

# Laporan Analisis Pengolahan Citra: Studi Kasus Operasi Titik dan Operasi Ketetanggaan

Nama : Frederik Baptista Sakspari

NIM : 24/550780/PPA/06957

## 1. Pendahuluan

Dalam domain computer vision, kualitas citra merupakan aspek krusial yang secara fundamental memengaruhi hasil analisis dan performa model. Seringkali, citra yang diperoleh memiliki kualitas yang kurang optimal, seperti kondisi kurang pencahayaan (*underexposed*), atau terlalu terang (*over exposure*), atau ketajaman detail yang tidak memadai (*citra blur*). Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi dua permasalahan tersebut melalui aplikasi dua pendekatan fundamental dalam pengolahan citra digital:

1. **Operasi Titik (Point Operator):** Suatu teknik yang memodifikasi nilai intensitas setiap piksel secara individual tanpa mempertimbangkan piksel di sekitarnya. Metode yang diimplementasikan dalam studi ini adalah **Histogram Equalization**, beserta eksplorasi beberapa variannya, termasuk Global Histogram Equalization, Block Histogram Equalization, Adaptive Histogram Equalization, dan Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE). tujuannya untuk mempelajari bagaimana proses Histogram Equalization bekerja, dan bagaimana Histogram Equalization di optimalkan.
2. **Operasi Ketetanggaan (Neighborhood Operator):** Berbeda dengan pendekatan sebelumnya, teknik ini memodifikasi nilai piksel berdasarkan informasi dari piksel-piksel tetangganya. Proses ini, yang dapat dianalogikan dengan manipulasi artistik pada kanvas, diimplementasikan menggunakan sebuah filter atau kernel. Metode yang digunakan adalah **Filter Laplacian**, yang diaplikasikan untuk meningkatkan ketajaman detail citra.

## 2. Permasalahan dan Metodologi

Studi ini menangani dua permasalahan utama dalam kualitas citra, di mana setiap masalah diatasi dengan metodologi yang spesifik.

### Permasalahan A: Pencahayan Tidak Optimal (*Under/Over Exposure*)

Citra seringkali menunjukkan karakteristik visual yang datar atau berkabut, di mana detail pada area bayangan (*shadows*) maupun area sorotan (*highlights*) menjadi sulit untuk dibedakan. Fenomena ini disebabkan oleh distribusi rentang warna abu-abu yang terkonsentrasi pada segmen yang sempit.

Metodologi: Histogram Equalization

Histogram Equalization adalah metode yang efektif untuk meningkatkan kontras citra secara otomatis melalui redistribusi tingkat kecerahan piksel. Mekanisme kerja metode ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. **Konstruksi Histogram:** Langkah awal melibatkan kuantifikasi frekuensi kemunculan setiap tingkat kecerahan piksel (dalam rentang 0 hingga 255) pada keseluruhan citra. Hasilnya direpresentasikan dalam sebuah grafik histogram, di mana citra dengan kontras rendah akan menampilkan distribusi yang terpusat pada rentang intensitas yang sempit.
2. **Perhitungan Fungsi Distribusi Kumulatif (CDF):** Dari data histogram, fungsi distribusi kumulatif dihitung dengan mengakumulasi frekuensi piksel secara berurutan, dari intensitas terendah hingga tertinggi. CDF berfungsi sebagai dasar untuk transformasi pemetaan ulang nilai intensitas.
3. **Normalisasi dan Pemetaan Ulang:** Kurva CDF dinormalisasi untuk menghasilkan distribusi linear pada rentang 0 hingga 255. Proses ini secara efektif menciptakan sebuah peta transformasi yang akan memetakan setiap nilai intensitas asli ke nilai baru.
4. **Transformasi Citra:** Pada tahap akhir, nilai intensitas setiap piksel pada citra asli digantikan oleh nilai baru sesuai dengan peta transformasi yang telah dibuat. Akibatnya, distribusi intensitas piksel yang sebelumnya terkonsentrasi diperluas ke rentang yang lebih lebar, sehingga meningkatkan kontras global secara signifikan.

#### **Permasalahan B: Kurangnya Detail pada Citra (Citra *Blur*)**

Detail halus pada citra, seperti tepi objek atau tekstur permukaan, seringkali tampak tidak jelas atau *soft*. Kondisi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, dalam konteks penelitian ini citra blur disebabkan karena kurangnya fokus kamera. Tujuan dari metode ini adalah untuk mempertegas batas-batas tersebut sehingga citra tampak lebih tajam.

#### **Metodologi: Filter Laplacian**

Metode ini beroperasi dengan mendeteksi dan menonjolkan area dengan gradien intensitas yang tinggi, yang diinterpretasikan sebagai tepi atau detail.

1. **Deteksi Tepi Menggunakan Kernel:** Sebuah kernel, yaitu matriks berukuran kecil (dalam kasus ini, 3x3), digunakan sebagai detektor. Melalui proses konvolusi, kernel ini diaplikasikan pada seluruh area citra untuk menghitung perbedaan antara piksel pusat dan tetangganya. Proses ini menghasilkan citra baru yang hanya merepresentasikan fitur tepi (*edge map*). Dua varian kernel diuji: k4 (memperhitungkan empat tetangga horizontal dan vertikal) dan k8 (memperhitungkan delapan tetangga, termasuk diagonal).
2. **Penajaman Citra:** Edge map yang dihasilkan kemudian diagregasikan kembali dengan citra asli. Secara logis, operasi ini memperkuat sinyal pada lokasi-lokasi yang telah diidentifikasi sebagai tepi.  
$$\text{Citra Tajam} = \text{Citra Asli} + (\alpha * \text{Peta Tepi})$$
3. **Parameter alpha:** Parameter alpha berfungsi sebagai faktor penguatan (*scaling factor*)

yang mengontrol tingkat penajaman. Nilai alpha yang lebih tinggi akan menghasilkan penambahan detail tepi yang lebih jelas. Dalam penelitian ini, dilakukan eksperimen dengan nilai alpha 1, 2, dan 3 untuk mengevaluasi dampaknya.

### 3. Hasil dan Analisis

Berdasarkan kedua eksperimen yang telah dilakukan, diperoleh sejumlah hasil dan observasi penting sebagai berikut:

- **Efektivitas Signifikan Histogram Equalization:** Pada citra bulan dengan kontras awal yang rendah, teknik ini menunjukkan peningkatan kualitas visual yang signifikan. Detail kawah yang sebelumnya tidak terlihat menjadi lebih jelas dan memiliki persepsi kedalaman yang lebih baik. Grafik histogram pasca-pemrosesan mengonfirmasi bahwa distribusi intensitas piksel menjadi lebih merata di seluruh rentang, yang merupakan bukti visual atas keberhasilan teoritis metode ini.
- **Peningkatan Ketajaman Melalui Filter Laplacian:** Citra yang diproses menggunakan filter Laplacian menunjukkan peningkatan ketajaman dan ketegasan detail. Tekstur pada permukaan objek menjadi lebih terdefinisi. Efek ini berbanding lurus dengan peningkatan nilai alpha, di mana  $\alpha=3$  menghasilkan tingkat ketajaman tertinggi dalam eksperimen ini.
- **Trade-off antara Ketajaman dan Noise (Derau):** Analisis terhadap kernel k4 dan k8 serta pengaruh parameter alpha menunjukkan bahwa proses penajaman citra memiliki implikasi tertentu.
  - **Kernel k8** menghasilkan penajaman yang lebih seragam dan kuat karena mempertimbangkan seluruh piksel tetangga. Namun, metode ini memiliki kelemahan berupa sensitivitas yang lebih tinggi terhadap noise. Aplikasi kernel ini cenderung memperkuat noise, karena noise sendiri juga merupakan perubahan intensitas piksel tinggi.
  - **Kernel k4** menunjukkan performa yang sedikit lebih baik dalam menekan amplifikasi derau dibandingkan k8, meskipun efek penajamannya mungkin tidak sekuat k8.
  - Kesimpulan akhir menunjukkan adanya *trade-off*. Peningkatan parameter alpha untuk menciptakan citra dengan ketajaman yang lebih tinggi secara bersamaan meningkatkan amplifikasi noise yang tidak diinginkan. Hal ini terjadi baik pada kernel k4 maupun kernel k8. Dengan demikian, proses penajaman citra tidak hanya melibatkan peningkatan nilai parameter, tetapi juga memerlukan penyeimbangan antara detail yang diinginkan dan artefak visual yang tidak diinginkan.

Secara keseluruhan, proyek ini mendemonstrasikan bagaimana dua jenis operasi pengolahan citra dapat secara efektif meningkatkan kualitas visual. Tugas ini memberikan pemahaman mendalam tentang kelebihan, kekurangan, dan trade-off, serta cara meng-improve metode-metode pengolahan citra.