

DIGITAL IMAGE PROCESSING

Digital Image Processing (DIP) adalah bidang ilmu yang mendalami bagaimana komputer dapat menganalisis, memodifikasi, atau mengekstrak informasi dari citra digital menggunakan algoritma matematika. Teknologi ini banyak diterapkan di berbagai bidang seperti kedokteran, otomasi industri, keamanan, hingga hiburan.

1. Definisi Citra Digital

Citra digital adalah representasi visual yang disusun dari kumpulan piksel (*pixel - picture element*). Piksel ini adalah unit terkecil dari gambar yang menyimpan informasi berupa nilai intensitas warna.

Misalnya:

- **Gambar grayscale:** Setiap piksel memiliki nilai intensitas antara 0 (hitam) hingga 255 (putih).
- **Gambar RGB (Red, Green, Blue):** Setiap piksel memiliki tiga komponen warna (misalnya [255, 0, 0] untuk merah).

Gambar digital dibedakan berdasarkan formatnya, seperti **Bitmap (BMP)**, **JPEG**, **PNG**, atau **TIFF**, yang masing-masing memiliki cara kompresi dan penyimpanan data.

2. Tahapan Rinci dalam Pengolahan Citra Digital

A. Akuisisi Citra

Proses ini adalah langkah awal dalam pengolahan citra, yang melibatkan perangkat keras seperti kamera atau sensor.

Contoh:

- Kamera menangkap gambar pemandangan.
- Gambar hasil tangkapan diubah menjadi data digital oleh sensor (ADC - *Analog to Digital Converter*).

Catatan: Resolusi citra memengaruhi jumlah piksel. Resolusi tinggi menghasilkan detail lebih baik tetapi membutuhkan penyimpanan lebih besar.

B. Praproses Citra (Preprocessing)

Pada tahap ini, citra dipersiapkan untuk pengolahan lebih lanjut. Fokusnya adalah meningkatkan kualitas citra agar lebih mudah dianalisis.

1. Noise Removal (Penghilangan Noise):

Menghapus gangguan seperti titik acak pada citra.

Metode:

- Filter Mean: Menghaluskan citra dengan rata-rata intensitas piksel tetangga.
- Filter Gaussian: Menghapus noise dengan pendekatan distribusi probabilitas.

2. Image Enhancement (Peningkatan Citra):

- *Contrast Stretching*: Meningkatkan kontras dengan memperluas distribusi intensitas.
- *Histogram Equalization*: Meratakan distribusi intensitas citra untuk meningkatkan detail.

3. Geometric Transformations:

Melakukan rotasi, translasi, atau skalasi pada citra. Contoh: Membalik citra vertikal atau horizontal.

C. Pengolahan Tingkat Rendah (Low-Level Processing)

Pengolahan ini bekerja pada level piksel dengan algoritma sederhana. Biasanya digunakan untuk meningkatkan kualitas visual atau mendeteksi fitur dasar.

1. Filtering (Pemfilteran):

Digunakan untuk menghilangkan noise, meningkatkan kontras, atau menonjolkan fitur tertentu.

Contoh:

- **Low-pass Filter (Smoothing)**: Menghaluskan citra.
- **High-pass Filter (Sharpening)**: Memperjelas tepi atau fitur tajam.

2. Edge Detection (Deteksi Tepi):

Digunakan untuk mendeteksi perubahan intensitas yang tajam, seperti batas objek.

Algoritma populer:

- Sobel Operator.
- Canny Edge Detector (mendeteksi tepi dengan sensitivitas tinggi).

D. Pengolahan Tingkat Menengah (Mid-Level Processing)

Berfokus pada analisis lebih lanjut untuk mengekstraksi fitur atau objek dari citra.

1. **Segmentation (Segmentasi):**

Membagi citra menjadi beberapa bagian berdasarkan kesamaan tertentu, seperti warna atau tekstur.

Contoh:

- **Thresholding:** Memisahkan latar belakang dan objek berdasarkan nilai intensitas.
- **Region Growing:** Menggabungkan piksel-piksel yang mirip menjadi satu wilayah.

2. **Feature Extraction (Ekstraksi Fitur):**

Mengambil informasi penting dari citra, seperti:

- *Edges* (tepi).
- *Corners* (sudut).
- *Keypoints* (titik-titik penting).

3. **Object Recognition (Pengenalan Objek):**

Membandingkan fitur citra dengan database untuk mengenali objek tertentu.

Contoh: Sistem pengenalan wajah pada smartphone.

E. Pengolahan Tingkat Tinggi (High-Level Processing)

Pada tahap ini, citra digunakan untuk pengambilan keputusan atau analisis kompleks. Aplikasi tahap ini sering menggunakan *machine learning* atau *deep learning*.

1. **Classification (Klasifikasi):**

Citra dikategorikan ke dalam kelompok tertentu. Misalnya, menentukan apakah sebuah gambar termasuk kategori "kucing" atau "anjing".

2. **Object Detection (Deteksi Objek):**

Menentukan lokasi dan jenis objek dalam citra. Contoh: YOLO (*You Only Look Once*), Faster R-CNN.

3. **Image Understanding (Pemahaman Gambar):**

Sistem mencoba memahami konteks atau makna dari gambar secara keseluruhan.

3. Algoritma dan Teknik Umum

1. **Fourier Transform**

Digunakan untuk menganalisis frekuensi dalam citra, seperti mendeteksi pola periodik.

2. **Morphological Processing**

Operasi seperti dilasi (*dilation*) dan erosi (*erosion*) untuk mengubah bentuk

objek.

Contoh:

- Dilasi: Memperbesar ukuran objek.
- Erosi: Mengurangi ukuran objek.

3. **Convolutional Neural Networks (CNN):**

Model berbasis deep learning yang sangat efektif untuk pengenalan dan analisis gambar.

4. Aplikasi Digital Image Processing

1. **Medis:**

- Deteksi tumor dari citra MRI atau CT-Scan.
- Segmentasi organ dalam gambar X-Ray.

2. **Otomasi Industri:**

- Inspeksi kualitas produk menggunakan kamera otomatis.

3. **Keamanan:**

- Deteksi wajah untuk pembukaan kunci perangkat.
- Analisis video pengawasan.

4. **Hiburan:**

- Penyempurnaan kualitas gambar dan video.
- Efek visual dalam film.

5. **Transportasi:**

- Sistem deteksi plat nomor kendaraan.
 - Pengenalan rambu lalu lintas.
-

5. Tantangan dalam Pengolahan Citra Digital

● **Resolusi dan Ukuran Data:**

Pengolahan citra resolusi tinggi membutuhkan sumber daya besar.

● **Noise:**

Sulit menghilangkan noise tanpa kehilangan detail penting.

● **Konteks Gambar:**

Komputer sering kesulitan memahami konteks tanpa pelatihan yang sangat spesifik.

● **Kecepatan Real-Time:**

Aplikasi seperti video pengawasan memerlukan algoritma yang cepat.

NEURAL NETWORK

Neural Network (Jaringan Saraf Tiruan) adalah model komputasi yang meniru cara kerja otak manusia untuk memproses informasi. Konsepnya terinspirasi oleh neuron di otak, yang saling terhubung untuk mengolah dan menyimpan data.

1. Definisi Neural Network

Neural Network adalah bagian dari **machine learning**, yang digunakan untuk memecahkan masalah seperti klasifikasi, prediksi, dan pengenalan pola. Model ini terdiri dari lapisan (*layer*) yang saling terhubung, di mana setiap lapisan memiliki node atau neuron.

2. Komponen Utama Neural Network

1. Neuron

- Komponen dasar yang menerima input, memprosesnya, dan menghasilkan output.
- Setiap neuron memiliki *weight* (bobot) dan *bias* untuk menentukan kontribusi input terhadap output.

2. Layer (Lapisan)

Neural network terdiri dari beberapa jenis lapisan:

- **Input Layer:** Tempat data masuk ke jaringan.
- **Hidden Layer:** Lapisan yang memproses data. Jumlahnya bisa lebih dari satu (disebut *deep learning* jika banyak lapisan).
- **Output Layer:** Menghasilkan prediksi atau hasil akhir.

3. Activation Function

Fungsi matematika yang menentukan apakah neuron akan aktif atau tidak.

Contoh:

- Sigmoid (untuk probabilitas).
- ReLU (Rectified Linear Unit, untuk mempercepat proses komputasi).

4. Weight dan Bias

- *Weight* menentukan seberapa besar kontribusi input.
 - *Bias* membantu menyesuaikan output.
-

3. Cara Kerja Neural Network

1. Forward Propagation:

Data mengalir dari input layer ke output layer melalui hidden layer. Pada setiap neuron, operasi berikut terjadi:

$$z = (\text{weight} \times \text{input}) + \text{bias}$$

Output dari operasi ini diteruskan ke *activation function* untuk menghasilkan nilai akhir.

2. **Error Calculation:**

Setelah output dihasilkan, model membandingkan hasilnya dengan data asli (label). Perbedaan ini disebut *error*.

3. **Backpropagation:**

Error digunakan untuk memperbarui *weight* dan *bias* menggunakan algoritma optimasi seperti **Gradient Descent**. Tujuannya adalah meminimalkan error.

4. **Iterasi (Epoch):**

Proses ini diulang berkali-kali hingga error mencapai nilai minimum.

4. Jenis Neural Network

1. **Feedforward Neural Network (FNN):**

- Data mengalir satu arah, dari input ke output.
- Contoh: Digunakan untuk klasifikasi sederhana.

2. **Convolutional Neural Network (CNN):**

- Khusus untuk data gambar.
- Memanfaatkan operasi konvolusi untuk mengenali pola seperti tepi, sudut, dan bentuk.

3. **Recurrent Neural Network (RNN):**

- Dirancang untuk data berurutan, seperti teks atau audio.
- Memiliki memori internal untuk mengingat informasi sebelumnya.

4. **Generative Adversarial Network (GAN):**

- Terdiri dari dua jaringan (generator dan discriminator) yang bersaing satu sama lain.
 - Contoh: Membuat gambar realistis dari nol.
-

5. Kelebihan Neural Network

- **Kemampuan Generalisasi:**

Neural network bisa belajar dari data kompleks, seperti gambar, suara, atau teks.

- **Fleksibilitas:**

Dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, mulai dari prediksi cuaca hingga pengenalan wajah.

- **Akurasi Tinggi:**

Dengan data yang cukup, neural network sering kali menghasilkan prediksi yang sangat akurat.

6. Kekurangan Neural Network

- **Butuh Data Besar:**
Neural network membutuhkan data dalam jumlah besar untuk dilatih.
 - **Komputasi Tinggi:**
Proses pelatihan membutuhkan perangkat keras yang kuat, seperti GPU.
 - **Overfitting:**
Model bisa menjadi terlalu baik dalam menghafal data latih, sehingga tidak bisa bekerja baik pada data baru.
-

7. Aplikasi Neural Network

1. **Pengenalan Wajah:**
Digunakan dalam keamanan, media sosial, dan perangkat elektronik.
2. **Prediksi:**
Contoh: Ramalan cuaca, harga saham, atau pola konsumsi.
3. **Pengolahan Gambar:**
Menggunakan CNN untuk deteksi objek, segmentasi gambar, atau peningkatan kualitas gambar.
4. **Pemrosesan Bahasa Alami (NLP):**
Digunakan untuk terjemahan bahasa, chatbot, atau analisis sentimen.
5. **Game dan Hiburan:**
Neural network digunakan dalam pengembangan AI pada game dan efek visual film.

WHY IMAGE DATA PREPROCESSING, TRANSFORMS-AUGMENTATION?

1. **Image Data Preprocessing:**
 - Tujuan: Mengoptimalkan data gambar untuk digunakan oleh model.
 - Proses:
 - *Resizing*: Mengubah ukuran gambar ke dimensi tertentu agar seragam.
 - *Normalization*: Menstandarkan nilai piksel agar lebih stabil saat pelatihan.
 - *Cleaning*: Menghilangkan noise atau artefak yang tidak relevan.
 - Manfaat: Meningkatkan efisiensi pemrosesan dan akurasi model.
2. **Data Augmentation:**
 - Tujuan: Memperluas variasi data untuk meningkatkan generalisasi model.
 - Teknik:
 - Transformasi geometris seperti rotasi, flipping, cropping.
 - Modifikasi warna seperti perubahan kecerahan, saturasi.

- Distorsi gambar untuk meniru kondisi dunia nyata.
- Manfaat: Mengurangi risiko *overfitting* dengan menciptakan data baru dari dataset yang ada.

Kesimpulan: Dengan preprocessing, data menjadi bersih dan seragam. Augmentation menambah keragaman data sehingga model lebih adaptif terhadap data baru, terutama dalam situasi data terbatas.

Pertanyaan tentang Digital Image preprocessing

- 1, Bagaimana teknik *thresholding* bekerja dalam segmentasi citra, dan apa perbedaan antara *global thresholding* dan *adaptive thresholding*?
2. Jelaskan bagaimana *Gaussian Filter* digunakan untuk menghilangkan noise pada citra, dan mengapa parameter standar deviasi (σ) penting dalam filter ini?
3. Dalam deteksi objek real-time, bagaimana penggunaan teknik *region proposal* (seperti Selective Search atau RPN dalam Faster R-CNN) dapat meningkatkan akurasi dibandingkan pendekatan berbasis *sliding window*?

Pertanyaan Neural Network

1. Apa peran *activation function* non-linear seperti ReLU atau sigmoid dalam neural network, dan bagaimana mereka memengaruhi kemampuan jaringan untuk mempelajari data kompleks?
2. Bagaimana *dropout* diterapkan dalam neural network untuk mencegah overfitting, dan apa pengaruhnya terhadap hasil pelatihan model?
3. Dalam konteks RNN, mengapa *vanishing gradient problem* lebih rentan terjadi, dan bagaimana LSTM atau GRU secara teknis mampu mengatasi masalah ini dengan memperkenalkan mekanisme *gating*?

Pertanyaan tentang WHY IMAGE DATA PREPROCESSING, TRANSFORMS-AUGMENTATION

Dalam situasi dengan dataset terbatas, bagaimana kombinasi data augmentation dan transfer learning dapat digunakan untuk mengatasi overfitting, dan apa saja tantangan dalam mengintegrasikan kedua teknik ini secara optimal?