka bersaing di industri kreatif.
3. Berkontribusi pada pengembangan teknologi kecerdasan buatan di bidang seni digital dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.
4. Mempermudah akses terhadap teknologi generatif seni digital, sehingga membuka peluang bagi lebih banyak orang untuk berpartisipasi dalam dunia seni visual.
5. Selain itu, pendekatan ini juga membuka peluang untuk pengembangan fitur lanjutan berbasis AI, seperti generator variasi karakter, editor pixel art otomatis, atau integrasi dengan platform kreatif lainnya dalam ekosistem produksi seni digital.

1.5 Sistematika Penulisan

Skripsi ini akan disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

a. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi gambaran mengenai topik penelitian yang diangkat, yang terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan laporan.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori atau kajian ilmiah yang berkaitan dengan masalah atau topik yang akan diteliti, yang bersumber dari literatur valid. Kajian ini mencakup teori tentang pixel art, model difusi, Stable Diffusion, dan Low-Rank Adaptation (LoRA).

c. BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI

Bab ini berisi perencanaan dan realisasi dari penelitian yang dilakukan. Bab ini meliputi rancangan penelitian, tahapan penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, serta jadwal pelaksanaan.

d. BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil pengujian dan pembahasan dari aplikasi yang telah dibuat, termasuk deskripsi produk, prosedur pengujian, data hasil pengujian, evaluasi, serta analisis hasil dari implementasi LoRA fine-tuning terhadap Stable Diffusion untuk generasi pixel art karakter.

e. BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi penutup yang terdiri dari kesimpulan atas penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan lebih lanjut terkait generasi pixel art karakter menggunakan Stable Diffusion dan LoRA fine-tuning.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pixel Art Karakter

Pixel art adalah gaya seni yang menggunakan unit terkecil dari sebuah warna yang dapat dirender komputer. Pada awalnya gaya *pixel art* digunakan karena di komputer dan juga konsol game karena limitasi pada konten yang dapat disimpan dalam *cartridge* atau CD dan keterbatasan kemampuan layar pada masa awal. Di tahun 1983 Nintendo Entertainment selaku produser konsol *game* terbesar pada tahun tersebut merilis Nintendo Entertainment System yang hanya memiliki resolusi 256 x 240 pixel. Maju ke tahun 1990 Nintendo merilis Super Nintendo System yang dengan peningkatan teknologi yang dapat memuat 32,767 warna. Untuk membuat *asset game* pada masanya seniman menyesuaikan limitasi dari resolusi gambar dan warna yang dapat digunakan. Pada era modern gaya ini menjadi sangat populer dan menjadi pilihan sebagai gaya utama suatu karya modern seperti: *game*, animasi, info grafis, dan karya visual lainnya. Kepopuleran gaya ini dipengaruhi oleh nostalgia *game-game* zaman dahulu, selain itu penggunaan *pixel art* tergolong mudah, Mulai dari penganimasian yang sederhana serta tidak dibutuhkan *tools* yang rumit untuk membuat *pixel-art*.

Karakter adalah hal utama dalam sebuah karya berbasis cerita; karakter adalah nyawa yang dapat menggerakkan cerita. Dalam sebuah film, karakter akan membawa penonton kedalam petualangan mereka. Dalam *game*, karakter memiliki peran yang unik. Penampilan dari sebuah karakter adalah representasi dari pemain, seakan pemain merasakan pengalaman karakter yang terjadi di dalam dunia virtual yang penuh petualangan dan tantangan. Oleh karena itu desain dari sebuah karakter sangat penting karena karakter-karakter dalam sebuah karya dapat dibedakan melalui penampilan mereka. (Surabhi, 2022)(Zufri, Frans & Hilman, 2022)

2.2 Kecerdasan Buatan dalam Karya Digital

Teknologi kecerdasan buatan (AI) telah membawa perubahan signifikan dalam industri desain grafis, memungkinkan automasi tugas teknis dan menciptakan solusi



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

kreatif yang lebih cepat dan efisien. Alat berbasis AI seperti Adobe Sensei, Canva, dan DALL-E mendukung desainer dalam mempercepat proses desain, seperti pengeditan gambar, penyesuaian tata letak, hingga menghasilkan konten visual dari deskripsi teks. AI juga memungkinkan analisis big data untuk menghasilkan desain yang lebih dipersonalisasi sesuai dengan preferensi pengguna, meningkatkan keterlibatan dan kepuasan mereka (Anggrianto et al., 2024).

Namun, adopsi AI juga menghadirkan tantangan etika dan kreativitas. Meskipun AI dapat meningkatkan produktivitas, kekhawatiran muncul terkait orisinalitas karya, hak cipta, dan potensi penggantian desainer manusia, terutama untuk tugas-tugas rutin (Elgammal et al., 2017; Renza, 2022). Beberapa penelitian menekankan bahwa AI seharusnya dilihat sebagai alat kolaboratif yang mendukung kreativitas manusia, bukan menggantikannya. AI dapat memperluas eksplorasi ide kreatif, sementara intuisi artistik manusia tetap menjadi elemen utama dalam desain grafis (McCormack et al., 2019; Risandhy, 2023).

Penelitian sebelumnya menunjukkan pentingnya desainer untuk memahami potensi dan batasan AI agar dapat mengintegrasikannya secara efektif dalam proses kreatif. Studi Risandhy (2023) menyoroti bahwa adaptasi terhadap perkembangan AI dapat membantu desainer menghadapi perubahan industri dengan tetap menjaga identitas artistik dan inovasi.

Secara keseluruhan, AI menawarkan peluang besar dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas desain grafis, tetapi perlu pengelolaan yang bijaksana terhadap tantangan etika dan dampaknya terhadap profesi desainer. Pendekatan kolaboratif antara AI dan manusia menjadi solusi yang ideal untuk memastikan keseimbangan antara produktivitas, kreativitas, dan orisinalitas dalam era digital.

2.3 Model Difusi

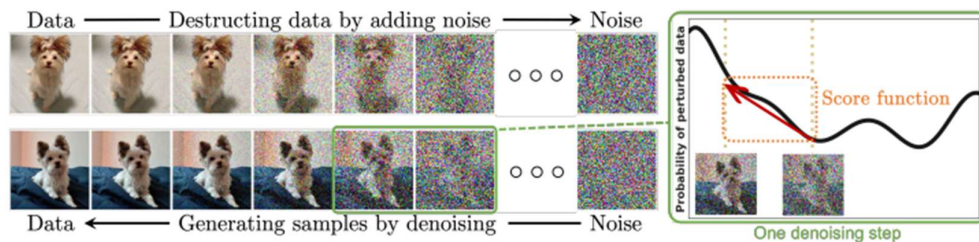
Model difusi adalah teknik generatif yang digunakan untuk menciptakan data baru dari noise. Proses ini melibatkan pelatihan model untuk melakukan *invert foward paths* dari data menuju noise acak. Dengan memanfaatkan prediksi dan generalisasi dari *neural network*, model ini dapat menghasilkan titik data baru yang tidak ada dalam data pelatihan, tetapi tetap mengikuti distribusi data pelatihan yang ada, dengan secara bertahap mengurangi noise sampai menghasilkan sebuah gambar



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

baru. Keefektifan dalam Data Perseptual Model seperti gambar, model difusi telah terbukti sangat efektif dalam memodelkan data berdimensi tinggi, seperti gambar. Dalam beberapa tahun terakhir, model ini telah menjadi pendekatan utama untuk menghasilkan gambar dan video resolusi tinggi dari input bahasa alami. Meskipun model difusi menawarkan banyak keuntungan. Namun juga memiliki tantangan, terutama terkait dengan biaya komputasi yang tinggi dan waktu sampling yang lama selama inferensi (Esser et al., 2024).



Gambar 2.1 Model grafis model difusi (Yang et al., 2023)

Fase pertama, yang dikenal sebagai *forward diffusion process*, secara bertahap menambahkan *noise Gaussian* ke data masukan (gambar asli x_0) selama serangkaian langkah diskrit ($x_1, x_2, \dots, x_T$) hingga gambar tersebut sepenuhnya berubah menjadi distribusi *noise* murni (x_T). Tujuan dari fase ini adalah untuk membangun jalur di mana gambar dapat diubah menjadi *noise* secara terkontrol (Yang et al., 2023).

Fase kedua, *reverse diffusion process* (atau proses generatif), adalah di mana model Stable Diffusion beroperasi. Dimulai dari *pure noise* (x_T), model ini dilatih untuk secara iteratif menghilangkan *noise* tersebut. Pada setiap langkah, model memprediksi dan mengurangi sejumlah kecil *noise* yang sebelumnya ditambahkan pada fase *forward*. Prediksi ini bukan sekadar menghilangkan *noise* secara acak; model secara bersamaan mengkondisikan proses *denoising* ini berdasarkan masukan teks yang diberikan. Dengan kata lain, model belajar bagaimana 'membentuk' *noise* menjadi gambar yang koheren dan sesuai dengan deskripsi teks, secara bertahap mengembalikan gambar dari *noise* kembali ke bentuk visual yang dapat dikenali. Proses ini terjadi di ruang laten, sebuah representasi data yang



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

terkompresi, memungkinkan efisiensi komputasi yang lebih tinggi (Yang et al., 2023).

2.4 Stable Diffusion

Stable Diffusion adalah model generatif berbasis kecerdasan buatan yang memanfaatkan pendekatan difusi untuk menghasilkan atau memodifikasi data, terutama gambar, berdasarkan masukan tertentu seperti teks. Model ini mengandalkan teknik denoising, di mana data yang telah ditambahkan kebisingan secara bertahap dipulihkan ke bentuk aslinya melalui proses iteratif. Proses ini memungkinkan model menghasilkan data berkualitas tinggi yang sesuai dengan deskripsi yang diberikan (Ho et al., 2020).

Keunggulan Stable Diffusion terletak pada efisiensi komputasi dan fleksibilitasnya. Dibandingkan dengan model lain seperti DALL-E atau GANs, Stable Diffusion hanya memproses data dalam ruang laten, sehingga membutuhkan sumber daya komputasi yang lebih rendah. Hal ini menjadikan model lebih terjangkau dan mudah diakses oleh berbagai kalangan. Selain itu, model ini memiliki aplikasi yang luas, termasuk pembuatan gambar berbasis teks (text-to-image generation), perbaikan gambar (image inpainting), dan transformasi gaya visual (Rombach et al., 2022).

Implementasi Stable Diffusion mencakup berbagai bidang, seperti:

1. Industri Kreatif: Model ini mendukung pembuatan seni digital dan konten visual berbasis masukan teks, memberikan fleksibilitas dalam desain dan ilustrasi.
2. Penelitian Ilmiah: Stable Diffusion digunakan untuk memvisualisasikan data dan konsep ilmiah dengan lebih menarik dan intuitif.
3. Pemasaran dan Bisnis: Model ini membantu menghasilkan konten visual yang menarik untuk promosi produk berdasarkan deskripsi spesifik.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, Stable Diffusion juga menghadapi tantangan. Salah satunya adalah risiko penyalahgunaan model untuk menghasilkan konten yang tidak etis, seperti gambar yang bersifat menyesatkan. Selain itu,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

performa model sangat bergantung pada kualitas masukan teks, yang dapat memengaruhi hasil gambar yang dihasilkan (Dhariwal & Nichol, 2021).

Sebagai model open-source, Stable Diffusion terus berkembang melalui kontribusi dari komunitas global. Hal ini memungkinkan pengembangan fitur-fitur baru dan peningkatan kualitas model untuk memenuhi kebutuhan aplikasi yang lebih beragam di masa depan. Dengan keunggulannya, Stable Diffusion telah membuktikan dirinya sebagai salah satu inovasi terkemuka dalam AI generatif, membuka peluang baru dalam seni, desain, dan teknologi.

2.5 Low-Rank Adaptation (LoRA)

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan model bahasa besar telah mengubah paradigma dalam pemrosesan bahasa alami (NLP). Salah satu tantangan utama yang dihadapi dalam penerapan model-model ini adalah biaya dan efisiensi dalam proses fine-tuning untuk tugas-tugas spesifik. Model seperti GPT-3, yang memiliki 175 miliar parameter, memerlukan sumber daya komputasi yang sangat besar untuk fine-tuning penuh, sehingga menjadi tidak praktis untuk banyak aplikasi.

Low-Rank Adaptation (LoRA) merupakan pendekatan inovatif yang diperkenalkan oleh Hu et al. (2021) untuk mengatasi masalah ini. LoRA mengusulkan untuk membekukan bobot model yang telah dilatih sebelumnya dan menyuntikkan matriks dekomposisi peringkat yang dapat dilatih ke dalam setiap lapisan arsitektur Transformer. Dengan cara ini, LoRA berhasil mengurangi jumlah parameter yang dapat dilatih hingga 10.000 kali dan kebutuhan memori GPU hingga 3 kali, tanpa menambah latensi inferensi. Pendekatan ini memungkinkan model yang lebih kecil untuk digunakan dalam berbagai tugas, meningkatkan efisiensi operasional.

Keunggulan utama dari LoRA meliputi:

1. Efisiensi Parameter: Mengurangi jumlah parameter yang dilatih, sehingga memudahkan penyimpanan dan pengelolaan model.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Kecepatan Pelatihan: Meningkatkan throughput pelatihan dengan tidak menghitung gradien untuk sebagian besar parameter, yang mengarah pada penghematan waktu dan sumber daya.
3. Tanpa Latensi Tambahan: Menggabungkan matriks yang dapat dilatih dengan bobot beku saat inferensi, sehingga tidak menambah latensi yang biasanya terjadi pada metode lain.
4. Fleksibilitas: Dapat diintegrasikan dengan metode lain seperti prefix-tuning, memberikan lebih banyak opsi untuk adaptasi model.

Hasil eksperimen yang dilakukan oleh Hu et al. menunjukkan bahwa LoRA dapat mencapai kinerja yang setara atau bahkan lebih baik dibandingkan dengan fine-tuning pada berbagai model, termasuk RoBERTa, DeBERTa, GPT-2, dan GPT-3, meskipun dengan jumlah parameter yang lebih sedikit. Penelitian ini juga memberikan wawasan empiris mengenai defisiensi peringkat dalam adaptasi model bahasa, yang mendukung efektivitas LoRA dalam konteks NLP.

Dengan demikian, LoRA menawarkan solusi yang menjanjikan untuk tantangan yang dihadapi dalam fine-tuning model bahasa besar, dan dapat menjadi referensi penting dalam penelitian dan pengembangan aplikasi NLP di masa depan (Hu et al., 2021).

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.6 Evaluasi Model dengan LPIPS dan Feedback Pengguna

Salah satu tantangan utama dalam bidang pengolahan citra digital adalah mengukur kesamaan visual yang sesuai dengan persepsi manusia. Metrik tradisional seperti PSNR, SSIM, dan FSIM, meskipun banyak digunakan, sering gagal menangkap aspek-aspek kompleks dari persepsi visual manusia, khususnya dalam konteks distorsi struktural dan artefak dari model pembelajaran mesin (Wang et al., 2004; Zhang et al., 2011). Untuk menjawab keterbatasan ini, Zhang et al. (2018) mengusulkan metrik LPIPS (Learned Perceptual Image Patch Similarity), yang memanfaatkan fitur internal dari jaringan saraf dalam yang telah dilatih untuk klasifikasi gambar.

LPIPS mengukur jarak perseptual antara dua gambar dengan menghitung perbedaan fitur dari beberapa layer CNN, seperti VGG, AlexNet, atau SqueezeNet. Jarak tersebut dikalibrasi menggunakan dataset baru yang mereka kembangkan, BAPPS (Berkeley-Adobe Perceptual Patch Similarity), yang mencakup lebih dari 480 ribu penilaian manusia terhadap pasangan patch gambar dengan berbagai jenis distorsi, baik tradisional maupun hasil keluaran model CNN. Penilaian dilakukan dengan pendekatan two-alternative forced choice (2AFC) dan just noticeable difference (JND), yang lebih akurat mencerminkan persepsi manusia dibanding metode subjektif berbasis skor rata-rata seperti MOS.

Temuan utama dari studi ini menunjukkan bahwa fitur dari jaringan dalam, baik yang dilatih secara supervised, self-supervised, maupun unsupervised, menunjukkan korelasi tinggi dengan penilaian manusia. Bahkan, model-model LPIPS yang hanya menggunakan penyesuaian linier sederhana pada bobot channel (LPIPS-lin) mampu melampaui performa metrik tradisional dalam berbagai skenario, termasuk super-resolution, deblurring, dan colorization. Hal ini mendukung hipotesis bahwa kesamaan perseptual merupakan sifat emergen dari representasi visual dalam jaringan dalam yang dilatih untuk memahami struktur semantik dunia (Zhang et al., 2018).

Selain evaluasi numerik, dilakukan juga evaluasi kualitatif melalui kuesioner yang disebarkan kepada pengguna yang relevan, seperti mahasiswa desain dan pengembang game indie. Kuesioner mencakup aspek-aspek seperti kualitas visual,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

kesesuaian dengan deskripsi, dan kemudahan penggunaan antarmuka. Metode ini memberikan perspektif tambahan untuk menilai apakah hasil generasi model tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga diterima secara estetis oleh manusia.

Pendekatan gabungan ini mendukung validitas hasil dan menunjukkan bagaimana model hasil *fine-tuning* tidak hanya unggul dalam metrik angka, tetapi juga memberikan nilai guna praktis yang tinggi dalam konteks seni digital.

2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Hasil Temuan	Relevansi
Grahn (2013)	Pixel Art in Modern Gaming	Pixel art memberikan estetika nostalgia dan hemat biaya, namun memiliki tantangan dalam menampilkan detail kecil.	Menjelaskan peran estetika pixel art dalam game modern, relevan dengan otomatisasi seni ini menggunakan AI.
Moreira et al. (2022)	Enhancing Pixel Art with Normal Maps	Normal map digunakan untuk meningkatkan efek pencahayaan pada pixel art tanpa mengorbankan estetika khas.	Inovasi teknologi membantu mempertahankan estetika sambil memperbaiki keterbatasan teknis pixel art.
Prestiliano et al. (2020)	Nostalgia and Aesthetics in Pixel Art Games	Pixel art berperan dalam menciptakan pengalaman unik game dengan daya tarik nostalgia.	Mendukung peran estetika pixel art dalam menciptakan pengalaman unik yang relevan dengan AI.
Pratama & Haryana (2023)	Generating Comics	Pentingnya elemen visual seperti gradasi warna untuk menciptakan cerita dalam komik pixel art.	Menyoroti peluang otomatisasi pixel art untuk



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	with Pixel Art		meningkatkan efisiensi dalam seni digital.
Kuntoro (2024)	AI-Driven Illustration for Digital Media	AI teks-ke-gambar meningkatkan efisiensi waktu dan biaya untuk ilustrasi game digital.	Mendukung pengembangan AI untuk menghasilkan seni digital, termasuk pixel art.
Daffa (2024)	Stable Diffusion and Creative Automation	Stable Diffusion mampu menghasilkan seni visual berbasis teks, namun memiliki tantangan dalam pixel art.	Langsung terkait dengan pengembangan Stable Diffusion untuk pixel art karakter.
Hari Prihatanto et al. (2024)	PixAi for Concept Art	PixAi meningkatkan efisiensi desain dengan mengubah sketsa menjadi seni konsep secara otomatis.	Menggaris bawahi pentingnya AI dalam mendukung efisiensi proses desain.

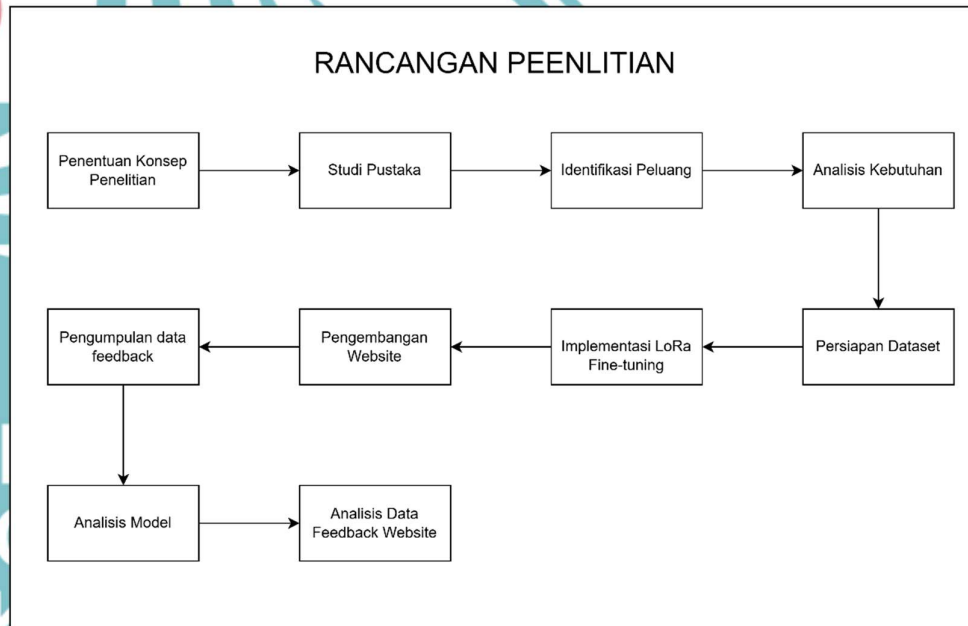
Penelitian sebelumnya tentang AI untuk seni digital (Daffa, 2024; Kuntoro, 2024) telah menunjukkan potensi besar, tetapi belum ada optimalisasi untuk menghasilkan pixel art dengan karakteristik khas, seperti resolusi rendah dan gradasi warna sederhana. Penelitian ini mengimplementasikan teknik Low-Rank Adaptation (LoRA) untuk meningkatkan kemampuan Stable Diffusion dalam menghasilkan pixel art. Selain itu teknik LoRA yang akan diterapkan dalam penelitian ini memungkinkan adaptasi model dengan daya komputasi yang jauh lebih rendah dibandingkan pelatihan ulang model penuh. Hal ini memberikan solusi lebih hemat biaya dibandingkan metode sebelumnya, yang seringkali memerlukan infrastruktur komputasi tinggi.

BAB III

PERENCANAAN DAN REALISASI

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian berjudul 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 dengan atribut budaya tertentu. Penelitian ini berfokus pada penerapan teknologi AI untuk menyelesaikan permasalahan praktis dalam pembuatan karakter pixel art.



Gambar 3.1 Rancangan penelitian

3.2 Tahapan penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Penelitian 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



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LoRA untuk adaptasi gaya tertentu dalam domain citra. berdasarkan penelitian yang terdapat pada BAB II 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.

3.2.1 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.

Langkah pertama dalam perancangan ini adalah mengamati tren industri melalui laporan, artikel, dan studi kasus game-game indie yang menggunakan pixel art sebagai gaya utama. Penelitian akan merujuk pada pertumbuhan minat terhadap gaya retro, keberhasilan game lokal berbasis pixel art, serta kemunculan alat bantu berbasis AI seperti PixelVibe yang mengindikasikan kebutuhan otomatisasi.

Selain itu, peneliti merancang untuk melakukan analisis kebutuhan melalui pendekatan studi pustaka dan observasi komunitas daring. Ini mencakup eksplorasi terhadap keterbatasan yang dihadapi pengembang kecil dalam menciptakan aset visual secara konsisten dan efisien, serta menelaah bagaimana teknologi generatif dapat diintegrasikan ke dalam proses kerja mereka.

Melalui pendekatan ini, rancangan identifikasi peluang difokuskan pada penyusunan peta masalah dan potensi solusi, yang kemudian menjadi dasar arah teknis dan tujuan penelitian. Informasi yang dikumpulkan dari tahap ini akan membentuk kerangka awal yang memandu implementasi dan evaluasi metode yang diusulkan.

3.2.2 Pengumpulan Data

Dataset untuk fine tuning dikumpulkan dengan memadukan data yang didapat dari berbagai sumber, diantaranya :



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Dataset Pixel Characters Dataset oleh Volodymyr Pivoshenko yang tersedia pada website Kaggle.

Kemudian dilakukan penyesuaian resolusi untuk semua dataset, resolusi yang digunakan adalah 512 x 512.

3.2.3 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]"*. Proses pemberian caption dilakukan secara manual untuk memastikan setiap deskripsi benar-benar merepresentasikan isi visual gambar, serta untuk menjaga kekonsistenan antar sampel dalam dataset.

Dengan pendekatan ini, anotasi yang dihasilkan lebih terkontrol dan kontekstual terhadap struktur visual pixel art, sekaligus meningkatkan relevansi antara teks dan gambar yang digunakan dalam pelatihan model. Caption manual ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan model dalam memahami gaya visual pixel art dan menghasilkan output yang lebih akurat sesuai prompt teks yang diberikan pengguna.

3.2.4 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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mengoptimalkan hasil generasi pixel art karakter. Parameter rank memengaruhi dimensi matriks proyeksi yang digunakan untuk mempelajari pola baru, sementara learning rate diatur untuk mencegah overfitting dan menjaga kestabilan proses pembelajaran. 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.

Pendekatan fine-tuning dengan LoRA dipilih karena mendukung prinsip pembelajaran mesin yang efisien: hanya sebagian kecil parameter yang dilatih, sehingga mengurangi beban memori dan waktu pelatihan secara signifikan. Teknik ini sangat cocok untuk lingkungan dengan keterbatasan komputasi seperti Google Colab, tanpa perlu infrastruktur GPU tingkat tinggi.

Desain eksperimen juga mempertimbangkan faktor keterbatasan dataset dan waktu. Oleh karena itu, penyesuaian dilakukan dengan menggunakan dataset kecil yang telah dianotasi manual, pemilihan resolusi standar 512x512, serta teknik pelatihan dengan batch size rendah dan akumulasi gradien. Meskipun pendekatan ini memiliki keterbatasan dalam hal skala dan kompleksitas karakter, hasil awal menunjukkan bahwa efisiensi dan efektivitas tetap bisa dicapai.

Eksperimen ini dirancang untuk merepresentasikan kasus penggunaan riil dari pengembang indie, sehingga setiap keputusan teknis mengedepankan trade-off antara kualitas hasil dan aksesibilitas sumber daya.

3.2.5 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*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2.6 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 digunakan untuk mengukur kesamaan antara gambar yang dihasilkan dengan deskripsi teks yang relevan. LPIPS (Learned Perceptual Image Patch Similarity) yaitu 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 sample, kesamaan antara kedua elemen ini diukur melalui nilai similarity. Semakin tinggi nilai similarity antara gambar, semakin baik kualitas hasil generasi model dalam menghasilkan pixel art karakter yang sesuai dengan atribut budaya dan gaya yang diinginkan.

Dalam penelitian ini, evaluasi dilakukan dengan menggunakan 100 prompt acak yang diambil dari dataset sebagai sampel pengujian. Setiap prompt digunakan untuk menghasilkan gambar menggunakan model hasil *fine-tuning*, lalu dibandingkan dengan referensi menggunakan metrik LPIPS. Selain itu, dilakukan juga evaluasi kualitatif melalui penyebaran kuesioner kepada pengguna, dengan skala Likert (1–5) untuk menilai aspek kualitas visual, kesesuaian dengan deskripsi, dan kemudahan antarmuka. Pendekatan ini digunakan untuk memperoleh gambaran komprehensif dari sisi teknis dan persepsi pengguna.

3.2.7 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.

1. **Perbandingan Kualitas Hasil Generasi** Kualitas visual hasil generasi dievaluasi berdasarkan metrik **LPIPS**, yaitu pengukuran kesamaan antara dua gambar menurut manusia, berdasarkan *deep neural network*. Hasil dari



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

model yang telah difine-tune menggunakan LoRA dibandingkan dengan model baseline untuk menilai sejauh mana fine-tuning dapat meningkatkan kemampuan model dalam memahami deskripsi atribut budaya dan menghasilkan karakter pixel art yang sesuai.

2. **Efisiensi Proses Generasi** Analisis efisiensi dilakukan dengan mengukur waktu yang diperlukan model untuk menghasilkan gambar serta kebutuhan sumber daya komputasi. Model yang telah difine-tune diharapkan dapat bekerja lebih efisien dalam menghasilkan gambar berkualitas tinggi dibandingkan model baseline, sehingga memberikan nilai tambah bagi pengembang game atau seniman digital dengan sumber daya terbatas.
3. **Hasil Perbandingan** Hasil perbandingan dirangkum dalam bentuk tabel dan grafik untuk menunjukkan perbedaan performa antara model dengan fine-tuning dan tanpa fine-tuning. Indikator seperti rata-rata nilai LPIPS, waktu generasi per gambar, dan skor kualitatif dari kuesioner disajikan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai dampak penerapan LoRA pada model Stable Diffusion.
4. **Analisis Data *Feedback Website***, Selain pendekatan kuantitatif, dilakukan juga analisis kualitatif berdasarkan komentar terbuka dari pengguna yang mengisi kuesioner. Komentar ini dianalisis untuk mengidentifikasi aspek kekuatan dan kelemahan dari sistem yang dikembangkan, seperti kualitas visual, kemudahan penggunaan, dan saran pengembangan fitur tambahan. Analisis ini bertujuan memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai persepsi pengguna terhadap hasil generasi pixel art dan antarmuka website.

Pendekatan ini memberikan wawasan tentang efektivitas fine-tuning dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi generasi pixel art karakter. Dengan hasil yang menunjukkan peningkatan signifikan, model yang difine-tune menggunakan LoRA dapat menjadi solusi optimal bagi pengembang game atau seniman digital yang ingin memanfaatkan teknologi AI untuk menciptakan karya seni digital dengan kualitas tinggi dalam waktu yang lebih singkat.

Dalam tahap ini, analisis hasil akan dilakukan dengan membandingkan performa model Stable Diffusion sebelum dan sesudah fine-tuning menggunakan LoRA.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perbandingan dilakukan terhadap dua aspek utama: kualitas visual yang dinilai dengan metrik LPIPS dan efisiensi inferensi yang diukur dari waktu proses generasi. Hasil dari model baseline dan model fine-tuned akan dievaluasi untuk melihat peningkatan kualitas dan efisiensi, yang kemudian dirinci lebih lanjut dalam Bab IV.

3.3 Objek Penelitian

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.

Selain itu, penelitian ini memanfaatkan model BLIP (Bootstrapped Language-Image Pretraining) untuk menghasilkan caption deskriptif dari setiap gambar dalam dataset, yang digunakan sebagai pasangan data (image-text pair) untuk proses fine-tuning. Hasil dari model fine-tuned kemudian dievaluasi melalui metrik kuantitatif, seperti LPIPS similarity, dan umpan balik kualitatif dari ahli desain dan pengguna target.

Objek utama ini dipilih untuk mendukung tujuan penelitian, yaitu mengembangkan model generatif AI yang mampu menghasilkan karya seni digital dalam bentuk pixel art yang estetik, relevan, dan dapat digunakan oleh seniman digital serta pengembang game.

3.4 Model/Framework/Teknik yang Digunakan

Dalam penelitian ini, model, framework, dan teknik yang digunakan meliputi:

1. **Stable Diffusion:** Sebagai model generatif berbasis AI yang dikembangkan untuk menghasilkan gambar berkualitas tinggi. Model ini dioptimalkan melalui teknik LoRA untuk menghasilkan pixel art karakter dengan atribut budaya tertentu.
2. **LoRA (Low-Rank Adaptation):** Digunakan untuk melakukan fine-tuning model Stable Diffusion, mengurangi kebutuhan sumber daya komputasi dan memungkinkan pelatihan pada dataset terbatas.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. **LPIPS (Contrastive Language-Image Pretraining):** Digunakan untuk evaluasi hasil generasi model dengan mengukur kesesuaian antara gambar dan deskripsi teks melalui similarity score.
4. **PyTorch:** Framework deep learning yang digunakan untuk mengimplementasikan model Stable Diffusion, LoRA, dan BLIP.
5. **Python Libraries:** Melibatkan pustaka seperti NumPy, Matplotlib, dan Pandas untuk manipulasi data dan visualisasi hasil penelitian.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 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. Analisis kebutuhan ini mencakup kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang diperlukan untuk memastikan sistem dapat berjalan secara efektif dan efisien.

4.1.1 Kebutuhan Fungsional

1. Model Generatif

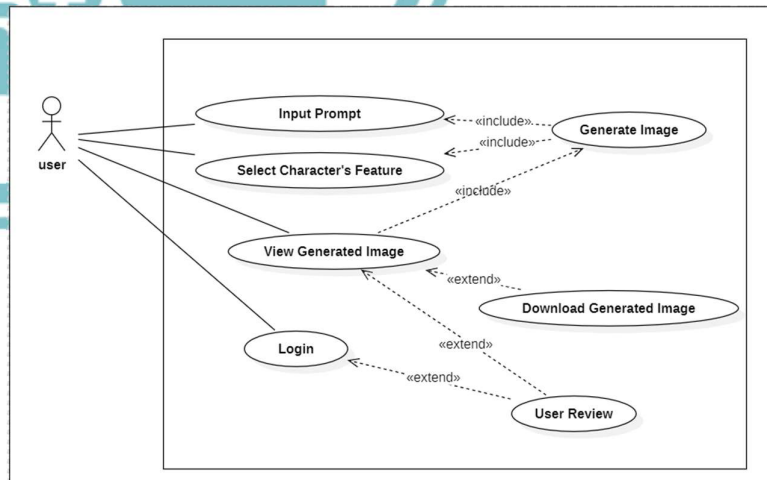
Sistem harus mampu melakukan proses *text-to-image generation* menggunakan model Stable Diffusion yang telah difine-tune dengan LoRA. Sistem harus mampu menghasilkan karakter dengan gaya pixel art dari deskripsi teks yang diberikan oleh pengguna.

2. Evaluasi

Sistem harus mampu mengevaluasi kesesuaian antara gambar dan teks menggunakan metrik LPIPS.

3. Desain Website

a. use case diagram



Gambar 4.1 *Use case diagram* sistem

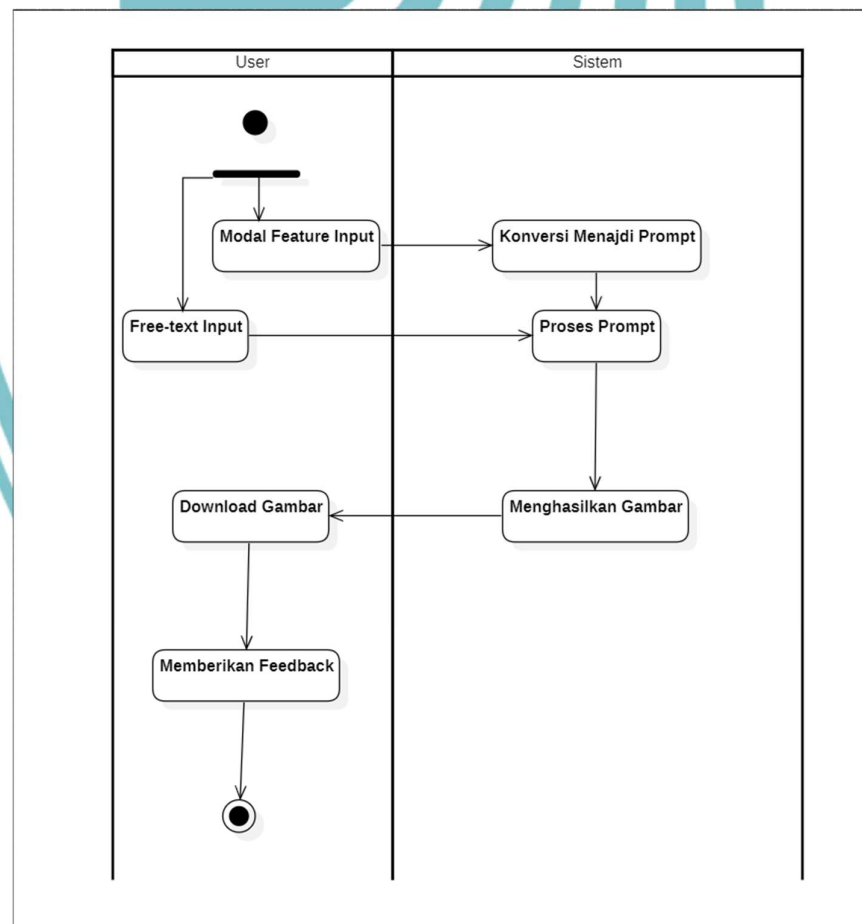


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Diagram Use Case diatas menjelaskan bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem "Pixel Art Character Generator". Intinya, pengguna memulai interaksi dengan memberikan deskripsi karakter yang diinginkan, baik dengan mengetik prompt teks bebas atau memilih fitur-fitur dari daftar yang disediakan. Setelah masukan diberikan, sistem akan secara otomatis membuat gambar pixel art menggunakan model AI. Begitu gambar dihasilkan, pengguna dapat melihat hasilnya. Dari sana, ada pilihan untuk mengunduh gambar tersebut. Jika pengguna telah login, mereka juga bisa memberikan ulasan atau umpan balik tentang gambar dan antarmuka sistem.

b. activity diagram



Gambar 4.2 Activity diagram



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengguna memulai interaksi dengan sistem dengan dua cara utama untuk memasukkan deskripsi gambar: melalui "Input Prompt" yang memungkinkan mereka memasukkan deskripsi teks bebas, atau dengan "Select Character's Feature" di mana mereka bisa memilih atribut karakter dari daftar yang disediakan. Kedua aksi input ini secara otomatis akan memicu *use case* "Generate Image", yang merupakan fungsi inti sistem untuk menghasilkan gambar *pixel art* menggunakan model Stable Diffusion yang telah di-*fine-tune* dengan LoRA. Setelah gambar berhasil dibuat, pengguna kemudian dapat "View Generated Image" untuk melihat hasil kreasi AI. Dari tahap ini, pengguna memiliki pilihan tambahan: mereka dapat "Download Generated Image" jika puas dengan hasilnya, atau jika mereka telah "Login" ke sistem, mereka juga dapat memberikan "User Review" untuk memberikan umpan balik mengenai kualitas gambar dan antarmuka. Secara keseluruhan, diagram ini secara efektif memvisualisasikan bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem untuk membuat, melihat, mengunduh, dan memberikan ulasan pada karakter *pixel art* yang dihasilkan secara otomatis, sekaligus menggarisbawahi alur fungsionalitas utama sistem.

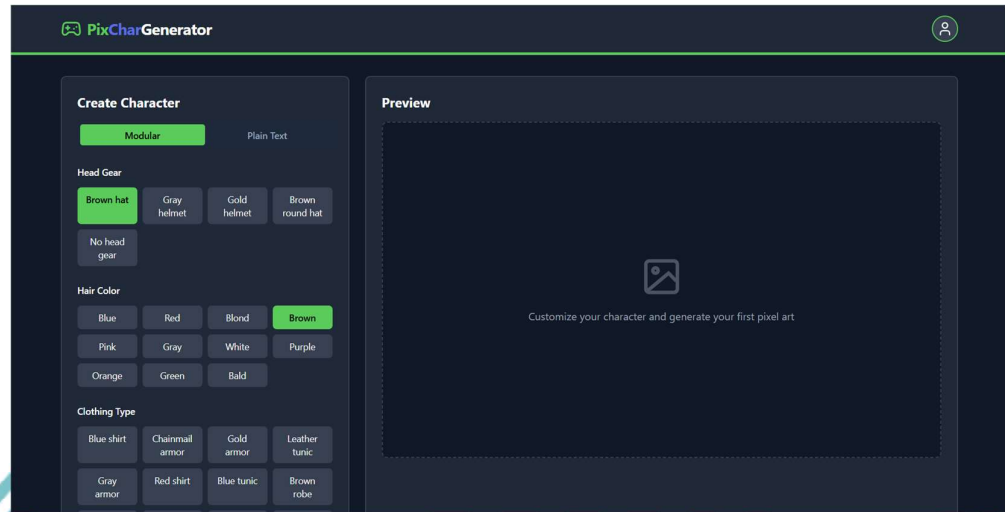
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



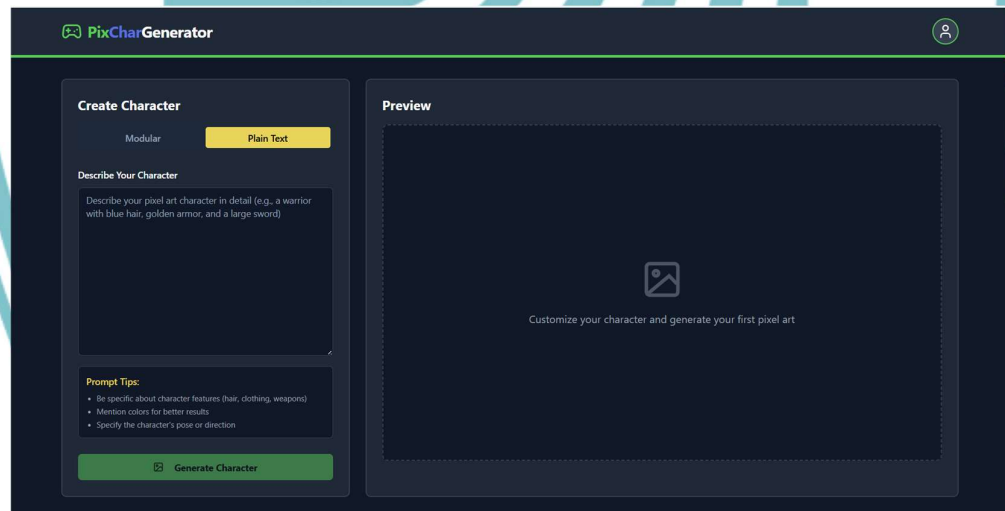
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Desain Interface



Gambar 4.3 Interface bagian modular



Gambar 4.4 Interface bagian free-text

Website harus memiliki antarmuka sederhana yang memungkinkan pengguna memasukkan prompt teks baik menggunakan modular maupun *free-text prompt* dan melihat hasil gambar pixel art yang dihasilkan. Website harus memiliki tombol "Generate" untuk memicu proses pembuatan gambar oleh model.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Integrasi Backend-Model

Website harus terhubung dengan backend yang menangani inference model dan mengembalikan hasil gambar.

4.1.2 Kebutuhan Non-Fungsional

1. Efisiensi Komputasi

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

2. Responsivitas Website

Website harus memiliki waktu respons yang cepat dan dapat digunakan di berbagai perangkat tanpa hambatan.

3. Kemudahan Akses

Website harus dapat diakses melalui peramban umum tanpa memerlukan instalasi tambahan.

4. Keamanan Dasar

Sistem harus aman dari masukan teks berbahaya yang dapat menyebabkan error pada proses inferensi model.

5. Kualitas Visual

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

5.1.3 Perangkat Lunak dan Teknologi yang Digunakan

6. Stable Diffusion: Model utama untuk text-to-image generation.

LoRA (Low-Rank Adaptation): Teknik fine-tuning untuk efisi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2 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.

4.2.1 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.

4.2.2. Proses Captioning

Agar setiap gambar dapat digunakan untuk melakukan proses *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]”

Contoh salah satu caption :

“pixel art character, pixel art, blond, leather tunic, facing right”



Tabel 4.1 Distribusi dataset

Category	Type	Count	Category Count
Clothing type	blue shirt	438	1476
	chainmail armor	270	
	gold armor	222	
	leather tunic	216	
	gray armor	186	
	red shirt	45	
	blue tunic	45	
	brown robe	24	
	white shirt	15	
	green dress	9	
	white tunic	3	
	brown shirt	3	
	gold armor	438	
	blond	264	
Hair color	pink	153	1113
	brown	144	
	black	135	
	blue	135	
	bald	93	
	red	90	
	green	78	
	white	21	
Head gear	brown hat	63	201
	gray helmet	45	
	gold helmet	24	
	brown round hat	18	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Weapon	arrow sack	135	150
	spear	42	
	red bandana	15	
	shield	9	

Hasil dari pemrosesan *dataset* dalam penelitian ini dapat diakses pada *url* :

<https://huggingface.co/datasets/haidarazmi/manual-labeled-pixel-art-characters>

4.2.3 Pelaksanaan Fine-tuning

Fine-tuning dengan teknik LoRa (*Low-Rank Adaptation*) pada Stable Diffusion dipilih karena :

- a. Mengurangi kebutuhan komputasi (tidak perlu *fine-tuning* semua parameter)
- b. Cocok untuk lingkungan resource terbatas (seperti Google Colab)
- c. Menghasilkan checkpoint yang ringan dan mudah diintegrasikan

Stable Diffusion menyediakan kode *fine-tuning* model generatif-nya dalam pustaka Diffusers. Kode tersebut yang akan digunakan dalam penelitian ini. *Fine-tuning* dilakukan menggunakan Google Colab pro dengan T4 GPU High Ram untuk mendukung proses *Fine-tuning*.

Langkah-langkah implementasi :

- a. *Cloning* repositori Diffusers (<https://github.com/huggingface/diffusers>)

```
!git clone https://github.com/huggingface/diffusers|
Cloning into 'diffusers'...
remote: Enumerating objects: 92808, done.
remote: Counting objects: 100% (1416/1416), done.
remote: Compressing objects: 100% (866/866), done.
remote: Total 92808 (delta 1124), reused 573 (delta 545), pack-reused 91392 (from 5)
Receiving objects: 100% (92808/92808), 71.57 MiB | 33.93 MiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (67936/67936), done.
```

Gambar 4.5 *Cloning* repositori Diffusers



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- b. Instalasi pustaka ke dalam *environment* Google Colab

```
!pip install diffusers/.
!pip install -r diffusers/examples/text_to_image/requirements.txt
```

Gambar 4.6 Instalasi *dependencies*

- c. *Fine-tuning* dilakukan menggunakan *script* `train_text_to_image_lora.py` yang tersedia pada repositori Diffusers. *Script* dieksekusi menggunakan *accelerate*.

```
!accelerate launch /content/diffusers/examples/text_to_image/train_text_to_image_lora.py \
--pretrained_model_name_or_path="stable-diffusion-v1-5/stable-diffusion-v1-5" \
--mixed_precision="fp16" \
--dataset_name="haidarazmi/manual-labeled-pixel-art-characters" \
--data_loader_num_workers=8 \
--resolution=512 \
--center_crop \
--random_flip \
--train_batch_size=1 \
--gradient_accumulation_steps=4 \
--max_train_steps=15000 \
--learning_rate=1e-04 \
--max_grad_norm=1 \
--lr_scheduler="cosine" \
--lr_warmup_steps=0 \
--caption_column="full_prompt" \
--output_dir="content/3finetune/lora/pac" \
--push_to_hub \
--hub_model_id="haidarazmi/new-model-sdxl-pixchar"3 \
--report_to=wandb \
--checkpointing_steps=500 \
--validation_prompt="pixel art character, pixel art, black, chainmail armor, facing forward" \
--seed=1337
```

Gambar 4.7 Menjalankan *script* dan menambahkan *parameter*

Diffuser menyediakan argumen-argumen yang dapat digunakan untuk menyesuaikan *fine-tuning*. Dalam penelitian ini argument yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi Model dan Dataset

Tabel 4.2 parameter untuk model dan dataset

Argumen	Penjelasan
<code>pretrained_model_name_or_path</code>	Argumen ini menentukan model diffusion pra-latih yang akan digunakan sebagai dasar untuk fine-tuning. Dalam penelitian ini,



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

h=\$MODEL_N AME	stabilityai/stable-diffusion-xl-base-1.0 dipilih karena kemampuannya menghasilkan gambar dengan resolusi tinggi dan detail yang baik, terutama untuk gambar bergaya pixel art.
dataset_name=\$DATA SET_NAME	Menunjukkan repositori dataset dari Hugging Face yang digunakan dalam pelatihan. Dataset ini berisi pasangan gambar karakter pixel art dan deskripsi teks yang sudah diberi label, sehingga pelatihan dilakukan secara terawasi dengan panduan teks (full_prompt).
caption_column="full prompt"	Menunjukkan kolom pada dataset yang berisi caption teks yang menjadi panduan bagi proses pembangkitan gambar. Prompt ini mendeskripsikan karakteristik visual gambar pixel art seperti warna rambut, jenis baju zirah, pose, dan lain-lain.

Bagian ini mengatur fondasi dari proses fine-tuning. Parameter pretrained_model_name_or_path secara spesifik menunjuk pada versi dasar Stable Diffusion yang akan diadaptasi, yang berfungsi sebagai titik awal untuk pembelajaran gaya pixel art. Kemudian, dataset_name mengarahkan proses ke dataset khusus yang berisi gambar-gambar pixel art yang telah dianotasi. Anotasi ini sangat penting karena kolom caption_column (full_prompt) memberitahu model bagaimana setiap gambar pixel art harus diinterpretasikan secara tekstual, memungkinkan model untuk belajar hubungan antara deskripsi teks dan karakteristik visual pixel art yang diinginkan. Ini adalah langkah pertama dalam "mengajarkan" model tentang estetika dan atribut spesifik pixel art.

2. Pra-pemrosesan Gambar dan Augmentasi Data

Tabel 4.3 parameter untuk Pra-pemrosesan Gambar dan Augmentasi Data



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Argumen	Penjelasan
resolution=512	Semua gambar dalam dataset akan diubah ukurannya menjadi 512×512 piksel. Resolusi ini disesuaikan dengan ukuran input native yang diharapkan oleh arsitektur Stable Diffusion XL untuk konsistensi pelatihan.
center_crop	Melakukan pemotongan gambar secara pusat agar bagian tengah dan paling penting dari gambar digunakan dalam pelatihan. Ini membantu fokus pada objek utama terutama dalam gambar bergaya potret pixel art.
random_flip	Merupakan teknik augmentasi data dengan membalik gambar secara horizontal secara acak. Ini memperkaya variasi data dan membantu model belajar lebih general serta mengurangi risiko overfitting tanpa perlu menambah jumlah data.

Tabel ini berfokus pada persiapan visual data yang akan dimasukkan ke model. resolution=512 memastikan bahwa semua gambar memiliki dimensi yang seragam dan optimal untuk arsitektur Stable Diffusion, sehingga model menerima input yang konsisten. center_crop berfungsi untuk memusatkan perhatian model pada subjek utama di tengah gambar, mengurangi kemungkinan model terdistraksi oleh latar belakang yang tidak relevan. Sementara itu, random_flip adalah strategi penting untuk augmentasi data, secara artifisial meningkatkan keragaman dataset. Dengan membalik gambar secara acak, model belajar untuk mengenali karakter pixel art tanpa memandang orientasi horizontal, yang pada akhirnya mengurangi risiko *overfitting* dan meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap variasi karakter.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Strategi Pelatihan dan Optimasi Memori

Tabel 4.4 Parameter untuk strategi pelatihan dan optimasi memori

Argumen	Penjelasan
<code>train_batch_size=1</code>	Karena keterbatasan memori GPU (seperti Tesla T4 di Google Colab), batch size diatur hanya 1. Untuk mengkompensasi batch kecil ini, digunakan teknik gradient accumulation.
<code>gradient_accumulation_steps=4</code>	Mengakumulasi gradien selama 4 langkah forward sebelum melakukan satu langkah optimisasi. Ini mensimulasikan batch size sebesar 4 tanpa meningkatkan penggunaan memori.
<code>mixed_precision="fp16"</code>	Mengaktifkan pelatihan dengan presisi campuran 16-bit floating point (fp16). Ini secara signifikan mengurangi penggunaan memori GPU dan mempercepat komputasi tanpa mengorbankan akurasi numerik secara berarti.

Bagian ini membahas bagaimana pelatihan dioptimalkan untuk efisiensi komputasi, terutama dalam menghadapi kendala sumber daya. `train_batch_size=1` adalah pilihan yang terpaksa karena keterbatasan memori GPU, namun ini diimbangi secara cerdas dengan `gradient_accumulation_steps=4`. Dengan mengakumulasi gradien dari beberapa langkah *forward* sebelum melakukan pembaruan bobot, sistem secara efektif mensimulasikan *batch size* yang lebih besar, membantu menstabilkan proses pembelajaran meskipun *batch size* sebenarnya kecil. Selain itu, `mixed_precision="fp16"` adalah teknik kunci untuk mengurangi konsumsi memori dan mempercepat komputasi dengan menggunakan representasi angka 16-bit. Kombinasi parameter ini



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

memastikan bahwa fine-tuning dapat dilakukan secara efisien bahkan pada lingkungan komputasi yang terbatas.

4. Kontrol dan Optimasi Pelatihan

Tabel 4.5 Parameter untuk Kontrol dan Optimasi Pelatihan

Argumen	Penjelasan
max_train_steps =15000	Menentukan total jumlah langkah pelatihan. Semakin banyak langkah, model dapat belajar pola visual dari dataset dengan lebih baik, walaupun waktu pelatihan akan bertambah.
learning_rate=1e-04	Mengatur laju pembelajaran awal untuk optimizer. Nilai 0.0001 umum digunakan untuk fine-tuning LoRA agar seimbang antara kecepatan belajar dan kestabilan.
max_grad_norm=1	Menerapkan gradient clipping untuk mencegah ledakan gradien yang dapat membuat pelatihan tidak stabil. Gradien akan diskalakan agar norma maksimum tidak melebihi 1

Tabel ini mengatur parameter yang mengontrol durasi dan stabilitas proses pelatihan. max_train_steps=15000 menetapkan batas atas untuk iterasi pelatihan, memberikan model kesempatan yang cukup untuk belajar fitur-fitur pixel art. learning_rate=1e-04 adalah parameter vital yang mengendalikan seberapa cepat model belajar dari kesalahan; nilai ini dipilih untuk mencapai keseimbangan antara kecepatan konvergensi dan menghindari ketidakstabilan. Terakhir, max_grad_norm=1 adalah mekanisme *regularisasi* yang mencegah "ledakan gradien" (nilai gradien menjadi terlalu besar) yang dapat merusak proses pelatihan. Dengan membatasi norma gradien, stabilitas pelatihan terjaga, memastikan model dapat belajar secara efektif.

5. Penjadwalan Laju Pembelajaran

Tabel 4.6 Parameter untuk penjadwalan laju pembelajaran



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Argumen	Penjelasan
<code>lr_scheduler="cosine"</code>	Menggunakan penjadwalan laju pembelajaran dengan pola cosine decay. Ini mengurangi laju pembelajaran secara bertahap selama pelatihan sehingga mendorong kestabilan dan konvergensi model.
<code>--lr_warmup_steps=0</code>	Tidak menggunakan fase warm-up laju pembelajaran, berarti pelatihan dimulai dengan laju pembelajaran penuh dari awal.

Bagian ini menentukan bagaimana laju pembelajaran akan berubah sepanjang proses pelatihan. `lr_scheduler="cosine"` menerapkan strategi penurunan laju pembelajaran secara bertahap mengikuti fungsi kosinus. Ini membantu model untuk melakukan eksplorasi yang lebih luas di awal pelatihan dan kemudian menyempurnakan bobotnya dengan lebih hati-hati di tahap akhir, yang berkontribusi pada konvergensi yang lebih baik dan hasil yang optimal. Parameter `--lr=0` (atau `lr_warmup_steps=0` seperti yang umum digunakan) berarti tidak ada fase "pemanasan" laju pembelajaran, di mana pelatihan dimulai langsung dengan laju penuh.

6. Checkpoint dan Pelacakan Eksperimen

Tabel 4.7 Parameter untuk checkpoint dan pelacakan eksperimen

Argumen	Penjelasan
<code>checkpointing_steps=500</code>	Menyimpan checkpoint model setiap 500 langkah pelatihan. Ini memungkinkan pemulihan pelatihan jika terhenti dan evaluasi performa model pada berbagai tahap.
<code>output_dir=\${OUTPUT_DIR}</code>	Menentukan direktori keluaran di mana model yang sudah dilatih dan checkpoint akan disimpan secara lokal selama proses pelatihan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

report_to=wandb	Metrik pelatihan (misalnya loss dan laju pembelajaran) dicatat ke platform Weights & Biases untuk pelacakan dan visualisasi eksperimen secara real-time.
-----------------	--

Tabel ini menjelaskan aspek manajemen pelatihan dan pemantauan. `checkpointing_steps=500` adalah fungsionalitas kritis yang secara berkala menyimpan status model. Hal ini tidak hanya berguna untuk pemulihan pelatihan dari titik terakhir jika terjadi gangguan, tetapi juga memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi performa model pada iterasi yang berbeda. `output_dir` menetapkan lokasi penyimpanan lokal untuk semua aset pelatihan. Terakhir, `report_to=wandb` mengintegrasikan alat pelacakan eksperimen Weights & Biases, yang sangat membantu dalam memvisualisasikan metrik pelatihan seperti *loss* secara *real-time*, memberikan wawasan mendalam tentang progres dan stabilitas fine-tuning.

7. Publikasi dan Berbagi Model

Tabel 4.8 Parameter publikasi dan berbagi model

Argumen	Penjelasan
<code>push_to_hub</code>	Secara otomatis mengunggah model hasil fine-tuning ke Hugging Face Model Hub setelah pelatihan selesai. Ini memudahkan reproduksi dan akses publik terhadap model.
<code>hub_model_id=\${HUB_MODEL_ID}</code>	Menentukan repositori tujuan di Hugging Face Hub (misalnya <code>haidarazmi/new-model-sdxl-pixchar</code>) tempat model yang sudah dilatih akan dipublikasikan.

Bagian terakhir ini terkait dengan distribusi dan aksesibilitas model yang telah di-fine-tune. `push_to_hub` memungkinkan model untuk



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

secara otomatis diunggah ke Hugging Face Model Hub, sebuah platform kolaboratif yang luas untuk model AI. Ini memfasilitasi reproduksi penelitian oleh peneliti lain dan membuat model dapat diakses oleh publik. `hub_model_id` memberikan identifikasi unik untuk model di platform tersebut, memastikan model dapat ditemukan dan digunakan dengan mudah oleh siapa saja yang tertarik. Kedua parameter ini menekankan aspek *open-science* dan kontribusi terhadap komunitas AI.

4.2.4 Hasil Awal

Selama proses fine-tuning, model mulai menunjukkan peningkatan kemampuan dalam:

- a. Menghasilkan bentuk pixel art yang lebih presisi (tegas, tidak blur)
- b. Mencocokkan atribut visual dengan prompt teks
- c. 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.



Gambar 4.8 Hasil Sebelum fine-tuning

4.3 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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

di-*fine-tune*. Berdasarkan analisis dari penelitian terdahulu yang disebutkan dalam skripsi ini, banyak pengembangan model AI generatif (seperti yang dilakukan oleh Daffa, 2024, dan Kuntoro, 2024) seringkali hanya berfokus pada pembuatan model itu sendiri, sehingga tingkat kebermanfaatan dan aksesibilitasnya kurang dirasakan sepenuhnya bagi calon pengguna akhir. Oleh karena itu, 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. Antarmuka web ini dirancang untuk memudahkan pengguna dalam memasukkan *prompt* dan melihat hasil gambar yang dihasilkan , serta memungkinkan pengujian langsung efektivitas model.

4.3.1 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. Bagian ini akan menjelaskan arsitektur *backend* yang bertanggung jawab untuk menerima permintaan dari *frontend*, menjalankan inferensi model, dan mengembalikan hasil gambar ke pengguna.

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

4.3.1.1 Arsitektur Backend

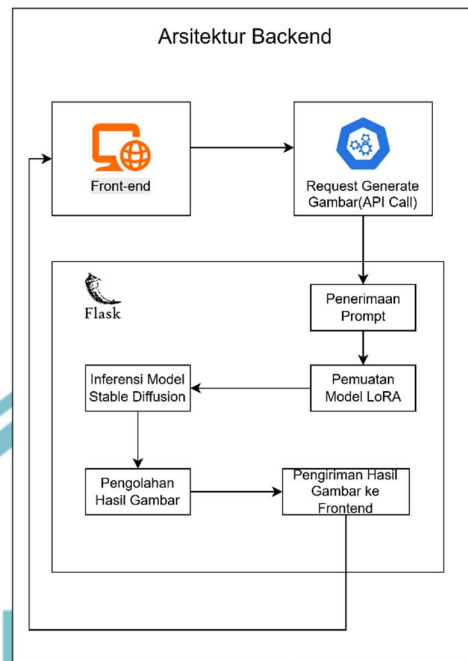
Berikut adalah gambaran umum arsitektur *backend* yang digunakan untuk mengintegrasikan model:



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.10 Arsitektur *back-end*

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.1.2 Penjelasan Kode Flask API

```

from flask import Flask, request, jsonify
from PIL import Image
import io
import base64
import numpy as np
import cv2
from diffusers import EulerAncestralDiscreteScheduler

app = Flask(__name__)

# Load your model here (you must define pipe)

@app.route('/generate', methods=['POST'])
def generate_image():
    try:
        data = request.get_json()
        prompt = data.get('prompt')

        if not prompt:
            return jsonify({'error': 'Prompt is required'}), 400

        pipe.scheduler = EulerAncestralDiscreteScheduler.from_config(pipe.scheduler.config)

        result = pipe(
            prompt=prompt,
            num_inference_steps=50,
            height=512,
            width=512,
            guidance_scale=7.5
        )

        image = result.images[0]

```

Gambar 4.11 Penjelasan Kode Flask API bagian ke-satu

```

image_np = np.array(image)

downscaled_image = cv2.resize(image_np, (128, 128), interpolation=cv2.INTER_AREA)

upscaled_image = cv2.resize(downscaled_image, (512, 512), interpolation=cv2.INTER_NEAREST)

upscaled_image_pil = Image.fromarray(upscaled_image)

buffered = io.BytesIO()
upscaled_image_pil.save(buffered, format="PNG")
img_str = base64.b64encode(buffered.getvalue()).decode()

return jsonify({'image': img_str})

except Exception as e:
    return jsonify({'error': str(e)}), 500

if __name__ == '__main__':
    import threading

    def run_flask_app():
        app.run(host='0.0.0.0', port=5000, debug=False)

    flask_thread = threading.Thread(target=run_flask_app)
    flask_thread.start()

```

Gambar 4.12 Penjelasan Kode Flask API bagian ke-kedua



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

kode *backend* dibangun dengan Flask, berfungsi sebagai jembatan antara antarmuka pengguna dan model generatif *pixel art*. Kode ini menerima permintaan POST yang berisi *prompt* teks dari *frontend* melalui *endpoint* /generate, memvalidasi *input*, dan kemudian memanggil *pipeline* model Stable Diffusion (pipe) yang telah disiapkan, lengkap dengan konfigurasi *scheduler* EulerAncestralDiscreteScheduler dan parameter inferensi seperti resolusi 512x512 dan *guidance scale*. Setelah model menghasilkan gambar, kode ini melakukan langkah krusial untuk menciptakan estetika *pixel art* sejati dengan men-*downscale* gambar ke 128x128 piksel menggunakan interpolasi cv2.INTER_AREA untuk mengurangi detail secara efektif, kemudian men-*upscale* kembali ke 512x512 piksel menggunakan interpolasi cv2.INTER_NEAREST untuk menghasilkan blok-blok piksel yang tajam dan khas. Gambar *pixel art* yang telah diproses ini kemudian di-*encode* menjadi *string* Base64 dan dikirimkan kembali sebagai respons JSON ke *frontend*. Bagian eksekusi utama skrip ini juga menunjukkan penggunaan *threading* untuk menjalankan aplikasi Flask secara non-blokir, menyiratkan bahwa *backend* dapat beroperasi secara efisien, mungkin sebagai bagian dari sistem yang lebih kompleks.

4.3.1.3 API Call Front-end

```
// Call the custom API endpoint
const response = await fetch("https://lynx-eager-notably.ngrok-free.app/generate", {
  method: "POST",
  headers: {
    "Content-Type": "application/json",
  },
  body: JSON.stringify({ prompt: enhancedPrompt }),
})
```

Gambar 4.13 API Call *front-end*

kode JavaScript yang berikan adalah sebuah *fetch* API *call* yang digunakan pada sisi *frontend* (biasanya di *browser* web) untuk mengirimkan permintaan ke *backend* guna menghasilkan gambar *pixel art*. Kode ini secara spesifik mengirimkan permintaan POST ke URL "<https://lynx-eager-notably.ngrok-free.app/generate>". Permintaan ini disiapkan dengan *header* Content-Type: application/json untuk mengindikasikan bahwa data yang dikirimkan dalam *body* permintaan adalah dalam



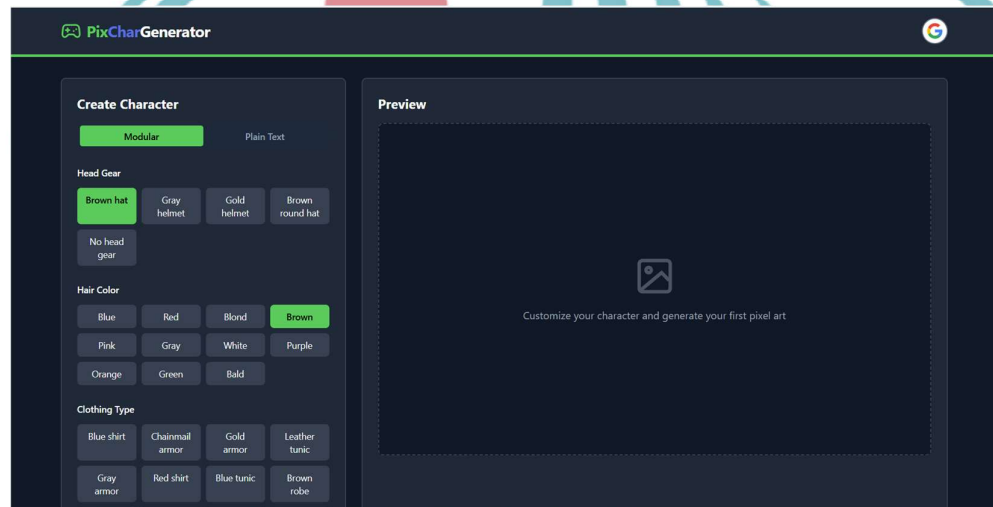
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

format JSON. Isi *body* permintaan ini adalah sebuah objek JSON yang berisi pasangan kunci-nilai prompt dengan nilai yang berasal dari variabel `enhancedPrompt`. Penggunaan `JSON.stringify()` memastikan objek JavaScript tersebut dikonversi menjadi *string* JSON yang sesuai untuk transmisi HTTP. Secara keseluruhan, kode ini berfungsi untuk mengambil *prompt* yang telah disiapkan oleh *frontend* dan mengirimkannya ke *backend* aplikasi untuk diproses oleh model Stable Diffusion, yang kemudian akan menghasilkan gambar *pixel art*.

4.3.2 Implementasi Website

4.3.2.1 Halaman Modular



Gambar 4.14 Interface halaman modular

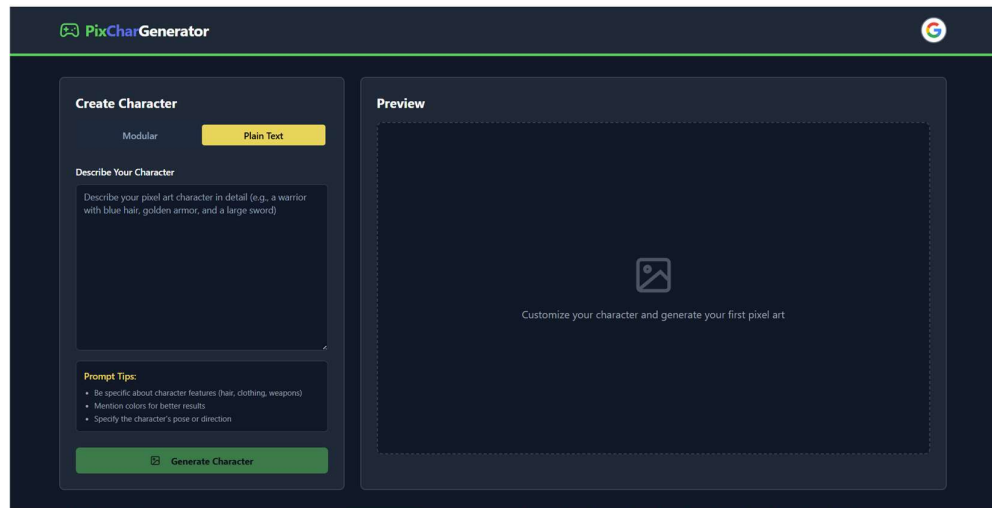
Gambar 4.14 adalah halaman modular yang berguna untuk memilih fitur-fitur apa saja yang akan digunakan sebagai *prompt* untuk men-generate *pixel art characters*. Halaman modular dibuat dengan tujuan menampilkan fitur-fitur apa saja yang ada dalam distribusi *dataset* sehingga generasi gambar dapat lebih baik.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

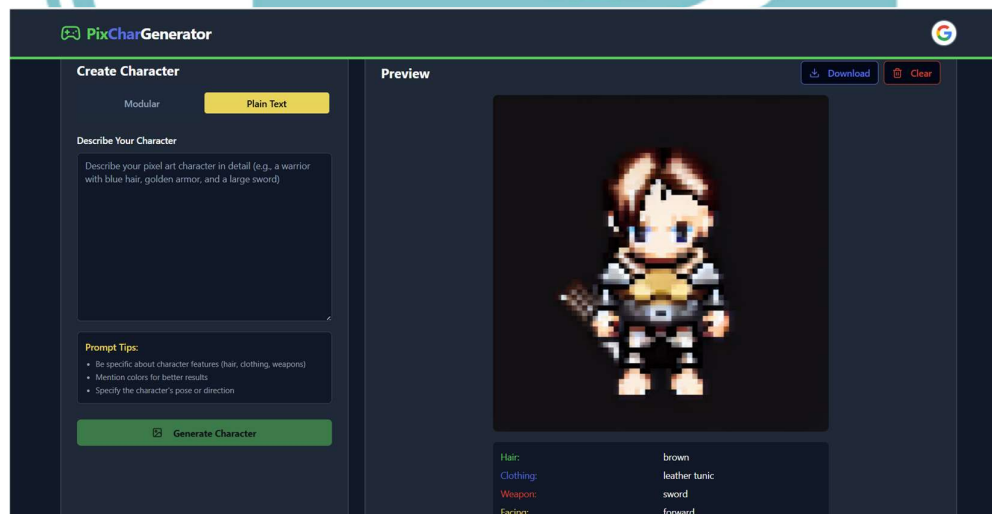
4.3.2.2 Halaman *Free-text*



Gambar 4.15 *Interface* halaman *free-text*

Gambar 4.15 adalah halaman *free-text* sebagai opsi pengguna untuk melakukan *generate* gambar *pixel art* menggunakan teks sebagai *prompt*.

4.3.2.3 Halaman setelah *generate*



Gambar 4.16 *Interface* halaman setelah *generate*

Setelah pengguna menekan tombol “*generate character*”, proses *generate* akan dilakukan, setelah *generate* selesai gambar akan ditampilkan. Gambar 4.16 adalah halaman setelah proses *generate* selesai, bertujuan untuk menampilkan, mengunduh, dan memberi *feedback* gambar.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.4 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.

Pengujian *website* pada penelitian ini menggunakan

4.4.1 Pengujian *black box*

Pengujian *black box* yang dilakukan melalui pengujian mandiri dilaksanakan dengan cara membandingkan harapan dengan hasil percobaan atau pengamatan. Jika hasil pengamatan sesuai dengan harapan, maka skenario fitur tersebut dapat dikatakan berhasil dan sudah layak digunakan. Namun, jika hasilnya berbeda, maka skenario fitur tersebut dianggap gagal dan memerlukan perbaikan. Tabel 4.9 merupakan hasil dari pengujian *black box*.

Tabel 4.9 Skenario pengujian *black box*

Kode Skenario	Harapan	Pengamatan Hasil
BB-4	Memasukkan <i>prompt</i> teks pada kolom input <i>prompt</i> dan mengklik tombol "Generate Character".	Sistem menampilkan gambar karakter <i>pixel art</i> yang sesuai dengan deskripsi <i>prompt</i> yang diberikan pada area <i>preview</i> .
BB-5	Mengklik tombol "Download Generated Image" setelah gambar berhasil ditampilkan.	Sistem mengunduh gambar <i>pixel art</i> yang ditampilkan ke perangkat pengguna.
BB-6	Memilih fitur karakter dari opsi yang tersedia (misalnya, "Brown hat", "Blond hair", "Leather tunic") pada mode "Modular Feature Input".	Sistem menampilkan gambar karakter <i>pixel art</i> yang sesuai dengan kombinasi fitur yang dipilih pada area <i>preview</i> .



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BB-7	Mencoba memberikan <i>prompt</i> teks yang tidak relevan atau <i>malicious</i> (misalnya, karakter khusus, <i>script</i> injeksi).	Sistem menangani <i>input</i> dengan aman dan mengembalikan pesan <i>error</i> yang sesuai atau menghasilkan gambar yang tidak relevan tanpa menyebabkan <i>crash</i> .
BB-8	Mengakses <i>website</i> dari berbagai jenis perangkat (misalnya, <i>desktop</i> , tablet, <i>smartphone</i>).	Antarmuka <i>website</i> menampilkan tata letak yang responsif dan dapat digunakan dengan baik di berbagai ukuran layar.
BB-9	Melakukan proses <i>generate</i> gambar berulang kali dalam waktu singkat.	Sistem merespons dengan cepat dan konsisten pada setiap permintaan <i>generate</i> gambar, tanpa adanya <i>delay</i> yang signifikan atau <i>timeout</i> .
BB-10	Menutup dan membuka kembali <i>website</i> atau menyegarkan halaman.	Sistem memuat ulang halaman dengan cepat dan semua fungsionalitas tersedia seperti semula.

4.4 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.

4.4.1 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.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tahap dalam melakukan uji LPIPS adalah sebagai berikut:

1. Ambil 100 *prompt* sampel acak dari dataset yang sudah dibuat.

```
from datasets import load_dataset
from PIL import Image
import os
import random

# Load the dataset
dataset = load_dataset("haidarazmi/manual-labeled-pixel-art-characters", split="train")

# Sample 100 random entries
samples = random.sample(list(dataset), 100)

# Create output directories
os.makedirs("real", exist_ok=True)
os.makedirs("prompts", exist_ok=True)

# Save images and prompts
for i, sample in enumerate(samples):
    image: Image.Image = sample['image']
    prompt = sample['full_prompt']

    filename = f"{i:03}.png"
    image.save(f"real/{filename}")

    with open(f"prompts/{i:03}.txt", "w") as f:
        f.write(prompt)
```

Gambar 4.17 Ambil sample acak

2. *Generate* 100 gambar menggunakan model yang sudah di *fine-tuning*.

```
import pandas as pd
import os
from PIL import Image

df_prompts = pd.read_csv("/content/100_Variasi_Prompt_Dataset.csv")

output_dir = "generated_images_basemodel"
os.makedirs(output_dir, exist_ok=True)

for index, row in df_prompts.iterrows():
    prompt = row['Prompt']
    image_filename = f"image_{index:03d}.png"

    print(f"Generating image for prompt: {prompt}")

    image = pipe(
        prompt=prompt,
        num_inference_steps=30,
        height=512,
        width=512,
        guidance_scale=7.5,
    ).images[0]

    image.save(os.path.join(output_dir, image_filename))
    print(f"Saved {image_filename}")

print("Image generation complete.")
```

Gambar 4.18 Generate gambar



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Tiap gambar dilakukan uji LPIPS score dengan gambar dari *dataset* sample sebagai pembanding.

```
import os
import lpips
import torch
from PIL import Image
from torchvision import transforms
from tqdm import tqdm

loss_fn = lpips.LPIPS(net='alex')

ref_dir = 'data/reference_images/'
gen_dir = 'data/generated_images/'

file_names = sorted(os.listdir(ref_dir))

transform = transforms.Compose([
    transforms.Resize((256, 256)),
    transforms.ToTensor(),
    transforms.Normalize((0.5, ), (0.5, ))
])

lpips_scores = []

for file in tqdm(file_names):
    img0 = transform(Image.open(os.path.join(ref_dir, file)).convert('RGB')).unsqueeze(0)
    img1 = transform(Image.open(os.path.join(gen_dir, file)).convert('RGB')).unsqueeze(0)
    dist = loss_fn(img0, img1)
    lpips_scores.append(dist.item())

avg_score = sum(lpips_scores) / len(lpips_scores)
print(f'Rata-rata LPIPS Score: {avg_score:.4f}')
```

Gambar 4.19 Uji LPIPS

Hasil uji LPIPS adalah sebagai berikut :

Tabel 4.10 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

Nilai LPIPS *score* yang lebih rendah menunjukkan bahwa gambar yang dihasilkan lebih sesuai dengan *dataset* sample. 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



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

menghasilkan gambar sesuai deskripsi, menunjukkan peningkatan pemahaman model terhadap detail visual (Zhang et al., 2018). Dengan penerapan LoRA, proses fine-tuning dapat dilakukan dengan sumber daya terbatas (GPU T4 di Google Colab) tanpa mengorbankan kualitas output. Efisiensi diperoleh dari:

- a. Penurunan kebutuhan parameter yang dilatih
- b. Penggunaan batch size kecil dan akumulasi gradien
- c. Mixed precision training (fp16)

Model yang dihasilkan lebih ringan dan cepat digunakan untuk inferensi di platform berbasis web, menjadikannya cocok untuk pengembang dengan keterbatasan perangkat keras.

4.5 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. Pertanyaan-pertanyaan evaluasi ini secara langsung menguji kemampuan model AI untuk memenuhi standar artistik dan teknis yang spesifik.

4.5.1 Metode Pengumpulan Feedback

Data diperoleh melalui kuesioner online yang dibagikan kepada:

- a) Mahasiswa jurusan Desain dan Informatika
- b) Pengembang game indie
- c) Komunitas seni digital lokal

Kuesioner terdiri dari pertanyaan kuantitatif (menggunakan skala Likert 1–5) dan pertanyaan terbuka.

Daftar pertanyaan :

- a) **Q1:** Warna - "Bagaimana Anda menilai warnanya?"
- b) **Q2:** Gaya pixel art character - "Seberapa mirip hasilnya dengan gaya karakter seni piksel retro?"



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- c) **Q3:** Warna rambut - "Apakah warna rambutnya benar?"
- d) **Q4:** Jenis pakaian - "Apakah jenis pakaiannya benar?"
- e) **Q5:** Senjata - "Apakah senjatanya benar?"
- f) **Q6:** Pose menghadap - "Apakah arah hadapnya benar?"

Pertanyaan mengenai **warna (Q1)** sangat relevan karena seni piksel menuntut penggunaan palet warna yang terbatas dan disengaja untuk menciptakan kohesi dan suasana hati, sebuah aspek yang seringkali menjadi tantangan bagi AI yang cenderung membatasi kelompok warna pada objek tertentu (Gao et al., 2025; Surabhi, 2022). Demikian pula, pertanyaan tentang **gaya seni piksel karakter (Q2)** menilai kepatuhan AI terhadap estetika seni piksel yang ketat, yang menghindari efek seperti transparansi parsial, *blurring*, atau *noise* acak yang sering dihasilkan oleh model AI umum. Sementara itu, pertanyaan-pertanyaan tentang **warna rambut (Q3), jenis pakaian (Q4), dan senjata (Q5)** secara kolektif menguji *akurasi* dan *relevansi* keluaran AI terhadap *prompt* atau desain yang dimaksudkan, memastikan bahwa model dapat menerjemahkan atribut spesifik dan mempertahankan konsistensi detail yang krusial untuk aset karakter dalam permainan (Hall & Schofield, 2025; Hsieh et al., 2024; Yadav, n.d.). Terakhir, pertanyaan mengenai **pose menghadap (Q6)** mengevaluasi kontrol AI terhadap *penyelarasan pose* dan *integritas struktural* karakter, yang sangat penting untuk animasi dan kegunaan *sprite* dalam pengembangan permainan, mengingat model estimasi pose yang ada sering kesulitan dengan proporsi dan pose non-standar dalam seni piksel (Hsieh et al., 2024; *Pixelblog* - 49 - *Realistic Human Anatomy — SLYNYRD*, n.d.). Secara keseluruhan, pertanyaan-pertanyaan ini secara komprehensif menilai kemampuan model AI untuk tidak hanya menghasilkan gambar berpiksel, tetapi juga untuk memenuhi tuntutan artistik dan fungsional yang melekat pada generasi karakter seni piksel.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5.2 Hasil dan Interpretasi

Dari 29 responden, hasilnya sebagai berikut:

Tabel 4.11 Data responden

Kode Pertanyaan	Komponen	Pertanyaan	Skala	Hasil
Q1	Warna	<i>How would you rate the colors?</i>	1-5	130 dari 145 skor maksimal
Q2	Gaya pixel art character	<i>How similar is the result to style of retro pixel art character?</i>	1-5	123 dari 145 skor maksimal
Q3	Warna rambut	<i>Was the hair color correct?</i>	Ya/Tidak	26 jawaban sesuai dari 29 responden
Q4	Jenis pakaian	<i>Was the cloth type correct?</i>	Ya/Tidak	22 jawaban sesuai dari 29 responden
Q5	Senjata	<i>Was the weapon correct?</i>	Ya/Tidak	25 jawaban sesuai dari 29 responden
Q6	Pose menghadap	<i>Was the facing correct?</i>	Ya/Tidak	26 jawaban sesuai dari 29 responden

Tabel 4.12 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%
Keseusaian pose	89.66%

berdasarkan analisis komprehensif dari data umpan balik responden, model generatif *pixel art* yang telah di-*fine-tune* menunjukkan performa yang sangat menjanjikan dalam berbagai aspek. Secara kuantitatif, model mencapai rata-rata



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

skor **4.48** untuk kualitas visual/warna dan **4.24** untuk kesesuaian dengan deskripsi *prompt* secara keseluruhan (keduanya pada skala Likert 1-5), mengindikasikan bahwa model berhasil menghasilkan gambar *pixel art* yang estetik dan umumnya sesuai dengan instruksi pengguna. Evaluasi kesesuaian fitur individual lebih lanjut menunjukkan kekuatan model dalam merepresentasikan warna rambut, jenis pakaian, senjata, dan arah hadap, dengan persentase kesesuaian masing-masing mencapai **89.66%**, **75.86%**, **89.66%**, dan **89.66%**. Namun, terdapat tantangan signifikan pada fitur *headgear* yang menunjukkan tingkat kesesuaian **0.00%**. Umpan balik kualitatif menguatkan temuan ini, di mana banyak responden memuji output model sebagai "keren" dan "bagus", sementara juga menyuarakan kebutuhan akan akurasi yang lebih baik pada detail spesifik dan ekspansi fitur. Temuan ini secara kolektif membuktikan potensi model dalam aplikasi praktis sambil menyoroti area kunci untuk peningkatan iteratif, khususnya dalam menyempurnakan representasi fitur-fitur yang lebih spesifik dan memperkaya pengalaman interaksi pengguna.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

BAB V

PENUTUP

5.1 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.

5.2 Saran

a. Perluasan Dataset

Dataset pixel art dapat ditingkatkan baik dalam kuantitas maupun keragaman atribut karakter untuk meningkatkan generalisasi model.

b. Peningkatan Kualitas Captioning

Kombinasi dengan pendekatan manual atau model captioning lain bisa meningkatkan akurasi deskripsi teks yang lebih kontekstual dan detail.

c. 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.

d. 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.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

e. 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.





DAFTAR PUSTAKA

- 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. <https://penerbit.ciputra.ac.id/product/ai-desain-ancaman-atau-peluang/>
- Dhariwal, P., & Nichol, A. (2021). Diffusion Models Beat GANs on Image Synthesis. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 11, 8780–8794. <https://arxiv.org/abs/2105.05233v4>
- 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, ICCI 2017*. <https://arxiv.org/abs/1706.07068v1>
- 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. <https://arxiv.org/abs/2403.03206v1>
- Gao, Y., Liang, J., & Yang, J. (2025). Color Palette Generation From Digital Images: A Review. *Color Research and Application*, 50(3), 250–265. <https://doi.org/10.1002/COL.22975>
- Hall, J., & Schofield, D. (2025). The Value of Creativity: Human Produced Art vs. AI-Generated Art. *Art and Design Review*, 13(01), 65–88. <https://doi.org/10.4236/ADR.2025.131005>
- Ho, J., Jain, A., & Abbeel, P. (2020). Denoising Diffusion Probabilistic Models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 6840–6851.
- Hsieh, C.-A., Zhang, J., & Yan, A. (2024). *Sprite Sheet Diffusion: Generate Game Character for Animation*. <https://arxiv.org/pdf/2412.03685>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 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*. <https://arxiv.org/abs/2106.09685v2>
- 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. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16667-0_3
- Pixelblog - 49 - Realistic Human Anatomy — SLYNYRD. (n.d.). Retrieved July 3, 2025, from <https://www.slynnyrd.com/blog/2024/3/25/pixelblog-49-realistic-human-anatomy>
- Renza, V. (2022). AI Generated Art. *Morals & Machines*, 2(2), 32–39. <https://doi.org/10.5771/2747-5174-2022-2-32>
- Risandhy, R. (2023). MENGIDENTIFIKASI TANTANGAN DAN PELUANG DALAM PEMANFAATAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE ART BAGI DESAINER GRAFIS. *WARNARUPA (Journal of Visual Communication Design)*, 2(2). <https://jurnal.umt.ac.id/index.php/WARNARUPA/article/view/8503>
- 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. <https://doi.org/10.1109/CVPR52688.2022.01042>
- Surabhi, A. (2022). Pixel Perfection: The Evolution Of Digital Art In Applied Design. *International Journal of Current Science (IJCS PUB)* *Www.Ijcs pub.Org*, 12(1), 2250–1770. www.ijcs pub.org
- Yadav, S. (n.d.). *Perception and Evaluation of AI Generated Art*. 12. <https://doi.org/10.25215/1204.004>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

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. <https://doi.org/10.1145/3626235>

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. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00068>

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





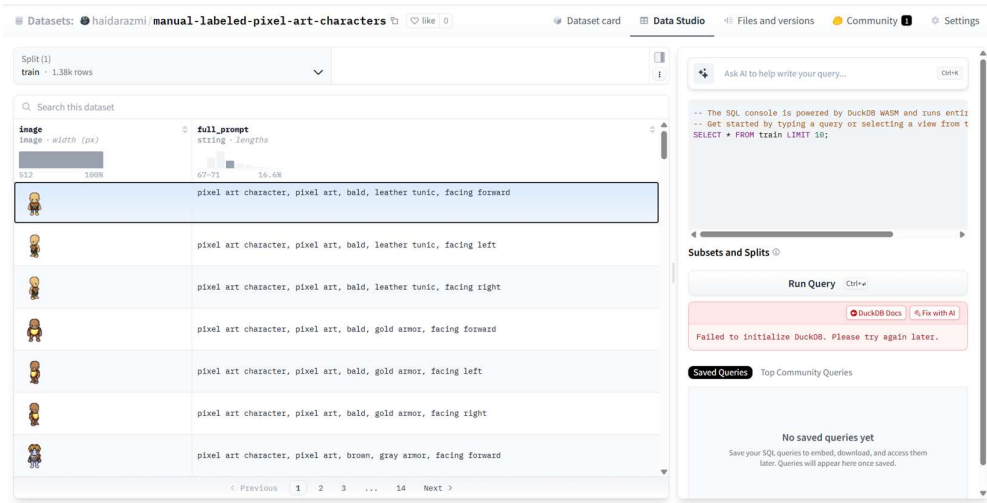
Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Dataset Lengkap :



Dapat diakses melalui URL : <https://huggingface.co/datasets/haidarazmi/manual-labeled-pixel-art-characters>

Data umpan balik pengguna :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	timestamp	color	similarity	optional	headgear	haircolor	clothtype	weapon	facing	email		
2	30/05/2025 16:3		4	3		TRUE	TRUE		TRUE	haidarazmi36@gmail.com		
3	30/05/2025 19:5		5	5	Keren, sesuai kemauan	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	putraravelyon15@gmail.com		
4	31/05/2025 13:3		5	5		TRUE		TRUE	TRUE	naovalmalhiz@gmail.com		
5	31/05/2025 13:3		4	4		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	dzakynashshar@gmail.com		
6	31/05/2025 20:0		5	5		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	shieraanggang@gmail.com		
7	09/06/2025 4:51		5	5	Sangat bagus. Saya sangat suka	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	sebastiankhoe58@gmail.com		
8	09/06/2025 17:4		4	5	good! pixel generator for creating	TRUE		TRUE	TRUE	ndrakyla@gmail.com		
9	09/06/2025 18:0		3	2		TRUE		TRUE	TRUE	adrianaafaza04@gmail.com		
10	09/06/2025 18:1		5	4	Cool for game sprites				TRUE	undrts1@gmail.com		
11	10/06/2025 16:3		4	5		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	yovan athallah supriyadi.tik22@mhs.wprj.ac.id		
12	10/06/2025 16:3		4	5		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	wafana mumtaza dzaugiyah.tik23@stu.wprj.ac.id		
13	10/06/2025 16:4		5	5	keren saya suka	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	mohammad haekal.tik23@stu.wprj.ac.id		
14	10/06/2025 18:4		4	4	Good	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	farroqalman@gmail.com		
15	10/06/2025 19:0		5	5	Bagus banget nih kalau bisa tingi	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	jonhpercy17@gmail.com		
16	10/06/2025 19:0		4	2	It isnt similar to my prompts, but I like the shape. It gives the "pixel a			TRUE	TRUE	riandar farhan1@gmail.com		
17	10/06/2025 19:0		4	4	Mantap	TRUE	TRUE		TRUE	ardyzakwan1@gmail.com		
18	10/06/2025 19:1		4	4		TRUE	TRUE		TRUE	ardyzakwan1@gmail.com		
19	10/06/2025 19:3		5	5	This turned out amazing and so re	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	alfheim.py@gmail.com		
20	10/06/2025 19:3		4	3			TRUE		TRUE	nochizusteamacc@gmail.com		
21	10/06/2025 19:4		5	3	warna rambut masih ada sedikit n	TRUE		TRUE	TRUE	muhammad asaduddin.119.1.4@gmail.com		
22	10/06/2025 19:5		5	5	wah bagus sekali	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	rmfabian575@gmail.com		
23	10/06/2025 19:5		5	5	THIS IS WORKINGG	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	risyadauksyah@gmail.com		
24	10/06/2025 19:5		5	5	Good job	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	pumomogarinari@gmail.com		
25	10/06/2025 19:5		5	5	Good job	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	pumomogarinari@gmail.com		
26	10/06/2025 19:5		5	5	Good Generate	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	nashrthunder221@gmail.com		
27	10/06/2025 21:2		4	3	No skirt and she's not facing right	TRUE	TRUE	TRUE		nabil.falih.khairullah.tik21@mhs.wprj.ac.id		

Dapat diakses melalui

URL : https://docs.google.com/spreadsheets/d/1bBIPO2vF_pnGiHf0yzKd-ZTbdXIQWVWlwkqVhmnERrvs/edit?gid=0#gid=0

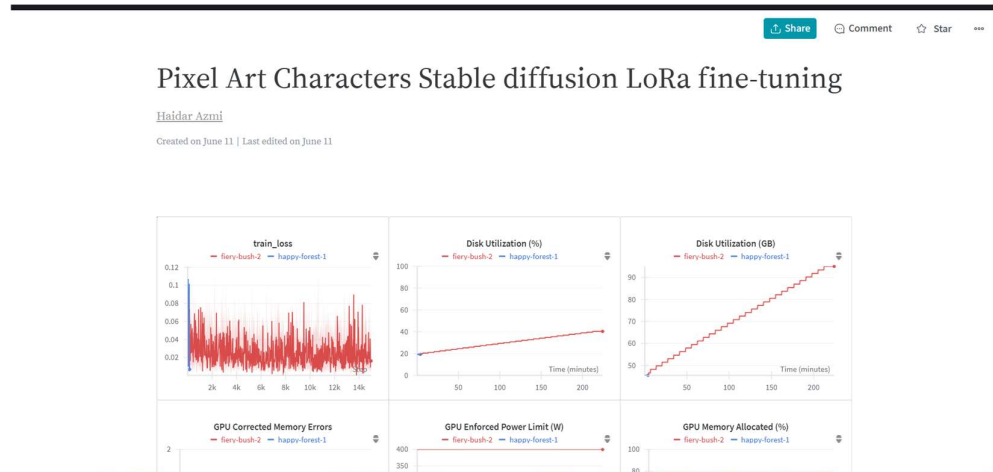


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Log pelatihan model



Dapat diakses melalui

URL : <https://wandb.ai/haidarazmi36-politeknik-negeri-jakarta/text2image-fine-tune/reports/Pixel-Art-Characters-Stable-diffusion-LoRa-fine-tuning--VmlldzoxMzE3NDUzMw?accessToken=xommaow3ll13n90599lzh0t702mmm6tysg19ercqtxot25i6tc7nlrzc1te2y6fe>