

# Image Enhancement Serbaguna dengan Gabungan Histogram Equalization Global dan Adaptif serta Deteksi Tepi

Adzka Ahmadetya Zaidan (13520127)  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung  
E-mail (gmail): 13520127@std.stei.itb.ac.id

**Abstract**— Makalah ini melakukan eksplorasi pendekatan peningkatan kualitas citra dengan menggabungkan *histogram equalization* global dan adaptif, serta deteksi tepi. Melalui penggunaan median filter, derau pada citra dihilangkan dan adaptasi *histogram equalization* pada tingkat pixel lokal dan global diintegrasikan untuk mencapai keseimbangan optimal antara rincian lokal dan global. Pendekatan ini berhasil meningkatkan ketajaman dan kualitas citra secara signifikan. Hasil dari pemrosesan ini membuat citra lebih mudah untuk dilakukan inspeksi berbasis gambar. Hasil eksperimen yang dilakukan menunjukkan keberhasilan dalam mengatasi masalah citra kualitas rendah. Implementasi ini menawarkan potensi pengembangan lebih lanjut dalam pemrosesan citra untuk keperluan inspeksi.

**Kata kunci**—*image enhancement; histogram equalization; adaptif; global; median filter; deteksi tepi; inspeksi citra*

## I. PENDAHULUAN

Peningkatan kualitas citra menjadi tantangan utama dalam berbagai konteks. Rendahnya kualitas citra dapat menjadi contoh tantangan tersebut pada pekerjaan inspeksi dari citra atau gambar yang diambil seperti inspeksi *manhole* (lubang got), citra dari dalam air, inspeksi produk, dan pengecekan citra lainnya. Masalah mendasar yang dihadapi dalam konteks ini melibatkan citra-citra dengan kualitas rendah yang mencakup aspek kabur, kontras rendah, terlalu terang, terlalu gelap, dan adanya derau. Citra-citra semacam ini seringkali diambil dari lingkungan yang tidak terkontrol, sehingga memerlukan pendekatan pemrosesan citra lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas visualnya. Tantangan ini membutuhkan solusi yang dapat dilakukan secara efektif mengatasi masalah pada tingkat pixel, sekaligus mempertimbangkan karakteristik global dari citra. Dalam menyelesaikan masalah ini, makalah ini bertujuan untuk menghadirkan sebuah pendekatan terpadu yang menggabungkan teknik-teknik pemrosesan citra seperti *median filter*, *histogram equalization* dalam ranah global dan local atau adaptif, serta pendeteksian tepi untuk mengatasi masalah-masalah kualitas citra yang kompleks. Melalui analisis lebih lanjut, peningkatan kualitas citra ini esensial dalam mendukung keberhasilan proses inspeksi dan evaluasi berdasarkan citra yang diambil.

Sebagai contoh konkrit dari permasalahan citra, inspeksi *manhole* berdasarkan gambar yang diambil menggunakan kamera dilakukan untuk mengurangi risiko pada saat pengecekan manual [1]. Inspeksi melalui gambar tersebut akan menjadi sulit akibat citra yang terlalu gelap atau terlalu terang. Pada kondisi ini, tidak hanya sulit untuk mengidentifikasi detail-detail penting pada objek inspeksi, tetapi juga dapat mengakibatkan kesalahan interpretasi yang signifikan. Citra yang *overexposed*, selain mengurangi kontras antara objek, juga dapat menyebabkan kehilangan informasi penting.



(a) Citra *manhole* dengan tangga yang rusak



(b) Citra *manhole* dengan bagian *overexposed* dan *underexposed*

Gambar 1. Contoh (a) citra dengan kecacatan yang dapat terlihat *manhole* dan (b) citra yang memiliki kualitas rendah akibat pencahayaan yang kurang baik

Selain itu, adanya derau pada citra dapat memberikan kesan yang tidak akurat dan merugikan pada hasil inspeksi. Pendekatan yang dapat secara efektif mengatasi variasi masalah ini perlu dilakukan dan memastikan bahwa citra yang dihasilkan dapat memberikan representasi yang akurat dan informatif dari objek yang diamati. Melalui penerapan metode yang diusulkan, peningkatan kualitas citra yang signifikan diharapkan dapat tercapai untuk memfasilitasi proses inspeksi dan evaluasi produk dengan lebih efisien dan akurat.

Dalam merespon kompleksitas masalah kualitas citra, makalah ini melakukan eksplorasi terhadap pendekatan yang dapat mengatasi tantangan tersebut. Eksplorasi tersebut mencakup penggunaan *median filter* untuk mereduksi derau,

penerapan *histogram equalization* secara global dan adaptif untuk meningkatkan distribusi intensitas pixel, serta deteksi tepi menggunakan *filter Laplacian* dan *Sobel* untuk menonjolkan detail. Pilihan teknik ini didasarkan pada upaya untuk mencapai keseimbangan yang optimal antara peningkatan kontras dan detail, sekaligus menjaga kontinuitas citra secara keseluruhan. Langkah-langkah eksperimental yang dilakukan menghasilkan serangkaian citra hasil yang diharapkan, menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam hal visualitas dan representasi objek. Eksplorasi ini bukan hanya merespons masalah secara spesifik, tetapi juga menciptakan landasan untuk pemahaman lebih mendalam terkait aplikabilitas dan keberhasilan teknik-teknik ini dalam berbagai skenario inspeksi dan pemrosesan citra. Dengan demikian, makalah ini tidak hanya menawarkan solusi praktis untuk masalah kualitas citra, tetapi juga menyumbangkan wawasan yang berharga untuk pengembangan konsep-konsep lebih lanjut di bidang ini.

Makalah ini bertujuan untuk memberikan kontribusi signifikan pada bidang pemrosesan citra dengan memperkenalkan pendekatan yang holistik dan efektif dalam peningkatan kualitas citra. Tujuan utama kami adalah memberikan solusi yang dapat diimplementasikan secara luas, khususnya dalam konteks inspeksi manhole, evaluasi produk berdasarkan gambar, dan aplikasi lain yang menghadapi permasalahan citra kualitas rendah. Melalui pemilihan teknik-teknik yang saling melengkapi, kami berharap untuk menciptakan sebuah metodologi yang dapat diandalkan dan dapat diterapkan secara praktis. Kegunaan makalah ini tidak terbatas pada aspek teknis saja; kami juga bermaksud untuk menyediakan panduan praktis bagi para praktisi dan peneliti yang terlibat dalam pengembangan solusi inspeksi dan pemrosesan citra. Dengan menyajikan pendekatan yang terbukti berhasil melalui eksperimen, makalah ini diharapkan dapat memberikan dasar yang kuat untuk perkembangan selanjutnya dalam memahami serta mengatasi permasalahan kualitas citra dalam berbagai konteks aplikatif.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Image Enhancement

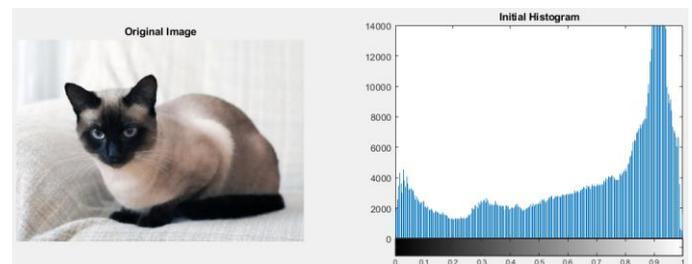
*Image enhancement* merupakan suatu proses yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas visual suatu citra agar lebih sesuai dengan kebutuhan analisis atau persepsi manusia. Proses ini melibatkan sejumlah konsep dan operasi pada tingkat pixel, memanipulasi intensitas warna atau kejelasan suatu citra. Salah satu dasar teori utama dalam *image enhancement* adalah pemahaman terhadap representasi citra sebagai kumpulan pixel. Pixel adalah unsur terkecil dalam suatu citra digital yang besar dan posisinya merepresentasikan resolusi dan kualitas gambar [2].

Konsep dasar yang melandasi *image enhancement* melibatkan pemahaman terhadap distribusi intensitas pixel dalam citra. Histogram merupakan representasi grafis dari distribusi intensitas pixel. Histogram ini menjadi alat yang dapat digunakan dalam menganalisis dan meningkatkan kualitas citra. Memahami karakteristik histogram membantu dalam mengidentifikasi aspek-aspek seperti kontras, kecerahan, dan distribusi nilai intensitas pada citra. Selain itu, konsep

pengurangan atau penghilangan derau merupakan bagian dari *image enhancement*. Derau atau *noise* adalah keberadaan pixel gangguan yang seharusnya tidak ada dalam citra. Derau dapat merusak kualitas citra dan mengaburkan detail-detail penting secara visual. Selain itu, derau juga menyulitkan pemrosesan citra lanjut oleh computer. Pengurangan derau melibatkan penerapan berbagai filter atau teknik untuk menghilangkan atau mengurangi komponen derau yang tidak diinginkan dari citra. *Image enhancement* juga melibatkan pemilihan metode yang tepat untuk meningkatkan kontras, ketajaman, dan kejelasan citra. Konsep transformasi, seperti operasi logaritmik, digunakan untuk meningkatkan kontras. Teknik-teknik lainnya seperti *sharpening* dapat digunakan untuk meningkatkan ketajaman.

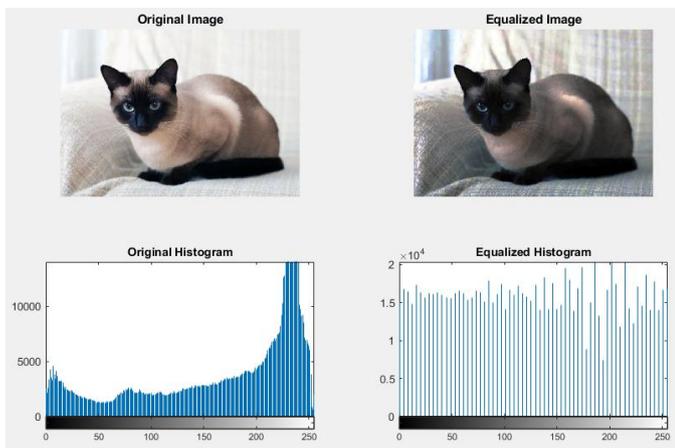
### B. Histogram Citra

Histogram dari suatu citra digital merupakan representasi visual dari distribusi intensitas pixel dalam citra tersebut. Histogram menunjukkan seberapa sering nilai intensitas tertentu muncul dalam citra. Secara umum, histogram membantu untuk memahami distribusi tingkat kecerahan atau warna dalam suatu citra. Pada histogram, sumbu horizontal merepresentasikan nilai intensitas pixel, sedangkan sumbu vertikal merepresentasikan jumlah pixel dengan nilai intensitas tersebut. Analisis histogram dapat memberikan wawasan tentang karakteristik citra, termasuk informasi mengenai tingkat kecerahan, kontras, dan distribusi warna.



Gambar 2. Citra kucing dan histogramnya

*Histogram equalization* adalah metode yang digunakan untuk meningkatkan kontras citra dengan meratakan distribusi histogram. Tujuan utama dari *histogram equalization* adalah untuk mendistribusikan intensitas pixel secara merata sehingga seluruh rentang intensitas tersedia dapat dimanfaatkan dengan lebih tersebar. Proses ini melibatkan pengukuran akumulasi histogram dan transformasi fungsi yang memetakan nilai intensitas awal ke nilai intensitas yang baru. Hasilnya adalah citra yang memiliki distribusi intensitas yang lebih merata, meningkatkan kontras dan kejelasan visual. Meskipun efektif dalam meningkatkan kontras secara global, *histogram equalization* dapat menyebabkan perubahan dalam persepsi warna dan detail yang mungkin tidak diinginkan pada beberapa situasi.



Gambar 3. Citra sebelum *histogram equalization* dan citra setelah *histogram equalization*

*Histogram equalization* adaptif adalah varian dari metode *histogram equalization* yang disesuaikan dengan karakteristik lokal dalam suatu citra [3]. Dalam konteks ini, pendekatan adaptif mengakui bahwa distribusi intensitas piksel dapat bervariasi secara signifikan di berbagai bagian citra. Proses ini dilakukan dengan membagi citra ke dalam wilayah-wilayah lokal, kemudian mengaplikasikan metode *histogram equalization* pada setiap wilayah tersebut secara terpisah. Dengan menerapkan transformasi intensitas piksel secara lokal, algoritma ini memungkinkan penyesuaian yang lebih baik terhadap perubahan kecerahan atau kontras yang mungkin terjadi dalam area tertentu. Hasilnya adalah citra yang mengalami peningkatan kontras yang sesuai dengan karakteristik lokalnya. Teknik ini sering digunakan dalam situasi di mana variasi kondisi pencahayaan atau distribusi intensitas piksel sangat heterogen di seluruh citra, seperti pada citra medis atau citra yang diambil dalam kondisi pencahayaan yang tidak merata.

#### C. Filter Spasial untuk Mengurangi Derau

Filter spasial untuk mengurangi derau dalam citra terdiri dari dua kategori utama, yaitu *mean filters* dan *order-statistics filters*. *Mean filters*, seperti filter rata-rata aritmatika, *geometric*, *harmonic*, dan *contra-harmonic*, beroperasi dengan cara meratakan nilai intensitas piksel di sekitarnya. Filter rata-rata aritmatika sederhana menggantikan nilai pixel dengan rata-rata intensitas sekitarnya, memberikan hasil yang cukup halus namun tidak efektif mengatasi jenis derau *salt-and-pepper*. Filter rata-rata *geometric* menggunakan akar pangkat  $n$  dari hasil perkalian intensitas pixel di sekitarnya, dan lebih efektif dalam mengurangi efek derau *salt-and-pepper*.

Filter rata-rata harmonik mengandalkan invers dari rata-rata invers intensitas pixel di sekitarnya dan membantu mengatasi derau impuls. Di sisi lain, filter rata-rata kontra-harmonik memberikan fleksibilitas dengan memungkinkan penggunaan parameter  $q$ , di mana  $q$  yang positif cenderung menyaring derau *pepper* dan  $q$  yang negatif cenderung menyaring derau *salt*.

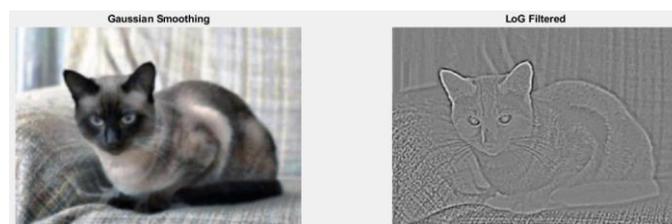
Selain itu, *order-statistics filters*, terutama filter median, juga berperan signifikan dalam mengurangi derau. Filter median menggantikan nilai pixel dengan nilai median dalam

daftar intensitas pixel di sekitarnya. Keunggulan utama filter median terletak pada kemampuannya untuk mempertahankan tepi citra sambil efektif mengurangi efek derau *salt-and-pepper*. Filter median sering diandalkan ketika derau dalam citra bersifat perubahan nilai pixel yang drastis dan dapat mempertahankan struktur citra dengan lebih baik. Pemilihan antara *mean filters* dan *order-statistics filters* bergantung pada karakteristik dan jenis derau yang dihadapi dalam citra serta tujuan pengolahan citra yang diinginkan.

#### D. Edge Detection pada Citra

*Edge detection* atau pendeteksi tepi merupakan tahap penting dalam pemrosesan citra yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menyoroti tepi objek dalam suatu citra. Metode-metode *edge detection* bertujuan untuk menentukan lokasi perubahan intensitas piksel yang signifikan, yang mencerminkan batas-batas antara objek dan latar belakang. Salah satu metode umum dalam *edge detection* adalah menggunakan operator filter spasial, seperti operator *Sobel* dan operator *Laplacian of Gaussian* (LoG).

Operator *Sobel* bekerja dengan mengkonvolusi citra dengan dua filter, satu untuk deteksi tepi horizontal dan satu untuk deteksi tepi vertikal. Hasil konvolusi dari kedua filter ini kemudian dihitung untuk menemukan besar gradien, yang memberikan indikasi lokasi tepi. Metode lain yang umum digunakan adalah operator *Laplacian of Gaussian* (LoG). LoG bekerja dengan menerapkan filter *Gaussian* terlebih dahulu untuk mengurangi derau, dan kemudian mengaplikasikan operator *Laplacian* untuk menyoroti perubahan cepat dalam intensitas piksel. Pendekatan ini memungkinkan deteksi tepi dengan lebih baik pada struktur objek yang lebih kompleks dan detail halus.



Gambar 4. Citra kucing yang dilakukan filter *Gaussian* dan *Laplacian* untuk *Edge Detection*

Selain operator filter, terdapat metode-metode lain seperti metode deteksi tepi berbasis gradient, seperti metode *Canny*. Metode ini melibatkan perhitungan besar gradien citra dan penggunaan teknik-thresholding untuk menentukan lokasi tepi. Algoritma *Canny* dikenal efektif dalam mendeteksi tepi dengan baik, mengurangi jumlah deteksi palsu dan memberikan hasil yang lebih akurat.

Keberhasilan deteksi tepi sangat dipengaruhi oleh pemilihan metode yang tepat sesuai dengan karakteristik citra dan objek yang diamati. Dalam pemrosesan citra, deteksi tepi menjadi langkah kritis untuk analisis lebih lanjut, seperti segmentasi dan pengenalan objek.

### III. METODE PENYELESAIAN MASALAH

Solusi yang dibuat untuk menyelesaikan masalah adalah dengan pembuatan program yang dapat menaikkan kualitas citra secara umum pada berbagai permasalahan kualitas citra. Program ini dibuat untuk menyelesaikan masalah umum pada citra, terutama yang berkaitan dengan derau, kontras rendah, dan kehilangan kejelasan tepi. Masalah ini sering muncul dalam konteks pekerjaan inspeksi berdasarkan gambar yang telah dibahas pada bagian I, dan tantangan umum citra kualitas rendah lainnya. Program yang dibuat menggunakan Bahasa pemrograman MATLAB. Cara kerja program dan hasil dari program akan dijelaskan dan ditunjukkan pada bagian ini.

#### A. Cara Kerja Program

Metode penyelesaian masalah yang diimplementasikan dalam program ini dimulai dengan membaca citra masukan melalui *command line interface* (CLI) menggunakan fungsi ``imread`` dari MATLAB pada masukan nama gambar serta jenis ekstensinya. Citra masukan dikonversi ke format tipe data *double* menggunakan ``im2double``. Selanjutnya, diterapkan Median Filter pada citra asli dengan menggunakan fungsi ``medfilt3`` untuk mereduksi derau.

Untuk menangani citra yang mungkin mengalami kondisi terlalu gelap atau *overexposure*, dilakukan penerapan *histogram equalization* (HE). Pertama, dilakukan *adaptive histogram equalization* (AHE) pada setiap saluran warna RGB secara terpisah. Proses ini dilakukan dengan menggunakan perulangan for untuk setiap saluran warna, mengaplikasikan fungsi ``adaphisteq`` dengan parameter 'ClipLimit' yang ditetapkan pada 0.02. AHE membantu dalam meningkatkan distribusi intensitas piksel dalam area kontras rendah.

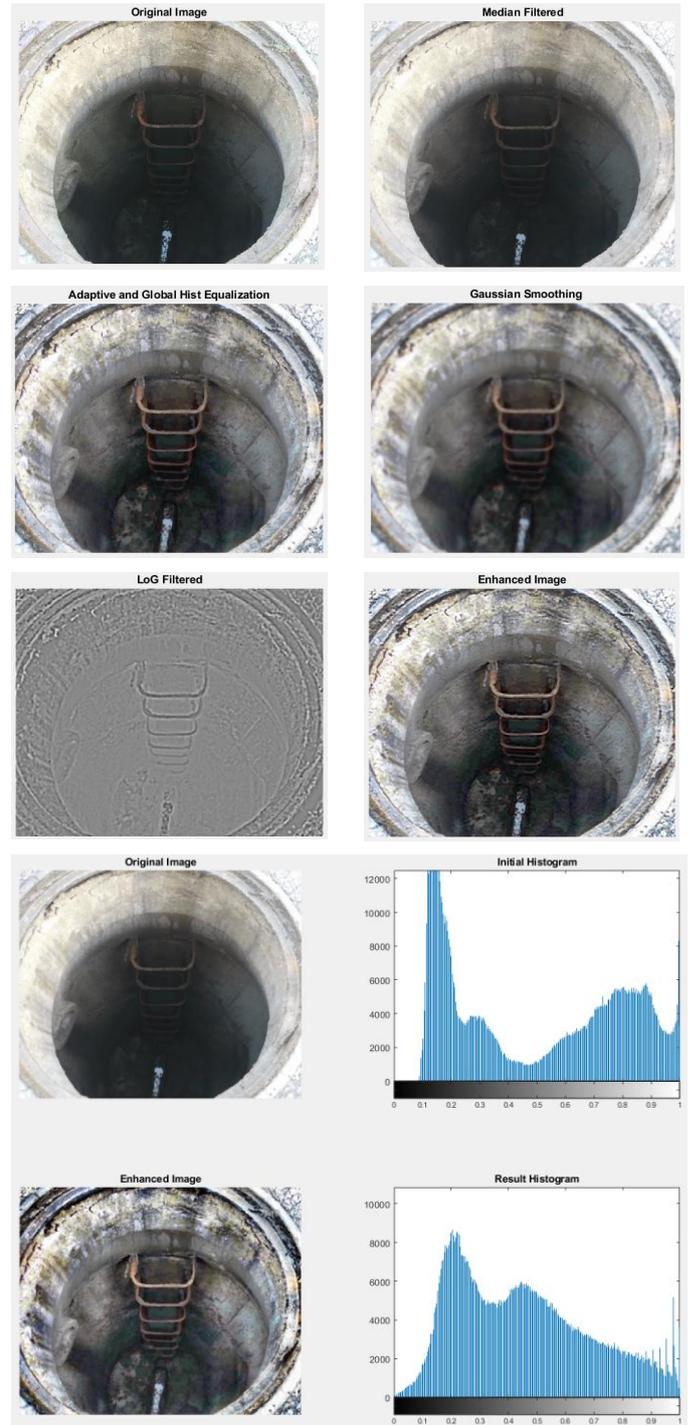
Selanjutnya, dilakukan *global histogram equalization* (GHE) pada setiap saluran warna RGB juga secara terpisah menggunakan fungsi ``histeq``. Kombinasi AHE dan GHE dilakukan dengan menggabungkan citra hasil dari keduanya menggunakan faktor *blending* dengan rasio 1:1. Citra hasil *blending* kemudian dihaluskan menggunakan *Gaussian Smoothing* dengan standar deviasi yang dapat disesuaikan pada program.

Untuk mendeteksi tepi dalam citra, konversi citra hasil *smoothing* ke citra skala keabuan dilakukan dengan menggunakan ``rgb2gray``. Kemudian, diterapkan *Laplacian Filter* untuk menyoroti perubahan cepat dalam intensitas piksel yang menandakan adanya tepi. Untuk meningkatkan kejelasan tepi, dilakukan pula pengaplikasian *Sobel Filter*.

Selanjutnya, dilakukan peningkatan intensitas secara keseluruhan pada citra hasil dengan menggunakan faktor skalasi. Hasil akhir dari seluruh proses ini adalah citra yang telah ditingkatkan kualitasnya, dengan penanganan derau, peningkatan kontras adaptif, dan peningkatan kejelasan tepi. Metode ini diarahkan untuk menghasilkan citra yang optimal dalam konteks aplikatif inspeksi gambar serta penyelesaian masalah citra kualitas rendah lainnya.

#### B. Penggunaan Program pada Permasalahan Kualitas pada Gambar yang Beragam-Macam

Program dijalankan pada gambar-gambar yang mungkin digunakan pada inspeksi *manhole*. Berikut merupakan proses dan hasil yang didapat dari dijalkannya program.



Gambar 5. Proses dan hasil program pada citra *manhole* untuk inspeksi

Berdasarkan citra yang dihasilkan oleh program, dapat terlihat bahwa citra *enhanced image* memiliki kejelasan yang lebih tajam dan detail pada bagian temboknya. Selain itu, tangga *manhole* yang asalnya sulit terlihat karena citra terlalu gelap, menjadi dapat terlihat dengan pencahayaan yang lebih baik.

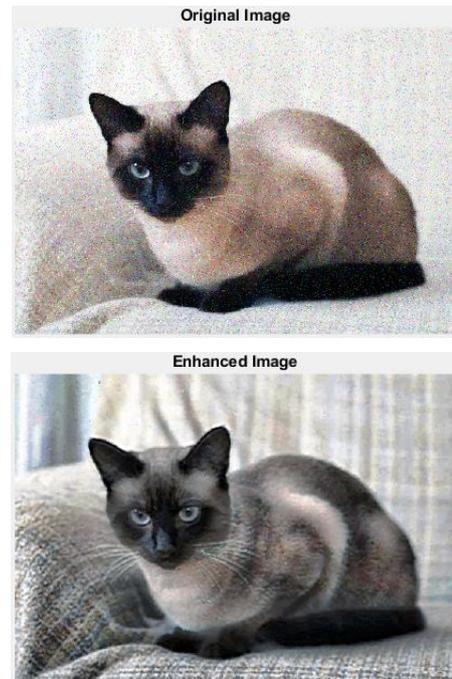
Program juga dijalankan pada citra bawah laut yang memiliki pencahayaan dan tingkat kejelasan yang rendah. Berikut adalah hasil dari program setelah dijalankan pada citra tersebut.



Gambar 6. Hasil program pada citra bawah laut

Hasil menunjukkan bahwa program dapat meningkatkan kontras, pencahayaan, dan ketajaman dari citra bawah laut tersebut. Citra setelah diproses tidak menghasilkan bagian citra yang *overexposed* atau terlalu gelap karena penggunaan AHE yang telah disebutkan sebelumnya.

Terakhir, program dijalankan pada citra kucing yang sudah ditambahkan derau *salt-and-pepper*. juga dijalankan pada citra bawah laut yang memiliki pencahayaan dan tingkat kejelasan yang rendah. Berikut adalah hasil dari program setelah dijalankan pada citra tersebut.



Gambar 7. Hasil program pada citra kucing dengan derau

Berdasarkan hasil yang didapat, derau pada citra berhasil dihilangkan pada program. Selain itu, program juga meningkatkan kontras dan ketajaman citra kucing secara otomatis. Percobaan pada citra ini juga berhasil menunjukkan peningkatan pada kejelasan citra.

#### IV. KESIMPULAN

Telah dijelaskan dan diimplementasikan sebuah program untuk meningkatkan kualitas citra dengan fokus pada penanganan derau, peningkatan kontras adaptif, dan peningkatan kejelasan tepi. Proses dimulai dengan penerapan Median Filter untuk mengurangi derau dalam citra, diikuti oleh pendekatan Histogram Equalization (Adaptive dan Global) untuk meningkatkan kontras citra, terutama pada area dengan kontras rendah.

Penggabungan hasil dari kedua metode *equalization* dengan *blending* dilakukan untuk menciptakan citra yang optimal. Proses selanjutnya melibatkan *Gaussian Smoothing* untuk meratakan citra dan mempersiapkannya untuk deteksi tepi. Deteksi tepi dilakukan menggunakan operator *Laplacian* dan *Sobel*, yang bertujuan untuk menyoroti batas-batas antara objek dalam citra.

Program berhasil meningkatkan kualitas citra dengan efektif menangani derau, meningkatkan kontras adaptif, dan mempertahankan kejelasan tepi. Hasilnya dapat memberikan kontribusi positif pada aplikasi-inspeksi manhole, evaluasi produk berdasarkan gambar, dan penyelesaian masalah citra kualitas rendah lainnya.

#### LINK PROGRAM MATLAB IMAGE ENHANCEMENT

Link program *Image Enhancement* yang dibuat: <https://drive.google.com/drive/folders/1nHq4UMNUYxHaXp6rvUAvr5I6y-eSxsv?usp=sharing>

## PENUTUP

Penulis akhiri makalah ini dengan mengungkapkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan petunjuk, kebijaksanaan, dan kekuatan dalam menyelesaikan makalah ini. Dalam setiap langkah perjalanan penulisan, rasa bersyukur hadir karena limpahan rahmat-Nya. Ucapan terima kasih yang tulus juga disampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T., yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan pelajaran berharga. Tidak lupa, penghargaan disampaikan kepada teman-teman penulis yang selalu memberikan dukungan dan semangat. Semoga makalah ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menjadi langkah awal untuk eksplorasi lebih lanjut dalam bidang pemrosesan citra. Terima kasih atas semua dukungan dan bimbingan yang diberikan. Semoga makalah ini dapat memberikan manfaat dan menjadi sumber inspirasi bagi pembaca lainnya.

## REFERENSI

- [1] Wei, Z., Yang, M., Wang, L., Ma, H., Chen, X., & Zhong, R. (2019). Customized Mobile LiDAR System for Manhole Cover Detection and Identification. *Sensors* (Basel, Switzerland), 19. <https://doi.org/10.3390/s19102422>.
- [2] Peters, J. (2017). Working with Pixels. , 87-124. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-52483-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-52483-2_2).
- [3] Csapodi, M., & Roska, T. (1996). Adaptive histogram equalization with cellular neural networks. 1996 Fourth IEEE International Workshop on Cellular Neural Networks and their Applications Proceedings (CNNA-96), 81-86. <https://doi.org/10.1109/CNNA.1996.566497>.

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 19 Desember 2023



Adzka Ahmadetya Zaidan  
13520127