

# Eksplorasi Denoising Convolutional Autoencoder pada Dataset Fashion MNIST

## 1. Pendahuluan

*Autoencoder* adalah jenis jaringan saraf yang dilatih untuk mereplikasi inputnya. Arsitektur ini terdiri dari dua bagian utama: *encoder* yang memadatkan data input ke dalam representasi laten berdimensi rendah, dan *decoder* yang merekonstruksi data asli dari representasi tersebut. Eksperimen ini berfokus pada varian *Denoising Autoencoder*, yang dilatih untuk menghasilkan kembali data bersih dari input yang sengaja dirusak (*noisy*). Kemampuan ini sangat relevan untuk aplikasi nyata seperti restorasi gambar dan pengurangan *noise*.

**Tujuan dan Ruang Lingkup:** Tujuan utama proyek ini adalah:

1. Membangun arsitektur *Convolutional Autoencoder* yang efektif untuk data gambar.
2. Melatih model untuk dapat menghilangkan *noise* dan merekonstruksi citra asli dari dataset Fashion MNIST.
3. Menganalisis kualitas representasi laten yang dipelajari oleh *encoder* melalui visualisasi.

Ruang lingkup tugas meliputi persiapan dataset, perancangan model, pelatihan, dan evaluasi hasil rekonstruksi serta analisis ruang laten.

## 2. Dataset

**Sumber Data:** Dataset yang digunakan adalah **Fashion MNIST**, yang disediakan oleh Keras. Dataset ini merupakan pengganti modern untuk dataset MNIST klasik dan terdiri dari gambar-gambar item fesyen.

**Deskripsi Dataset:**

- **Data Latih:** 60.000 gambar grayscale berukuran 28x28 piksel.
- **Data Uji:** 10.000 gambar grayscale berukuran 28x28 piksel.
- **Jumlah Kelas:** 10 kategori pakaian, seperti 'T-shirt/top', 'Trouser', 'Pullover', dan lainnya.

**Preprocessing:**

1. **Normalisasi:** Nilai piksel dari setiap gambar dinormalisasi dari rentang  $[0, 255]$  ke  $[0, 1]$  dengan membaginya dengan 255.0.
2. **Penambahan Noise (Langkah Kreatif):** *Noise* Gaussian acak ditambahkan ke data latih dan uji dengan *noise\_factor* sebesar 0.4. Data yang telah diberi *noise* ini digunakan sebagai input untuk model, sementara data asli yang bersih menjadi target output.

## 3. Implementasi Model

Model yang dibangun adalah *Convolutional Autoencoder* yang dirancang khusus untuk memproses data gambar secara efisien.

**Arsitektur Model:** Model ini terdiri dari 3 lapis *encoder* dan 3 lapis *decoder*:

- **Encoder:**
  1. Conv2D (32 filter) + MaxPooling2D
  2. Conv2D (64 filter) + MaxPooling2D
  3. Conv2D (128 filter) sebagai lapisan *bottleneck* yang menghasilkan representasi laten.
- **Decoder:**
  1. Conv2DTranspose (64 filter) + UpSampling2D
  2. Conv2DTranspose (32 filter) + UpSampling2D
  3. Conv2D (1 filter, aktivasi *sigmoid*) sebagai lapisan output untuk merekonstruksi gambar.

Total parameter yang dapat dilatih adalah **185.217**.

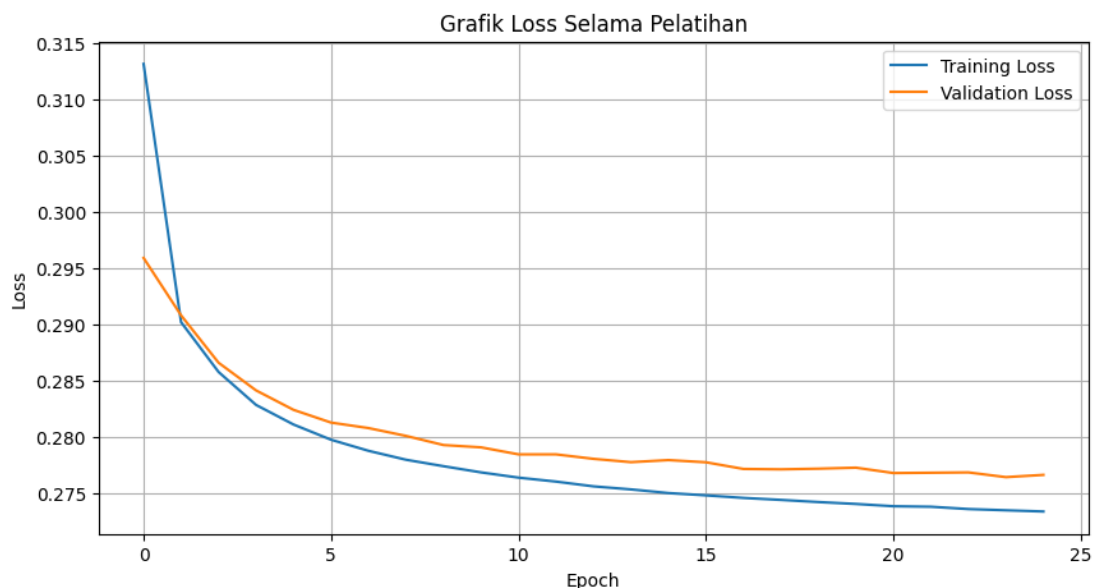
#### Pengaturan Eksperimen:

- **Optimizer:** adam.
- **Loss Function:** binary\_crossentropy.
- **Epoch:** 25.
- **Batch Size:** 128.

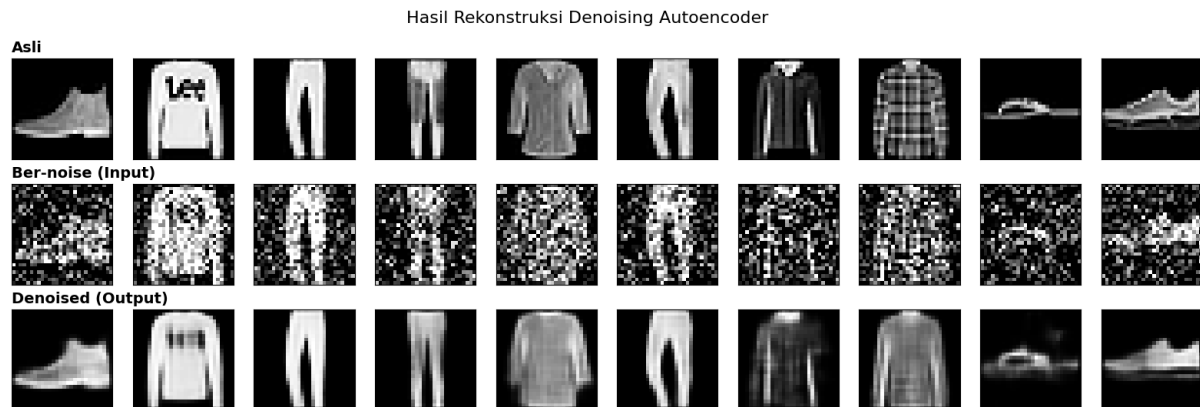
#### 4. Evaluasi Hasil

Evaluasi dilakukan dengan menganalisis kurva *loss*, kualitas gambar rekonstruksi, dan visualisasi ruang laten.

**Analisis Kurva Loss:** Grafik *loss* pelatihan menunjukkan bahwa *training loss* dan *validation loss* sama-sama menurun secara konsisten selama 25 *epoch* dan nilainya saling mendekat. Ini mengindikasikan bahwa model berhasil belajar dengan baik tanpa mengalami *overfitting* yang signifikan. *Validation loss* akhir yang rendah (sekitar 0.276) menunjukkan kemampuan generalisasi model yang baik.

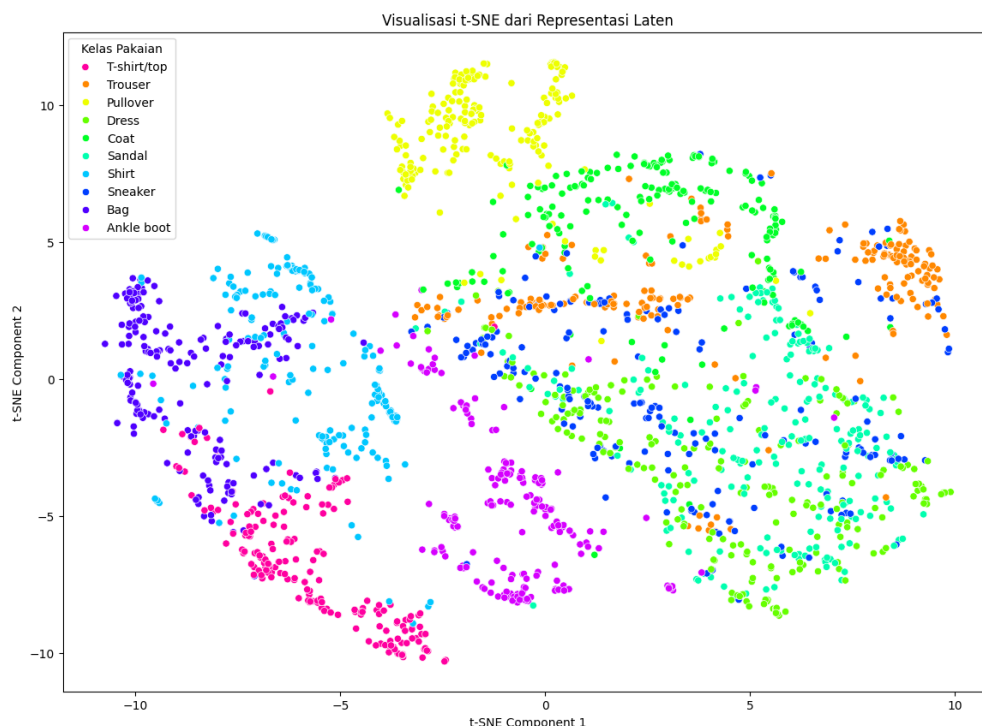


**Analisis Hasil Rekonstruksi:** Hasil prediksi pada data uji menunjukkan kemampuan *denoising* yang sangat baik. Model mampu merekonstruksi citra asli yang bersih (baris "Asli") dari input yang sangat *noisy* (baris "Ber-noise"), dan menghasilkan gambar *output* (baris "Denoised") yang sangat mirip dengan gambar aslinya. Fitur-fitur utama seperti bentuk pakaian, sepatu, dan tas berhasil dipertahankan dengan jelas.



**Analisis Representasi Laten (t-SNE):** Representasi laten dari data uji (yang telah direduksi menjadi 2D menggunakan t-SNE) menunjukkan bahwa *encoder* berhasil mempelajari fitur-fitur yang bermakna. Pada plot t-SNE, terlihat jelas bahwa:

- Item-item yang serupa secara visual, seperti alas kaki ('Sandal', 'Sneaker', 'Ankle boot'), membentuk *cluster* yang berdekatan.
- Kategori pakaian bagian atas ('T-shirt/top', 'Pullover', 'Coat', 'Shirt') juga mengelompok bersama.
- Kategori 'Bag' membentuk *cluster* yang paling terpisah, menandakan fitur uniknya.



Pengelompokan ini membuktikan bahwa model tidak hanya mereplikasi gambar, tetapi juga memahami struktur dan fitur yang membedakan setiap kategori.

## 5. Kesimpulan dan Saran

**Kesimpulan:** Eksperimen ini berhasil mengimplementasikan model *Denoising Convolutional Autoencoder* yang efektif pada dataset Fashion MNIST. Model ini menunjukkan performa yang sangat baik dalam menghilangkan *noise* dan merekonstruksi gambar. Analisis ruang laten juga membuktikan bahwa *encoder* mampu mengekstrak fitur-fitur visual yang relevan dan terstruktur dari data.

### Saran Pengembangan:

- **Eksperimen dengan Jenis Noise Berbeda:** Menguji model dengan jenis *noise* lain (misalnya, *salt-and-pepper* atau oklusi) untuk melihat ketahanannya.
- **Arsitektur Lebih Dalam:** Menambah kedalaman arsitektur *encoder-decoder* untuk mencoba menangkap fitur yang lebih kompleks.
- **Variational Autoencoder (VAE):** Mengembangkan model menjadi VAE untuk memungkinkan generasi gambar baru dari ruang laten.