

**ANALISIS KOMBINASI METODE CONTRAST LIMITED
ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION (CLAHE) DAN
MEDIAN FILTER UNTUK PENINGKATAN KUALITAS
CITRA HASIL SCREENSHOT CCTV**

SKRIPSI

OLEH:

FREDY NOOR

198160086



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

.....
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
.....

Document Accepted 26/8/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

ANALISIS KOMBINASI METODE *CONTRAST LIMITED ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION* (CLAHE) DAN *MEDIAN FILTER* UNTUK PENINGKATAN KUALITAS CITRA HASIL SCREENSHOT CCTV

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area**

**OLEH:
FREDY NOOR
198160086**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 26/8/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)26/8/25

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Kombinasi Metode Contrast Limited *Adaptive Histogram*
Equalization (CLAHE) Dan *Median Filter* Untuk Peningkatan
Kualitas Citra Hasil Screenshot CCTV

Nama : Fredy Noor

NPM : 198160086

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh

Pembimbing



Muhathir, ST., M.Kom

Dekan Fakultas Teknik

Ka. Prodi Teknik Informatika



Diklat, S. M. Kom, ST., MT



Rizka Yuliana, S. Kom., M. Kom

Tanggal Lulus : 12 Maret 2025

i

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun merupakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain yang telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 12 Maret 2025



Fredy Noor
198160086



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGASAKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fredy Noor

NPM : 198160086

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Kombinasi Metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) dan *Median Filter* untuk Peningkatan Kualitas Citra Hasil *Screenshot CCTV*

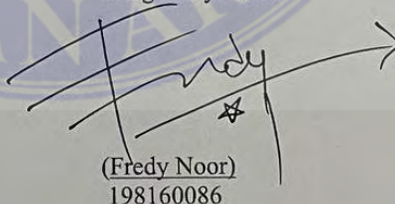
Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih meida/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 12 Maret 2025

Yang menyatakan

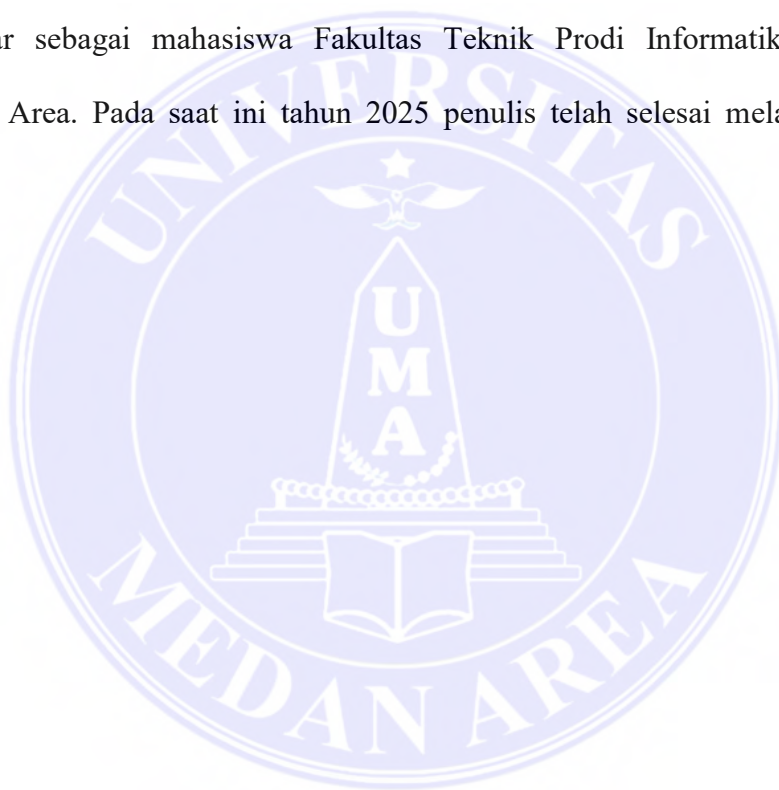


(Fredy Noor)
198160086

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Medan Provinsi Sumatera Utara pada tanggal 8 Juli 2001, dari Ayah Suparno M. dan Ibu Erlinawaty, dan penulis merupakan anak ke 1 dari 2 bersaudara. Penulis pertama sekali sekolah di SD Tunas Harapan Medan pada tahun 2007-2013 dan kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 23 Medan lulus pada tahun 2016.

Pada tahun 2019 Penulis lulus dari SMAN 6 Medan dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Prodi Informatika Universitas Medan Area. Pada saat ini tahun 2025 penulis telah selesai melakukan sidang skripsi.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Tuhan Yang Esa karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul, **“Analisis Kombinasi Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) Dan Median Filter Untuk Peningkatan Kualitas Citra Hasil Screenshot CCTV”**. Adapun penulisan skripsi ini sebagai syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Strata 1 (S1) Program Studi Teknik Informatika Universitas Medan Area.

Peneliti menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, bantuan serta dukungan yang baik dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan kerendahan hati peneliti mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada pihak yang terlibat dalam pengerjaan skripsi ini kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng., Suprianto, ST., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Rizki Muliono, S. Kom., M. Kom, selaku ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Muhathir, ST., M.Kom, selaku Pembimbing yang telah memberikan masukan, pengarahan dan kritik kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

5. Dosen-Dosen Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah mengajarkan kepada penulis sehingga penulis berbagai ilmu yang dapat penulis terapkan dalam penulisan skripsi ini.
6. Penghargaan yang khusus penulis ucapkan kepada kedua orang tua tercinta yang telah tulus memberi dukungan, doa, pengorbanan, nasehat dan kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Terima kasih kepada adik abang Khania Khairani yang telah memberikan dukungan, dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari Skripsi ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya. Oleh karena itu, demi perbaikan selanjutnya kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih atas bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis berharap kiranya Skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Medan, 12 Maret 2025


Fredy Noor
198160086

ABSTRAK

Perkembangan pesat teknologi pengawasan keamanan, khususnya penggunaan *Closed Circuit Television* (CCTV), telah menjadi bagian penting dari sistem pemantauan. Namun, kualitas rekaman CCTV sering kali terpengaruh oleh pencahayaan yang tidak memadai, yang menyebabkan gambar menjadi buram atau tidak jelas. Masalah ini diperparah dengan meluasnya penggunaan kamera CCTV berspesifikasi rendah di beberapa toko, yang menghasilkan gambar dengan kontras dan pencahayaan kurang optimal. Studi ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar tangkapan layar CCTV dengan menerapkan metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) dan *filter median*. CLAHE digunakan untuk meningkatkan kontras gambar tanpa menyebabkan peningkatan kontras yang berlebihan, sementara filter median berfungsi untuk mengurangi *noise* yang muncul setelah peningkatan kontras. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode CLAHE efektif dalam meningkatkan kontras gambar, dan penerapan filter median berhasil mengurangi *noise* tanpa menurunkan kualitas gambar. Berdasarkan nilai rata-rata MSE (Mean Squared Error) sebesar 0,00289 dan nilai rata-rata PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) sebesar 74,571, semakin rendah MSE dan semakin tinggi PSNR menunjukkan kualitas gambar yang semakin baik. Aplikasi yang dikembangkan menggunakan MATLAB 2017b ini berhasil meningkatkan kualitas gambar tangkapan layar CCTV, yang dapat menjadi referensi untuk penelitian di masa depan dalam bidang pemrosesan citra keamanan.

Kata Kunci: CCTV, CLAHE, Filter Median, Citra Digital, PNSR

ABSTRACT

The rapid development of security surveillance technology, particularly the use of Closed Circuit Television (CCTV), has become an essential part of monitoring systems. However, the quality of CCTV recordings is often affected by inadequate lighting, resulting in blurry or unclear images. This problem is exacerbated by the widespread use of low-spec CCTV cameras in several stores, which produce images with suboptimal contrast and lighting. This research aimed to improve the quality of CCTV screenshot images by applying the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) method and median filter. CLAHE was used to enhance image contrast without causing excessive contrast increase, while the median filter functioned to reduce the noise that appeared after contrast enhancement. The research results showed that the CLAHE method was effective in enhancing image contrast, and the application of the median filter successfully reduced noise without degrading image quality. Based on the average MSE (Mean Squared Error) value of 0.00289 and the average PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) value of 74.571, the lower the MSE and the higher the PSNR indicated better image quality. The application developed using MATLAB 2017b successfully improved the quality of CCTV screenshot images, which can serve as a reference for future research in the field of security image processing.

Keywords: CCTV, CLAHE, Median Filter, Digital Image, PSNR



DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGASAKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	Error! Bookmark not defined.
RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 5
2.1 Citra.....	5
2.1.1 Defenisi Citra Digital	5
2.1.2 Kualitas Citra	6
2.1.3 <i>Noise</i> Citra.....	7
2.2 <i>Screenshot</i>	8
2.3 <i>Closed Circuit Television (CCTV)</i>	8
2.4 <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)</i>	8
2.5 <i>Median Filter</i>	10
2.6 <i>Mean Squared Error (MSE)</i> dan <i>Peak Signal-to-Noise Ratio (PNSR)</i>	10
2.7 <i>Flowchart</i>	11
2.8 Penelitian Terkait	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Alat Dan Bahan Penelitian	23
3.2 Kerangka Kerja Penelitian	24
3.3 Sampel Data	26
3.4 Prosedur Kerja Metode	27
3.4.1 Langkah-Langkah Metode CLAHE	28
3.4.2 Langkah-Langkah Metode Filter <i>Median</i>	45
3.4.3 Hasil Penerapan Kombinasi Metode CLAHE dan <i>Median Filter</i>	57
3.5 Perancangan Sistem	58
3.5.1 Flowchart Sistem	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1 Hasil	65
4.1.1 Sampel Data	65
4.1.2 Pengujian CLAHE	66
4.1.3 Pengujian Median Filter	72
4.1.4 Pengujian Kombinasi CLAHE dan Median Filter	78
4.1.5 Implementasi	83
4.2 Pembahasan	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	90
5.1 Kesimpulan	90
5.2 Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	95

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Kerangka Kerja Penelitian	24
Gambar 3.2 Sampel Citra <i>Screenshot</i> CCTV	28
Gambar 3.3 Nilai Pixel Citra <i>Screenshot</i> CCTV 5x5	28
Gambar 3.4 Histogram Citra <i>Grayscale</i> 5x5.....	33
Gambar 3.5 Histogram Citra 5x5 Hasil CLAHE	44
Gambar 3.6 Rancangan Menu Utama	59
Gambar 3.7 Rancangan Perbaikan Citra	59
Gambar 3.8 Rancangan Menu Info	61
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Menu Utama	62
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> Perbaikan	63
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> Tentang Penulis	64
Gambar 4.1 Proses Pengujian CLAHE	67
Gambar 4.2 Proses Pengujian <i>Median Filter</i>	73
Gambar 4.3 Proses Pengujian kombinasi metode CLAHE dan <i>Median Filter</i>	78
Gambar 4.4 Hasil Pebandingan Citra CCTV 1	84
Gambar 4.5 Hasil Pebandingan Citra CCTV 2	85
Gambar 4.6 Hasil Pebandingan Citra CCTV 3	86
Gambar 4.7 Hasil Pebandingan Citra CCTV 4	87
Gambar 4.8 Perbandingan Zoom 400% Pada Sudut Citra Gelap Data 3	89

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Simbol Bagan Alir (<i>Flowchart</i>)	12
Tabel 2.2 Penelitian Terkait	13
Tabel 3.1 Sampel Data Penelitian	27
Tabel 3.2 Nilai Pixel Citra 5x5	29
Tabel 3.3 Hasil Nilai Pixel 5 x 5 <i>Grayscale</i>	31
Tabel 3.4 Penyusunan Frekuensi Kemunculan Nilai Pixel Citra.....	32
Tabel 3.5 Batas <i>Cliplimit</i> Setiap <i>Pixel</i>	36
Tabel 3.6 Pemotongan Histogram.....	37
Tabel 3.7 <i>Pixel</i> Lebih Tinggi dan Lebih Rendah Dari <i>Cliplimit</i>	39
Tabel 3.8 Nilai Matrik Citra Proses <i>Cliplimit</i> Histogram	39
Tabel 3.9 Penyusunan Frekuensi Kemunculan Nilai Histogram <i>Cliplimit</i>	40
Tabel 3.10 Nilai Citra Hasil Histogram <i>Equalization</i>	43
Tabel 3.11 Nilai Matrik Citra Proses CLAHE	45
Tabel 3.12 Nilai Pixel Citra CLAHE	45
Tabel 3.13 Pemilihan Nilai <i>Pixel</i> Kernel 1	46
Tabel 3.14 Urutan Nilai <i>Pixel</i> Terendah Kernel 1	46
Tabel 3.16 Nilai <i>Pixel</i> Hasil Median Kernel 1	47
Tabel 3.16 Pemilihan Nilai <i>Pixel</i> Kernel 2	47
Tabel 3.17 Urutan Nilai <i>Pixel</i> Terendah Kernel 2	47
Tabel 3.18 Nilai <i>Pixel</i> Hasil Median Kernel 2	48
Tabel 3.19 Pemilihan Nilai <i>Pixel</i> Kernel 3	48
Tabel 3.20 Urutan Nilai <i>Pixel</i> Terendah Kernel 3	49
Tabel 3.21 Nilai <i>Pixel</i> Hasil Median Kernel 3	49
Tabel 3.22 Pemilihan Nilai <i>Pixel</i> Kernel 4	49
Tabel 3.23 Urutan Nilai <i>Pixel</i> Terendah Kernel 4	50
Tabel 3.24 Nilai <i>Pixel</i> Hasil Median Kernel 4	50
Tabel 3.25 Pemilihan Nilai <i>Pixel</i> Kernel 5	51
Tabel 3.26 Urutan Nilai <i>Pixel</i> Terendah Kernel 5	51
Tabel 3.27 Nilai <i>Pixel</i> Hasil Median Kernel 5	51
Tabel 3.28 Pemilihan Nilai <i>Pixel</i> Kernel 6	52
Tabel 3.29 Urutan Nilai <i>Pixel</i> Terendah Kernel 6	52
Tabel 3.30 Nilai <i>Pixel</i> Hasil Median Kernel 6	53
Tabel 3.31 Pemilihan Nilai <i>Pixel</i> Kernel 7	53
Tabel 3.32 Urutan Nilai <i>Pixel</i> Terendah Kernel 6	53
Tabel 3.33 Nilai <i>Pixel</i> Hasil Median Kernel 7	54
Tabel 3.34 Pemilihan Nilai <i>Pixel</i> Kernel 8	54
Tabel 3.35 Urutan Nilai <i>Pixel</i> Terendah Kernel 8	54
Tabel 3.36 Nilai <i>Pixel</i> Hasil Median Kernel 8	55
Tabel 3.37 Pemilihan Nilai <i>Pixel</i> Kernel 9	55
Tabel 3.38 Urutan Nilai <i>Pixel</i> Terendah Kernel 9	56
Tabel 3.39 Nilai <i>Pixel</i> Hasil Median Kernel 9	56
Tabel 3.40 Nilai Pixel Citra CCTV <i>Median</i> 5x5	57
Tabel 3.41 Perbedaan Hasil Nilai Citra Sampel <i>Screenshot</i> CCTV	57
Tabel 4.1 Citra Hasil <i>Screenshot</i> CCTV	65

Tabel 4.2 Perbandingan Citra Awal dan CLAHE	68
Tabel 4.3 Perbandingan Citra Awal dan <i>Median Filter</i>	74
Tabel 4.4 Perbandingan Citra Awal dan Kombinasi.....	79
Tabel 4.5 Perbandingan Nilai MSE dan PNSR.....	88



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan perkembangan teknologi yang berkembang pesat, berkembang pula teknologi untuk sistem pengawasan keamanan. Ada beberapa teknologi dalam melakukan pengawasan keamanan yang banyak digunakan antara lain *Closed Circuit Television* (CCTV). CCTV adalah sebuah kamera video digital yang difungsikan untuk mengamati suatu objek secara continue setiap waktu dan mengirimkan sinyal video pada suatu ruang yang kemudian sinyal itu akan diteruskan ke sebuah layar monitor (Zanoor, 2020). Hasil rekaman video dari kamera CCTV tergantung dari fasilitas kualitas CCTV itu sendiri, ada yang bisa menangkap hasil dari ruang gelap atau sebaliknya (Hasanah, 2020). Apabila ruangan tersebut banyak cahaya maka hasil rekaman CCTV kelihatan bagus, apabila ruangan tersebut kurang cahaya maka hasil kamera CCTV hanya tampak objek yang terdapat cahaya, sehingga ada beberapa sisi objek yang kelihatan gelap dan hasil objek yang terekam tidak maksimal (Amalia Zain et al., 2022).

Masalah yang kerap terjadi adalah banyaknya toko-toko menggunakan CCTV dengan kualitas yang buruk, sehingga citra hasil rekaman CCTV tidak jelas, terutama pada kondisi kurang cahaya (Mahfuz. M. F et al., 2022). Sedangkan dalam proses penyidikan tindak kriminal seperti pencurian dan lain-lain, salah satu media yang dapat menjadi bukti adalah hasil *screen capture* dari CCTV. Masalah lainnya citra yang ditangkap oleh CCTV dengan spesifikasi yang rendah memiliki kontras dan pencahayaan yang terlalu tinggi sehingga

hasil penangkapan gambar menjadi kurang jelas dan kurang tajam (Azan et al., 2022) (Ikhsal et al., 2023).

Berdasarkan masalah tersebut, maka dari itu citra *screen capture* pada CCTV diambil sebagai objek penelitian kali ini. Akan tetapi citra *screen capture* dari CCTV menghasilkan kualitas yang lebih rendah dari pada video rekaman asli CCTV (Satya et al., 2022)(Septika Kaesardi et al., 2018)(Gilang Suryanata et al., 2020). Untuk mengatasi hal diatas, dibutuhkanya sebuah aplikasi yang dapat memperbaiki kualitas citra *screenshot* CCTV menggunakan metode CLAHE dan *Median filter*.

Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) merupakan salah satu metode peningkatan kontras citra, permasalahan berupa peningkatan kontras yang berlebihan pada metode *Adaptive Histogram Equalization* (AHE) dapat diatasi dengan menggunakan *Contrast Limite Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) (Saifullah, 2020), yaitu memberikan nilai batas pada histogram. Nilai batas ini disebut dengan *clip limit* yang menyatakan batas maksimum tinggi suatu histogram (Ginting et al., 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Dian dengan judul “Perbaikan Kualitas Citra Maps Menggunakan Metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE)” berhasil mendapatkan kesimpulan bahwa CLAHE dapat meningkatkan kualitas citra dengan unsur pencahayaan yang kurang dengan menaikkan kontras citra (Nasution, 2019). Akan tetapi, hasil dari proses kenaikan kontras terhadap citra CCTV yang buruk ataupun gelap umumnya memiliki *noise*.

Noise disebabkan oleh gangguan fisik pada alat akusisi maupun secara disengaja akibat proses pengolahan yang tidak sesuai (Wijaya et al., 2021). Oleh

sebab itu, untuk mengatasi masalah tersebut, maka digunakan metode *Median Filter* dalam menghilangkan *noise* citra hasil perbaikan dengan metode CLAHE. *Median filtering* berfungsi untuk mengurangi *noise* dan menghaluskan citra. Dikatakan *non linear* karena cara kerja ini tidak termasuk kedalam kategori operasi konvolusi (Fadillah & Gunawan, 2019). Operasi nonlinear dihitung dengan cara mengurutkan nilai intensitas sekelompok piksel, kemudian mengganti nilai piksel yang diproses dengan nilai tertentu (Banjarnahor, 2019).

Kombinasi metode CLAHE dan *Median Filter* bertujuan untuk menghasilkan kualitas citra *screenshot* CCTV yang kurang baik menjadi lebih terang dengan minim *noise*. Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka penulis untuk mengangkat judul “**Analisis Kombinasi Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) Dan Median Filter Untuk Peningkatan Kualitas Citra Hasil Screenshot CCTV**”.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun dari latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan adalah bagaimana meningkatkan kualitas citra *screenshot* hasil perekaman CCTV yang kurang baik menggunakan metode kombinasi metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) dan *Median Filter* ?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tidak terlalu luas, maka penelitian ini dibatasi dengan masalah-masalah sebagai berikut:

1. Data citra diambil dari dataset *website* <https://www.kaggle.com/>
2. Data citra yang digunakan adalah citra yang sudah di *capture* dari video CCTV.
3. Citra pada sistem minimal beresolusi 300 x 300 piksel sebanyak 10 citra.

4. Ukuran citra untuk keperluan hitungan manual adalah 5x5 pixel.
5. Format file citra yang digunakan adalah (*.jpg).
6. Penelitian membuat aplikasi program perbaikan citra menggunakan MATLAB R2017b.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperbaiki kontras citra *screenshot* hasil perekaman CCTV kurang baik dengan metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*.
2. Untuk mengurangi *noise* citra *screenshot* hasil perekaman CCTV yang kurang baik menggunakan metode *median filter*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat membantu pihak yang membutuhkan dalam penanganan kasus tertentu seperti kasus kejahatan dalam memperbaiki kualitas citra hasil *screenshot* CCTV yang buruk.
2. Dapat mengetahui cara kerja metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) dan *Median Filter* dalam memperbaiki citra *screenshot* CCTV yang buruk.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Citra

Citra adalah suatu *representasi* (gambaran), kemiripan atau imitasi dari suatu objek (Pebriadi et al., 2021). Citra sebagai keluaran suatu sistem suatu sistem perekaman data bersifat optik berupa foto, yang bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan (Raehana, 2022).

Sebuah citra kaya akan informasi, namun sering kali citra yang dimiliki mengalami penurunan mutu, misalnya mengandung *rusak, cacat, dan hasil buruk* (Manurung, 2019). Tentu saja citra semacam ini menjadi lebih sulit untuk diinterpretasikan karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang. Dalam citra digital yang dinyatakan sebagai susunan matriks seperti ini, elemen-elemen matriks disebut juga dengan istilah piksel yang berasal dari kata *picture element*. Citra juga dapat di fungsikan dalam dua variabel , $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat *spacial* dan nilai $f(x,y)$ adalah intensitas citra pada koordinat tersebut (Nabuasa, 2019) .

2.1.1 Defenisi Citra Digital

Citra Digital adalah suatu matriks dimana baris dan kolomnya menyatakan suatu titik pada citra tersebut dan elemen matriksnya (yang disebut sebagai element gambar/*pixel*) dinyatakan tingkat keabuan pada titik tersebut (Syamsuri, 2019). Citra digital dapat diproses oleh perangkat komputer. Suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$, berukuran M baris N kolom, dengan x dan y ialah koordinat *special*, warna citra sendiri dapat dibentuk oleh kombinasi citra 3-D *individual* (Mona, 2020). Misalnya dalam sistem warna *Red*

Green Blue (RGB), warna citra ini diasumsikan bahwa citra bisa dicoba sehingga menghasilkan citra yang mempunyai baris M dan N kolom. Nilai dari koordinat (x,y) adalah kuantitas diskrit, untuk itu kejelasan notasi dan kemudahan maka digunakan nilai integer untuk koordinat ini.

2.1.2 Kualitas Citra

Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) salah satu proses dalam pengolahan citra. Perbaikan kualitas citra ini diperlukan seringkali citra dijadikan oleh objek mempunyai kualitas yang buruk, citra mengalami derau (*Noise*), citra gelap, citra tajam, citra kurang tajam, dan citra kurang terang dan sampai melibatkan level keabuan dan manipulasi kontras, pengurangan derau, interpolasi (Simanjuntak, 2019).

Perbaikan citra ini sangat meningkatkan kualitas citra untuk tampilan pandangan manusia untuk mengonveksikan citra agar memiliki format lebih baik sehingga citra tersebut mudah menjadi diolah dengan mesin komputer. Beberapa operasi *image enhancement* dipandang sebagai operasi penapisan memperoleh citra yang lebih baik, kualitas citra mengubah kecerahan, perancangan, peregangan kontras, pelembutan citra, penajaman dan perubahan geometrik.

Nilai kualitas citra $f(x,y)$ memilih $h(x,y)$ sedemikian rupa sehingga $f(x,y)$ citra yang menonjolkan ciri tertentu dari $f(x,y)$. Sedangkan *image enhancement* dapat memperhatikan bagaimana perbaikan kualitas citra yang mengalami kerusakan atau penurunan kualitas selama pembentukan citra wajah yang sangat baik untuk memberi efek pada citra yang sudah ada (Hasugian & Zufria, 2018).

2.1.3 Noise Citra

Noise adalah sebuah gangguan yang terjadi akibat dari kurang sempurnanya. Proses *capture* yang dilakukan sehingga mengakibatkan terjadinya pencahayaan yang tidak merata (Simarmata, 2022). Akibat tidak meratanya pencahayaan ini mengakibatkan intensitas tidak seragam, kontras citra terlalu rendah sehingga objeknya sangat sulit dipisahkan dari latar belakangnya, disebabkan oleh kotoran-kotoran menempel pada citra. Berikut adalah beberapa jenis *noise* yang sering terjadi pada sebuah citra (Gunadi et al., 2020).

1. *Gaussian Noise*

Gaussian noise adalah model *noise* yang mengikuti distribusi normal standar dengan rata-rata nol dan standar deviasi 1. *Noise* merupakan *mathematical tractability* dalam spasial dan frekuensi, faktanya *tractability* ini tepat dan sering menghasilkan model *Gaussian* yang digunakan dalam situasi yang secara garis besar dapat diaplikasikan dengan benar dan baik. Fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*) adalah fungsi menyatakan nilai mungkin terjadinya kejadian tertentu, *Probability density function* (PDF) variabel random *Gaussian*. Dimana z merepresentasikan *gray-level*, μ adalah nilai tengah (*mean*), dan σ adalah standart deviasi.

2. *Salt and Pepper Noise (Impulse Noise)*

Salt and Pepper Noise adalah jenis *noise* yang biasanya terlihat titik-titik hitam atau putih yang bisa terjadi pada citra misalnya tebaran garam atau merica karena adanya variabel acak terjadi karakteristik fungsi probabilitas kepadatan (*Probability Density Function*).

2.2 Screenshot

Screen capture adalah sebuah tindakan untuk mengambil “foto” dari tampilan layar yang sedang dilihat. Maka dari itu tindakan tersebut dinamai sebagai “*screen capture*” yang artinya adalah “*tangkapan layar*” yang artinya adalah menangkap tampilan yang terlihat pada layar. Sementara untuk “*screenshot*” sendiri merupakan sinonim alias persamaan kata dari “*screen capture*”. Kata “*shot*” pada “*screenshot*” artinya adalah “menembak”. Mirip seperti pengertian *screen capture*, kata “menembak” adalah sama seperti “menembak” (*shot*) dalam fotografi, yang mana untuk bisa menangkap momen dan mengabadikannya dalam bentuk foto, pengguna harus membidik target, sebelum kemudian menekan tombol *shutter*. Tindakan bidik dan tekan ini seakan-akan mirip seperti menembak sebuah target (Hafidz, 2021).

2.3 Closed Circuit Television (CCTV)

CCTV (*Closed Circuit Television*) adalah alat perekaman yang menggunakan satu atau lebih kamera video dan menghasilkan data video atau audio. CCTV (*Closed Circuit Television*) adalah penggunaan video kamera yang mentransmisikan sinyal atau penyiaran tertuju kepada lingkup perangkat tertentu, yakni seperangkat monitor “spesifik terbatas” (Doni & Lukman, 2021).

2.4 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)

CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*) merupakan teknik kekontrasan citra dengan meningkatkan kontras lokal citra. Lokal citra ini

didapat dengan membentuk beberapa *grid* simetris pada citra yang disebut dengan *region size* (Hidayat et al., 2019). Struktur regional citra dibagi menjadi tiga, yaitu bagian yang berada di sudut citra ditandai dengan *corner region*, bagian tepi kecuali *corner region* ditandai dengan *bonder region*, dan bagian lainnya yang dapat diatasi dengan menggunakan *Contras Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE), yaitu dengan memberikan nilai batas pada histogram. Nilai batas ini disebut dengan clip limit yang menyatakan bats maksimum tinggi suatu histogram. Adapun langkah sederhana dari CLAHE adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi *Region*
2. Membentuk Histogram *Region*
3. Menentukan *Cliplimit* Histogram Dari Setiap *Pixel*

$$\beta = \frac{M}{N} \left(1 + \frac{\alpha}{100} ((S_{\max} - 1)) \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

M = Luas *region size*

N = Nilai *grayscale* (256)

α = *clip factor* (penambahan batas limit suatu histogram yang bernilai antara 0 sampai 100)

$S_{\max}$ = nilai maksimum piksel yang ada pada *region*

4. Potong Histogram
5. Distribusi *Excess*
6. Pinaikkan Kontras Dengan Histogram *Equalization*

2.5 Median Filter

Metode *Median Filter* merupakan filter *no-linear*, dikatakan *non-linear* karena cara bekerja metode ini tidak termasuk dalam kategori operasi kovolusi (Arimbi & Sofi, 2021). Untuk *median filtering* ini, data yang digunakan untuk menghitung median terdiri dari kumpulan data yang ganjil dengan kernel 3x3. Hal ini disebabkan dengan jumlah data yang ganjil maka piksel yang akan diproses dapat berada ditengah.

Pada *median filtering* digunakan matrik berdimensi $N \times N$. Dari matrik tersebut, kemudian data yang ada diurutkan dan dimasukkan dalam sebuah matrik berukuran $1 \times (N \times N)$. Hal ini berguna untuk mempermudah menemukan *median* dari kumpulan data yang telah urut tersebut (Fendriani et al., 2023).

2.6 Mean Squared Error (MSE) dan Peak Signal-to-Noise Ratio (PNSR)

Mean Squared Error (MSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PNSR) adalah dua metrik yang sering digunakan dalam pengolahan citra untuk mengevaluasi kualitas hasil pemrosesan citra, seperti peningkatan citra atau kompresi citra (Restima, 2021).

MSE adalah ukuran yang digunakan untuk menilai perbedaan antara nilai piksel citra yang asli dengan citra yang telah diproses (misalnya setelah pemrosesan filtering atau kompresi). MSE mengukur seberapa besar kesalahan atau perbedaan rata-rata antara dua citra tersebut. MSE memiliki fungsi sebagai berikut:

1. MSE digunakan untuk mengukur seberapa besar kesalahan atau perbedaan antara citra asli dan citra yang telah diproses.

2. Semakin kecil nilai MSE, semakin kecil perbedaan antara citra asli dan citra yang diproses, yang berarti kualitas citra yang lebih baik.
3. MSE sering digunakan untuk membandingkan hasil dari berbagai metode pengolahan citra seperti peningkatan kontras atau pengurangan *noise* agar dapat memilih metode yang paling efektif.

PSNR adalah ukuran yang digunakan untuk mengukur rasio antara sinyal maksimal yang bisa ada dalam citra dengan tingkat *noise* atau kesalahan yang ada pada citra yang diproses. PSNR diukur dalam satuan *desibel* (dB) dan semakin tinggi nilai PSNR, semakin baik kualitas citra yang dihasilkan. PSNR memiliki fungsi sebagai berikut:

1. PSNR digunakan untuk mengukur kualitas citra dengan memperhitungkan perbandingan antara sinyal citra dan *noise* yang ditambahkan selama pemrosesan.
2. Semakin tinggi nilai PSNR, semakin sedikit *noise* dan semakin tinggi kualitas citra yang dihasilkan.
3. Biasanya, nilai PSNR di atas 30 dB menunjukkan bahwa kualitas citra yang dihasilkan sangat baik, dan citra tersebut hampir tidak dapat dibedakan dengan citra asli.

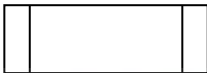
2.7 Flowchart

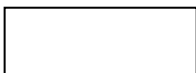
Menurut (Budiman et al., 2021) *Flowchart* adalah representasi secara simbolik dari suatu algoritma atau prosedur untuk menyelesaikan suatu masalah, dengan menggunakan *flowchart* akan memudahkan pengguna melakukan pengecekan bagian-bagian yang terlupakan dalam analisis masalah, disamping itu

flowchart juga berguna sebagai fasilitas untuk berkomunikasi antara pemrogram yang bekerja dalam tim suatu proyek.

Berikut simbol-simbol dari *flowchart* yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Simbol Bagan Alir (*Flowchart*)

No	Simbol	Keterangan
1		Permulaan sub program
2		Perbandingan, pernyataan,penyeleksian data yangmemberikan pilihan untuk langkah selanjutnya.
3		Penghubung bagian-bagian <i>flowchart</i> yang berada pada satu halaman.
4		Penghubung bagian-bagian <i>flowchat</i> yang berada pada halaman berbeda.
5		Permulaan / akhir program
6		Arah aliran program
7		Proses inisialisasi / pemberian harga awal

No	Simbol	Keterangan
		
8		Proses penghitung / proses pengolahan data
9		Proses <i>input/ output</i> data
10		Pengolahan yang tidak dilakukan oleh <i>computer</i> .
11		Menyatakan <i>input</i> berasal dari dokumen dalam bentuk kertas atau <i>output</i> dicetak ke kertas.

Sumber: (Budiman et al., 2021)

2.8 Penelitian Terkait

Adapun beberapa penelitian terdahulu menggunakan metode CLAHE dan *Median Filter* yang dapat disimpulkan seperti Tabel 2.2:

Tabel 2.2 Penelitian Terkait

No	Nama	Judul	Keterangan
1	(Prastika, 2021)	Teknik Mendeteksi Citra CCTV Yang Bernoise Dengan Alur	Mendapatkan kesimpulan bahwa Mendeteksi Citra CCTV yang bernoise dengan Alur

No	Nama	Judul	Keterangan
		Garis Menggunakan Metode <i>Speed _ Up Robust Future</i> (SURF)	Garis Menggunakan Metode <i>Speeded Up Robust Features</i> (SURF) hanya mendeteksi wajah. Tingkat akurasi sistem <i>Speeded Up Robust Features</i> (SURF) tidak bergantung dengan objek gambar yang diberikan
2	(Azan et al., 2022)	Perbaikan Citra <i>Closed Circuit Television</i> (Cctv) Dengan Metode <i>Arithmetic Mean Filter</i>	Mendapatkan kesimpulan bahwa setelah melakukan proses pengujian pada beberapa citra CCTV, didapatkan hasil bahwa rata-rata persentasi proses perbaikan citra diatas 50% dan citra CCTV hasil perbaikan sistem menjadi lebih baik dari citra yang diinputkan pada sistem
3	(Siregar, 2019)	Implementasi Metode <i>Sharpening</i> Untuk Memperbaiki Kualitas Citra	Mendapatkan kesimpulan bahwa Dengan menggunakan metode ini maka hasil citra CCTV akan

No	Nama	Judul	Keterangan
			lebih bagus dan tidak memiliki <i>noise</i> yang kurang memuaskan oleh pengguna. karna metode ini sangat cocok dalam permasalahan ini kelebihan menggunakan metode ini karna efek sharpening dapat kita lokalisir pada area tertentu yang kita inginkan
4	(Mahfuz. M. F et al., 2022)	Perbandingan Metode <i>Histogram Equalization</i> dan <i>Power Law</i> pada Perbaikan Kualitas Citra CCTV Menggunakan Bahasa <i>Python</i>	Mendapatkan kesimpulan bahwa pada <i>histogram equalization</i> memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode <i>power law</i> . Hasil yang dimiliki <i>histogram equalization</i> mempunyai persebaran kontras yang merata dan persebaran frekuensi piksel merata, berbeda dengan metode <i>power law</i> yang memiliki persebaran piksel yang dominan pada hitam atau gelap

No	Nama	Judul	Keterangan
5	(Gilang Suryanata et al., 2020)	Perbaikan Kualitas Citra CCTV Pada Rumah Ibadah Menggunakan Teknik Histogram Ekualisasi	Mendapatkan kesimpulan bahwa hasil pengujian sistem terlihat hasil perbaikan kualitas citra menggunakan teknik histogram ekualisasi mampu meningkatkan kecerahan dan ketajaman pada citra CCTV. Hal tersebut dapat dilihat pada bagian grafik histogram. Dimana nilai piksel pada citra terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan citra awal
6	(Nasution, 2019)	Perbaikan Kualitas Citra Maps Menggunakan Metode <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i> (CLAHE)	Mendapatkan kesimpulan bahwa Teknik Perbaikan kualitas citra digital dengan meningkatkan intensitas citra digital yang unsur pencahayaan kurang dimiliki pada saat pengambilan citra digital, piksel-piksel citra berwarna tersebut yang terdiri dari RGB dapat diolah menggunakan cara

No	Nama	Judul	Keterangan
			peningkatan kontras. Penerapan metode CLAHE berbasis ruang YIQ dengan Rayleigh. Algoritma CLAHE dapat diterapkan sebagai solusi dalam perbaikan kualitas citra untuk memudahkan proses perbaikan kualitas atau peningkatan kontras agar lebih mudah dan cepat
7	(Mertiana et al., 2020)	Peningkatan Kontras Citra Mamografi Digital dengan Menggunakan CLAHE dan <i>Contrast Stretching</i>	Melalui proses pengujian yang telah dilakukan terhadap algoritma, dengan 120 citra uji, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan. Pertama metode CLAHE dapat meningkatkan kontras citra mamografi dengan pengaruh nilai clip limit yang digunakan. Semakin besar nilai clip limit maka kontras akan semakin tinggi. Namun, juga akan menyebabkan over contrast

No	Nama	Judul	Keterangan
			sehingga diperlukan nilai clip limit optimum. Kedua, metode contrast stretching terbukti dapat meratakan sebaran intensitas sehingga kontras citra mamografi semakin meningkat
8	(Elizabeth, 2020)	Penerapan Metode MOORA Untuk Pemilihan Jurusan Pada SMA Negeri 3 Pontianak	Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui hasil perbandingan kualitas citra x-ray asli dengan citra hasil metode CLAHE <i>Distribusi Uniform, Rayleigh, dan Exponential</i> dengan melakukan pengukuran MSE dan PSNR. Dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai MSE untuk distribusi Rayleigh mempunyai nilai rata-rata MSE yang paling rendah yaitu 0.01474 dibandingkan nilai rata-rata MSE untuk distribusi <i>Uniform</i> sebesar 0.01607

No	Nama	Judul	Keterangan
9	(Saputra et al., 2021)	Analisis Perbaikan Kualitas Citra Menggunakan CLAHE dan HE Pada Citra X-Ray Covid-19 dan <i>Pneumonia</i>	Berhasil mendapatkan kesimpulan bahwa hasil analisis perbandingan nilai MSE dan PSNR terhadap X-Ray Covid, <i>Pneumonia</i> dan Normal dengan menggunakan dua metode CLAHE dan HE dapat disimpulkan bahwa metode CLAHE mampu memberikan citra yang lebih jelas pada citra X-Ray Covid-19, X-Ray <i>Pneumonia</i> , dan X-Ray Normal dibandingkan dengan metode HE
10	(Saifullah, 2020)	Analisis Perbandingan HE Dan CLAHE Pada <i>Image Enhancement</i> Dalam Proses Segmenasi Citra Untuk Deteksi Fertilitas Telur	Berhasil mendapatkan kesimpulan bahwa bahwa <i>Histogram Equalization</i> mampu memberikan gambaran yang lebih jelas objek yang ada pada telur fertil dibandingkan dengan <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i> (CLAHE).

No	Nama	Judul	Keterangan
			Sehingga proses deteksi fertilitas telur ayam dengan menggunakan segmentasi dan morfologi dapat dilakukan dan memberikan hasil yang dapat mendeteksi fertilitas telur ayam
11	(Nugroho & Pamungkas, 2022)	Penerapan Metode 2D <i>Median Filter</i> Pada Perbaikan Citra Daun Bawang Merah	Berhasil mendapatkan kesimpulan bahwa Metode 2D <i>Median Filter</i> dapat digunakan dalam memperbaiki kualitas citra digital dengan mengurangi derau (<i>noise</i>) yang terdapat pada citra daun bawang merah Penerepan nilai MSE dan PSNR dalam perbaikan citra menggunakan Metode 2D <i>Median Filter</i>
12	(Kosasih et al., 2021)	Pendeteksian Kendaraan Menggunakan Metode <i>Median Filter</i>	Berhasil mendapatkan kesimpulan bahwa hasil penelitian diperoleh kendaraan terdeteksi di keadaan sebenarnya dan dinyatakan sebagai kendaraan di sistem

No	Nama	Judul	Keterangan
			sebanyak 34 kendaraan, kendaraan terdeteksi di keadaan sebenarnya tetapi tidak dinyatakan pada sistem diperoleh sebanyak 5 dan tidak ada kendaraan terdeteksi dalam keadaan sebenarnya tetapi dinyatakan kendaraan di sistem diperoleh sebanyak 4
13	(Fadillah & Gunawan, 2019)	Mendeteksi Keakuratan Metode <i>Noise Salt and Pepper</i> dengan <i>Median Filter</i>	Berhasil mendapatkan kesimpulan bahwa Metode <i>Median Filter</i> sangat baik untuk menghilangkan <i>noise salt and pepper</i> karena pada hasil menunjukkan gambar yang telah ditambah <i>noise</i> menjadi sangat bersih
14	(Gerald et al., 2023)	Identifikasi <i>Salt and Pepper Noise</i> pada Citra dengan Metode <i>Median Filter</i> ”	Berhasil mendapatkan kesimpulan bahwa metode <i>Median Filter</i> efektif dalam mengidentifikasi <i>salt and pepper noise</i> pada citra. Dengan menggunakan tabel

No	Nama	Judul	Keterangan
			persentase <i>noise</i> pada citra <i>grayscale</i> yang memiliki <i>salt and pepper noise</i> dan citra RGB yang belum diketahui apakah mengandung <i>salt and pepper noise</i> , metode <i>Median Filter</i> mampu mengidentifikasi dengan akurasi yang tinggi piksel-piksel yang terkena <i>noise</i> tersebut
15	(Ayu Widya Purnama & Arlis, 2019)	Peningkatan Kualitas Citra Ct-Scan Dengan Penggabungan Metode <i>Filter Gaussian</i> Dan <i>Filter Median</i>	Berhasil mendapatkan kesimpulan bahwa <i>Filter median</i> dapat mengatasi kelemahan dari <i>gaussian filter</i> sehingga diperoleh hasil pengurangan <i>noise</i> yang lebih baik dan stabil, dari proses <i>Median Filter</i> yang dilakukan pertama kali dalam proses <i>filter</i> telah disesuaikan dengan jenis <i>noise</i>

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat Dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Berikut ini adalah penjabaran tentang spesifikasi *hardware* dan *software* yang dibutuhkan dalam pembuatan aplikasi perbaikan citra CCTV.

1. Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras (*hardware*) yang digunakan untuk mendukung penulis dalam merancang membangun aplikasi perbaikan citra CCTV sebagai berikut:

- a. Processor : *cire i3-6700 @ 3.40GHz (8 CPUs)*
- b. Memory : 4 GB RAM
- c. Harddisk : 500 GB

2. Perangkat Lunak

Adapun perangkat lunak (*software*) penulis yang digunakan untuk mendukung penulis dalam merancang membangun aplikasi perbaikan citra CCTV adalah sebagai berikut:

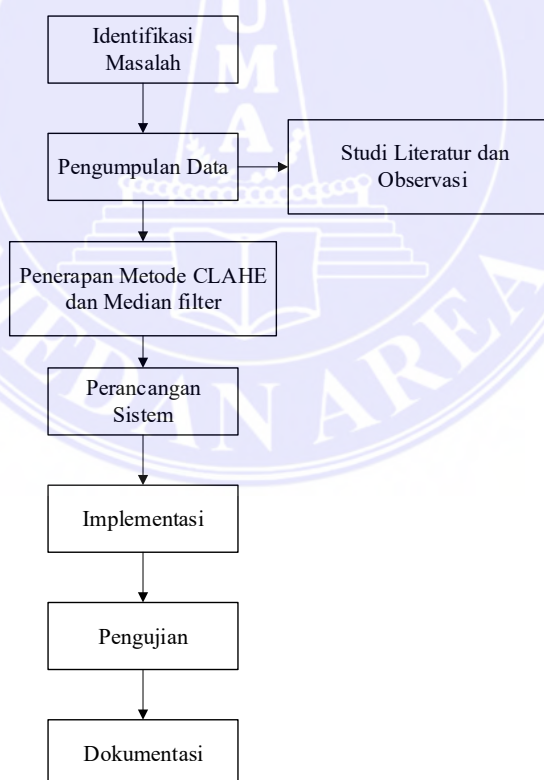
- a. Sistem Operasi Windows 10 64 bit
- b. MATLAB R2017b

Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebuah citra RGB hasil *screenshot* CCTV sebanyak 10 buah yang diambil pada dataset *website* <https://www.kaggle.com/>. Citra yang digunakan adalah citra dengan visual yang

rendah, penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki visual citra CCTV menjadi lebih baik menggunakan kombinasi metode CLAHE dan *Median Filter*.

3.2 Kerangka Kerja Penelitian

Desain penelitian merupakan kerangka kerja yang menjelaskan tahap ke tahap bagaimana peneliti akan melakukan penelitiannya. Desain penelitian juga berisi prosedur-prosedur untuk peneliti menyelesaikan permasalahan dalam penelitian. Perencanaan penelitian ini menggunakan aplikasi yang diimplementasikan pada program berbasis dekstop dengan bahasa pemograman matlab. Adapun kerangka kerja penelitian ini dapat dijelaskan seperti pada gambar berikut:



Gambar 3.1 Kerangka Kerja Penelitian

Masing-masing tahapan akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Tahap Analisis Masalah

Tahap analisis masalah adalah proses yang diperlukan untuk melakukan suatu kajian awal yang berguna untuk menentukan tujuan suatu produk dibangun. Analisis penting dalam perancangan suatu sistem agar dapat berjalan sesuai dengan tujuan penelitian. Permasalahan yang akan diangkat adalah bagaimana meningkatkan kualitas citra *screenshot* CCTV menggunakan metode CLAHE dan *median filter*.

1. Tahap Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah studi literatur dan melakukan observasi. Melakukan observasi pada lingkungan dimana terpasangnya CCTV untuk didapatkan rekamannya. Video CCTV yang ditinjau adalah CCTV dengan kualitas rekaman yang buruk. Setelah ditinjau kemudian data video dijadikan sebuah citra dengan format.jpg. Sedangkan studi literatural adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan metode pengumpulan daftar pustaka, membaca dan mencatat, serta mengolah bahan penelitian atau mencari referensi teori yang relevan dengan penelitian ini

2. Tahap Penerapan Metode CLAHE dan Median Filter

Pada tahap ini dilakukan peningkatan kualitas citra hasil *screenshot* CCTV dengan proses menaikkan kontras citra menggunakan metode CLAHE, kemudian dilanjutkan dengan mengurangi *noise* pada citra dengan metode *median filter*.

3. Tahap Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem adalah proses rancangan dari sistem aplikasi yang

akan dibangun. Perancangan sistem terlebih dahulu membuat *flowchart* sistem kemudian dilanjutkan dengan rancangan antarmuka sistem.

4. Tahap Implementasi

Tahap implementasi sistem dari penelitian ini adalah pemanfaatan aplikasi untuk meningkatkan kualitas citra hasil *screenshot* CCTV menggunakan metode CLAHE dan *median filter*.

5. Tahap Pengujian

Tahap pengujian ini dilakukan uji coba *try and error* yang bertujuan untuk memastikan apakah hasil dari pengkodean aplikasi untuk meningkatkan kualitas citra hasil *screenshot* CCTV menggunakan metode CLAHE dan *Median Filter* dapat berjalan sebagaimana mestinya.

6. Dokumentasi

Pada tahap terakhir ini penelitian yang telah dilakukan akan didokumentasikan mulai dari tahap awal sampai pengujian sistem, kemudian disusun dalam format penulisan, sehingga didapatkan hasil pengujian dan kesimpulan dari penelitian ini yang dibuat kedalam bentuk skripsi.

3.3 Sampel Data

Pada penelitian ini menggunakan sampel data yang didapati dari hasil *capture* CCTV. Berikut adalah sampel data hasil rekaman CCTV yang dijadikan sebuah citra dengan proses *screenshot* seperti pada tabel di bawah:

Tabel 3.1 Sampel Data Penelitian

No	Citra	Format	Ukuran
1		jpg	72 KB
2		jpg	214 KB
3		jpg	412 KB

3.4 Prosedur Kerja Metode

Pembahasan pada bab ini adalah pemecahan masalah berdasarkan rumusan yang telah dibuat pada bab sebelumnya, yaitu bagaimana proses meningkatkan citra hasil *screenshot* CCTV menggunakan metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* yang selanjutnya disingkat menjadi CLAHE dan melakukan reduksi *noise* hasil CLAHE menggunakan *Median Filter* dengan cara hitungan matematis atau manual. Kombinasi pada penelitian ini adalah hasil penerapan dua metode yaitu CLAHE dan *Median Filter* pada citra yang sama. Sebelum dilakukannya proses perhitungan manual dalam meningkatkan kualitas citra *screenshot* CCTV, terlebih dahulu menentukan data citra yang akan di proses. Adapun citra yang akan proses adalah sebuah citra hasil *screenshot* pada CCTV dengan ukuran 512x512 *pixel* seperti berikut :



Gambar 3.2 Sampel Citra Screenshot CCTV

Berdasarkan pada gambar di atas, data citra adalah 512×512 *pixel*. Untuk memudahkan hitungan manual dalam peningkatan kualitas citra menggunakan metode CLAHE dan *median filter*, maka diambil sampel 5×5 citra hasil *screenshot* CCTV sebagai berikut :



Gambar 3.3 Nilai Pixel Citra Screenshot CCTV 5x5

Berdasarkan pada Gambar 3.3 nilai RGB citra pixel 5×5 diambil menggunakan aplikasi MATLAB untuk keperluan hitungan manual metode yang akan diterapkan.

3.4.1 Langkah-Langkah Metode CLAHE

Langkah penerapan metode CLAHE untuk meratakan histogram citra dilakukan dengan beberapa tahap. Proses CLAHE harus menentukan *tile* yang akan menjadi *region* citra serta penentuan parameter *cliplimit* untuk mencari nilai

batas histogram citra *grayscale*. Pada penelitian ini *Numtiles* yang digunakan adalah [5 5] dan parameter *cliplimit* yang digunakan adalah 0.005. Adapun tahapan-tahapan proses metode CLAHE adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi *Region*

Inisialisasi *region* adalah mengambil *region* sesuai dengan jumlah tile yang telah ditetapkan. Adapun *region* yang digunakan adalah citra 5x5 piksel berdasarkan pada citra Gambar 3.2. Berikut adalah nilai *region* 5x5 piksel citra:

Tabel 3.2 Nilai Pixel Citra 5x5

X,y	0	1	2	3	4
0	15	12	14	16	9
	14	13	15	18	12
	12	11	13	15	9
1	19	17	19	22	14
	20	18	20	24	16
	17	16	18	21	14
2	32	28	31	35	24
	32	28	31	37	26
	28	27	20	34	25
3	36	24	38	41	30
	35	34	38	43	30
	33	32	36	41	31
4	40	38	41	45	35
	39	37	40	47	34
	37	36	38	45	35

Berdasarkan pada Tabel 3.2, selanjutnya adalah merubah citra kedalam bentuk *grayscale* agar dapat ditentukan histogramnya. Perubahan *grayscale* dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$(x, y) = (0.2989 \times R) + (0.5870 \times G) + (0.1140 \times B)$$

Dari persamaan diatas, maka perhitungan untuk matriks (0,0) sampai dengan matriks (5,5) adalah:

$$G(x,y) = (0.2989 \times R) + (0.5870 \times G) + (0.1140 \times B)$$

$$G(0,0) = (0.2989 \times 15) + (0.5870 \times 14) + (0.1140 \times 12) = 14$$

$$G(0,1) = (0.2989 \times 12) + (0.5870 \times 13) + (0.1140 \times 11) = 12$$

$$G(0,2) = (0.2989 \times 14) + (0.5870 \times 15) + (0.1140 \times 13) = 14$$

$$G(0,3) = (0.2989 \times 16) + (0.5870 \times 18) + (0.1140 \times 15) = 17$$

$$G(0,4) = (0.2989 \times 9) + (0.5870 \times 12) + (0.1140 \times 9) = 11$$

$$G(1,0) = (0.2989 \times 19) + (0.5870 \times 20) + (0.1140 \times 17) = 19$$

$$G(1,1) = (0.2989 \times 17) + (0.5870 \times 18) + (0.1140 \times 16) = 17$$

$$G(1,2) = (0.2989 \times 19) + (0.5870 \times 20) + (0.1140 \times 18) = 19$$

$$G(1,3) = (0.2989 \times 22) + (0.5870 \times 24) + (0.1140 \times 21) = 23$$

$$G(1,4) = (0.2989 \times 14) + (0.5870 \times 16) + (0.1140 \times 14) = 15$$

$$G(2,0) = (0.2989 \times 32) + (0.5870 \times 32) + (0.1140 \times 28) = 32$$

$$G(2,1) = (0.2989 \times 28) + (0.5870 \times 28) + (0.1140 \times 27) = 28$$

$$G(2,2) = (0.2989 \times 31) + (0.5870 \times 31) + (0.1140 \times 20) = 30$$

$$G(2,3) = (0.2989 \times 35) + (0.5870 \times 37) + (0.1140 \times 34) = 36$$

$$G(2,4) = (0.2989 \times 24) + (0.5870 \times 26) + (0.1140 \times 25) = 25$$

$$G(3,0) = (0.2989 \times 36) + (0.5870 \times 35) + (0.1140 \times 33) = 35$$

$$G(3,1) = (0.2989 \times 24) + (0.5870 \times 34) + (0.1140 \times 32) = 31$$

$$G(3,2) = (0.2989 \times 38) + (0.5870 \times 38) + (0.1140 \times 36) = 38$$

$$G(3,3) = (0.2989 \times 41) + (0.5870 \times 43) + (0.1140 \times 41) = 42$$

$$G(3,4) = (0.2989 \times 30) + (0.5870 \times 30) + (0.1140 \times 31) = 30$$

$$G(4,0) = (0.2989 \times 40) + (0.5870 \times 39) + (0.1140 \times 37) = 39$$

$$G(4,1) = (0.2989 \times 38) + (0.5870 \times 37) + (0.1140 \times 36) = 37$$

$$G(4,2) = (0.2989 \times 41) + (0.5870 \times 40) + (0.1140 \times 38) = 40$$

$$G(4,3) = (0.2989 \times 45) + (0.5870 \times 47) + (0.1140 \times 45) = 46$$

$$G(4,4) = (0.2989 \times 35) + (0.5870 \times 34) + (0.1140 \times 35) = 34$$

Dari perhitungan sebelumnya maka didapat hasil nilai pixel 5 x 5 tipe *grayscale* yang telah dibulatkan seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil Nilai Pixel 5 x 5 Grayscale

x\y	0	1	2	3	4
0	14	12	14	17	11
1	19	17	19	23	15
2	32	28	30	36	25
3	35	31	38	42	30
4	39	37	40	46	34

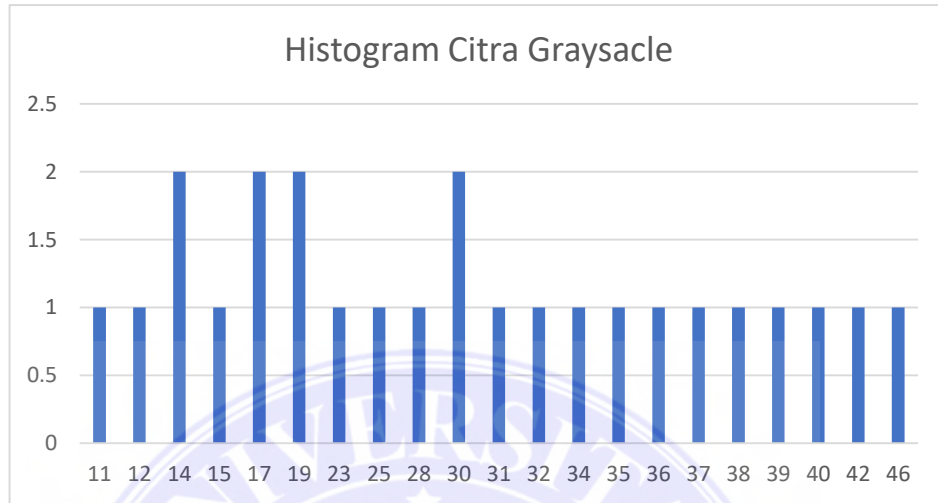
2. Membentuk Histogram *Region*

Setelah didapatkan nilai *grayscale* piksel citra sampel, selanjutnya membentuk histogram citra . Pembentukan histogram dilakukan dengan menghitung jumlah kemunculan dari masing-masing nilai citra. Adapun frekuensi kemunculan nilai *pixel* citra berdasarkan Tabel 3.4 adalah sebagai berikut:

Tabel 3.4 Penyusunan Frekuensi Kemunculan Nilai Pixel Citra

Skala Keabuan	Frekuensi
11	1
12	1
14	2
15	1
17	2
19	2
23	1
25	1
28	1
30	2
31	1
32	1
34	1
35	1
36	1
37	1
38	1
39	1
40	1
42	1
46	1

Sehingga berdasarkan pada Tabel 3.4, adapun bentuk histogramnya dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.4 Histogram Citra Grayscale 5x5

3. Menentukan *Cliplimit* Histogram Dari Setiap *Pixel*

Penentuan *cliplimit* adalah salah satu kelebihan dari metode CLAHE. Fungsi dari mencari nilai *cliplimit* dari setiap *pixel* citra adalah untuk memotong nilai histogram *pixel* yang melebihi batas *cliplimit* histogram. Hal ini bertujuan untuk melakukan perataan histogram. Adapun rumus mencari *cliplimit* adalah sebagai berikut:

$$B = \frac{M}{N} \left(1 + \frac{\alpha}{100} ((S_{max} - 1)) \right)$$

Dimana :

M = Luas *region size*, dimana pada penelitian ini luas region adalah $5 \times 5 = 25$

N = Nilai *grayscale*, dimana nilai ini adalah semua nilai pada Tabel 3.2

α = *clip factor* (0-100) pada penelitian ini yang digunakan bernilai 0.005, diambil dari dokumentasi MATLAB.

S_{max} = nilai maksimum piksel yang ada pada *region*, dimana nilai maksimal dari seluruh pixel pada Tabel 3.2

Berikut adalah proses penentuan batas *cliplimit* setiap histogram *pixel* citra:

a. Pada Area *Pixel* (0,0)

$$B = \frac{25}{14} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 2$$

b. Pada Area *Pixel* (0,1)

$$B = \frac{25}{12} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 2$$

c. Pada Area *Pixel* (0,2)

$$B = \frac{25}{14} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 2$$

d. Pada Area *Pixel* (0,3)

$$B = \frac{25}{17} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

e. Pada Area *Pixel* (0,4)

$$B = \frac{25}{11} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 2$$

f. Pada Area *Pixel* (1,0)

$$B = \frac{25}{19} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

g. Pada Area *Pixel* (1,1)

$$B = \frac{25}{17} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

h. Pada Area *Pixel* (1,2)

$$B = \frac{25}{19} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

i. Pada Area *Pixel* (1,3)

$$B = \frac{25}{23} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

j. Pada Area *Pixel* (1,4)

$$B = \frac{25}{15} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 2$$

k. Pada Area *Pixel* (2,0)

$$B = \frac{25}{32} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

l. Pada Area *Pixel* (2,1)

$$B = \frac{25}{28} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

m. Pada Area *Pixel* (2,2)

$$B = \frac{25}{30} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

n. Pada Area *Pixel* (2,3)

$$B = \frac{25}{36} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

o. Pada Area *Pixel* (2,4)

$$B = \frac{25}{25} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

p. Pada Area *Pixel* (3,0)

$$B = \frac{25}{35} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

q. Pada Area *Pixel* (3,1)

$$B = \frac{25}{31} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

r. Pada Area *Pixel* (3,2)

$$B = \frac{25}{38} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

s. Pada Area *Pixel* (3,3)

$$B = \frac{25}{42} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

t. Pada Area *Pixel* (3,4)

$$B = \frac{25}{30} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

u. Pada Area *Pixel* (4,0)

$$B = \frac{25}{39} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

v. Pada Area *Pixel* (4,1)

$$B = \frac{25}{37} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

w. Pada Area *Pixel* (4,2)

$$B = \frac{25}{40} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

x. Pada Area *Pixel* (4,3)

$$B = \frac{25}{46} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

y. Pada Area *Pixel* (4,4)

$$B = \frac{25}{34} \left(1 + \frac{0.005}{100} (46 - 1) \right) = 1$$

Setelah dilakukannya penetapan batas *cliplimit* dari setiap *pixel* citra, berikut adalah tabel yang menunjukkan batas *cliplimit* dari setiap *pixel*:

Tabel 3.5 Batas *Cliplimit* Setiap *Pixel*

x\y	0	1	2	3	4
0	14	2	12	2	14
1	19	1	17	1	19
2	32	1	28	1	30
3	35	1	31	1	38
4	39	1	37	1	40

Berdasarkan pada Tabel 3.5, batas *cliplimit* setiap *pixel* ditandai bewarna biru.

4. Potong Histogram

Setelah didapatkan batas *cliplimit* dari setiap *pixel* yang dapat dilihat pada Tabel 3.4, selanjutnya adalah melakukan pemerataan histogram *pixel* citra dimana pemotongan dilakukan apabila histogram dari setiap *pixel* citra yang melebihi batas *cliplimit* histogram dari setiap *pixel*. Adapun proses pemotongan dilakukan dengan mengurangi nilai histogram yang melebihi *cliplimit*. Berikut proses pemotongan nilai *pixel* yang lebih dari bata *cliplimit*:

Tabel 3.6 Pemotongan Histogram

Nilai Pixel	Nilai Histogram	Cliplimit	Histogram Baru = Nilai Histogram <= Cliplimit	Sisa Pemotongan
11	1	2	1	0
12	1	2	1	0
14	2	2	2	0
15	1	2	1	0
17	2	1	1	1
19	2	1	1	1
23	1	1	1	0
25	1	1	1	0
28	1	1	1	0
30	2	1	1	1
31	1	1	1	0
32	1	1	1	0

Nilai Pixel	Nilai Histogram	Cliplimit	Histogram Baru = Nilai Histogram $\leq$ Cliplimit	Sisa Pemotongan
34	1	1	1	0
35	1	1	1	0
36	1	1	1	0
37	1	1	1	0
38	1	1	1	0
39	1	1	1	0
40	1	1	1	0
42	1	1	1	0
46	1	1	1	0

Berdasarkan pada Tabel 3.6, dapat dijelaskan bahwa, apabila nilai histogram tidak melebihi nilai *cliplimit*, maka tidak dilakukan pemotongan, tapi abila melebihi *limit*, akan dilakukan pemotongan.

5. Distribusi *Excess*

Setelah dilakukan pemotongan histogram yang melebihi nilai histogram *cliplimit*, maka selanjutnya membagikan nilai histogram hasil potongan kepada nilai histogram *pixel* yang lebih rendah dari nilai *cliplimit*. Adapun pada Tabel 3.6, nilai histogram *pixel* yang terpotong adalah *pixel* 17, 19 dan 30. Sedangkan nilai *pixel* yang dibawah batas *cliplimit* adalah 11, 12 dan 15.

Tabel 3.7 Pixel Lebih Tinggi dan Lebih Rendah Dari *Cliplimit*

x\y	0	1	2	3	4
0	14	12	14	17	11
1	19	17	19	23	15
2	31	28	30	36	25
3	35	32	38	42	30
4	39	37	40	46	34

Berdasarkan pada Tabel 3.7, kelebihan nilai histogram *pixel* 17, 19 dan 30 diberikan pada nilai histogram *pixel* 11, 12 dan 15. Berikut adalah pembagiannya:

Pixel Kordinat (0,3) = 17 menjadi 11

Pixel Kordinat (1,0) = 19 menjadi 12

Pixel Kordinat (2,2) = 30 menjadi 15

Sehingga hasil keseluruhan *pixel* citra berdasarkan pembatasan tinggi histogram dengan *cliplimit* adalah sebagai berikut:

Tabel 3.8 Nilai Matrik Citra Proses *Cliplimit* Histogram

x\y	0	1	2	3	4
0	14	12	14	11	11
1	12	17	19	23	15
2	31	28	15	36	25
3	35	32	38	42	30

4	39	37	40	46	34
---	----	----	----	----	----

6. Pinaikkan Kontras Dengan Histogram *Equalization*

Setelah dilakukan pemotongan dan pembatasan nilai histogram, selanjutnya dilakukan pemerataan nilai matrik *pixel* hasil *cliplimit* dengan histogram *equalization*. Pembentukan histogram *Equalization* dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$K0 = round \left(\frac{C_i \times (2^k - 1)}{w \cdot h} \right)$$

Dimana :

C_i = Distribusi kumulatif dari nilai skala keabuan ke- i dari citra asli

round = Fungsi pembulatan ke bilangan yang terdekat

K_0 = Nilai keabuan hasil histogram *equalization*

w = Lebar citra

h = Tinggi citra

Selanjutnya menghitung frekuensi dan distribusi kumulatif dari nilai skala keabuannya berdasarkan pada Tabel 3.8. Daftar frekuensi dan perhitungan distribusi kumulatif dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.9 Penyusunan Frekuensi Kemunculan Nilai Histogram *Cliplimit*

Skala Keabuan	Frekuensi	Disribusi Kumulatif
11	2	2
12	2	$2+2 = 4$
14	2	$4+2 = 6$
15	2	$6+2 = 8$
17	1	$8+1 = 9$

Skala Keabuan	Frekuensi	Disribusi Kumulatif
19	1	9+1 = 10
23	1	10+1 = 11
25	1	11+1 = 12
28	1	12+1 = 13
30	1	13+1 = 14
31	1	14+1 = 15
32	1	15+1 = 16
34	1	16+1 = 17
35	1	17+1 = 18
36	1	18+1 = 19
37	1	19+1 = 20
38	1	20+1 = 21
39	1	21+1 = 22
40	1	22+1 = 23
42	1	23+1 = 24
46	1	12+1 = 25

Setelah didapatkan nilai distribusi komulatif, dilakukan perhitungan dengan rumus histogram *equalization* untuk mendapatkan citra histogram *equalization*:

$$K0 = \text{round} \left(\frac{2 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{510}{25} \right) = 20$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{4 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{1020}{25} \right) = 41$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{6 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{1530}{25} \right) = 61$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{8 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{2040}{25} \right) = 82$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{9 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{2295}{25} \right) = 92$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{10 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{2550}{25} \right) = 102$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{11 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{2805}{25} \right) = 112$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{12 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{3060}{25} \right) = 122$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{13 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{3315}{25} \right) = 133$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{14 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{3570}{25} \right) = 143$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{15 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{3825}{25} \right) = 153$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{16 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{4080}{25} \right) = 163$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{17 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{4335}{25} \right) = 173$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{18 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{4590}{25} \right) = 184$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{19 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{4845}{25} \right) = 194$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{21 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{5100}{25} \right) = 204$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{21 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{5355}{25} \right) = 214$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{22 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{5610}{25} \right) = 224$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{23 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{5865}{25} \right) = 235$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{24 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{6120}{25} \right) = 245$$

$$K0 = \text{round} \left(\frac{25 \times (2^8 - 1)}{5 \times 5} \right) = \text{round} \left(\frac{6375}{25} \right) = 255$$

Setelah didapatkan nilai histogram *equalization*, kemudian seluruh nilai didistribusikan kembali untuk menukar nilai *pixel* citra hasil *cliplimit*. Adapun berikut adalah hasil proses histogram *equalization*:

Tabel 3.10 Nilai Citra Hasil Histogram *Equalization*

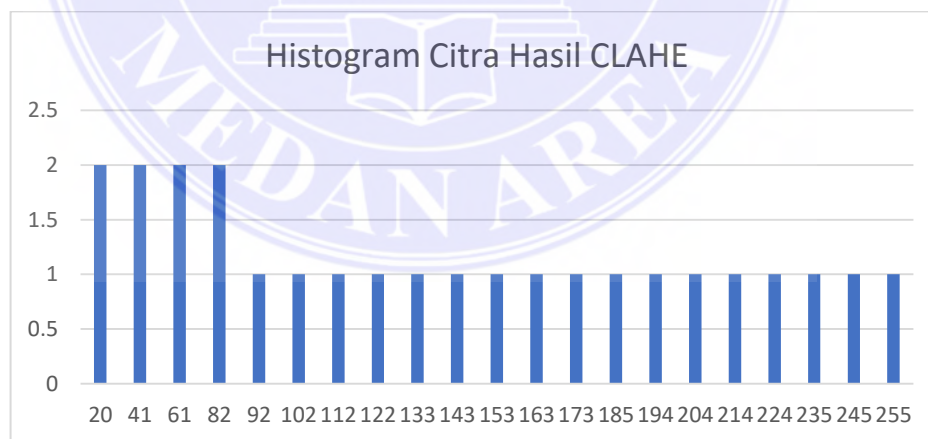
Skala Keabuan	Frekuensi	Keabuan Histogram <i>equalization</i>
11	2	20
12	2	41
14	2	61
15	2	82
17	1	92
19	1	102
23	1	112
25	1	122
28	1	133
30	1	143
31	1	153
32	1	163

Skala Keabuan	Frekuensi	Keabuan Histogram <i>equalization</i>
34	1	173
35	1	185
36	1	194
37	1	204
38	1	214
39	1	224
40	1	235
42	1	245
46	1	255

Berdasarkan pada Tabel 3.10, dilakukan *mapping* histogram baru CLAHE.

Berikut adalah bentuk histogram baru hasil proses seluruh metode CLAHE

bedasarkan nilai citra sampel 5x5:



Gambar 3.5 Histogram Citra 5x5 Hasil CLAHE

Berdasarkan pada gambar di atas, terlihat bentuk histogram yang lebih merata

daripada bentuk histogram awal. Berdasarkan pada bentuk histogram dan Tabel

3.10, maka matriks citra setelah proses CLAHE adalah sebagai berikut:

Tabel 3.11 Nilai Matrik Citra Proses CLAHE

x\y	0	1	2	3	4
0	61	41	61	20	20
1	41	92	102	112	82
2	153	133	15	194	122
3	185	163	214	245	143
4	224	204	235	255	173

Berdasarkan pada Tabel 3.11, pembentukan nilai citra baru dilakukan dengan menukar nilai keabuan awal hasil *clipmit* dengan nilai keabuan histogram CLAHE. Misal nilai pada *pixel* 0,0 hasil *cliplimit* adalah 14 maka digantikan dengan nilai 61 hasil CLAHE pada Tabel 3.8, dan seterusnya. Selanjutnya nilai matriks citra histogram CLAHE, di reduksi noisenya menggunakan metode *Median Filter*.

3.4.2 Langkah-Langkah Metode Filter *Median*

Setelah didapatkan nilai *pixel* CLAHE, selanjutnya dilakukan reduksi *noise* dengan *median*. Berikut adalah citra hasil CLAHE yang akan di proses dengan *median*:

Tabel 3.12 Nilai Pixel Citra CLAHE

x\y	0	1	2	3	4
0	61	41	61	20	20
1	41	92	102	112	82
2	153	133	15	194	122
3	185	163	214	245	143

4	224	204	235	255	173
---	-----	-----	-----	-----	-----

Metode filter *median* adalah metode yang menghilangkan noise pada citra dengan cara mengurutkan citra kernel dari paling kecil hingga terbesar, kemudian mengambil nilai tengah citra hasil pengurutan yang kemudian ditukar pada citra kernel. Adapun proses filter *median* dengan citra CCTV hasil CLAHE dengan pixel 5x5 berdasarkan nilai Tabel 3.13 sebagai berikut:

Tabel 3.13 Pemilihan Nilai *Pixel* Kernel 1

61	41	61	20	20
41	92	102	112	82
153	133	15	194	122
185	163	214	245	143
224	204	235	255	173

Berdasarkan pada matrik di atas, kemudian nilai matrik kernel 3x3 yang dipilih diurutkan dari terendah hingga tertinggi seperti berikut :

Tabel 3.14 Urutan Nilai *Pixel* Terendah Kernel 1

Nilai Citra								
In-0	In-1	In-2	In-3	In-4	In-5	In-6	In-7	In-8
15	41	41	61	61	92	102	133	153

Berdasarkan dari nilai yang telah diurutkan tersebut kemudian ditentukan nilai tengahnya, yaitu indeks ke-4 yang bernilai 61. Posisi indek k-4 (61) tersebut ditukar dengan posisi nilai tengah citra asli berdasarkan seleksi kernel,

sehingga menghasilkan nilai citra dengan susunan baru dari hasil proses filter *median* sebagai berikut :

Tabel 3.16 Nilai *Pixel* Hasil Median Kernel 1

61	41	61	20	20
41	61			82
153				122
185				143
224	204	235	255	173

Berikutnya adalah melakukan median pada kernel kedua:

Tabel 3.16 Pemilihan Nilai *Pixel* Kernel 2

61	41	61	20	20
41	92	102	112	82
153	133	15	194	122
185	163	214	245	143
224	204	235	255	173

Berdasarkan pada matrik di atas, kemudian nilai matrik kernel 3x3 yang dipilih diurutkan dari terendah hingga tertinggi seperti berikut :

Tabel 3.17 Urutan Nilai *Pixel* Terendah Kernel 2

Nilai Citra								
In-0	In-1	In-2	In-3	In-4	In-5	In-6	In-7	In-8
15	20	41	61	92	102	112	133	194

Berdasarkan dari nilai yang telah diurutkan tersebut kemudian ditentukan nilai tengahnya, yaitu indeks ke-4 yang bernilai 92. Posisi indek k-4 (92) tersebut ditukar dengan posisi nilai tengah citra asli berdasarkan seleksi kernel, sehingga menghasilkan nilai citra dengan susunan baru dari hasil proses filter *median* sebagai berikut:

Tabel 3.18 Nilai *Pixel* Hasil Median Kernel 2

61	41	61	20	20
41	61	92		82
153				122
185				143
224	204	235	255	173

Berikutnya adalah melakukan median pada kernel ketiga:

Tabel 3.19 Pemilihan Nilai *Pixel* Kernel 3

61	41	61	20	20
41	92	102	112	82
153	133	15	194	122
185	163	214	245	143
224	204	235	255	173

Berdasarkan pada matrik di atas, kemudian nilai matrik kernel 3x3 yang dipilih diurutkan dari terendah hingga tertinggi seperti berikut :

Tabel 3.20 Urutan Nilai *Pixel* Terendah Kernel 3

Nilai Citra								
In-0	In-1	In-2	In-3	In-4	In-5	In-6	In-7	In-8
15	20	20	61	82	102	112	122	194

Berdasarkan dari nilai yang telah diurutkan tersebut kemudian ditentukan nilai tengahnya, yaitu indeks ke-4 yang bernilai 82. Posisi indeks ke-4 (82) tersebut ditukar dengan posisi nilai tengah citra asli berdasarkan seleksi kernel, sehingga menghasilkan nilai citra dengan susunan baru dari hasil proses filter *median* sebagai berikut :

Tabel 3.21 Nilai *Pixel* Hasil Median Kernel 3

61	41	61	20	20
41	61	92	82	82
153				122
185				143
224	204	235	255	173

Berikutnya adalah melakukan median pada kernel keempat:

Tabel 3.22 Pemilihan Nilai *Pixel* Kernel 4

61	41	61	20	20
41	92	102	112	82
153	133	15	194	122
185	163	214	245	143

224	204	235	255	173
-----	-----	-----	-----	-----

Berdasarkan pada matrik di atas, kemudian nilai matrik kernel 3x3 yang dipilih diurutkan dari terendah hingga tertinggi seperti berikut :

Tabel 3.23 Urutan Nilai *Pixel* Terendah Kernel 4

Nilai Citra								
In-0	In-1	In-2	In-3	In-4	In-5	In-6	In-7	In-8
15	41	92	102	133	153	163	185	214

Berdasarkan dari nilai yang telah diurutkan tersebut kemudian ditentukan nilai tengahnya, yaitu indeks ke-4 yang bernilai 133. Posisi indeks k-4 (133) tersebut ditukar dengan posisi nilai tengah citra asli berdasarkan seleksi kernel, sehingga menghasilkan nilai citra dengan susunan baru dari hasil proses filter *median* sebagai berikut :

Tabel 3.24 Nilai *Pixel* Hasil Median Kernel 4

61	41	61	20	20
41	61	92	82	82
153	133			122
185				143
224	204	235	255	173

Berikutnya adalah melakukan median pada kernel kelima:

Tabel 3.25 Pemilihan Nilai *Pixel* Kernel 5

61	41	61	20	20
41	92	102	112	82
153	133	15	194	122
185	163	214	245	143
224	204	235	255	173

Berdasarkan pada matrik di atas, kemudian nilai matrik kernel 3x3 yang dipilih diurutkan dari terendah hingga tertinggi seperti berikut :

Tabel 3.26 Urutan Nilai *Pixel* Terendah Kernel 5

Nilai Citra								
In-0	In-1	In-2	In-3	In-4	In-5	In-6	In-7	In-8
15	92	102	112	133	163	194	214	245

Berdasarkan dari nilai yang telah diurutkan tersebut kemudian ditentukan nilai tengahnya, yaitu indeks ke-4 yang bernilai 133. Posisi indek k-4 (133) tersebut ditukar dengan posisi nilai tengah citra asli berdasarkan seleksi kernel, sehingga menghasilkan nilai citra dengan susunan baru dari hasil proses filter *median* sebagai berikut :

Tabel 3.27 Nilai *Pixel* Hasil Median Kernel 5

61	41	61	20	20
41	61	92	82	82

153	133	133		122
185				143
224	204	235	255	173

Berikutnya adalah melakukan median pada kernel keenam:

Tabel 3.28 Pemilihan Nilai *Pixel* Kernel 6

61	41	61	20	20
41	92	102	112	82
153	133	15	194	122
185	163	214	245	143
224	204	235	255	173

Berdasarkan pada matrik di atas, kemudian nilai matrik kernel 3x3 yang dipilih diurutkan dari terendah hingga tertinggi seperti berikut :

Tabel 3.29 Urutan Nilai *Pixel* Terendah Kernel 6

Nilai Citra								
In-0	In-1	In-2	In-3	In-4	In-5	In-6	In-7	In-8
15	82	102	112	122	143	194	214	245

Berdasarkan dari nilai yang telah diurutkan tersebut kemudian ditentukan nilai tengahnya, yaitu indeks ke-4 yang bernilai 122. Posisi indek k-4 (122) tersebut ditukar dengan posisi nilai tengah citra asli berdasarkan seleksi kernel, sehingga menghasilkan nilai citra dengan susunan baru dari hasil proses filter *median* sebagai berikut :

Tabel 3.30 Nilai *Pixel* Hasil Median Kernel 6

61	41	61	20	20
41	61	92	82	82
153	133	133	122	122
185				143
224	204	235	255	173

Berikutnya adalah melakukan median pada kernel ketujuh:

Tabel 3.31 Pemilihan Nilai *Pixel* Kernel 7

61	41	61	20	20
41	92	102	112	82
153	133	15	194	122
185	163	214	245	143
224	204	235	255	173

Berdasarkan pada matrik di atas, kemudian nilai matrik kernel 3x3 yang dipilih diurutkan dari terendah hingga tertinggi seperti berikut :

Tabel 3.32 Urutan Nilai *Pixel* Terendah Kernel 6

Nilai Citra								
In-0	In-1	In-2	In-3	In-4	In-5	In-6	In-7	In-8
15	133	153	163	185	204	214	224	235

Berdasarkan dari nilai yang telah diurutkan tersebut kemudian ditentukan nilai tengahnya, yaitu indeks ke-4 yang bernilai 185. Posisi indek k-4 (185) tersebut ditukar dengan posisi nilai tengah citra asli berdasarkan seleksi kernel,

sehingga menghasilkan nilai citra dengan susunan baru dari hasil proses filter *median* sebagai berikut :

Tabel 3.33 Nilai *Pixel* Hasil Median Kernel 7

61	41	61	20	20
41	61	92	82	82
153	133	133	122	122
185	185			143
224	204	235	255	173

Berikutnya adalah melakukan median pada kernel kedelapan:

Tabel 3.34 Pemilihan Nilai *Pixel* Kernel 8

61	41	61	20	20
41	92	102	112	82
153	133	15	194	122
185	163	214	245	143
224	204	235	255	173

Berdasarkan pada matrik di atas, kemudian nilai matrik kernel 3x3 yang dipilih diurutkan dari terendah hingga tertinggi seperti berikut :

Tabel 3.35 Urutan Nilai *Pixel* Terendah Kernel 8

Nilai Citra								
In-0	In-1	In-2	In-3	In-4	In-5	In-6	In-7	In-8
15	133	163	194	204	214	235	245	255

Berdasarkan dari nilai yang telah diurutkan tersebut kemudian ditentukan nilai tengahnya, yaitu indeks ke-4 yang bernilai 204. Posisi indeks ke-4 (204) tersebut ditukar dengan posisi nilai tengah citra asli berdasarkan seleksi kernel, sehingga menghasilkan nilai citra dengan susunan baru dari hasil proses filter *median* sebagai berikut :

Tabel 3.36 Nilai *Pixel* Hasil Median Kernel 8

61	41	61	20	20
41	61	92	82	82
153	133	133	122	122
185	185	204		143
224	204	235	255	173

Berikutnya adalah melakukan median pada kernel kesembilan:

Tabel 3.37 Pemilihan Nilai *Pixel* Kernel 9

61	41	61	20	20
41	92	102	112	82
153	133	15	194	122
185	163	214	245	143
224	204	235	255	173

Berdasarkan pada matrik di atas, kemudian nilai matrik kernel 3x3 yang dipilih diurutkan dari terendah hingga tertinggi seperti berikut :

Tabel 3.38 Urutan Nilai *Pixel* Terendah Kernel 9

Nilai Citra								
In-0	In-1	In-2	In-3	In-4	In-5	In-6	In-7	In-8
15	122	143	173	194	214	235	245	255

Berdasarkan dari nilai yang telah diurutkan tersebut kemudian ditentukan nilai tengahnya, yaitu indeks ke-4 yang bernilai 194. Posisi indek k-4 (194) tersebut ditukar dengan posisi nilai tengah citra asli berdasarkan seleksi kernel, sehingga menghasilkan nilai citra dengan susunan baru dari hasil proses filter *median* sebagai berikut :

Tabel 3.39 Nilai *Pixel* Hasil Median Kernel 9

61	41	61	20	20
41	61	92	82	82
153	133	133	122	122
185	185	204	194	143
224	204	235	255	173

Berdasarkan pada proses kesembilan, didapatkan nilai pixel citra baru filter *median* keseluruhan. Sehingga citra CCTV mengalami perubahan nilai pixel dengan reduksi *noise* yang ada.

Tabel 3.40 Nilai Pixel Citra CCTV *Median* 5x5

61	41	61	20	20
41	61	92	82	82
153	133	133	122	122
185	185	204	194	143
224	204	235	255	173

3.4.3 Hasil Penerapan Kombinasi Metode CLAHE dan *Median Filter*

Setelah dilakukanya hiotungan manual memperbaiki citra *screenshot* CCTV menggunakan metode CLAHE sebagai peningkatan kontras citra dan *Median Filter* mengurangi *noise* citra, berikut adalah perbandingan nilai citra sebelum dan sesudah diolah:

Tabel 3.41 Perbedaan Hasil Nilai Citra Sampel *Screenshot* CCTV

Nilai Citra Awal					Nilai Citra Perbaikan				
14	12	14	17	11	61	41	61	20	20
19	17	19	23	15	41	61	92	82	82
32	28	30	36	25	153	133	133	122	122
35	31	38	42	30	185	185	204	194	143
39	37	40	46	34	224	204	235	255	173

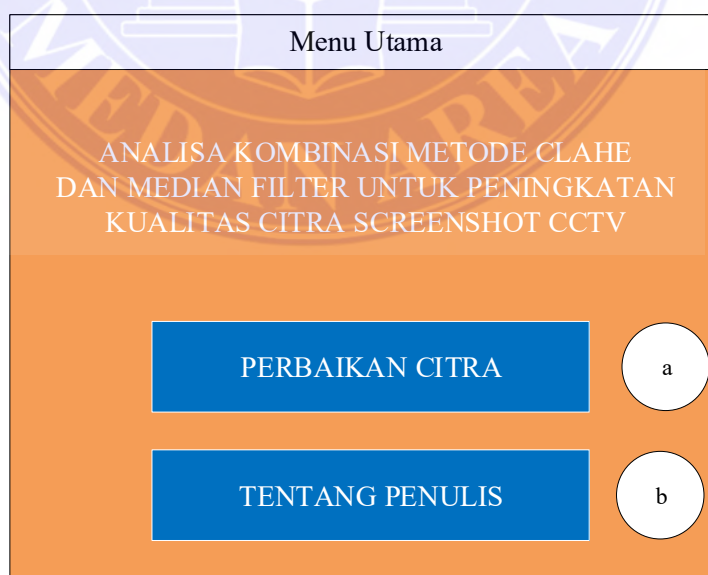
Berdasarkan pada tabel di atas, terdapat perbedaan nilai *pixel* citra awal dan citra perbaikan. Hal ini terjadi karena adanya proses pengolahan citra dengan metode CLAHE dan *Median filter*.

3.5 Perancangan Sistem

Sebelum diimplementasi ke dalam sebuah program aplikasi, terlebih dahulu merancang sistem perbaikan citra hasil *screenshot* CCTV menggunakan metode CLAHE dan *median filter*. Adapun perancangan sistem terdiri dari rancangan menu utama, rancangan menu perbaikan citra dan rancangan menu info penulis. Adapun keseluruhan rancangan *interface* sistem adalah sebagai berikut:

1. Rancangan Menu Utama

Menu utama adalah sebuah menu yang akan tampil ketika pertama kali program dijalankan. Adapun menu utama juga sebagai navigasi untuk kemenu-menu yang lain. Berikut adalah rancangan menu utama dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 3.6 Rancangan Menu Utama

Berdasarkan pada gambar di atas, adapun dapat diberi keterangan sebagai berikut:

- Button* yang berfungsi untuk menampilkan menu perbaikan citra CCVT.
- Button* yang berfungsi untuk menampilkan menu informasi tentang penulis.

2. Rancangan Menu Perbaikan Citra

Menu perbaikan citra adalah sebuah menu yang akan tampil ketika pengguna akan melakukan perbaikan dan peningkatan kualitas citra CCTV. Adapun Berikut adalah rancangan perbaikan citra dapat dilihat pada gambar di bawah:

The screenshot shows a web-based interface for improving CCTV image quality. The title is 'FORM PERBAIKAN KUALITAS CITRA CCTV'. Below the title is a subtitle 'PERBAIKAN KUALITAS CITRA HASIL SCREENSHOT CCTV'. On the left, there is a sidebar with buttons: 'Pilih Citra' (labeled 'a'), 'Proses CLAHE' (labeled 'e'), 'Proses Median' (labeled 'f'), 'Proses Kombinasi' (labeled 'g'), and 'Simpan Citra' (labeled 'h'). Above the 'Pilih Citra' button are input fields for 'Nama File : ' (labeled 'b') and 'Pixel Citra : ' (labeled 'c'). Below these is a placeholder for 'Citra Awal' (labeled 'd'). The main content area is divided into three columns: 'Citra CLAHE', 'Citra Median', and 'Citra Kombinasi'. Each column shows a grid of images: the top row shows the original image (labeled 'i', 'j', 'k') and the bottom row shows the processed image (labeled 'l', 'm', 'n'). Below each processed image is a histogram (labeled 'Histogram Citra CLAHE', 'Histogram Citra Median', 'Histogram Citra Kombinasi') and two numerical values: 'Nilai MSE' and 'Nilai PSNR' (labeled 'o' for the PSNR field in the Median column). The background of the interface features a faint watermark of Universitas Medan Area.

Gambar 3.7 Rancangan Perbaikan Citra

Berdasarkan pada gambar di atas, adapun dapat diberi keterangan sebagai berikut:

- a. *Button* yang berfungsi mencari citra CCTV hasil *screenshot*
- b. *Text* yang berfungsi untuk menampilkan nama file citra yang dipilih
- c. *Text* yang berfungsi untuk menampilkan ukuran *pixel* citra
- d. *Axes* yang berfungsi menampilkan data citra *screenshot* CCTV yang telah dipilih
- e. *Button* yang berfungsi untuk melakukan peningkatan kualitas citra dengan metode CLAHE
- f. *Button* yang berfungsi untuk melakukan peningkatan kualitas citra dengan metode *Median Filter*
- g. *Button* yang berfungsi untuk melakukan peningkatan kualitas citra dengan kombinasi metode CLAHE dan *Median Filter*
- h. *Button* yang berfungsi untuk menyimpan citra hasil peningkatan kualitas citra
- i. *Axes* yang berfungsi menampilkan data citra hasil CLAHE.
- j. *Axes* yang berfungsi menampilkan data citra hasil *Median Filter*.
- k. *Axes* yang berfungsi menampilkan data citra hasil kombinasi
- l. *Axes* yang berfungsi menampilkan nilai histogram citra CLAHE.
- m. *Axes* yang berfungsi menampilkan nilai histogram citra *Median Filter*.
- n. *Axes* yang berfungsi menampilkan nilai histogram kombinasi.
- o. *Edit* yang berfungsi untuk menampilkan nilai PNSR dan MSE

3. Rancangan Menu Info

Menu info adalah sebuah menu yang akan tampil ketika pengguna melihat info tentang penulis. Berikut adalah rancangan menu info dapat dilihat pada gambar di bawah:

Gambar 3.8 Rancangan Menu Info

Berdasarkan pada gambar di atas, adapun dapat diberi keterangan sebagai berikut:

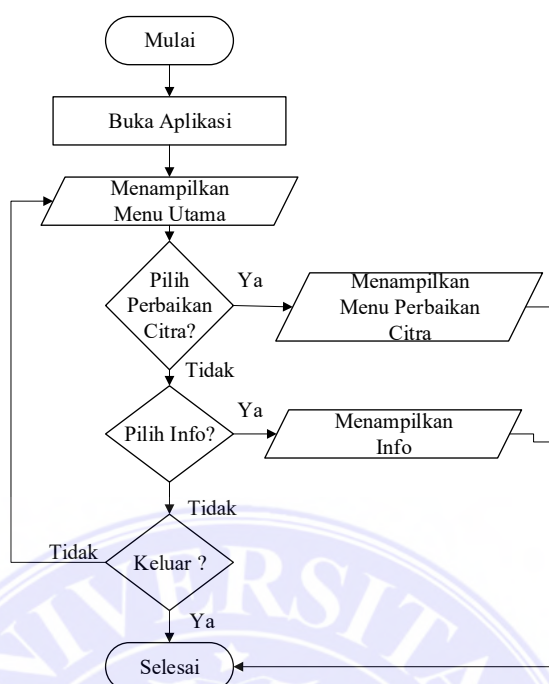
- a. *Button* yang berfungsi untuk kembali pada menu utama.

3.5.1 Flowchart Sistem

Flowchart sistem berfungsi untuk menunjukkan alur proses dari sistem yang akan dibangun. Adapun *flowchart* sistem dibagi menjadi tiga bagian, yaitu *flowchart* menu utama, *flowchart* peningkatan kualitas citra CCTV dan *flowchart* info. Berikut adalah keseluruhan dari *flowchart* sistem yang akan dibangun:

1. *Flowchart* Menu Utama

Flowchart menu utama adalah gambar alur proses ketika pengguna berada pada menu utama. Berikut adalah rancangan dari *flowchart* menu utama:

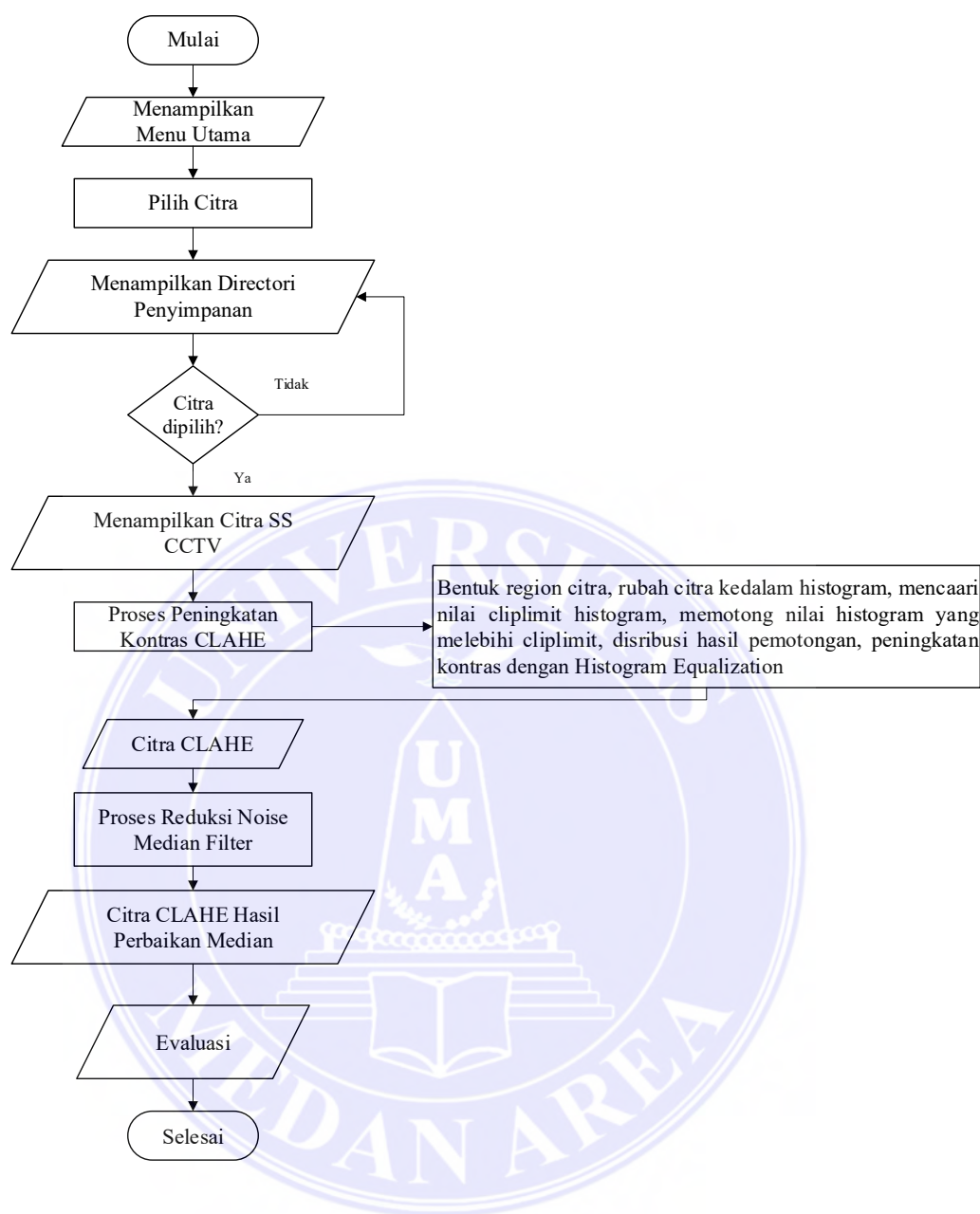


Gambar 3.9 Flowchart Menu Utama

Berdasarkan pada gambar *flowchart* menu utama, dapat dijelaskan bahwa langkah pengguna yang membuka aplikasi dihadapkan dengan 2 menu yaitu menu perbaikan yang digunakan untuk meningkatkan kualitas citra CCTV serta menu info penulis yang digunakan untuk menampilkan informasi tentang penulis skripsi ini.

2. Flowchart Perbaikan Citra CCTV

Flowchart perbaikan citra adalah gambar alur proses ketika pengguna melakukan perbaikan citra hasil *screenshot* CCTV. Berikut adalah rancangan dari *flowchart* perbaikan citra:

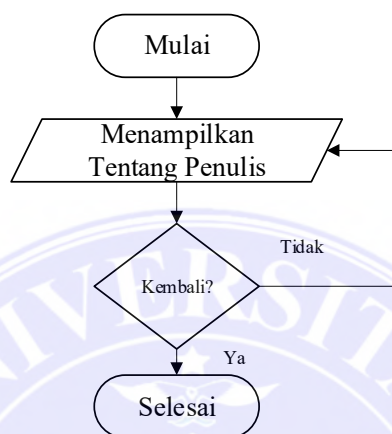


Gambar 3.10 Flowchart Perbaikan

Berdasarkan pada gambar *flowchart* citra perbaikan, dapat dijelaskan bahwa langkah awal pengguna melakukan pemilihan citra CCTV hasil *screenshot*, kemudian diproses peningkatan kualitas kontrasnya menggunakan metode CLAHE, hasil peningkatan kontras CLAHE, diperbaiki noisenya dengan metode *Median Filter*, sehingga menghasilkan citra akhir.

3. *Flowchart* Tentang Penulis

Flowchart tentang penulis adalah gambar alur proses ketika pengguna membuka menu tentang penulis. Berikut adalah rancangan dari *flowchart* tentang penulis:



Gambar 3.11 *Flowchart* Tentang Penulis

Berdasarkan pada gambar *flowchart* tentang, dapat dijelaskan bahwa pengguna disajikan dengan informasi tentang penulis pada penelitian ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai peningkatan kualitas citra hasil *screenshot* CCTV menggunakan metode CLAHE dan *median filter*, beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Proses peningkatan kualitas citra berhasil dilakukan dengan penerapan metode CLAHE dan *median filter*. Metode CLAHE berfungsi untuk meningkatkan kontras citra CCTV, sementara *Median Filter* digunakan untuk mengurangi *noise* yang muncul setelah peningkatan kontras.
2. Pembatasan *cliplimit* pada histogram citra menggunakan CLAHE terbukti efektif dalam meningkatkan kontras tanpa memberikan efek berlebihan, sedangkan penerapan *Median Filter* efektif dalam mengurangi *noise* tanpa mengurangi kualitas citra. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata MSE sebesar 0.00289 dan nilai rata-rata PSNR sebesar 74.571. Semakin rendah nilai MSE dan semakin tinggi nilai PSNR (>30), maka semakin baik kualitas citra yang diperoleh.
3. Aplikasi yang dikembangkan menggunakan MATLAB 2017b berhasil meningkatkan kualitas citra *screenshot* CCTV, yang tentunya bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang usulkan adalah sebagai berikut:

1. Dengan adanya aplikasi yang dirancang, diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi peneliti lainnya serta membuka peluang untuk pengembangan aplikasi yang lebih baik di masa depan.
2. Diharapkan pada pengembangan selanjutnya dapat dilakukan penambahan metode lain sebagai perbandingan, seperti median dan mean filtering, untuk mencapai peningkatan kualitas citra yang lebih optimal.



DAFTAR PUSTAKA

- Amalia Zain, L., Anwar, N., & Korespondensi, P. (2022). *Analisis Forensik Citra CCTV Menggunakan Bilinear Interpolasi dan Adaptive Median Filter*. 10(1), 1–8. <http://journal.uad.ac.id/index.php/JSTIF/index10.12928/jstie.v8i3.xxx>
- Arimbi, Y. D., & Sofi, N. (2021). Deteksi Tulang Belakang Pada Citra Ct-Scan Menggunakan Metode Deteksi Tepi Sobel. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 26(3), 207–216. <https://doi.org/10.35760/ik.2021.v26i3.4910>
- Ayu Widya Purnama, P., & Arlis, S. (2019). Peningkatan Kualitas Citra Ct-Scan Dengan Penggabungan Metode Filter Gaussian Dan Filter Median the Improvement Quality of Image Ct-Scan With Combining Gaussian Filter and Median Filter Method. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu KOMputer*, 6(6), 591–600. <https://doi.org/10.25126/jtiik.20196870>
- Azan, A., Simanjuntak, M., & Saragih, R. (2022). Perbaikan Citra Closed Circuit Television (Cctv) Dengan Metode Arithmetic Mean Filter. *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTik)*, 6(2), 680–690.
- Banjarnahor, M. (2019). Reduksi Noise Salt and Paper pada Citra Pankromatik menggunakan Metode Harmonic Mean Filter. *Pelita Informatika: Informasi Dan Informatika*, 7(1), 18–23.
- Budiman, I., Saori, S., Anwar, R. N., Fitriani, & Pangestu, M. Y. (2021). *Analisis Pengendalian Mutu Di Bidang Industri Makanan (Studi Kasus: UMKM Mochi Kaswari Lampion Kota Sukabumi)*. 1(10).
- Doni, F. R., & Lukman, A. M. (2021). Implementasi Monitoring Kamera CCTV Online Dengan Penerapan Hik-Connet. *EVOLUSI: Jurnal Sains Dan Manajemen*, 9(1), 12–21. <https://doi.org/10.31294/evolusi.v9i1.9984>
- Elizabeth, T. (2020). Peningkatan Kualitas Citra X-Ray Paru-Paru Pasien Covid-19 Menggunakan Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization. *Jurnal Teknologi Informasi*, 4(2), 345–349. <http://www.jurnal.una.ac.id/index.php/jurti/article/view/1709>
- Fadillah, N., & Gunawan, C. R. (2019). Mendeteksi Keakuratan Metode Noise Salt and Pepper Dengan Median Filter. *Jurnal Informatika*, 6(1), 91–95. <https://doi.org/10.31311/ji.v6i1.5439>
- Fendriani, Y., Kharisma, R., & Peslinof, M. (2023). Analisis Perbandingan Variasi Filter Pada Deteksi Tepi Menggunakan Metode Canny Terhadap Citra Ct-Scan Kanker Paru-Paru. *Journal Online of Physics*, 8(2), 77–81. <https://doi.org/10.22437/jop.v8i2.24451>
- Gerald, S., Berutu, P., Ari, I. K., Informatika, S., Matematika, F., & Alam, P. (2023). *Identifikasi Salt and Pepper Noise pada Citra dengan Metode Median Filter*. 1, 1093–1100.
- Gilang Suryanata, M., Erwansyah, K., Ibnutama, K., Helsa Pane, D., Informasi, S., & Triguna Dharma, S. (2020). Perbaikan Kualitas Citra CCTV Pada Rumah Ibadah Menggunakan Teknik Histogram Ekualisasi. *Jurnal CyberTech*, 3(5), 965–969. <https://ojs.trigunadharma.ac.id/>
- Ginting, D., Simanjuntak, M., Saragih, R., Kaputama, S., Binjai, S., & Utara, I. (2022). Reduksi Noise Pada Citra Menggunakan Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization Noise Reduction in Image Using Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization Method. *Jurnal Ilmu*

- Komputer Dan Sistem Informasi*, 2022, 1–14. <https://jurnal.unity-academy.sch.id/index.php/jirsi/index1%0Ahttp://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>
- Gunadi, I. G. A., Wicaksana, I. G. A., Dwija, M. R., & Putra, I. P. A. S. (2020). *Pengurangan Noise Pada Citra Digital Menggunakan Filter Aritmatik Mean , Harmonik Mean , Gaussian , Max , Min , Dan Jurnal Ilmu Kompu.* 2, 34–44.
- Hafidz, J. (2021). Penyebaran Screenshot Whatsapp dalam Perspektif Etika dan Hukum Pidana. *Jurnal Cakrawala Informasi*, 1(1), 58–73. <https://doi.org/10.54066/jci.v1i1.213>
- Hasanah, P. N. (2020). Implementasi Interpolasi Fractal Untuk Pembesaran Skala Pada Citra Screen Capture CCTV. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 7(1), 63. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v7i1.1945>
- Hasugian, A. H., & Zufria, I. (2018). Perancangan Sistem Restorasi Citra Dengan Metode Image Inpainting. *ALGORITMA: Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 6341(November), 1.
- Hidayat, J., Usman, Faisal, A., & Syafriwel. (2019). Perbandingan Metode Perbaikan Kualitas Citra Berbasis Histogram Equalization Pada Citra Satelit. *Journal of Electrical Technology*, 4(3), 111–115.
- Ikhsal, M. F., Dermawan, B. A., & Adam, R. I. (2023). Peningkatan Deteksi Kecelakaan di Jalan Raya Menggunakan Real-ESRGAN pada Citra CCTV Persimpangan Jalan. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 7(1), 51–56. <https://doi.org/10.30871/jaic.v7i1.5562>
- Kosasih, R., Informatika, F. T., Gunadarma, U., Margonda, J., No, R., & Cina, P. (2021). Pendeteksian Kendaraan Menggunakan Metode Median Filter. *Jurnal Ilmiah Komputasi*, 20(1), 53–58. <https://doi.org/10.32409/jikstik.20.1.402>
- Mahfuz. M. F, Yuliantari. R. V, & Fatkhurrozi. B. (2022). Perbandingan Metode Histogram dan Power Law untuk perbaikan kualitas CCTV menggunakan Python. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(1), 4–9.
- Manurung, H. (2019). Penerapan Metode Arithmetic Mean Filter Untu Mereduksi Noise Speckle dan Salt And Pepper Pada Citra Ultraviolet. *Jurnal Pelita Informatika*, 18(1), 128–132.
- Mertiana, W., Sardjono, T., & Hikmah, N. (2020). Peningkatan Kontras Citra Mamografi Digital Dengan Menggunakan Clahe dan Contrast Stretching. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 222–227.
- Mona, P. (2020). Implementasi Metode Bilateral Filter Untuk Mengurangi Derau Pada Citra Magnetic Resonance Imaging (MRI). *Jurnal Informasi Dan Teknologi Ilmiah (INTI)*, 7(3), 259–263.
- Nabuasa, Y. N. (2019). Pengolahan Citra Digital Perbandingan Metode Histogram Equalization Dan Spesification Pada Citra Abu-Abu. *J-Icon*, 7(1), 87–95.
- Nasution, D. L. (2019). Perbaikan Kualitas Citra Maps Menggunakan Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (Clahe). *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer)*, 3(1), 49–56. <https://doi.org/10.30865/komik.v3i1.1566>
- Nugroho, W. R. L., & Pamungkas, D. P. (2022). Penerapan Metode 2D Median Filter pada Perbaikan Citra Daun Bawang Merah. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 88–95.

- Pebriadi, M. S., Haryati, S., & Yusman, Y. (2021). Penerapan Metode Alfha Trimmed Mean Filter Dalam Pengolahan Citra Berbasis Android. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 4(1), 53–58. <https://doi.org/10.31539/intecom.v4i1.2316>
- Prastika, D. (2021). Teknik Mendeteksi Citra CCTV Yang Bernoise Dengan Alur Garis Menggunakan Metode Speed_Up Robust Future (SURF). *Informasi Dan Teknologi Ilmiah (INTI)*, 9(1), 5–7. <http://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/inti/article/view/3329>
- Raehana, R. (2022). Teknik Foto 360° Dan Virtual Reality Dalam Sinematografi. *Arty: Jurnal Seni Rupa*, 11(2), 56–63.
- Restima. (2021). Implementasi Metode Alpha-Trimmed Mean Filter dan Adaptive Median Filter Untuk Mereduksi Noise Poisson Pada Citra Digital. *Terapan Informatika Nusantara*, 1(10), 527–535. <https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/tin>
- Saifullah, S. (2020). Analisis Perbandingan He Dan Clahe Pada Image Enhancement Dalam Proses Segmenasi Citra Untuk Deteksi Fertilitas Telur. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 9(1), 134. <https://doi.org/10.23887/janapati.v9i1.23013>
- Saputra, K., Taufik, I., Dharma, D. F., & Hidayat, M. (2021). Analisis Perbaikan Kualitas Citra Menggunakan CLAHE dan HE Pada Citra X-Ray Covid-19 dan Pneumonia. 6(2), 97–104.
- Satya, I. D. G. R., Widiartha, I. M., Atmaja Darmawan, I. D. M. B., Ari Mogi, I. K., Astuti, L. G., & Santiyasa, I. W. (2022). Implementasi Metode Gaussian dan Median Filtering dalam Penghilangan Noise pada Citra. *JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)*, 10(2), 189. <https://doi.org/10.24843/jlk.2021.v10.i02.p01>
- Septika Kaesardi, D., Riski, A., & Kamsyakawuni Jurusan Matematika, A. (2018). Perbaikan Citra Inframerah dengan Metode Divide-Conquer dan Metode Histogram Equalization. *Berkala Sainstek*, VI(2), 71–74.
- Simanjuntak, D. Y. (2019). Reduksi Noise Salt and Paper Pada Citra Pankromatik Menggunakan Metode Harmonic Mean Filter. *Pelita Informatika: Informasi Dan Informatika*, 7(1), 18–23.
- Simarmata, E. (2022). Implementasi Metode High Pass Filtering Dan Metode Contrast Streching Dalam Perbaikan Kualitas Citra. *Journal of Informatics, Electrical and Electronics Engineering*, 2(2), 31–38.
- Siregar, H. A. (2019). Implementasi Metode Sharpening Untuk Memperbaiki Kualitas Citra. *Pelita Informatika*, 8(1), 5–8.
- Syamsuri. (2019). Analisa Perbandingan Metode Vektor Median Filtering Dan Adaptive Median Filter Untuk Perbaikan Citra Digital. 1(2), 115–123.
- Wijaya, P. H., Wulanningrum, R., & Halilintar, R. (2021). Perbaikan Citra Dengan Menggunakan Metode Gaussian Dan Median Filter. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 5(5), 100–105.
- Zanoor. (2020). *Pengertian CCTV*. <https://www.zanoor.com/pengertian-cctv/>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode Program

```
% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
I = handles.I; %memanggil citra asli
[row,col,~] = size(I); %membaca ukuran baris dan kolom citra Asli
median = imgaussfilt(I,1); %melakukan filter median dengan sigma 1
% "imgaussfilt" adalah library untuk fitur median pada MATLAB
handles.median = median; %membaca citra median
guidata(hObject,handles) %menyimpan kedalam guidata
axes(handles.axes6) %menyimpan citra median kedalam axes
imshow(median) %menampilkan citra median
axes(handles.axes9) %menyimpan histogram citra median kedalam axes
imhist (median); %mencari nilai histogram citra median
MSE = sum(sum((I-median).^2))/(row*col); %mencari nilai MSE citra
berdasarkan perbandingan citra Asli dan median
PSNR = 10*log10(256*256/MSE); %mencari nilai PSNR citra berdasarkan
perbandingan citra Asli dan median
set(handles.edit7,'String',max (MSE)) %menampilkan nilai MSE
set(handles.edit8,'String',max (PSNR))%menampilkan nilai PSNR

% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
J = handles.J; %memanggil citra CLAHE
[row,col,~] = size(J); %membaca ukuran baris dan kolom citra CLAHE
median1 = imgaussfilt(J,1); %melakukan filter median dengan sigma 1
% "imgaussfilt" adalah library untuk fitur median pada MATLAB
handles.median1 = median1; %membaca citra kombinasi CLAHE median
guidata(hObject,handles) %menyimpan kedalam guidata
axes(handles.axes7) %menyimpan citra kombinasi CLAHE median kedalam
axes
imshow(median1) %menampilkan citra kombinasi CLAHE median
axes(handles.axes10) %menyimpan histogram citra kombinasi CLAHE median
kedalam axes
imhist (median1); %mencari nilai histogram citra kombinasi CLAHE median
MSE = sum(sum((J-median1).^2))/(row*col); %mencari nilai MSE citra
berdasarkan perbandingan citra kombinasi CLAHE dan median
PSNR = 10*log10(256*256/MSE); %mencari nilai PSNR citra berdasarkan
perbandingan citra kombinasi CLAHE dan median
```

Lampiran 2 Hasil Cek Plagiasi

The image shows a screenshot of an iThenticate similarity report. The report is for a paper titled "Analisis Kombinasi Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) Dan Median Filter" by Fredy Noor. It provides statistics on word and character counts, page count, file size, submission date, and report date. The overall similarity is 19%, with a breakdown of matches from various databases. Excluded items include submitted works, bibliographic material, abstracts, and small matches.

iThenticate®		Similarity Report ID: oid:29477:94534909
PAPER NAME	AUTHOR	
Analisis Kombinasi Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) Dan Median Filter	FREDY NOOR	
WORD COUNT	CHARACTER COUNT	
13013 Words	74293 Characters	
PAGE COUNT	FILE SIZE	
105 Pages	4.4MB	
SUBMISSION DATE	REPORT DATE	
May 6, 2025 2:19 PM GMT+7	May 6, 2025 2:21 PM GMT+7	
19% Overall Similarity		
The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.		
• 19% Internet database • 4% Publications database • Crossref database • Crossref Posted Content database		
Excluded from Similarity Report		
• Submitted Works database • Bibliographic material • Cited material • Abstract • Small Matches (Less than 15 words)		

Lampiran 3 SK Pembimbing



UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK
Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBSI Nomor 1 ☎ (061) 7366878, 7360168, 7364348, 7366781, Fax. (061) 7366998 Medan 20223
Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A, ☎ (061) 8225602, Fax. (061) 8226331 Medan 20122
Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 393/FT.6/01.10/VIII/2024

22 Agustus 2024

Lamp : -

Hal : Perpanjang SK Pembimbing Tugas Akhir

Yth. Pembimbing Tugas Akhir
Muhathir, ST, M. Kom
di
Tempat

Dengan hormat,
Sehubungan telah berakhirnya waktu masa berlaku SK pembimbing nomor 815/FT.6/01.10/XII/2023 tertanggal 19 Desember 2023 maka perlu diterbitkan kembali SK Pembimbing Skripsi baru atas nama mahasiswa berikut :

N a m a	: Fredy Noor
N P M	: 198160086
Jurusan	: Teknik informatika

Oleh karena itu kami mengharapkan kesediaan saudara :

Muhathir, ST, M. Kom (Sebagai Pembimbing)

Adapun Tugas Akhir Skripsi berjudul :

“Analisis Kombinasi Metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) dan *Median Filter* untuk Peningkatan Kualitas Citra Hasil Screenshot Closed Circuit Television (CCTV)”

SK Pembimbing ini berlaku selama enam bulan terhitung sejak SK ini diterbitkan. Jika proses pembimbing melebihi batas waktu yang telah ditetapkan, SK ini dapat ditinjau ulang.

Demikian kami sampaikan, atas kesediaan saudara diucapkan terima kasih.

Dekan,


Dr. Eng. Supriatno, ST, MT



Lampiran 4 Surat Pengantar Riset



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBSI Nomor 1 (061) 7366878, 7360168, 7364348, 7366781, Fax. (061) 7366998 Medan 20223
 Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A, (061) 8225602, Fax. (061) 8226331 Medan 20122
 Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 394 /FT.6/01.10/IX/2024 3 September 2024
 Lamp : -
 Hal : **Penelitian Dan Pengambilan Data Tugas Akhir**

Yth. Wakil Rektor Bidang Mutu Sumber Daya Manusia dan Perekonomian
 Jln. Kolam No.1
 Di
 Medan

Dengan hormat, kami mohon kesediaan bapak kiranya berkenan untuk memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami tersebut dibawah ini :

NO	N A M A	N P M	PRODI
1	Fredy Noor	198160086	Teknik Informatika

Untuk melaksanakan Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir di **Laboratorium Komputer Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Medan Area**.

Perlu kami jelaskan bahwa Pengambilan Data tersebut adalah semata-mata untuk tujuan Ilmiah dan Skripsi, yang merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa tersebut untuk mengikuti ujian sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan tidak untuk dipublikasikan, dengan judul :

Analisis Kombinasi Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) dan Median Filter untuk Peningkatan Kualitas Citra Hasil Screenshot CCTV.

Mohon kiranya tanggal Surat Izin Pengambilan Data Tugas Akhir agar disesuaikan dengan tanggal Terbitnya Surat ini.

Atas perhatian dan kerja sama yang baik diucapkan terima kasih.

Dekan

Dr. Eng. Supriatno, ST, MT

Tembusan :
 1. Ka. BPMPP
 2. Mahasiswa
 3. File

Lampiran 5 Surat Selesai Riset



UNIVERSITAS MEDAN AREA
Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate ☎ (061) 7360168, Medan 20223
Kampus II : Jalan Seliabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A ☎ (061) 42402994, Medan 20122
Website: www.uma.ac.id E-Mail: univ_medanarea@uma.ac.id

SURAT KETERANGAN
Nomor : 1840/UMA/B/01.7/XII/2024

Rektor Universitas Medan Area dengan ini menerangkan bahwa :

Nama	: Fredy Noor
No.Pokok Mahasiswa	: 198160086
Program Studi	: Teknik Informatika
Fakultas	: Teknik

Benar telah selesai Pengambilan Data di Laboratorium Komputer Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Medan Area dengan Judul Skripsi "**Analisis Kombinasi Metode *Contrast Limited Histogram Equalization (CLAHE)* dan Media Filter untuk Peningkatan Kualitas Citra Hasil Screenshot CCTV**".

Dan kami harapkan Data tersebut kiranya dapat membantu yang bersangkutan dalam penyusunan skripsi dan dapat bermanfaat bagi mahasiswa khususnya Fakultas Teknik Informatika Universitas Medan Area.

Demikian surat ini diterbitkan untuk dapat digunakan seperlunya

Medan, 13 Desember 2024.
an Rector
Wakil Rector Bidang Mutu SDM & Perekonomian,

Dr. Dedi Sahputra, S.Sos, MA

CC :
- Arsip