

**IMPLEMENTASI METODE *IMPROVED COLOR ATTENUATION PRIOR*  
UNTUK PENGHAPUSAN KABUT PADA CITRA GUNUNG KELUD**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
GHANI MUTAQIN  
NIM. 18650009**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**IMPLEMENTASI METODE *IMPROVED COLOR ATTENUATION PRIOR*  
UNTUK PENGHAPUSAN KABUT PADA CITRA GUNUNG KELUD**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada :  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh :  
GHANI MUTAQIN  
NIM. 18650009**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

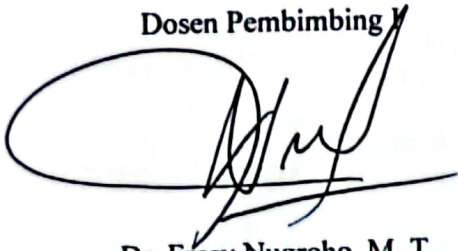
**IMPLEMENTASI METODE *IMPROVED COLOR ATTENUATION PRIOR*  
UNTUK PENGHAPUSAN KABUT PADA CITRA GUNUNG KELUD**

**SKRIPSI**

**Oleh :  
GHANI MUTAQIN  
NIM.18650009**

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal, 25 Mei 2023**

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Fresy Nugroho, M. T.  
NIP. 19710722 201101 1 001**

**Dosen Pembimbing II**



**Hani Nurhayati, M. T.  
NIP. 19780625 200801 2 006**

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**



**Dr. Fachrul Kurniawan ST., M.MT.  
NIP. 19771020200912 1 001**

## HALAMAN PENGESAHAN





### IMPLEMENTASI METODE *IMPROVED COLOR ATTENUATION PRIOR* UNTUK PENGHAPUSAN KABUT PADA CITRA GUNUNG KELUD

#### SKRIPSI

Oleh :  
**GHANI MUTAQIN**  
NIM. 18650009


Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)  
Pada Tanggal: 09 Juni 2023

#### Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	<u>Dr. Irwan Budi Santoso, M.Kom</u> NIP. 19770103 201101 1 004	(  )
Anggota Penguji I	<u>Juniardi Nur Fadila, M. T.</u> NIP. 19920605 201903 1 015	(  )
Anggota Penguji II	<u>Dr. Fresy Nugroho, M. T.</u> NIP. 19710722 201101 1 001	(  )
Anggota Penguji III	<u>Hani Nurhayati, M. T.</u> NIP. 19780625 200801 2 006	(  )

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



  
Dr. Fachrul Kurniawan ST., M.MT.  
NIP. 19771020200912 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ghani Mutaqin

NIM : 18650009

Fakultas/ Program Studi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Skripsi : **Implementasi Metode *Improved Color Attenuation Prior* Untuk Penghapusan Kabut Pada Citra Gunung Kelud**

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 09 Juni 2023

Yang membuat pernyataan



Ghani Mutaqin

NIM. 18650009

**HALAMAN MOTTO**

**その努力決して裏切らない**

“Usaha Keras Itu Tak Akan Menghianati”

- *Yasushi Akimoto*

“Hidup saya adalah untuk bahagia, kalau belum bahagia, belum boleh mati. Tapi kalo udah mati duluan tapi belum bahagia, itu rahasia Ilahi”

## HALAMAN PERSEMBAHAN

“Ada hari saat kita sulit berjalan karena angin kencang”

-Skripsi ini aku persembahkan untuk Negara dan Agamaku. Juga untuk Abah, Umi, dan Kakaku Tercinta yang Selalu Memberikan Dukungan dan Nasehatnya  
Kepadaku-

-Kepada Bapak Fresy Nugroho yang senantiasa sabar dalam membimbing, hanya Allah yang mampu membalas budi baik bapak-

## KATA PENGANTAR

# السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Implementasi Metode *Improved Color Attenuation Prior* Untuk Penghapusan Kabut Pada Citra Gunung Kelud” ini dengan baik dan lancar, dimana skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom) dari Program Studi Teknik Informatika di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Baik berupa bimbingan, dorongan, petunjuk, kritik, saran, serta data-data baik secara tertulis maupun lisan.

Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M Zainuddin, MA., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
3. Dr. Fachrul Kurniawan, ST. M.MT selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim
4. Dr. Fresy Nugroho, M.T yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, mengarahkan, dan memberi masukan selama proses perkuliahan dari semester awal hingga semester akhir, serta memberi bimbingan dalam penulisan skripsi ini.

5. Ibu Hani Nurhayati, M.T selaku dosen pembimbing II yang selalu membimbing, memberi masukan dan solusi dalam penyusunan laporan skripsi ini.
6. Fatchurrohman, M.Kom selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan ilmu sehingga menjadi bekal untuk penulis dalam menyelesaikan studi sejak awal kuliah hingga akhir.
7. Dr. Cahyo Crys dian yang telah memberikan banyak pengalaman berharga sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim.
8. Abah dan Umi tercinta, Alm. Drs. Sumadha dan Nyai Hibatul Izah, S.Pd.I, S.Pd yang selalu memberikan doa, motivasi, pengalaman berharga, serta membiayai penulis dalam menuntut ilmu dan menyelesaikan skripsi ini.
9. Kakak-kakakku tercinta, Rizal Mutaqin, S.Kom dan Dwi Shinta Dharmopadni, S.Kom yang selalu memberikan nasihat dan motivasi, serta logistik kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Taufiq-Senpai selaku rekan programmer, yang telah meluangkan banyak waktu untuk diskusi dengan penulis.
11. Abang-abang saya, Mas Galang dan Bang Alrizaldo, yang banyak memberikan bantuan dan motivasi sejak penulis berkuliah.
12. Donny-Senpai dan Ardisca yang telah mengajarkan penulis menjadi aslab yang baik.
13. Mbak Zaima, Uni Nisa, dan Kak Michelle yang sering memberikan motivasi dan menjadi teman diskusi.

14. Andhika sebagai teman diskusi selama mengerjakan skripsi ini di laboratorium.

15. Sabeum Nim Arif Suyono yang selalu memberikan dukungan kepada penulis sejak awal hingga akhir studi di UIN Maulana Malik Ibrahim.

16. Para peneliti sebelumnya yang karyanya terkait dengan skripsi ini dan seluruh pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Semoga apa yang telah diberikan mereka kepada penulis, akan mendapat imbalan dari Allah SWT. Akhir kata, semua kritik dan saran atas skripsi ini akan penulis terima dengan senang hati, dan akan menjadi bahan pertimbangan bagi penulis selanjutnya untuk menyempurnakan skripsi ini.

وَلَسَّلَامٌ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Malang, 09 Juni 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
ABSTRAK .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
ملخص .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Pernyataan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	7
1.6 Sistematika Penulisan .....	7
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>9</b>
2.1 Penelitian Terkait .....	9
2.2 Gunung Kelud .....	10
2.2.1 <i>Noise/Kabut</i> .....	10
2.3 Citra.....	13
2.3.1 Citra Analog.....	13
2.3.2 Citra Digital .....	14
2.3.3 Perbandingan Citra Analog dan Citra Digital.....	14
2.4 Pengolahan Citra Digital .....	15
2.4.1 Jenis-jenis Citra Digital .....	15
2.4.2 Operasi Pengolahan Citra .....	17
2.4.3 Langkah-langkah Pengolahan Citra Digital.....	20
2.5 Dehazing .....	22
2.5.1 <i>Dark Channel Prior</i> .....	24
2.5.2 <i>Color Attenuation Prior</i> .....	24
2.5.3 <i>Improved Color Attenuation Prior</i> .....	26
2.5.4 <i>Negative Correction</i> .....	27
2.5.5 <i>High Speed Gain Intervention Refinement</i> .....	28

2.5.6	Penghapusan Kabut Asap Cepat Dengan Filter Median.....	29
2.5.7	<i>Hazy Particle Map</i> .....	30
2.6	Kontras .....	31
2.7	Saturasi.....	31
2.8	<i>Peak Signal to Noise Ratio</i> .....	32
<b>BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI .....</b>		<b>33</b>
3.1	Sumber Data.....	33
3.2	<i>Pre-Processing</i> .....	34
3.3	Algoritma Yang Diimplementasikan .....	35
3.4	<i>Input Checking</i> .....	37
3.5	<i>White Balance</i> .....	38
3.6	<i>Atmosfer Light Estimation</i> .....	40
3.7	Estimasi Kedalaman.....	41
3.8	Peta Transmisi.....	42
3.9	<i>Transmission Map Constraint</i> .....	44
3.10	<i>Constrained Transmisson Map</i> .....	46
3.11	<i>Scene Recovery</i> .....	47
3.12	Performa Yang Diukur .....	49
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>52</b>
4.1	Skenario Uji Coba .....	53
4.2	Hasil Proses <i>Improved Color Attenuation Prior</i> Secara Visualisasi....	54
4.3	Hasil Citra Masukan Secara Visualisasi .....	55
4.3.1	Citra Berkabut 03-10-17 .....	55
4.3.2	Citra Berkabut 04-10-17 .....	57
4.3.3	Citra Berkabut 06-10-17 .....	58
4.3.4	Citra Berkabut 07-10-17 .....	59
4.3.5	Citra Berkabut 08-10-17 .....	61
4.3.6	Citra Berkabut 09-10-17 .....	62
4.3.7	Citra Berkabut 10-10-17.....	63
4.3.8	Citra Berkabut 11-10-17 .....	64
4.3.9	Citra Berkabut 12-10-17 .....	66
4.3.10	Citra Berkabut 13-10-17 .....	67
4.4	Mean Square Error(MSE) .....	68
4.4.1	<i>Improved Color Attenuation Prior</i> dan CAP.....	69
4.4.2	<i>Improved Color Attenuation Prior</i> dan <i>Dark Channel Prior</i> ..	70
4.4.3	<i>Improved Color Attenuation Prior</i> dan HGIR.....	71
4.4.4	<i>Improved Color Attenuation Prior</i> dan mHMF.....	72
4.4.5	<i>Improved Color Attenuation Prior</i> dan <i>Negative Correction</i> ..	73
4.5	<i>Peak Signal to Noise Ratio</i> (PSNR).....	74
4.5.1	PSNR ICAP dan CAP.....	75
4.5.2	PSNR ICAP dan DCP.....	76
4.5.3	PSNR ICAP dan HGIR.....	77
4.5.4	PSNR ICAP dan mHMF.....	78
4.5.5	PSNR ICAP dan NC .....	79
4.6	Hasil Analisa Pengujian Sistem <i>Dehazing</i> .....	80
4.6.1	Perbandingan Rata-rata MSE Setiap Metode .....	83

4.6.2	Perbandingan Rata-rata PSNR Setiap Metode.....	83
4.6.3	Grafik Perbandingan MSE.....	84
4.6.3	Grafik Perbandingan PSNR.....	84
4.7	Hasil Kontras dan Kecerahan.....	85
4.7.1	Kontras dan Kecerahan Citra Berkabut Tipis.....	86
4.7.2	Kontras dan Kecerahan Citra Berkabut Sedang .....	88
4.7.3	Kontras dan Kecerahan Citra Berkabut Tebal .....	90
4.8	Hasil Analisa Kontras dan Kecerahan.....	92
4.9	Integrasi Sains dan Islam .....	96
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>100</b>
5.1	Kesimpulan .....	100
5.2	Saran.....	101
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Visualisasi Proses <i>Improved Color Attenuation Prior</i> .....	54
Tabel 4.2. Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 03-10-2017.....	56
Tabel 4.3. Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 04-10-2017.....	57
Tabel 4.4. Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 06-10-2017.....	58
Tabel 4.5. Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 07-10-2017.....	59
Tabel 4.6. Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 08-10-2017.....	61
Tabel 4.7. Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 09-10-2017.....	62
Tabel 4.8. Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 10-10-2017.....	63
Tabel 4.9. Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 11-10-2017.....	65
Tabel 4.10. Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 12-10-2017.....	66
Tabel 4.11. Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 13-10-2017.....	67
Tabel 4.12. Percobaan <i>Mean Square Error</i> (MSE) ICAP dan CAP.....	69
Tabel 4.13. Percobaan <i>Mean Square Error</i> (MSE) ICAP dan DCP.....	70
Tabel 4.14. Percobaan <i>Mean Square Error</i> (MSE) ICAP dan HGIR.....	71
Tabel 4.15. Percobaan <i>Mean Square Error</i> (MSE) ICAP dan mHMF.....	72
Tabel 4.16. Percobaan <i>Mean Square Error</i> (MSE) ICAP dan NC.....	73
Tabel 4.17. Percobaan PSNR ICAP dan CAP.....	75
Tabel 4.18. Percobaan PSNR ICAP dan DCP.....	76
Tabel 4.19. Percobaan PSNR ICAP dan HGIR.....	77
Tabel 4.20. Percobaan PSNR ICAP dan mHMF.....	78
Tabel 4.21. Percobaan PSNR ICAP dan NC.....	79
Tabel 4.22. Perbandingan PSNR ICAP dan CAP.....	80
Tabel 4.23. Perbandingan PSNR ICAP dan DCP.....	80
Tabel 4.24. Perbandingan PSNR ICAP dan HGIR.....	81
Tabel 4.25. Perbandingan PSNR ICAP dan mHMF.....	81
Tabel 4.26. Perbandingan PSNR ICAP dan NC.....	82
Tabel 4.27. Perbandingan Rata-rata MSE Setiap Metode.....	83
Tabel 4.28. Perbandingan Rata-rata PSNR Setiap Metode.....	83
Tabel 4.29. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan ICAP.....	86
Tabel 4.30. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan CAP.....	86
Tabel 4.31. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan DCP.....	86
Tabel 4.32. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan HGIR.....	87
Tabel 4.33. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan mHMF.....	87
Tabel 4.34. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan NC.....	87
Tabel 4.29. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan ICAP.....	86
Tabel 4.30. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan CAP.....	86
Tabel 4.31. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan DCP.....	86
Tabel 4.32. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan HGIR.....	87
Tabel 4.33. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan mHMF.....	87
Tabel 4.34. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan NC.....	87
Tabel 4.35. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan ICAP.....	88
Tabel 4.36. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan CAP.....	88
Tabel 4.37. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan DCP.....	89

Tabel 4.38. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan HGIR.....	89
Tabel 4.39. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan mHMF.....	89
Tabel 4.40. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan NC.....	90
Tabel 4.41. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan ICAP.....	90
Tabel 4.42. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan CAP.....	90
Tabel 4.43. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan DCP.....	91
Tabel 4.44. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan HGIR.....	91
Tabel 4.45. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan mHMF.....	92
Tabel 4.46. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan NC.....	92
Tabel 4.47. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan Kabut Tipis.....	92
Tabel 4.48. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan Kabut Tipis.....	93
Tabel 4.49. Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan Kabut Tipis.....	93

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gunung Kelud .....	11
Gambar 2.2 Keadaan Kawah Gunung Kelud yang Berkabut .....	12
Gambar 2.3 Alur <i>Image Compression</i> .....	19
Gambar 2.4 Alur Proses Pengolahan Citra Digital .....	20
Gambar 2.5 Blok Diagram Algoritma Penghilangan Kabut Berdasarkan Color Attenuation Prior(CAP) .....	26
Gambar 3.1 Blok Diagram Algoritma Improved Color Attenuation Prior ...	36
Gambar 3.2 Citra Masukan .....	37
Gambar 3.3 Blok Diagram <i>Input Checking</i> .....	37
Gambar 3.4 Blok Diagram <i>White Balance</i> .....	39
Gambar 3.5 Ilustrasi <i>White Balance</i> Pada ICAP.....	40
Gambar 3.6 <i>Atmosfer Light Estimation</i> .....	41
Gambar 3.7 Blok Diagram Estimasi Kedalaman .....	41
Gambar 3.8 Visualisasi Estimasi Kedalaman Pada ICAP .....	42
Gambar 3.9 Diagram Blok Peta Transmisi .....	43
Gambar 3.10 Ilustrasi proses Peta Transmisi pada ICAP .....	43
Gambar 3.11 <i>Flowchart Trasmission Map Constraint</i> .....	44
Gambar 3.12 Blok Diagram <i>Constrained Transmisson Map</i> .....	46
Gambar 3.13 Blok Diagram <i>Scene Recovery</i> .....	48
Gambar 3.14 Tampilan <i>Scene Recovery</i> .....	49
Gambar 3.15 Citra Hasil Pemrosesan .....	51
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Nilai MSE .....	84
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai PSNR .....	85
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Perubahan Kontras .....	94
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Perubahan Kecerahan .....	94
Gambar 4.5 Grafik Histogram dari Kondisi Citra dengan kabut sedang sebelum direduksi kabutnya .....	94
Gambar 4.6 Grafik Histogram dari Kondisi Citra dengan kabut sedang sesudah direduksi kabutnya.....	95
Gambar 4.7 Histogram dari Saturasi dan Kecerahan untuk Citra dengan Kondisi Kabut Sedang Sebelum Direduksi.....	95
Gambar 4.8 Histogram dari Saturasi dan Kecerahan untuk Citra dengan Kondisi Kabut Sedang Setelah Direduksi .....	96

## ABSTRAK

Mutaqin, Ghani. 2023. **Implementasi Metode *Improved Color Attenuation Prior* Untuk Penghapusan Kabut Pada Citra Gunung Kelud**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Dr. Fresy Nugroho, M. T. (II) Hani Nurhayati, M. T.

---

**Kata Kunci** : *Dehazing, Noise, Improved Color Attenuation Prior, Image Processing*

Sebuah gambar mengandung degradasi karena kabut, sehingga pengurangan kontras dan warna yang memudar. Pada penelitian ini, telah diimplementasikan sebuah sistem yang mampu menghilangkan noise, efek kabut atau bisa disebut dengan *dehazing*. Selain itu, gambar berisi sebuah sejumlah informasi yang dapat digunakan dalam menghilangkan kabut, maka dari itu sebuah metode telah diimplementasikan untuk penghapusan kabut dari gambar yaitu metode *Improved Color Attenuation Prior*, yaitu metode digunakan dalam rangka penghapusan kabut. Dimana hasil keluaran juga akan dihitung dengan berbagai cara penghitungan untuk mencari nilai terbaik dari citra. Keluaran secara visual yang diperoleh adalah suatu gambar yang sudah dipisahkan dengan efek kabut dengan kualitas yang lebih baik.

## ABSTRACT

Mutaqin, Ghani. 2023. **Implementation of Improved Color Attenuation Prior Method for Haze Removal in Kelud Mountain Image**. Theses. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor : (I) Dr. Fresy Nugroho, M. T. (II) Hani Nurhayati, M. T.

---

An image contains degradation due to haze, resulting in contrast reduction and color fading. In this research, a system has been implemented that is capable of removing noise, haze effects or can be called dehazing. In addition, images contain a certain amount of information that can be used in removing haze, therefore a method has been implemented for the removal of haze from images namely the Improved Color Attenuation Prior method, which is a method used in order to remove haze. Where the output results will also be calculated by various calculation methods to find the best value of the image. The visual output obtained is an image that has been separated from the haze effect with better quality.

**Keywords:** *Dehazing, Noise, Improved Color Attenuation Prior, Image Processing*

## ملخص

متقن غني. 2023. تنفيذ الطريقة السابقة المحسنة لتوهين اللون لإزالة الضباب في الصور الجبلية. أطروحة. قسم هندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الولاية الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج مشرف: (١) فراسي نوغروها (٢) هاني نورحياتي

---

الكلمة الأساسية: إزالة الرطوبة والضوضاء وتحسين توهين اللون قبل معالجة الصور

تحتوي الصورة على تدهور بسبب الضباب، مما يؤدي إلى تقليل التباين والألوان الباهتة. في هذه الدراسة، تم تنفيذ بالإضافة إلى ذلك، تحتوي الصورة على قدر *dehazing* نظام قادر على إزالة الضوضاء وتأثيرات الضباب أو ما يمكن تسميته معين من المعلومات التي يمكن استخدامها في إزالة الضباب، لذلك تم تنفيذ طريقة لإزالة الضباب من الصورة وهي الطريقة وهي الطريقة المستخدمة في سياق إزالة الضباب. حيث سيتم أيضاً حساب *Improved Color Attenuation Prior* نتائج الإخراج بطرق مختلفة للعثور على أفضل قيمة من الصورة. الناتج المرئي الذي تم الحصول عليه هو صورة تم فصلها عن طريق تأثير ضباب بجودة أفضل.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gunung berapi mendominasi geografi Indonesia dikarenakan zona subduksi diantara lempeng Eurasia dan Indo-Australia. Beberapa gunung berapi terkenal dengan letusannya. Di pulau Jawa, Kelud adalah gunung berapi yang paling aktif, yang mengakibatkan banyaknya korban jiwa akibat letusan di daerah itu. Sudah lebih dari 30 kali gunung Kelud meletus dan letusan terbesarnya memiliki Magnitudo 5 *Volcanic Explosive Index* (VEI) (Pratiwi et al., 2021).

Belajar dari pengalaman mengenai gejala yang muncul sebelum gunung Meletus, maka pemerintah telah merencanakan peningkatan dalam mitigasi bencana. Badan Penanggulangan Bencana Daerah atau BPBD mengirimkan pengamat ke gunung Kelud agar melakukan pengawasan menggunakan CCTV selain menggunakan seismograf. Kamera dimasukkan diatas 2 puncak gunung dan diposisikan menghadap ke kawah gunung. Sehingga, dalam usaha mitigasi bencana, Gunung Kelud memiliki kamera *Close Circuit Television* (CCTV) untuk memantau semua aktivitas gunung, termasuk aktivitas manusia di Gunung Kelud (Monardo, 2020). Dalam Al-Quran disebutkan :

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اصْبِرُوا وَصَابِرُوا وَرَابِطُوا وَاتَّقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ

“Wahai orang-orang yang beriman! Bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap-siaga (di perbatasan negerimu) dan bertakwalah kepada Allah agar kamu beruntung.” (QS. ‘Ali-Imran: 200)

Ayat ini dimaksudkan agar setiap muslim selalu bersiap pada setiap hal kemungkinan ataupun musibah yang terjadi. Sehingga lebih siap dalam menghadapi bencana dan tidak menimbulkan banyak korban. Memantau aktivitas gunung berapi kelud melalui CCTV adalah salah satu hal yang telah dilakukan dalam menyiapkan diri terhadap bencana alam. Namun, gambar yang dihasilkan oleh CCTV tidak selalu seperti yang diharapkan. Terkadang menghasilkan gambar yang cerah dan jelas, tetapi lebih sering menghasilkan gambar yang buram. Gambar buram disebabkan oleh kabut dan merupakan hasil yang tidak diinginkan. Dengan demikian, citra kawah Kelud dapat dijadikan sebagai contoh data citra yang mengandung *noise* (gangguan) berupa kabut. Seperti yang kita ketahui, dataran tinggi seperti yang berada di dekat kawah gunung memiliki kelembapan yang tinggi sehingga rentan terhadap kabut tipis dan tebal (Putra, O. V., Firdaus, M., & Utama, 2021).

Di Gunung Kelud, kita sering melihat kabut saat cuaca dingin. Kabut adalah awan lembab yang mengambang di dekat tanah, atau uap air dari kondensasi yang masih berada di dekat tanah karena peristiwa pemanasan atau pendinginan. Kondensasi adalah konversi uap air atau gas menjadi cairan pada suhu udara ketika berada dibawah titik embun. Uap air berkondensasi dan membentuk kabut saat mengenai benda dingin. Kondensasi terjadi ketika uap air di udara bertemu dengan tanah yang relatif lebih dingin. Uap air yang mengembun membentuk kabut seperti kondisi pada pegunungan. Pada siang hari, semakin tinggi Anda pergi, semakin dingin cuacanya. Uap air yang mengenai daerah dingin membentuk kabut di puncak

gunung. Karena banyaknya uap air, banyak kabut yang terbentuk (Putra, O. V., Firdaus, M., & Utama, 2021).

Perkembangan teknologi informasi di bidang pengolahan citra telah membawa kemajuan yang cukup besar di berbagai bidang, terutama di negara-negara berkembang. Perkembangan ini didukung dengan ketersediaan *hardware* dan *software* yang semakin powerful. Teknologi yang berkembang pesat adalah *image processing*. Banyak perangkat elektronik seperti pemindai, *digital camera*, mikroskop digital, dan juga *fingerprint scanner* menghasilkan gambar digital. *Software* pengedit foto secara digital sering dipakai pengembangan yang dipakai *user* dalam mengedit gambar (Prasetyo & Kosasi, 2019).

Disaat kita memotret suatu objek, kita berharap hasil fotografinya akan berkualitas tinggi. Salah satu kriteria hasil foto yang baik adalah obyek yang terlihat jelas. Namun, keberadaan kabut terkadang mengaburkan subjek fotografi, terutama saat kabut cukup pekat. Hal ini biasa terjadi terutama di daerah pegunungan, misalnya di Gunung Kelud. Dalam hal ini, hal termudah untuk dilakukan adalah menunggu kabut hilang dengan sendirinya. Namun jika kabut yang ada sulit dihilangkan sendiri karena kawasan seperti Gunung Kelud berkabut, tentu menjadi masalah lain. Oleh karena itu, seseorang harus berusaha untuk menghilangkan kabut dari gambar sebanyak mungkin (Virgantara Putra et al., 2021). Dengan cara ini, objek dalam gambar akan terlihat jelas. Mencoba menghilangkan kabut dari gambar ini adalah bahan penelitian yang menarik. Rasulullah Shallallahu ‘alaihi wasallam bersabda :

مَنْ نَفَّسَ عَنْ مُؤْمِنٍ كُرْبَةً مِنْ كُرْبِ الدُّنْيَا ، نَفَّسَ اللَّهُ عَنْهُ كُرْبَةً مِنْ كُرْبِ يَوْمِ الْقِيَامَةِ

“Barangsiapa yang melapangkan satu kesusahan dunia dari seorang Mukmin, maka Allâh melapangkan darinya satu kesusahan di hari Kiamat“(HR. Muslim).

Hadis ini ditafsirkan bahwa jika jika mempermudah urusan orang lain, maka tentunya ganjaran pahala akan kita dapatkan. Baik itu mempermudah untuk individu maupun kepentingan orang banyak. Mencoba menghilangkan kabut pada gambar hasil pemantauan adalah satu upaya dalam mempermudah kerja pemerintah dalam menanggulangi resiko bencana alam.

Dalam dunia fotografi, *image processing* memegang peranan yang sangat penting. Dalam bidang fotografi terkadang didapatkan hasil yang tidak diinginkan, termasuk gambar yang buram. Gambar berkabut disebabkan oleh fenomena alam yang dinamakan kabut. Kabut ialah sekelompok tetesan air sangat kecil yang melayang diudara tetesan air yang sangat kecil yang melayang di udara. Kabut hamir sama dengan awan akan tetapi perbedaanya ialah awan tidak menyentuh bumi sedangkan kabut menyentuh sampai tanah(Zuhdy, 2020). Nebula ini bisa kita lihat di tempat yang tinggi dan dingin. Kabut dapat terbentuk karena uap air di dekat permukaan bumi mengembun (gas berubah menjadi cair) dan berubah mirip seperti awan. Kejadian seperti ini biasanya diakibatkan oleh cuaca dingin yang menyebabkan uap air mengembun dan kelembapan mencapai 100% dimana sebagian besar fotografer tidak menginginkan itu(Anggraeni, 2021).

Ada beberapa metode yang pernah digunakan untuk menghilangkan kabut, salah satu metodenya adalah *dark channel prior*. Penelitian menghilangkan kabut dengan metode ini pernah dilakukan oleh(Mutaqin et al., 2018) dengan dasar

penelitian dari (He et al., 2011). Dalam penelitiannya, penghilangan kabut dilakukan dengan mengubah citra menjadi citra gelap. Namun pada penelitian yang dilakukan oleh (Putra et al., 2017) disebutkan bahwa metode ini memiliki kekurangan berupa saturasi yang berlebihan. Selain itu efek *halo* terkadang bisa ditimbulkan saat menggunakan metode ini. Metode lain yang pernah digunakan adalah *Color Attenuation Prior*(CAP). Penelitian yang dilakukan oleh(Zhu et al., 2015) menyatakan bahwa metode ini memiliki kecepatan yang paling tinggi dibandingkan yang lain. Selain itu, menurut (Putra, O. V., Firdaus, M., & Utama, 2021) juga memiliki kontras lebih baik tanpa adanya oversaturasi. Namun kekurangan dari metode ini adalah gagal dalam mempertahankan warna dari objek latar depan. Dan CAP cenderung hanya bekerja pada kabut tipis dan kabut sedang, dan kurang baik saat menangani kabut tebal(Fresy et al., 2016).

Zhang dkk. pada tahun 2018 mengembangkan metode restorasi digital yang dinamakan *Improved Color Attenuation Prior* (ICAP) dengan memanfaatkan informasi warna pada citra yang rusak untuk menghasilkan restorasi citra yang lebih baik. Metode ini didasarkan pada pengamatan bahwa citra yang rusak cenderung kehilangan informasi warna pada bagian-bagian yang terganggu, sehingga informasi warna tersebut dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki citra yang rusak. Dalam metode ICAP, citra yang rusak diubah ke dalam domain spektral menggunakan transformasi *fourier*. Kemudian, sebuah matriks spektral ICAP dihitung dari citra tersebut dengan memanfaatkan informasi warna dari citra yang rusak. Matriks spektral ini kemudian digunakan untuk melakukan restorasi citra

dengan mengoptimalkan sebuah fungsi objektif yang meminimalkan perbedaan antara citra yang rusak dan citra hasil restorasi(Liu, 2019).

Oleh karena itu, maka penulis mengusulkan Peningkatan dari metode Color Attenuation Prior yaitu *Improved Color Attenuation Prior* dalam rangka perbaikan citra untuk menghapus kabut. Sesuai dengan latar belakang tersebut, hipotesa dari penggunaan metode *Improved Color Attenuation Prior*(ICAP) akan menghasilkan citra keluaran yang lebih baik. Sehingga penulis mengangkat judul penelitian **“Implementasi Metode *Improved Color Attenuation Prior* untuk Penghapusan Kabut Pada Citra Gunung Kelud”**.

## **1.2 Pernyataan Masalah**

Ketika citra atau gambar yang ditangkap oleh kamera CCTV terdapat *noise*, maka pemantauan kawah gunung kelud tidak dapat dilakukan. Maka dari itu kami menyatakan masalah dari penelitian ini adalah, bagaimana performa metode *improved color attenuation prior* dalam menghilangkan kabut pada citra gunung kelud?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan visibilitas atau pandangan pada citra kawah gunung kelud dengan menghapus kabut.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan dalam penelitian ini adalah pengukuran nilai perubahan kontras untuk evaluasi adalah citra sudah berkurang kabutnya dikarenakan penelitian ini adalah perbaikan citra.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Mengurangi kabut pada citra kawah gunung kelud dengan akurasi tinggi
2. Data citra dapat terlihat sehingga memudahkan pemantauan aktivitas vulkanik
3. Memudahkan BPBD dalam pencegahan bencana terutama terkait *early warning*. Sehingga mengurangi risiko *false alarm* yang dihasilkan dari kondisi kawah yang tertutup kabut.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah:

### **Bab I Pendahuluan**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dilakukannya penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

### **Bab II Landasan Teori**

Bab ini berisi penjelasan tentang teori-teori serta karya ilmiah yang berhubungan dengan proses serta metode yang digunakan untuk penelitian yang diambil dari berbagai sumber seperti buku, e-book, jurnal, skripsi, tesis serta situs internet yang valid.

### **Bab III Desain dan Implementasi**

Bab ini menjelaskan tentang rancangan penelitian, dimulai dari rancangan sistem hingga desain sistem yang kemudian diimplementasikan.

**Bab IV Pembahasan**

Bab ini menjelaskan hasil implementasi alat, hasil implementasi metode pada objek, dan hasil uji coba penelitian.

**Bab V Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan dan saran kepada pembaca yang tertarik dengan penelitian ini untuk dapat melanjutkan dan mengembangkan penelitian ini ke level yang lebih tinggi.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Penelitian Terkait

Beberapa tahun terakhir, banyak dilakukan penelitian dalam rangka menghilangkan kabut. Salah satunya adalah metode *Dark Channel Prior*(DCP) yang dilakukan oleh (He et al., 2011). Dalam penelitian yang menggunakan citra gelap untuk menghapus kabut, terdapat blok-blok yang dihaluskan pada tepi citra. Namun kekurangan dari metode ini ialah nilai kontras dan saturasi yang berlebihan saat ditemui ada objek yang lebih terang daripada cahaya atmosfer.

Metode lain yang pernah dilakukan dalam penghabusan kabut ialah dengan metode *Color Attenuation Prior*(CAP) seperti yang dilakukan oleh(Zhu et al., 2015). Dalam penelitiannya dikatakan bahwa untuk memprediksi kedalaman kabut dalam menghilangkan kabut pada *single-image*, menggunakan berbasis warna. Yang menerapkan model kedalaman dari citra luar ruangan sehingga memiliki hubungan positif antara kecerahan dan saturasi. Sedangkan penelitian lain dengan metode sama pernah dilakukan oleh (Putra, O. V., Firdaus, M., & Utama, 2021) untuk mengembalikan informasi dari kedalaman peta pada gambar sehingga memudahkan dalam menghapus kabut pada citra. Namun berdasarkan dari penelitian yang dilakukan oleh Oddy dkk., metode CAP gagal dalam mempertahankan warna dari objek latar depan. Sehingga menjadi konsen dalam penelitian berikutnya untuk mempertahankan warna *foreground* dan *background* agar warna tetap terjaga.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Angitha & Santhini, 2017) yang menggunakan metode peningkatan dari *Color Attenuation Prior*, ditemukan hasil bahwa warna kontras dari gambar yang telah dihilangkan kabutnya, secara natural tetap bisa mempertahankan warna baik objek di depan maupun dibelakang. Penelitian lain yang menggunakan Teknik ini, dilakukan oleh (Kansal & Kasana, 2020). Dalam usaha strategi baru yang mereka lakukan, efisiensi waktu, konsistensi warna, dan tampilan kecerahan tanpa artefak mampu didapatkan. Dan dibandingkan dengan Teknik yang dilakukan oleh Zhu dkk., metode ini menghasilkan efisiensi tinggi dan pengaplikasiannya yang membutuhkan waktu yang lebih sedikit dan menghasilkan efek *dehazing* yang lebih baik.

## **2.2 Gunung Kelud**

Kawah Gunung Kelud adalah salah satu gunung berapi aktif di Indonesia yang terletak di Provinsi Jawa Timur. Kawah tersebut terkenal dengan fenomena kabut putih yang muncul di dalamnya. Kawah Gunung Kelud berkabut karena adanya perbedaan suhu antara udara di dalam kawah dan udara di luar kawah, serta kelembaban yang tinggi di dalam kawah (Sahary et al., 2023). Udara di dalam kawah biasanya lebih dingin karena adanya aliran udara yang terisolasi. Hal ini membuat uap air yang terdapat di udara di dalam kawah terkondensasi menjadi kabut. Uap air bertemu dengan udara yang lebih hangat di luar kawah. Kelembaban yang tinggi di dalam kawah juga mempengaruhi terbentuknya kabut, karena uap air yang berasal dari sumber-sumber panas di dalam kawah terus menerus dihasilkan dan naik ke permukaan kawah. Kabut putih yang muncul di kawah Gunung Kelud biasanya terlihat cukup tebal dan terkadang juga mengalami perubahan intensitas

dan bentuk dari waktu ke waktu, tergantung pada kondisi cuaca dan aktivitas vulkanik di 11 awasan tersebut. Meskipun fenomena kabut di dalam kawah sering terlihat sangat indah dan memukau, namun juga dapat menjadi potensi bahaya bagi para pendaki atau wisatawan yang mengunjungi kawasan tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengawasan dan pengaturan ketat oleh pihak yang berwenang untuk memastikan keamanan para pengunjung dan penduduk sekitar.



Gambar 2.1 Gunung Kelud (Sumber : okezone.com)

### 2.2.1 *Noise/Kabut*

Kerusakan dapat terjadi selama proses perekaman (mengambil foto), misalnya kamera tidak fokus atau muncul bintik-bintik karena proses perekaman yang kurang baik. *Noise* adalah gangguan yang terjadi pada gambar. Kotoran pada gambar dan ketidaksempurnaan pada proses citra adalah penyebab dari *noise*. Seperti embun, asap dan kabut. Sebagus apa pun kameranya dan se sempurna apa pun pemotretannya, hasil dari gambar tidak akan bisa sempurna (Agusti & Nababan, 2022).

Kabut yang terjadi di kawah Gunung Kelud dapat memberikan dampak yang berbeda-beda, tergantung pada kondisi cuaca dan aktivitas vulkanik di

kawasan tersebut. Banyak dampak yang ditimbulkan dari adanya kabut pada gunung kelud, seperti gangguan kesehatan, gangguan penerbangan, dan potensi bencana alam. Kabut yang terjadi di kawah Gunung Kelud mengandung partikel-partikel halus yang dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan dan mata bagi orang yang terpapar dalam jangka waktu yang lama. Oleh karena itu, penting bagi para pendaki atau wisatawan untuk menggunakan masker atau alat pelindung diri lainnya untuk mengurangi dampak buruknya pada kesehatan. Kabut yang sangat tebal di kawah Gunung Kelud dapat mengganggu penerbangan di sekitar kawasan tersebut karena dapat mengurangi jarak pandang. Penerbangan yang terganggu ini bisa menjadi sebuah masalah bagi pihak maskapai dan pengguna jasa penerbangan. Aktivitas vulkanik yang terjadi di kawah Gunung Kelud dan sekitarnya dapat mempengaruhi kondisi cuaca dan lingkungan sekitar.

Kabut yang dihasilkan oleh aktivitas vulkanik dapat menjadi tanda atau indikasi dari potensi bencana alam, seperti letusan gunung berapi atau banjir lahar. Oleh karena itu, penting bagi para penduduk dan pengunjung yang berada di sekitar kawasan Gunung Kelud untuk selalu mengikuti informasi dan peringatan dari pihak berwenang tentang kondisi cuaca dan aktivitas vulkanik di kawasan tersebut. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan risiko dan dampak negatif dari fenomena kabut dan aktivitas vulkanik yang terjadi di kawasan Gunung Kelud.



Gambar 2.2 Keadaan kawah gunung kelud yang berkabut  
(Sumber : Fresy et al., 2016)

## 2.3 Citra

Gambar yang dinamakan juga citra, ialah representasi atau gambar yang menyerupai objek aslinya. Atau lebih sederhananya digambarkan sebagai tiruan dari suatu objek di dunia nyata. Karena kesamaan yang besar ini, gambar dalam kehidupan manusia sangat berguna dalam banyak hal. Contoh dapat digunakan sebagai bukti atau hanya sebagai nostalgia untuk mengingat masa lalu. Gambar keluaran dari tempat penyimpanan yang bisa berbentuk gambar analog berupa video seperti dalam televisi, atau citra yang berbentuk digital yang dapat disimpan di penyimpanan digital secara langsung (Salamah, U. G., & Ekawati, 2021).

### 2.3.1 Citra Analog

Gambar analog atau disebut juga citra analog ialah gambar dimana tidak dapat diproses langsung oleh komputer, misalnya gambar dari layar televisi, sinar-X, foto cetak, lukisan, dll. Gambar analog tidak bisa dilihat di komputer, dan menyebabkan tidak bisa secara langsung diproses oleh komputer. Oleh sebab itu, supaya gambar analog tersebut bisa diolah oleh komputer, harus dilakukan konversi dari analog ke digital terlebih dahulu. Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi saat ini, banyak cara untuk mengubah gambar analog menjadi gambar digital. Contohnya adalah penggunaan *scanner*. Dengan mesin ini, semua jenis gambar analog yang dicetak diubah menjadi gambar digital dan dapat diproses oleh komputer. Gambar atau citra analog diperoleh melalui perangkat analog misalnya kamera video analog dan kamera diam analog. Kamera analog menggunakan kaset audio sebagai media penyimpanannya, sedangkan kamera analog menggunakan film sebagai media penyimpanannya (Fadjeri, 2020).

### **2.3.2 Citra Digital**

Gambar digital merupakan bentuk 2 dimensi yang dapat dilihat dilayar komputer sebagai nilai digital atau piksel. Sehingga gambar atau citra yang bisa diproses langsung oleh komputer disebut dengan citra digital(Jumadi et al., 2021). Foto atau gambar digital dalam bentuk 2 dimensi ialah fungsi terusan dari intensitas cahaya. Citra digital adalah citra  $f(x,y)$  dengan koordinat sampel/spasial terdiskritisasi dan tingkat kuantisasi terdiskritisasi (ketajaman/kecerahan). Intensitas cahaya  $f(x,y)$  memiliki fungsi dari sebuah gambar digital dimana nilai fungsi itu merupakan sebuah koordinat spasial. Tingkat kecerahan gambar di titik tersebut didapat dari nilai fungsi setiap titik $(x,y)$ .

### **2.3.3 Perbandingan Citra Analog dan Citra Digital**

Alat analog memiliki lebih banyak kelemahan daripada alat digital yang berkembang saat ini. Misalnya, pada kamera diam analog yang menggunakan klise sebagai media penyimpanan, klise tersebut harus dijaga dan dipertahankan semaksimal mungkin karena jika ada masalah dengan klise, gambar pada klise akan hilang. Karena penyimpanan kamera analog tidak dapat digandakan seperti penyimpanan gambar digital, klise ini adalah satu-satunya cadangan gambar.

Selain memiliki kekurangan dibandingkan dengan citra digital, citra analog juga memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh citra digital. Semakin berkembangnya media penyimpanan digital saat ini, semakin banyak juga virus yang berkembang yang siap menyerang media penyimpanan digital setiap saat, dan keamanan data juga terancam. Dalam konteks ini, gambar analog lebih baik daripada gambar digital(Ray & Nataliani, 2022).

## 2.4 Pengolahan Citra Digital

Teknik untuk mengolah dan menganalisa gambar dengan bantuan komputer disebut dengan pengolahan citra digital. Umumnya proses pengolahan citra atau gambar digital adalah pengerjaan bentuk dua dimensi pada perangkat komputer. Dengan kata lain, proses gambar digital menggambarkan pengerjaan data 2 dimensi. Gambar digital disebut juga matriks kompleks yang diwakili bit tertentu dan memiliki nilai nyata.

Definisi dari sebuah gambar/citra ialah fungsi atau  $f(x,y)$  dimana M sebagai baris sedangkan N adalah kolom, x dan y merupakan koordinat spasial dan amplitudo f pada titik koordinat (x,y) dari citra itu dinamakan dengan intensitas atau dengan kata lain tingkat dari warna keabuan. Citra atau gambar tersebut bisa disebut sebagai gambar digital apabila nilai fungsi memiliki nilai diskrit dan amplitudo f yang berhingga (Rilo Pambudi, 2020)

### 2.4.1 Jenis-jenis Citra Digital

Nilai dari setiap piksel selalu berkisar dari nilai minimum hingga maksimum. Pilihan yang digunakan bervariasi bergantung pada jenis warna. Tapi pada umumnya berkisar 0-255. Dekripsi dari gambar seperti itu diklasifikasikan sebagai gambar integer (angka tanpa desimal). Dibawah ini merupakan macam-macam citra berdasarkan bentuknya :

#### 1. Citra Biner

Citra atau gambar biner hanya mempunyai piksel hitam dan putih. Citra biner ini dikenal dengan istilah hitam putih atau monokrom. Cuma diperlukan satu bit agar mampu merepresentasikan nilai dari setiap piksel gambar biner. Piksel

objek mempunyai nilai 1 sedangkan piksel dari latar belakang mempunyai nilai sama dengan 0. Saat memunculkan gambar, 0 berwarna putih dan 1 berwarna hitam. Gambar biner sering dibuat pada hasil pemrosesan seperti segmentasi, defoaming, morfologi atau dithering. Gambar biner umum digunakan pada gambar logo kantor (yang semuanya hitam putih), gambar kode batang yang dicetak pada label produk, dan gambar pindaian dokumen teks (Fadjeri et al., 2022).

## 2. Citra *Grayscale*

Citra *grayscale* atau disebut sebagai *single-channel* dikarenakan hanya fungsi intensitas yang menentukan warnanya. itu berarti gambar *grayscale* berskala keabuan antara 0 hingga 255, dengan nilai intensitas 0 mewakili warna hitam dan nilai intensitas 255 mewakili warna putih. Pada saat bersamaan, intensitas warna abu-abu itu sendiri bervariasi dari 0-255 (Munantri et al., 2019).

## 3. Citra Warna 8 bit

Jumlah maksimum yang dimiliki dari citra warna 8 bit adalah 256 macam warna, dan dari setiap *pixel* hanya diwakilkan oleh 8 bit.

## 4. Citra Warna (16 bit)

Gambar berwarna dengan 16 bit umumnya dikenal dengan gambar berwarna tinggi, di mana 2 byte memori atau 16 bit mewakili setiap piksel. 65.536 warna dimiliki oleh warna 16-bit. Nilai merah dan biru menggantikan 5 bit dengan penambahan ekstra 1 bit. Bagian berwarna hijau dipilih dengan urutan 6 bit didasarkan pada fakta bahwa warna hijau lebih mudah ditangkap oleh mata manusia.

## 5. Citra Warna (24 bit)

Gambar berwarna 24-bit, total mempunyai 16.777.216 warna. Semua warna yang mampu dilihat mata manusia cukup divualisasikan oleh variasi ini. Masing-masing titik data *pixel* (rgb) disimpan sebagai data sebesar 1 byte. 8 bit yang pertama tetap berwarna *blue*, lalu di 8 bit kedua berwarna *green* dan terakhir berwarna *red*.

### 2.4.2 Operasi Pengolahan Citra

Hal-hal dibawah ini merupakan penyebab perlunya operasi dalam mengolah citra, antara lain :

1. Perbaikan Kualitas Citra (*image enhancement*)

Koreksi atau perbaikan gambar digital dilakukan agar tampilan citra menjadi lebih baik dan mempertegas aspek-aspek tertentu dari data yang terdapat didalam citra. Bahkan gambar yang dihasilkan oleh kamera terbaik pun terkadang masih membutuhkan peningkatan kualitas karena berbagai gangguan dalam pengambilan gambar.

Contoh : pemberian warna, perbaikan kontras, pemberian tepi dan juga penajaman dari gambar.

Proses peningkatan citra dapat digunakan untuk meningkatkan kontras dan ketajaman untuk menghasilkan gambar yang dinilai lebih sempurna setelahnya.

2. Pemugaran Citra (*image restoration*)

Pengambilan gambar secara keseluruhan tidak dapat menghasilkan gambar yang sempurna, terkadang terdapat kesalahan pada gambar. Sehubungan dengan kesalahan pada gambar, maka sebaiknya dihilangkan atau diminimalisir untuk

memperjelas informasi yang terkandung pada gambar tersebut. Tujuan dari fungsi ini adalah untuk menghapus dan meminimalkan artifak dalam gambar. Tujuan pemulihan bisa dibilang sama dengan tujuan koreksi citra. Perbedaannya adalah saat memulihkan citra, sebab dari penurunan kualitas citra dapat diketahui.

Contoh : menghilangkan samar/*blur* karena citra tidak jelas karena fokus lensa yang tidak pas atau goyangnya kamera saat proses *capturing*.

Sebuah citra yang tampak kabur dikarenakan tidak tepatnya pengaturan lensa maupun kurang sempurnanya proses *pengambilan gambar*. Dengan proses *image restoration*, kesamaran dapat hilang.

### 3. Segmentasi Citra (*image segmentation*)

Unsur-unsur gambar harus dikelompokkan, dihubungkan atau diukur. Tujuan dari segmentasi citra adalah untuk mengklasifikasikan citra berdasarkan parameter tertentu. Proses segmentasi citra memungkinkan citra grayscale dikonversi menjadi citra biner tanpa kehilangan informasi atau bentuk inti dari citra masukan(Jumadi et al., 2021).

### 4. Pengorakan Citra (*image analysis*)

Penting untuk mengekstraksi beberapa fitur gambar yang akan membantu dalam pengenalan objek. Tujuan dari pengorakan citra adalah menilai ukuran kuantitatif dari gambar untuk mendeskripsikan citra. Teknologi pengambilan gambar menangkap fitur yang bisa mengidentifikasi objek. Terkadang untuk menemukan objek yang diperlukan dari lingkungannya memerlukan adanya proses segmentasi.

#### 5. Rekonstruksi Citra (*image reconstruction*)

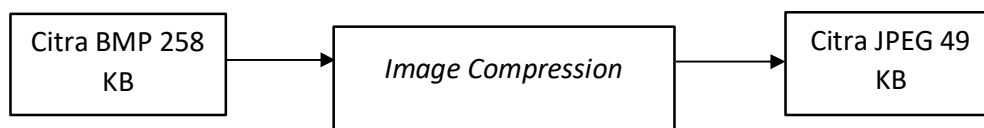
Beberapa citra harus digabungkan dengan bagian citra lainnya. Tujuan dari jenis operasi ini adalah memproses objek dari beberapa gambar yang diproyeksikan. Jenis tahapan rekonstruksi gambar umum dipakai di dunia kesehatan. Contohnya foto *rontgen* menggunakan sinar-x mengubah citra organ tubuh (Rahadika et al., 2021).

Sebuah citra hasil dari alat sinar-x yang menghasilkan foto *rontgen* memperoyeksikan foto 2 dimensi dari bagian tubuh manusia, bagian tubuh yang dimaksud dalam gambar tersebut yaitu tangan manusia.

#### 6. Pemampatan Citra (*image compression*)

Kompresi citra dilakukan agar gambar disajikan pada format ringkas dan tidak memakan banyak memori. Hal penting tentang kompresi adalah gambar tetap memiliki kualitas yang baik setelah ukurannya dikecilkan. Teknik kompresi citra yang banyak digunakan adalah JPEG (Guo et al., 2022).

Contoh : File gambar dengan format BMP dengan ukuran 258 kb diperkecil menjadi 49 kb dengan format jpeg.

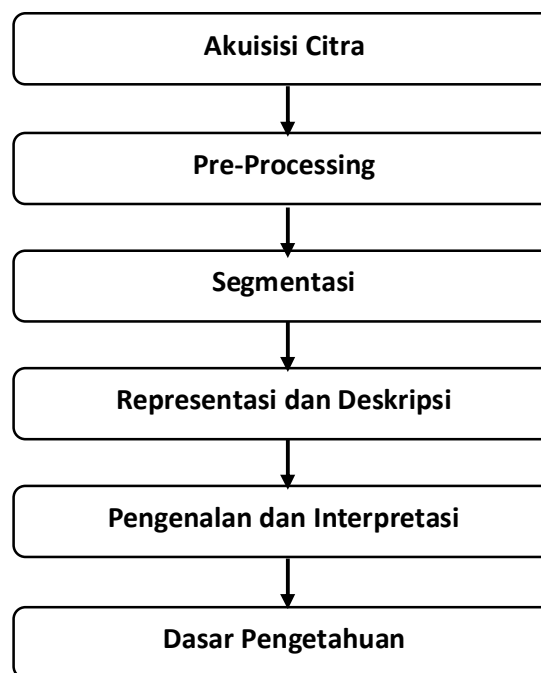


Gambar 2.3 Alur *Image Compression*

Gambar 2.3 menunjukkan alur proses kompresi citra. Jika gambar *input* adalah gambar dalam format BMP, diperlukan ruang sebesar 258 KB untuk penyimpanan digital. Dengan proses kompresi gambar, gambar dalam format BMP

dapat diubah menjadi gambar dalam format JPEG sehingga hanya membutuhkan ruang penyimpanan sebesar 49 KB, yang menghemat kapasitas penyimpanan penyimpanan digital. Meskipun hanya membutuhkan 49 kilobyte memori, kualitas gambar JPEG sama bagusnya dengan gambar BMP yang membutuhkan 258 kilobyte memori(Guo et al., 2022).

### 2.4.3 Langkah-Langkah Pengolahan Citra Digital



Gambar 2.4 Alur Proses Pengolahan Citra Digital

Proses pengolahan citra secara umum dipecahkan menjadi beberapa Langkah sebagai berikut:

1. Akuisisi Citra

Pengambilan gambar merupakan Langkah pertama pengambilan gambar digital. Maksud dari pengambilan gambar ialah agar mendapatkan informasi yang

dibutuhkan dan memilih cara penyimpanan gambar digital. Langkah ini diawali dengan objek yang ingin difoto atau menentukan objek yang akan difoto, persiapan alat pencitraan. Pencitraan adalah kegiatan yang mengubah gambar yang terlihat (foto, gambar, lukisan, patung, pemandangan, dll.) membentuk gambar digital. Berikut adalah contoh perangkat yang dipakai dalam visualisasi:

- a. *Video Camera*
- b. DSLR
- c. *Cinema Camera*
- d. Pemindai
- e. Foto Sinar-X atau Infra Merah

Kemampuan dalam menjadikan sinyal yang terkumpul menjadi digital menentukan hasil dari akuisisi citra. Resolusi alat yang digunakan menentukan kemampuan digitalisasi dari alat tersebut.

## 2. *Pre-processing*

Dalam memastikan lancarnya proses setelah ini, maka perlu untuk melakukan tahapan ini. Berikut ini adalah hal penting dalam tahapan sebelum proses :

- a. Meningkatkan kualitas Citra (*contras, brightness, dan lain-lain*)
- b. Penghilangan kabut (*Dehazing*)
- c. Memperbaiki (*image restoration*)
- d. Transformasi (*image transformation*)
- e. Memutuskan bagian dari citra atau gambar yang akan diteliti

### 3. Segmentasi

Tujuan dari proses segmentasi adalah membagi gambar atau citra yang terdapat informasi penting didalamnya, seperti objek dan *background*.

### 4. Representasi dan deskripsi

Pada titik dalam koordinat kurva yang tertutup, menggunakan parameternya merupakan proses mewakili suatu wilayah disebut dengan representasi. Mendeskripsikan citra dengan menyeleksi dan mengekstraksi adalah proses yang dilakukan setelah representasi. Tujuan dari seleksi adalah memilah informasi yang ada secara kuantitatif, sehingga mampu mengklasifikasikan perbedaan jenis objek dengan benar. Sedangkan tujuan dari ekstraksi adalah mengukur secara kuantitatif ciri dari setiap piksel, seperti standar deviasi, rata-rata, koefisien, dan lain-lain.

### 5. Pengenalan dan interpretasi

Tujuan suatu objek diberi label yang informasinya disediakan oleh deskriptor adalah maksud dari pengenalan, sedangkan tujuan dari interpretasi adalah memberi arti dan maksud pada objek-objek yang diketahui.

### 6. Dasar Pengetahuan

Dasar pengetahuan berfungsi dalam menuntun proses operasi setiap modul dan melakukan kontrol setiap interaksi dari modul satu dengan lainnya sebagai referensi pengenalan pola.

## **2.5 Dehazing**

Meningkatkan kualitas, memperbaiki, dan menghilangkan kabut citra adalah hal yang dilakukan pada proses *pre-processing*. Pengaturan kontras, kecerahan dan ketajaman adalah fungsi dari peningkatan kualitas citra. Sedangkan

penghilangan *deblurring* adalah fungsi dari perbaikan citra. Dehazing adalah sebuah metode dalam penghilangan *noise* seperti kabut dalam gambar sehingga gambar menjadi lebih sempurna tanpa adanya gangguan atau *noise* (He et al., 2011). Metode yang pernah digunakan dalam *dehazing* antara lain Dark Channel Prior (DCP), *Color Attenuation Prior CAP*, *Negative Correction* (NC), dan High Speed Gain Intervention Refinement (HGIR).

Untuk memulihkan visibilitas gambar yang kabur, sebagian besar algoritma yang ada saat ini memecahkan model hamburan atmosfer, yang diusulkan oleh (McCartney, 1976):

$$I(x, y) = J(x, y)t(x, y) + A[1 - t(x, y)], \quad (2.1)$$

di mana  $(x, y)$  menunjukkan koordinat spasial piksel pada gambar berkabut  $I$ , gambar bebas kabut  $J$  serta peta transmisi  $t$ , dan  $A$  adalah konstanta yang dikenal sebagai cahaya atmosfer. Suku pertama  $J(x, y)t(x, y)$  menggambarkan peluruhan cahaya pemandangan dalam media transmisi dan disebut pelemahan langsung. Suku kedua  $A[1 - t(x, y)]$  disebut cahaya udara dan merepresentasikan distorsi aditif cahaya pemandangan akibat cahaya yang tersebar. Mengingat gambar kabur  $I$ , metode yang paling populer adalah menerapkan informasi sebelumnya yang spesifik untuk menyimpulkan  $t$  dan  $A$ . Oleh karena itu, model hamburan atmosfer dapat dibalik untuk menemukan solusi  $J$ :

$$J(x, y) = \frac{I(x, y) - A}{t(x, y)} + A \quad (2.2)$$

### 2.5.1 Dark Channel Prior

Teknik yang menerapkan *dark pixels*, yakni piksel dari tiga warna (rgb) dengan intensitas yang sangat rendah disebut *Dark Channel Prior*(DCP). Pencahayaan udara sangat mempengaruhi *dark pixels* ini jika gambar memiliki *noise*. Maka dari itu asumsi lapisan *noise* yang akurat dapat dihasilkan dari *dark pixels* ini. Kualitas dari gambar yg dihasilkan dari system ini memiliki kualitas yang lebih bagus menggunakan ukuran PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*). Dan nilai MSE(*Mean Square Error*) harus ditentukan terlebih dahulu untuk menentukan nilai PSNR(He et al., 2011).

Secara matematis, dark channel prior dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.1.

$$J^{dark}(x) = \min_{x' \in \Omega(x)} \min_{c \in \{r,g,b\}} J_c(x') \quad (2.3)$$

Dimana  $J_c$  ialah penghubung J, sedangkan  $\Omega(x)$  ialah bagian internal yang terpusat pada x. Ketajaman dari  $J^{dark}$  akan bernilai mendekati nol namun tidak pada bagian langit.  $J^{dark}$  disebut *dark channel* dari J.

### 2.5.2 Color Attenuation Prior

Peta transmisi dalam model hamburan atmosfer secara eksponensial sebanding dengan kedalaman pemandangan, dan hubungan ini dapat dituliskan dalam persamaan:

$$t(x, y) = e^{-\beta d(x,y)} \quad (2.4)$$

d merupakan kedalaman pemandangan dan  $\beta$  adalah koefisien hamburan

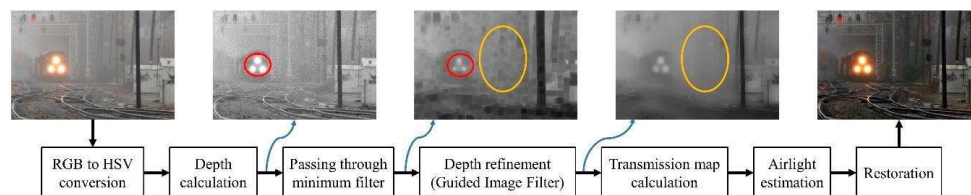
atmosfer. Besarnya  $d$  menghasilkan  $t$  yang kecil di wilayah yang jauh. Oleh karena itu, penurunan saturasi gambar yang disebabkan oleh istilah pelemahan langsung perkalian  $J(x, y)t(x, y)$  dan peningkatan kecerahan gambar yang disebabkan oleh istilah cahaya udara aditif  $A[1 - t(x, y)]$ , akan menghasilkan perbedaan yang besar antara saturasi dan kecerahan gambar. Sebaliknya,  $d$  yang kecil di wilayah yang dekat menghasilkan  $t$  yang besar, dan di situlah penyebab perbedaan kecil antara saturasi dan kecerahan gambar. Oleh karena itu, Zhu dkk mengusulkan model linier yang menggambarkan korelasi antara kedalaman pemandangan dan perbedaan antara saturasi dan kecerahan gambar:

$$d(x, y) = \theta_0 + \theta_1 v(x, y) + \theta_2 s(x, y) + \varepsilon(x, y), \quad (2.5)$$

di mana  $v$  dan  $t$  adalah nilai kecerahan dan saturasi gambar, masing-masing;  $\theta_0$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  adalah model parameter konstan; dan  $\varepsilon$  adalah variabel acak yang menunjukkan kesalahan model. Para penulis menggunakan metode pembelajaran terawasi yang sederhana dan efisien untuk data pelatihan sintesis untuk mempelajari koefisien  $\theta_0$ ,  $\theta_1$ , dan  $\theta_2$ .

Metode untuk memperkirakan cahaya atmosfer mirip dengan DCP. Kedalaman yang dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.3) disaring dengan filter minimum untuk mengurangi pengaruh objek putih pada akurasi proses estimasi. Kemudian, 0,1 persen piksel yang paling terang dalam peta kedalaman dipilih. Di antara semua piksel ini, piksel dengan norma L-2 terbesar dalam gambar input dipilih sebagai cahaya atmosfer. Karena kedalaman pemandangan diburamkan akibat melewati filter minimum, maka filter ini disempurnakan dengan

filter gambar terpandu sebelum disubstitusikan ke dalam Persamaan (2.5) untuk mendapatkan gambar bebas kabut  $J$ . Penggunaan filter minimum bermanfaat untuk memperkirakan cahaya atmosfer, tetapi filter ini menciptakan produk sampingan yang tidak menguntungkan, yaitu mengaburkan peta kedalaman, oleh karena itu, filter gambar terpandu yang sangat besar harus digunakan, sehingga menyebabkan biaya komputasi CAP menjadi tinggi. Diagram blok CAP digambarkan pada Gambar 2.5, di mana lingkaran merah menunjukkan bahwa filter minimum secara efektif mengurangi pengaruh objek putih (misalnya, lampu kereta api), sedangkan lingkaran oranye pucat menunjukkan bahwa filter ini juga memburamkan peta kedalaman, sehingga menyebabkan penggunaan filter gambar terpandu yang sangat besar.



Gambar 2.5. Block diagram algoritma penghilangan kabut berdasarkan *Color Attenuation Prior* (CAP). (Sumber : Ngo, 2019)

Menurut percobaan Ngo dkk, CAP bekerja dengan baik dalam banyak kasus, tetapi masih memiliki beberapa kekurangan, seperti noise latar belakang, distorsi warna, dan komputasi yang intensif.

### 2.5.3 *Improved Color Attenuation Prior*

*Improved Color Attenuation Prior* (ICAP) adalah salah satu metode restorasi citra digital yang didasarkan pada informasi warna pada citra yang rusak. ICAP mengambil keuntungan dari sifat ketahanan warna pada objek dan latar belakang

dalam citra untuk memperbaiki citra yang rusak. Metode ini dapat mengatasi berbagai jenis kerusakan pada citra, seperti blur, noise, dan kompresi. ICAP bekerja dengan menggunakan informasi spektral citra yang rusak dan memanfaatkan hubungan spektral antara citra asli dan citra yang rusak. Metode ini mengasumsikan bahwa citra asli dan citra yang rusak memiliki spektrum warna yang mirip, dan bahwa perbedaan spektrum warna antara keduanya disebabkan oleh perbedaan attenuasi. Attenuasi sendiri adalah proses pengurangan intensitas cahaya saat melintasi medium, seperti udara atau kaca(Wang et al., 2019).

ICAP memperbaiki citra yang rusak dengan menggunakan matriks spektral yang dihitung dari citra yang rusak dan matriks diagonal yang memperlihatkan bobot dari setiap elemen spektral. Matriks spektral menunjukkan perbedaan attenuasi antara citra asli dan citra yang rusak, sedangkan matriks diagonal memperlihatkan bobot dari setiap elemen spektral berdasarkan varian setiap komponen frekuensi. Dengan mengalikan matriks spektral dan matriks diagonal, ICAP dapat menghasilkan citra yang lebih baik dengan warna yang lebih akurat. ICAP telah diuji pada berbagai jenis citra dan menunjukkan hasil restorasi citra yang lebih baik dibandingkan dengan metode restorasi citra yang lain. Metode ini juga dapat diadaptasi untuk masalah-masalah lain dalam pemrosesan citra, seperti super-resolusi dan segmentasi citra(Gao et al., 2014).

#### **2.5.4 *Negative Correction (NC)***

Algoritma penghilangan kabut citra yang berdasarkan koreksi negatif untuk meningkatkan kualitas perseptual sekaligus mengurangi kompleksitas komputasi. Alih-alih memperkirakan peta transmisi, faktor koreksi negatif gambar

diperkirakan dan digunakan untuk memperbaiki gambar kabut yang sesuai. Untuk menekan lingkaran cahaya, filter maksimum yang dimodifikasi digunakan untuk membatasi nilai faktor koreksi. Algoritma *negative correction* dapat secara efektif menghilangkan kabut dan mempertahankan kealamian bila dibandingkan dengan algoritme penghilang kabut saat ini. Khususnya, jika dibandingkan dengan *Dark Channel Prior* yang ada saat ini. Algoritma yang diusulkan dapat meningkatkan kualitas subjektif dan kualitas objektif. Meskipun algoritma yang NC berkinerja baik untuk gambar kabut, namun gagal mencapai hasil yang sesuai untuk gambar kabut dan gambar dengan pencahayaan yang tidak seragam. Keterbatasan ini sama dengan algoritma *dehazing* gambar lainnya. Secara umum, bentuk matematis dari algoritma *negative correction* adalah sebagai berikut :

$$\overline{I^c(x,y)} = W - I^c(x,y), \quad c \in \{R, G, B\} \quad (2.6)$$

di mana  $I^c(x,y)$  adalah saluran warna dari  $I(x,y)$  dan  $W$  adalah matriks dengan ukuran yang sama dengan  $I^c(x,y)$  dan semua elemen dalam  $W$  adalah setara sampai 255.

### 2.5.5 *High-Speed Gain Intervention Refinement (HGIR)*

Dalam usaha untuk menekan efek halo pada citra, filter yang digunakan dari peningkatan *Gain Intervention Refinement(GIR)*, menggunakan penyempurnaan kecepatan berdasarkan intervensi penguatan, memberikan efek penghapusan kabut yang sangat baik dan kecepatan pemrosesan tinggi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Chen et al., 2016), rumus dari metode *High Speed Gain Intervention Refinement(HGIR)* digambarkan sebagai berikut :

$$g = \frac{\sum_{x,y} |I^m|^{-1} d(x,y)}{|d|}, \quad (2.7)$$

$$t(x,y) = \left(1 - I^m(x,y)\right) + g\rho, \quad (2.8)$$

dimana persamaan 2.7 menghitung kekuatan dari koefisien  $g$ , dan pada persamaan 2.8 dicari peta transmisi yang telah disempurnakan melalui  $t$ .

### 2.5.6 Penghapusan Kabut Asap Cepat dengan Filter Median

Tarel dkk. mengusulkan algoritma berbasis pemfilteran cepat untuk restorasi visibilitas yang kompleksitasnya merupakan fungsi linier dari piksel gambar *input*. Dengan menggunakan metode ini, cahaya udara yang ditandai  $V$  diperkirakan sebagai pengganti peta transmisi. Para penulis mengusulkan kesimpulan bahwa airlight dapat diperkirakan dengan persentase perbedaan antara rata-rata lokal dan deviasi standar lokal dari saluran minimum piksel input  $W(x,y) = \min_{c \in \{R, G, B\}} [I^c(x,y)]$ . Selain itu, batasan bahwa  $V$  harus positif dan kurang dari  $W$  diterapkan untuk memperkirakan airlight (Tarel & Hautière, 2009) :

$$mW(x,y) = \text{median}_{i,j \in \Omega(x,y)} [W(i,j)], \quad (2.9)$$

$$\text{std}W(x,y) = \text{median}_{i,j \in \Omega(x,y)} W(i,j) - mW(i,j) \quad (2.10)$$

$$V(x,y) = \max \min p \times [mW(x,y) - \text{std}W(x,y)], W(x,y), 0, \quad (2.11)$$

di mana  $MW$  dan  $\text{std}W$  menunjukkan rata-rata lokal dan standar deviasi lokal dari  $W$ , dan  $0 < p \leq 1$  adalah konstanta untuk mengontrol jumlah kabut yang

akan dihilangkan. Operasi pemfilteran median bersarang pada Persamaan 2.10 dinamakan median median sepanjang garis (Tarel, 2009). Dengan menyertakan estimasi cahaya udara, Persamaan 2.1 dapat ditulis ulang untuk menemukan citra bebas kabut asap  $J$  sebagai berikut:

$$I(x, y) = \frac{I(x, y) - V(x, y)}{1 - \frac{V(x, y)}{A}} \quad (2.12)$$

Namun demikian, metode ini mengalami artefak halo dengan menggunakan filter median yang besar. Filter median cenderung memburamkan tepi gambar dengan diskontinuitas kedalaman. Untuk mengatasi masalah ini, Kim dkk. mengusulkan penggunaan filter median hibrida yang dimodifikasi sebagai pengganti filter median standar untuk memberikan kinerja yang lebih baik pada tepi gambar saat memperkirakan cahaya udara.

### **2.5.7 Hazy Particle Map**

Menggunakan filter median dalam algoritma dehazing Tarel dkk. menyebabkan efek halo karena pemfilteran median standar tidak sesuai untuk wilayah gambar yang mengandung tepi. Masalah ini dapat diatasi secara efisien dengan menggunakan mHMF daripada filter median standar (SMF), seperti yang diusulkan oleh Kim dkk. mHMF pertama-tama menghitung median dari tiga jendela: silang, diagonal, dan persegi. Kemudian, median dari ketiganya dipilih sebagai hasil akhir. Dengan demikian, pada daerah gambar datar, mHMF berfungsi dengan cara yang mirip dengan SMF dan dengan lancar memperkirakan peta partikel kabur (HPM) yang sesuai dengan cahaya udara.

Informasi dari jendela silang dan diagonal membantu mHMF untuk mempertahankan tepi gambar dengan lebih baik, namun demikian, di wilayah yang tiba-tiba dengan diskontinuitas kedalaman, menghasilkan artefak halo yang berkurang.

Selain itu, algoritma pemetaan nada adaptif yang canggih (Kim, 2015) juga digunakan, berlawanan dengan metode pemetaan nada sederhana yang digunakan oleh Tarel dkk. Hasilnya, algoritma ini merupakan peningkatan yang signifikan pada penghilangan kabut asap yang cepat dengan menggunakan filter median, dan desain perangkat kerasnya yang disajikan oleh Ngo dkk. menyediakan cara yang efisien untuk menangani gambar besar secara real time. Masalah yang timbul dari asumsi bahwa cahaya atmosfer adalah putih bersih ( $A = 1$ ) setelah *white balance* lokal adalah *noise* latar belakang yang kentara dapat terjadi pada gambar yang buram.

## 2.6 Kontras

Kontras bisa dikatakan sebagai perbedaan intensitas luminans atau warna sehingga suatu objek bisa dilihat atau dibedakan.

## 2.7 Saturasi

Saturasi atau kejenuhan dari warna didefinisikan sebagai intensitas warna dari suatu citra. Setidaknya minimal ada satu saluran warna dan maksimal dua saluran warna yang dijadikan ukuran saturasi. Pengukuran saturasi bertujuan untuk mengukur seberapa besar nilai kemurnian suatu warna atau *true/pure color*.

Rentang nilai pengukuran ini terletak pada 0 hingga 100% dimana jika nilai mencapai 100%, maka kondisi intensitas warna asli berada saat paling tinggi

### 2.8 Peak Signal to Noise Ratio

Sinyal yang diukur dan dibandingkan antara nilai maksimum dengan banyaknya gangguan sehingga memiliki pengaruh pada sinyal tersebut dinamakan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR). Akar rata-rata kuadrat nilai eror atau MSE adalah gangguan atau *noise* yang dimaksud. Satuan dalam mengukur PSNR adalah *decibel*(db). Kemampuan dari suatu metode dalam menangani gangguan atau *noise* biasanya berbanding lurus dengan semakin tingginya nilai PSNR. Rumus PSNR secara matematis dapat dilihat pada persamaan 2.14 berikut :

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{C^2_{max}}{MSE} \right) \quad (2.14)$$

Nilai MSE (*Mean Square Error*) harus ditentukan dulu dalam menentukan PSNR. MSE merupakan angka eror dari kuadrat rata-rata antara gambar orisinal dengan gambar proses, pada persoalan *dehazing*, MSE ialah angka *error* kuadrat rata-rata diantara gambar orisinal dan gambar setelah menghilangkan *noise*. Rumus MSE secara matematis dapat dilihat pada persamaan 2.15 berikut ini:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_x^M = 1 \sum_y^N = 1(S_{xy} - C_{xy})^2 \quad (2.15)$$

Semakin bagus prosedur perbaikan gambar yang dilakukan, maka nilai MSE akan semakin kecil. Itu artinya, kualitas citra hampir sama dengan citra asli setelah proses penghilangan kabut. Sedangkan sebaliknya, semakin mirip hasil dengan citra yang asli, maka nilai PSNR akan semakin besar.

## **BAB III**

### **DESAIN DAN IMPLEMENTASI**

#### **3.1 Sumber Data**

Terdapat dua macam sumber data yang biasa digunakan dalam penelitian, yaitu data primer dan data sekunder. Data sekunder dan data primer adalah dua jenis data yang dapat digunakan dalam penelitian. Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung oleh peneliti melalui observasi, wawancara, survei, atau eksperimen. Sedangkan data sekunder adalah data yang dikumpulkan oleh sumber lain seperti lembaga pemerintah, organisasi swasta, atau publikasi ilmiah, dan kemudian digunakan kembali untuk tujuan penelitian.

Penggunaan data sekunder atau data primer dalam penelitian tergantung pada tujuan penelitian dan karakteristik dari data yang dibutuhkan. Pada penelitian ini, penulis menggunakan data sekunder yang didapat dari dua penelitian sebelumnya. Beberapa alasan mengapa peneliti memilih menggunakan data sekunder daripada data primer adalah efisiensi waktu dan biaya. Pengumpulan data primer membutuhkan waktu dan biaya yang cukup besar. Proses pengumpulan data meliputi perencanaan, persiapan, pelaksanaan, analisis, dan pelaporan. Penggunaan data sekunder dapat menghemat waktu dan biaya, karena data tersebut sudah ada dan dapat langsung digunakan untuk tujuan penelitian. Beberapa jenis data, seperti data historis atau data yang sulit dikumpulkan, dalam hal ini data citra kawah gunung kelud hanya tersedia dalam bentuk data sekunder. Penggunaan data sekunder juga dapat memberikan peneliti akses ke sumber data yang lebih besar dan lebih beragam, yang dapat meningkatkan validitas dan keandalan penelitian.

Kualitas data yang telah teruji. Data sekunder sering kali telah melewati proses validasi dan verifikasi yang ketat sebelum dipublikasikan. Oleh karena itu, data tersebut dianggap lebih andal dan akurat dibandingkan dengan data primer yang belum diverifikasi.

Dalam penelitian ini, terdapat 2 data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini. Data sekunder pertama didapatkan dari (Rizal, 2016) dimana terdapat 99 gambar gunung kelud, dan digunakan dalam penelitian ini sebagai data training dalam pengujian program dari metode *improved color attenuation prior*. Sedangkan data sekunder kedua yang digunakan sebagai data uji pada penelitian ini didapatkan dari (Fresy, 2017), dimana terdapat 2501 gambar gunung kelud yang telah didapatkan,. Data tersebut diperoleh dalam waktu 10 hari, diambil pada tanggal 03-10-2017 sampai 13-10-2017, dan dalam penelitian ini akan digunakan 3 data dari masing-masing hari sebagai sample dari pengujian, yang secara visualisasi adalah kabut tebal, sedang, dan tipis. Sehingga total gambar yang diuji dalam penelitian ini sebanyak 30 gambar.

### **3.2 Pre-Processing**

*Pre-processing* merupakan tahapan awal dalam mengolah citra masukan sebelum memasuki proses tahapan utama dari metode implementasi *Improved Color Attenuation Prior*. Adapun tahapan *pre-processing* yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Pengelompokan Citra

Untuk mempermudah proses dan membedakan ketebalan kabut pada citra data kawah Gunung Kelud yang telah diperoleh, maka perlu membagi semua data

citra menjadi 3 kelompok dan disimpan dalam folder yang berbeda. Dari 2501 data citra yang didapatkan, maka data citra kawah Gunung Kelud dibagi menjadi 3 kelompok, tergantung dari tingkat ketebalan kabut. Yaitu citra berkabut tipis, citra berkabut sedang, dan citra berkabut tebal.

## 2. *Cropping*

Untuk mendapatkan hasil yang akurat pada saat proses penghitungan nilai dari citra, maka label pada citra yang terdapat keterangan tanggal dan jam dari citra akan di-*crop* terlebih dahulu karena label akan mempengaruhi hasil penghitungan pada citra.

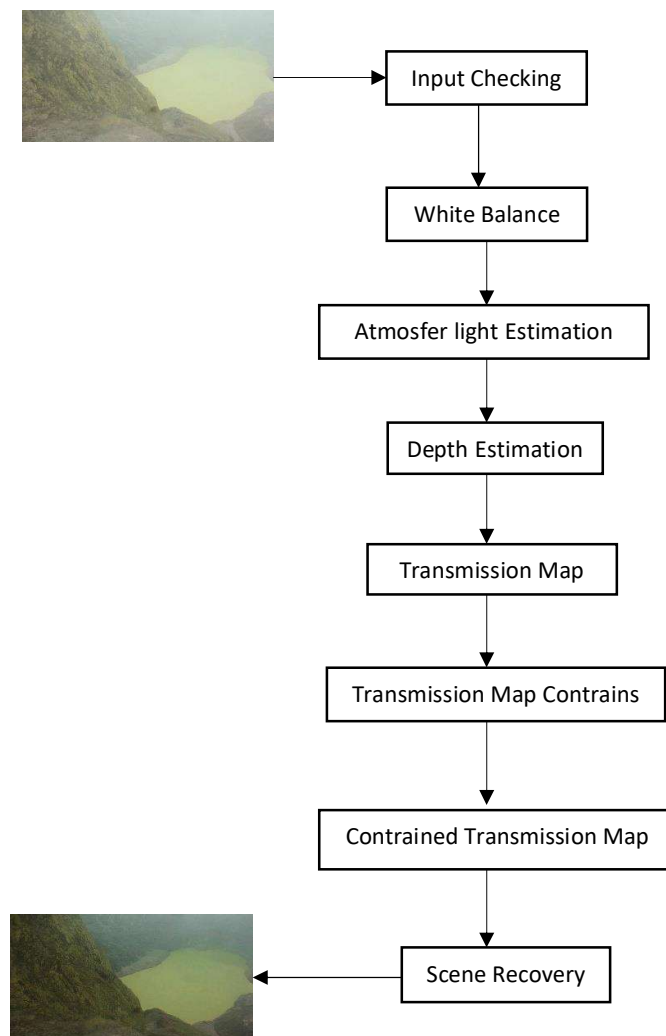
## 3. *Resize* Ukuran Citra

Data citra kawah Gunung yang didapatkan dari CCTV memiliki resolusi yang cukup besar. Untuk mempermudah proses perbandingan implementasi *improved color attenuation prior*, maka *resize* citra diperlukan sehingga bisa lebih efektif. Data citra kawah gunung yang diperoleh tersebut di *resize* menjadi berukuran 400x800 *pixels*.

### 3.3 Algoritma Yang Diimplementasikan

Gambar 3.1 menunjukkan diagram blok dari *Improved Color Attenuation Prior* (ICAP) yang diusulkan. Secara umum, "*Color Attenuation Prior*" (CAP) adalah metode yang digunakan dalam pemulihan citra *dehaze* atau pengurangan kabut pada citra. Metode ini berdasarkan asumsi bahwa piksel dengan intensitas warna yang lebih rendah memiliki transmisi yang lebih tinggi karena kabut memiliki pengaruh yang lebih signifikan pada warna yang lebih gelap. Dalam CAP, transmisi dihitung berdasarkan intensitas warna dan

nilai ambang batas yang ditentukan. Sementara itu, *Improved Color Attenuation Prior* (ICAP) merupakan perubahan atau peningkatan dari metode CAP. Perubahan tersebut dapat berupa penambahan faktor-faktor tambahan, modifikasi pada rumusan transmisi, atau penggunaan pendekatan yang lebih canggih untuk meningkatkan akurasi dan kualitas pemulihan citra. Diagram algoritma yang diimplementasikan dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini



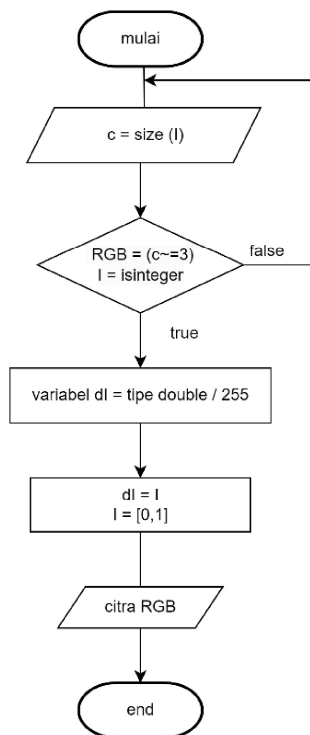
Gambar 3.1 Blok Diagram Algoritma *Improved Color Attenuation Prior* (ICAP) (Ngo et al., 2019)



Gambar 3.2 Citra masukan

### 3.4 Input Checking

Pada metode *Improved Color Attenuation Prior (ICAP)*, *input checking* dapat dilakukan untuk memastikan bahwa citra *input* memenuhi persyaratan yang diperlukan. Beberapa pemeriksaan yang dilakukan pada ICAP adalah apakah ada *input* dari citra, apakah citra berformat RGB, dan citra memiliki rentang piksel  $[0,1]$ .

Gambar 3.3 Blok Diagram *Input Checking*

Pada awalnya, kode memeriksa apakah citra I adalah citra RGB dengan memeriksa jumlah saluran warna  $c$  apakah mengandung informasi 3 warna RGB atau bukan. Jika citra I adalah citra RGB, kode memeriksa apakah citra I merupakan tipe data integer dengan fungsi *isinteger()*. Jika benar, citra I diubah menjadi tipe data *floating-point* dengan membaginya dengan 255 untuk mendapatkan citra normal dalam rentang  $[0, 1]$ . Jika citra I bukan tipe data *integer*, diasumsikan bahwa citra I sudah dalam rentang  $[0, 1]$  dan dianggap valid tanpa perlu melakukan normalisasi. Terakhir, dalam citra normalisasi  $dI$ , nilai piksel yang bernilai 0 diganti dengan  $1/255$ . Hal ini digunakan untuk menghindari masalah pembagian dengan nol atau memastikan bahwa tidak ada nilai piksel nol dalam citra yang dapat mengganggu perhitungan atau pemrosesan selanjutnya.

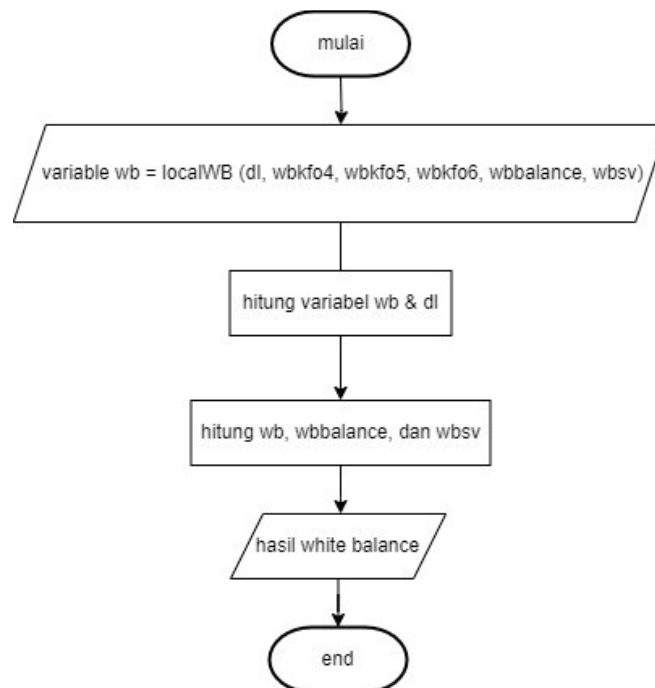
### 3.5 *White Balance*

Sebelum memasukkan gambar kedalam proses RGB, maka gambar akan diproses untuk mengatur *white balance* dalam memperbaiki efek *real* sebagai langkah awal dalam mengoreksi gambar. Formula yang digunakan dalam mengatur *white balance* adalah :

$$WB(x, y) = R(x, y) / G(x, y) \quad (3.1)$$

di mana  $WB(x, y)$  adalah faktor *white balance* untuk setiap piksel pada posisi  $(x, y)$  pada gambar.  $R(x, y)$  adalah intensitas warna merah dan  $G(x, y)$  adalah intensitas warna hijau pada piksel tersebut. Dalam rumus ini, faktor *white balance* dihitung dengan membagi intensitas warna merah pada piksel dengan intensitas warna hijau dan biru pada piksel yang sama. Faktor *white balance* yang dihasilkan kemudian

dapat digunakan untuk menyesuaikan intensitas warna pada gambar agar terlihat lebih seimbang dan natural.

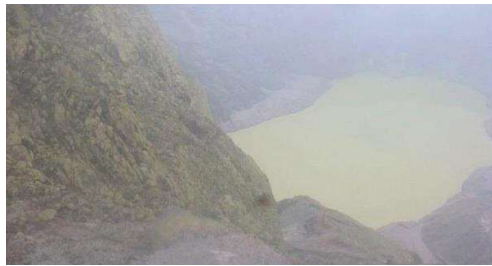


Gambar 3.4 Diagram Blok *White Balance*

fungsi *localWB* bertujuan untuk melakukan penyesuaian penyeimbang putih pada citra *dl* dengan menggunakan informasi dari beberapa komponen tambahan seperti *wbkfo4*, *wbkfo5*, *wbkfo6*, *wbbalance*, dan *wbsv*. Hasil penyesuaian tersebut akan disimpan dalam variabel *wb*.

Ketika menggunakan teknik ICAP, *white balance* dapat digunakan sebagai pra-pemrosesan dalam upaya meningkatkan kualitas citra. Hal ini dapat dilakukan dengan cara melakukan *white balance* pada citra sebelum menjalankan algoritma ICAP. Dengan melakukan *white balance* terlebih dahulu, ICAP akan lebih mudah dan lebih efektif dalam memperbaiki kualitas citra dengan cara menghilangkan

*noise* dan meningkatkan saturasi warna. Dalam hal ini, *white balance* diaplikasikan untuk memperbaiki kesalahan pencahayaan pada citra, sedangkan ICAP diaplikasikan untuk meningkatkan kualitas citra secara keseluruhan. Kombinasi dari kedua teknik tersebut dapat menghasilkan citra yang lebih tajam, jernih, dan memiliki warna yang lebih hidup dan seimbang.



Gambar 3.5 Ilustrasi Keluaran *White Balance* pada ICAP

### 3.6 *Atmosfer Light Estimation (ALE)*

Tahap Kedua pada algoritma *Improved Color Attenuation Prior* adalah *Atmosfer Light Estimation*. Atmosfer diperkirakan dengan mengambil *pixel* dari gambar yang sesuai dengan 0,1% piksel terang di citra, dan kemudian memilih satu dengan intensitas maksimum. Secara umum persamaan matematika dalam ALE ialah :

$$Jc(x) = Rc(x)A \quad (3.2)$$

keterangan :

$Jc(x)$  = nilai intensitas citra yang telah diproses

$Rc(x)$  = *scene radiance* pada citra *input c*

$A$  = matriks transformasi untuk penyesuaian citra

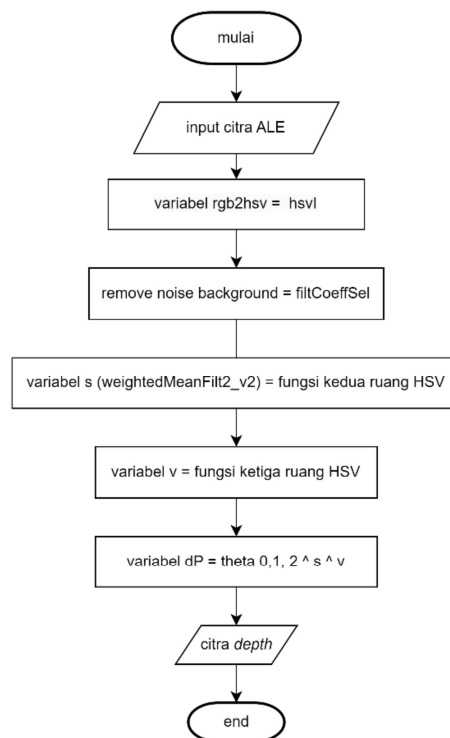
Call `qtSubAl(wb)` and store the returned values in the variables `~`, `~`, `~`, `~`, `a`.



Gambar 3.6 *Atmosfer Light Estimation*

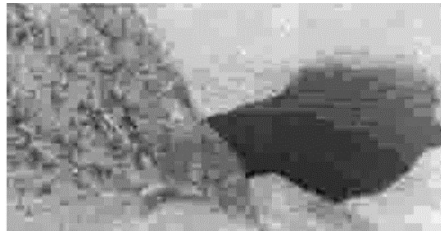
### 3.7 Estimasi kedalaman

Setelah proses *Atmosfer Light Estimation*, maka proses selanjutnya adalah Estimasi Kedalaman. Estimasi kedalaman dalam *Improved Color Attenuation Prior* (ICAP) dapat dijabarkan oleh blok diagram pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Blok Diagram Estimasi Kedalaman

variabel  $v = hsvI(:,:,3)$  menunjukkan bahwa digunakannya komponen ketiga (channel ke-3) dari citra dalam format ruang warna HSV (hsvI). Komponen ketiga ini biasanya merujuk pada nilai kecerahan atau nilai intensitas (*value*) dari citra. *weightedMeanFilt2\_v2* adalah nama fungsi yang digunakan untuk menerapkan filter *mean* berbobot pada komponen kedua (*channel*) dari citra dalam format ruang warna HSV ( $hsvI(:,:,2)$ ). Hasilnya kemudian disimpan dalam variabel *s*. *filtCoeffSell* menunjukkan variable filter yang akan dipilih dalam menghilangkan *background noise*. Variabel *theta* adalah variabel yang mewakili koefisien atau parameter yang digunakan dalam perhitungan.



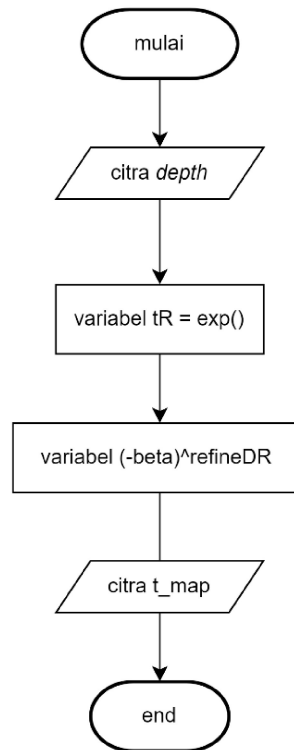
Gambar 3.8 Visualisasi Estimasi Kedalaman pada ICAP

### 3.8 Peta Transmisi

Peta transmisi dapat dirumuskan pada persamaan 3.4.

$$t(x, y) = \frac{A - I(x, y)}{A - J(x, y)} \quad (3.4)$$

pada persamaan ini,  $A$ ,  $I(x, y)$ , dan  $J(x, y)$  adalah variabel yang merepresentasikan nilai-nilai atau piksel-piksel dalam citra. Variabel  $x$  dan  $y$  adalah indeks yang digunakan untuk mengakses piksel dalam citra.  $t$  akan dihitung dengan cara mengurangi nilai  $I(x, y)$  dari  $A$ , kemudian membaginya dengan selisih antara  $A$  dan  $J(x, y)$ . Hasil perhitungan tersebut akan disimpan dalam variabel  $t$ .



Gambar 3.9 Diagram Blok Peta Transmisi

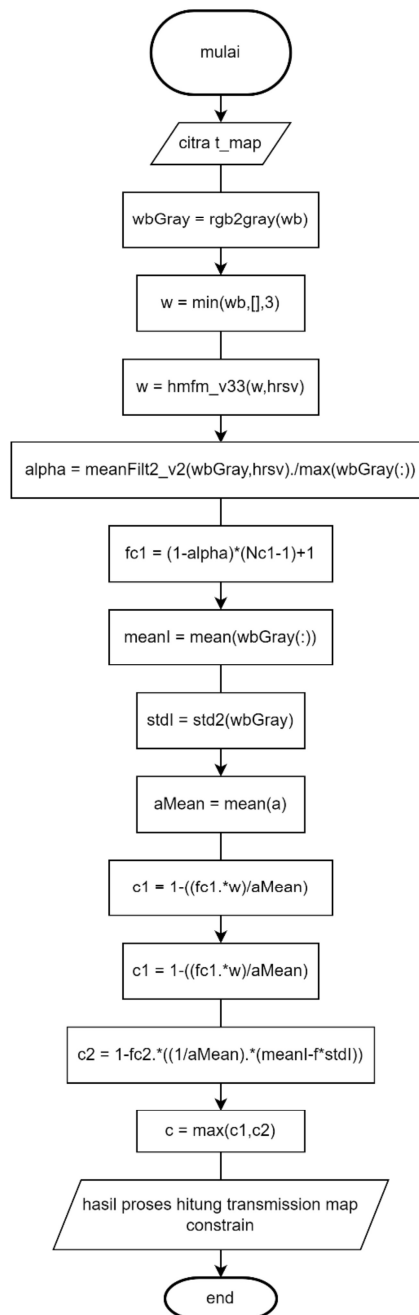
dimana variable  $tR$  merupakan variable dari peta transmisi. Dan  $\beta$  merupakan konstanta yang digunakan untuk mengontrol hubungan perbedaan kedalaman dari peta transmisi. Variable  $refineDR$  merupakan perbedaan dari kedalaman peta transmisi.



Gambar 3.10 Ilustrasi proses Peta Transmisi pada ICAP

### 3.9 Transmission Map Constraint

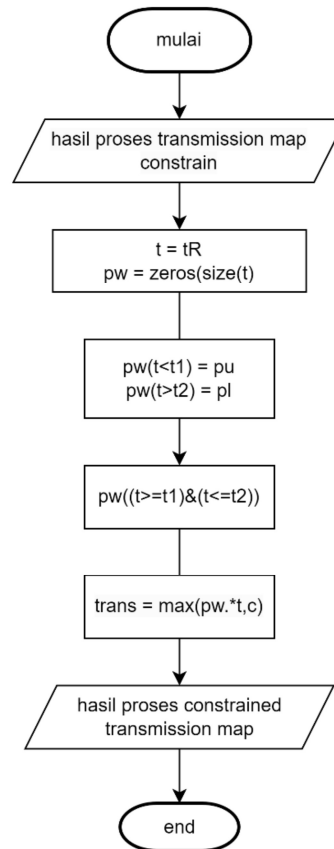
Proses ini berdasarkan pada batasan yang diterapkan pada peta transmisi dalam proses *dehazing* citra yang melibatkan estimasi peta transmisi.



Gambar 3.11 Flowchart Transmission Map Constraint

Variabel *wb* adalah gambar input yang telah di-*white balance* sebelumnya. Dalam langkah ini, gambar tersebut dikonversi menjadi citra *grayscale* menggunakan fungsi *rgb2gray*. Variabel *w* dihitung sebagai nilai minimum dari setiap piksel dalam citra *wb* di sepanjang dimensi ketiga. Dalam kasus ini, citra *wb* adalah citra dengan saluran warna RGB. Sehingga, *w* akan menjadi citra yang mengandung nilai minimum dari ketiga saluran warna. Dan disesuaikan dengan menggunakan fungsi *hmfim\_v33* dengan parameter *hrsv*. Fungsi ini digunakan untuk melakukan penyesuaian kontras adaptif pada citra *w*. Variabel *alpha* dihitung sebagai hasil dari operasi pembagian antara citra *wbGray* yang telah difilter dengan fungsi *meanFilt2\_v2* dengan parameter *hrsv*, dan nilai maksimum dari *wbGray*. Variabel *fc1* dihitung berdasarkan perhitungan linier untuk mengubah nilai *alpha* menjadi rentang yang lebih sesuai untuk faktor ambang batas *c1*. *Nc1* adalah nilai ambang batas maksimum untuk *c1*. Variabel *fc2* diatur sebagai *Nc2*, yang merupakan nilai ambang batas maksimum untuk *c2*. Variabel *meanI* dihitung sebagai rata-rata dari semua piksel dalam citra *wbGray*. Variabel *stdI* dihitung sebagai standar deviasi dari semua piksel dalam citra *wbGray*. Variabel *aMean* dihitung sebagai rata-rata dari vektor *a*. Variabel *c1* dihitung berdasarkan persamaan yang menggunakan *fc1*, *w*, dan *aMean*. Hal ini dilakukan untuk mengestimasi faktor pengurangan warna *c1*.

### 3.10 Constrained Transmission Map



Gambar 3.12 Blok Diagram *Constrained Transmission Map*

variabel  $t$  merupakan transmisi awal yang dihasilkan dari tahap sebelumnya, dalam hal ini  $tR$  adalah transmisi yang telah diperoleh sebelumnya.  $pw = \text{zeros}(\text{size}(t));$  variabel  $pw$  merupakan matriks dengan ukuran yang sama seperti  $t$ , yang akan digunakan untuk menyimpan nilai pengurangan warna atau attenuasi warna.  $pw(t < t1) = pu;$  Nilai  $pu$  adalah nilai pengurangan warna untuk transmisi yang kecil, yang ditetapkan pada bagian  $t$  yang lebih kecil dari  $t1$ . Dalam langkah ini, nilai  $pw$  diatur menjadi  $pu$  pada bagian  $t$  yang memenuhi kondisi tersebut.  $pw(t > t2)$

=  $p_l$ ; Nilai  $p_l$  adalah nilai pengurangan warna untuk transmisi yang besar, yang ditetapkan pada bagian  $t$  yang lebih besar dari  $t_2$ . Dalam langkah ini, nilai  $p_w$  diatur menjadi  $p_l$  pada bagian  $t$  yang memenuhi kondisi tersebut.  $\text{trans} = \max(p_w \cdot t, c)$ ; Variabel  $\text{trans}$  merupakan nilai transmisi akhir setelah mengalikan  $p_w$  dengan  $t$ .  $c$  adalah nilai ambang batas untuk transmisi, yang digunakan untuk membatasi nilai transmisi agar tidak melebihi nilai tertentu.

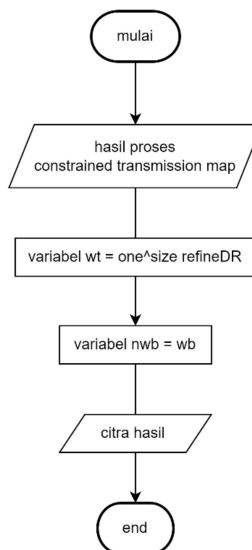
Selain itu, dalam *Improved Color Attenuation Prior (ICAP)*, batasan juga dapat diterapkan untuk mempertahankan keterkaitan antara peta transmisi dan citra asli. Dalam hal ini, informasi dari citra asli digunakan untuk mempengaruhi dan membatasi nilai peta transmisi. Ini dilakukan untuk memastikan bahwa peta transmisi tidak memperkenalkan artefak atau perubahan yang tidak realistis dalam citra hasil estimasi. Dengan menerapkan batasan pada peta transmisi dalam *Improved Color Attenuation Prior (ICAP)*, estimasi cahaya atmosfer dan hasil *dehazing* yang lebih akurat dan kualitatif dapat diperoleh. Batasan ini membantu menjaga kekonsistenan dan koherensi dalam estimasi serta meminimalkan efek yang tidak diinginkan dalam proses *dehazing*.

### 3.11 Scene Recovery

Tahapan ini adalah untuk mengembalikan nilai RGB kedalam citra setelah melalui tahapan *airlight estimation* dan *transmission map estimation*, sehingga visual citra *gray* berubah kembali menjadi citra warna.

*Scene recovery* adalah salah satu tahap penting dalam metode *Improved Color Attenuation Prior (ICAP)*. Setelah tahap estimasi transmisi dan estimasi nilai *airlight*, tahap pemulihan *scene* bertujuan untuk mengembalikan citra asli yang

tidak terpengaruh oleh kabut dan mendapatkan citra yang lebih jelas dan terperinci. Dalam ICAP, pemulihan *scene* dilakukan dengan menggunakan transmisi yang diestimasi sebelumnya dan nilai *airlight* yang telah dihitung. Pemulihan *scene* pada ICAP umumnya menggunakan transmisi yang diestimasi sebelumnya, dilakukan pemulihan *scene* dengan menghitung citra berkabut yang kasar. Pada tahap ini, kabut yang ada dalam citra dikurangi secara kasar. Dilakukan proses penghalusan lebih lanjut pada citra untuk mengurangi *noise* dan meningkatkan kualitas citra hasil *dehazing*. Citra hasil *dehaze* yang telah dihaluskan kemudian digunakan untuk memperoleh citra yang lebih akurat. Tahap pemulihan *scene* pada ICAP bertujuan untuk mengembalikan citra asli dari citra yang terkena dampak kabut. Hal ini dilakukan dengan memanfaatkan estimasi transmisi dan nilai *airlight* yang diperoleh sebelumnya. Dengan melakukan pemulihan *scene*, citra hasil *dehaze* dapat mengungkapkan detail yang lebih baik dan memberikan gambaran yang lebih jelas tentang objek-objek dalam citra yang terpengaruh oleh kabut.



Gambar 3.12 Blok Diagram *Scene Recovery*

dimana  $size(refineDR)$  mengembalikan ukuran dari matriks  $refineDR$ .  $ones(size(refineDR))$  membuat matriks dengan ukuran yang sama seperti  $refineDR$ , dan mengisi semua elemennya dengan nilai 1. Hasilnya adalah matriks yang berisi semua 1 dengan ukuran yang sama seperti  $refineDR$ .  $wt2$  adalah sebuah skalar yang merupakan nilai bobot yang ingin digunakan dalam matriks  $wt$ .



Gambar 3.14 Tampilan *Scene Recovery*

### 3.12 Performa Yang Diukur

Performa yang diukur dari algoritma ICAP meliputi beberapa hal, antara lain kualitas Citra. Algoritma ICAP dirancang untuk meningkatkan kualitas citra, terutama pada citra dengan cahaya yang redup atau kurang kontras. Oleh karena itu, salah satu performa yang diukur dari algoritma ini adalah kualitas citra setelah diolah. Performa ini dapat diukur menggunakan metrik seperti PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), dan MSE (*Mean Square Error*).

Performa yang diukur dari algoritma *improved Color Attenuation Prior* dapat bervariasi tergantung pada tujuan penggunaan dan kondisi citra yang diolah. Oleh karena itu, penggunaan metrik evaluasi yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa performa algoritma *improved Color Attenuation Prior* memenuhi kebutuhan pengguna. Sehingga akan dibandingkan hasil dari setiap metode dalam rangka penghapusan kabut, baik itu dari segi kualitas maupun

kuantitas. Pada segi kualitas akan dilihat bagaimana visibilitas dari setiap metode sebelum penghapusan dan sesudah penghapusan. Sedangkan pada pengukuran kuantitas dari proses *dehazing* adalah seperti nilai kontras dan kecerahan, dan nilai PSNR serta MSE.

Dalam mencari nilai kontras dan kecerahan, maka akan digunakan metode Michelson. Metode ini digunakan dalam mengukur perbedaan nilai maksimum dan minimum intensitas suatu citra. Persamaan nilai  $K_{michelson}$  ditentukan dengan Persamaan 3.23

$$K_{michelson} = \frac{L_{maks} - L_{mins}}{L_{maks} + L_{mins}} \quad (3.23)$$

dimana  $L_{maks}$  dan  $L_{mins}$  adalah nilai maksimum dan minimum dari luminans secara berurutan.

Seperti pada metode *Color Attenuation Prior* oleh (Zhu et al., 2015) dengan menggunakan citra gunung kelud pada tanggal 03-10-2017. Untuk mencari nilai MSE dengan cara menghitung rata-rata kuadrat selisih antara citra asli dan citra pemrosesan. Sedangkan untuk mencari nilai PSNR, maka harus dibandingkan citra yang akan diukur PSNR-nya dengan citra asli. Dimana citra asli dan citra hasil pemrosesan harus memiliki ukuran yang sama, dan citra asli dengan pemrosesan disini memiliki citra ukuran 421 x 800 x 3, maka untuk mencari PSNR akan dihitung dengan formulasi pada persamaan 3.23.

$$PSNR = 10 * \log_{10}(MAX) - 10 * \log_{10}(MSE) \quad (3.23)$$



Gambar 3.15 A merupakan citra asli dan B merupakan citra hasil pemrosesan

Sehingga hasil dari penghitungan citra pada gambar B yang merupakan citra hasil pemrosesan adalah Nilai MSE: 2157.1847 dan Nilai PSNR: 14.7919 dB.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi kawah gunung kelud sering tertutup kabut yang disebabkan oleh partikel uap air di udara yang merupakan reaksi gas kimia. Pada penelitian ini, tidak dibedakan partikel-partikel pembentuk kabut, baik itu dari uap air maupun sulfur karena belum ada perbedaan mencolok berdasarkan visual keduanya.

Karena kondisi dari kawah yang sering tertutup kabut, menyebabkan pemantauan di kawah gunung kelud mengalami kesulitan. Oleh karena itu, penulis melakukan reduksi kabut dengan beberapa metode, utamanya *dark channel prior*, *color attenuation prior*, dan *improved color attenuation prior*. Tahap pertama penulis akan melakukan estimasi cahaya atmosfer dengan melihat informasi pada citra sebelum direduksi kabutnya. Selain itu akan dilihat juga kecerahan dan kontrasnya yang bisa dinilai melalui diagram. Tahap selanjutnya akan dilakukan proses reduksi kabut dengan metode yang ada dan akan menghasilkan citra hasil *recovery*. Sedangkan tahap akhir akan dilihat kembali nilai kontras dan kecerahan setelah dilakukan reduksi kabut.

Oleh karena itu, untuk mengetahui apakah kabut sudah berkurang atau belum, akan dilakukan evaluasi selain dengan hasil visual setiap metode, akan dilakukan perbandingan antara intensitas kecerahan dan kontras pada citra. Selain itu akan diuji juga dengan *Peak Signal to Noise Ratio*(PSNR) untuk melihat hasil dari *dehazing*. Sebagai salah satu metrik kualitas citra atau video yang umum digunakan untuk mengukur seberapa baik citra atau video yang dikompresi dibandingkan dengan citra atau video asli tanpa kompresi. PSNR dapat digunakan

untuk mengevaluasi kualitas citra atau video setelah proses kompresi, transmisi atau penyimpanan data. Semakin tinggi nilai PSNR, semakin baik kualitas citra atau video tersebut. PSNR biasanya digunakan dalam pengujian dan evaluasi kompresi citra dan video pada aplikasi seperti pemrosesan video, pemantauan kualitas video, dan pengujian kompresi data. PSNR juga dapat digunakan dalam pengujian kualitas suara dan musik. Namun, perlu diingat bahwa PSNR hanya satu dari banyak metrik kualitas citra atau video yang tersedia, dan tidak selalu memberikan gambaran yang lengkap tentang kualitas citra atau video yang dikompresi.

#### 4.1 Skenario Uji Coba

Penelitian ini menggunakan 30 data citra dari total 2501 data citra yang digunakan, dimana data tersebut diambil dalam 10 hari dan masing-masing akan diambil sebanyak 3 data yang mewakili citra tipis, sedang, dan tebal.

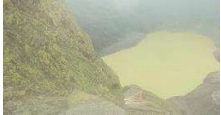


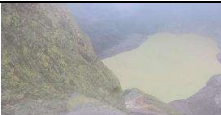
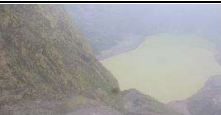




Adapun skenario uji coba pada penelitian ini adalah


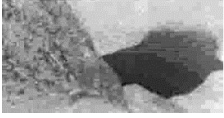
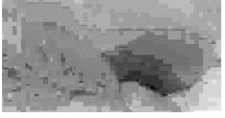



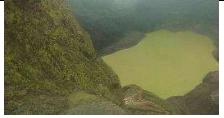


- a. Data setiap citra akan diuji pada metode *Improved Color Attenuation Prior*(ICAP) sehingga menghasilkan keluaran citra yang telah diproses yang sudah dihapus kabutnya.
- b. Data setiap citra akan diuji pada metode *Color Attenuation Prior*(CAP) sehingga menghasilkan keluaran citra yang telah diproses yang sudah dihapus kabutnya.
- c. Data setiap citra akan diuji pada metode *Dark Channel Prior*(DCP) sehingga menghasilkan keluaran citra yang telah diproses yang sudah dihapus kabutnya.

- d. Data setiap citra akan diuji pada metode *High Speed Gain Intervention Refinement*(HGIR) sehingga menghasilkan keluaran citra yang telah diproses yang sudah dihapus kabutnya.
- e. Data setiap citra akan diuji pada metode *Modification Hybrida Median Filter*(mHMF) sehingga menghasilkan keluaran citra yang telah diproses yang sudah dihapus kabutnya.
- f. Data setiap citra akan diuji pada metode *Negative Correction*(NC) sehingga menghasilkan keluaran citra yang telah diproses yang sudah dihapus kabutnya.
- g. Setiap hasil keluaran citra akan dilihat secara visual
- h. Hasil keluaran citra akan dibandingkan nilai dari *Peak Signal to Noise Ratio*(PSNR).
- i. Hasil setiap keluaran citra akan dibandingkan nilai dari kontras dan kecerahan nya berdasarkan Kontras *Michelson*.

#### 4.2 Hasil Proses *Improved Color Attenuation Prior* Secara Visualisasi

Tabel 4.1 Visualiasi Proses *Improved Color Attenuation Prior*

Proses	Tipis	Sedang	Tebal
<i>Original Image</i>			
<i>White Balance</i>			
<i>Atmosfer Light Estimation</i>			

Estimasi Kedalaman			
Peta Transmisi			
<i>Scene Recovery</i>			

Tabel 4.1 menunjukkan hasil teori secara visual pada ICAP. *White Balance* merupakan penerapan dari sub bab 3.4. Hasil Atmosfer Light Estimation merupakan proses penerapan dari sub bab 3.5. Estimasi kedalaman merupakan penerapan dari proses di sub bab 3.6. Pada peta transmisi adalah penerapan dari sub bab 3.7. Sedangkan *Scene Recovery* adalah hasil akhir dari proses ICAP dan hasil dari secara visual dari sub bab 3.10

### 4.3 Hasil Citra Masukan dan Citra Keluaran Secara Visualisasi

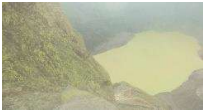
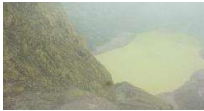




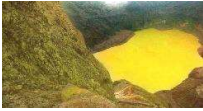


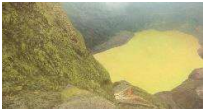


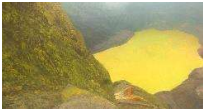





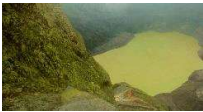


Untuk mengetahui hasil kerja sistem untuk menghilangkan kabut pada citra kawah Gunung Kelud secara visualisasi, berikut akan ditampilkan hasil implementasi *improved color attenuation prior* dan beberapa metode lain sebagai pembandingan untuk menghilangkan kabut pada citra kawah Gunung Kelud secara visualisasi.

#### 4.3.1 Citra Berkabut 03-10-2017

Untuk mengetahui citra masukan dan citra keluaran hasil implementasi *improved color attenuation prior*, *dark channel prior*, *color attenuation prior*, dan

beberapa metode untuk menghilangkan citra berkabut pada tanggal 03-10-2017 secara visualisasi, dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 03-10-2017

	<b>Metode</b>	<b>Tipis</b>	<b>Sedang</b>	<b>Tebal</b>
	<b>Asli</b>			
	<b>ICAP</b>			
	<b>DCP(He et al., 2011)</b>			
	<b>CAP(Zhu et al., 2015)</b>			
	<b>HGIR(Chen et al., 2016)</b>			
	<b>mHMF(Tarel &amp; Hautière, 2009)</b>			
	<b>NC(Gao et al., 2014)</b>			






















Tabel 4.2 merupakan citra masukan dan citra keluaran dari hasil implementasi berbagai metode yang diterapkan pada citra kawah Gunung Kelud berkabut tipis, sedang, dan tebal yang diambil menggunakan kamera CCTV (*Close Circuit Television*) BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur pada tanggal 03-10-2017. Dimana citra berkabut tipis diambil pada pukul 08.11, citra

berkabut sedang diambil pada pukul 14.50, dan citra berkabut tebal pada pada pukul 15.06.

#### 4.3.2 Citra Berkabut 04-10-2017

Untuk mengetahui citra masukan dan citra keluaran hasil implementasi *improved color attenuation prior*, *dark channel prior*, *color attenuation prior*, dan beberapa metode untuk citra berkabut pada tanggal 04-10-2017 secara visualisasi, dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 04-10-2017













	<b>Metode</b>	<b>Tipis</b>	<b>Sedang</b>	<b>Tebal</b>
	<b>Asli</b>			
	<b>ICAP</b>			
	<b>DCP(He et al., 2011)</b>			
	<b>CAP(Zhu et al., 2015)</b>			
	<b>HGIR(Chen et al., 2016)</b>			
	<b>mHMF(Tarel &amp; Hautière, 2009)</b>			
	<b>NC(Gao et al., 2014)</b>			




Tabel 4.3 merupakan citra masukan dan citra keluaran dari hasil implementasi berbagai metode yang diterapkan pada citra kawah Gunung Kelud berkabut tipis, sedang, dan tebal yang diambil menggunakan kamera CCTV (*Close Circuit Television*) BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur pada tanggal 04-10-2017. Dimana citra berkabut tipis diambil pada pukul 07.23, citra berkabut sedang diambil pada pukul 14.13, dan citra berkabut tebal pada pukul 15.44.

#### 4.3.3 Citra Berkabut 06-10-2017

Untuk mengetahui citra masukan dan citra keluaran hasil implementasi *improved color attenuation prior*, *dark channel prior*, *color attenuation prior*, dan beberapa metode untuk citra berkabut pada tanggal 06-10-2017 secara visualisasi, dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 06-10-2017

	Metode	Tipis	Sedang	Tebal
	Asli			
	ICAP			
	DCP(He et al., 2011)			
	CAP(Zhu et al., 2015)			




	<b>HGIR</b> (Chen et al., 2016)			
	<b>mHMF</b> (Tarel & Hautière, 2009)			
	<b>NC</b> (Gao et al., 2014)			


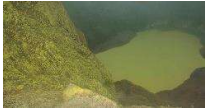


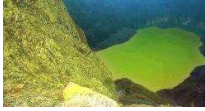













Tabel 4.4 merupakan citra masukan dan citra keluaran dari hasil implementasi berbagai metode yang diterapkan pada citra kawah Gunung Kelud berkabut tipis, sedang, dan tebal yang diambil menggunakan kamera CCTV (*Close Circuit Television*) BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur pada tanggal 06-10-2017. Dimana citra berkabut tipis diambil pada pukul 08.38, citra berkabut sedang diambil pada pukul 14.19, dan citra berkabut tebal pada pukul 14.40.

#### 4.3.4 Citra Berkabut 07-10-2017

Untuk mengetahui citra masukan dan citra keluaran hasil implementasi *improved color attenuation prior*, *dark channel prior*, *color attenuation prior*, dan beberapa metode untuk citra berkabut pada tanggal 07-10-2017 secara visualisasi, dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 07-10-2017

	<b>Metode</b>	<b>Tipis</b>	<b>Sedang</b>	<b>Tebal</b>
	<b>Asli</b>			




















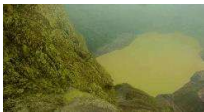

	<b>ICAP</b>			
	<b>DCP</b> (He et al., 2011)			
	<b>CAP</b> (Zhu et al., 2015)			
	<b>HGIR</b> (Chen et al., 2016)			
	<b>mHMF</b> (Tarel & Hautière, 2009)			
	<b>NC</b> (Gao et al., 2014)			

Tabel 4.5 merupakan citra masukan dan citra keluaran dari hasil implementasi berbagai metode yang diterapkan pada citra kawah Gunung Kelud berkabut tipis, sedang, dan tebal yang diambil menggunakan kamera CCTV (*Close Circuit Television*) BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur pada tanggal 07-10-2017. Dimana citra berkabut tipis diambil pada pukul 05.32, citra berkabut sedang diambil pada pukul 13.05, dan citra berkabut tebal pada pukul 15.19.

#### 4.3.5 Citra Berkabut 08-10-2017

Untuk mengetahui citra masukan dan citra keluaran hasil implementasi *improved color attenuation prior*, *dark channel prior*, *color attenuation prior*, dan beberapa metode untuk citra berkabut pada tanggal 08-10-2017 secara visualisasi, dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 08-10-2017

	<b>Metode</b>	<b>Tipis</b>	<b>Sedang</b>	<b>Tebal</b>
	<b>Asli</b>			
	<b>ICAP</b>			
	<b>DCP(He et al., 2011)</b>			
	<b>CAP(Zhu et al., 2015)</b>			
	<b>HGIR(Chen et al., 2016)</b>			
	<b>mHMF(Tarel &amp; Hautière, 2009)</b>			
	<b>NC(Gao et al., 2014)</b>			


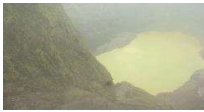













Tabel 4.6 merupakan citra masukan dan citra keluaran dari hasil implementasi berbagai metode yang diterapkan pada citra kawah Gunung Kelud







berkabut tipis, sedang, dan tebal yang diambil menggunakan kamera CCTV (*Close Circuit Television*) BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur pada tanggal 08-10-2017. Dimana citra berkabut tipis diambil pada pukul 07.05, citra berkabut sedang diambil pada pukul 11.21, dan citra berkabut tebal pada pada pukul 15.48.

#### 4.3.6 Citra Berkabut 09-10-2017

Untuk mengetahui citra masukan dan citra keluaran hasil implementasi *improved color attenuation prior*, *dark channel prior*, *color attenuation prior*, dan beberapa metode untuk citra berkabut pada tanggal 09-10-2017 secara visualisasi, dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 09-10-2017

	<b>Metode</b>	<b>Tipis</b>	<b>Sedang</b>	<b>Tebal</b>
	<b>Asli</b>			
	<b>ICAP</b>			
	<b>DCP(He et al., 2011)</b>			
	<b>CAP(Zhu et al., 2015)</b>			
	<b>HGIR(Chen et al., 2016)</b>			







	<b>mHMF</b> (Tarel & Hautière, 2009)			
	<b>NC</b> (Gao et al., 2014)			
















Tabel 4.7 merupakan citra masukan dan citra keluaran dari hasil implementasi berbagai metode yang diterapkan pada citra kawah Gunung Kelud berkabut tipis, sedang, dan tebal yang diambil menggunakan kamera CCTV (*Close Circuit Television*) BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur pada tanggal 03-10-2017. Dimana citra berkabut tipis diambil pada pukul 06.29, citra berkabut sedang diambil pada pukul 08.53, dan citra berkabut tebal pada pada pukul 09.14.

#### 4.3.7 Citra Berkabut 10-10-2017

Untuk mengetahui citra masukan dan citra keluaran hasil implementasi *improved color attenuation prior*, *dark channel prior*, *color attenuation prior*, dan beberapa metode untuk citra berkabut pada tanggal 10-10-2017 secara visualisasi, dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 10-10-2017

	<b>Metode</b>	<b>Tipis</b>	<b>Sedang</b>	<b>Tebal</b>
	<b>Asli</b>			
	<b>ICAP</b>			








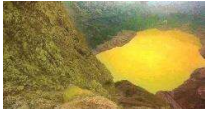












	<b>DCP</b> (He et al., 2011)			
	<b>CAP</b> (Zhu et al., 2015)			
	<b>HGIR</b> (Chen et al., 2016)			
	<b>mHMF</b> (Tarel & Hautière, 2009)			
	<b>NC</b> (Gao et al., 2014)			

Tabel 4.8 merupakan citra masukan dan citra keluaran dari hasil implementasi berbagai metode yang diterapkan pada citra kawah Gunung Kelud berkabut tipis, sedang, dan tebal yang diambil menggunakan kamera CCTV (*Close Circuit Television*) BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur pada tanggal 03-10-2017. Dimana citra berkabut tipis diambil pada pukul 06.55, citra berkabut sedang diambil pada pukul 09.03, dan citra berkabut tebal pada pukul 11.11.

#### 4.3.8 Citra Berkabut 11-10-2017

Untuk mengetahui citra masukan dan citra keluaran hasil implementasi *improved color attenuation prior*, *dark channel prior*, *color attenuation prior*, dan beberapa metode untuk citra berkabut pada tanggal 11-10-2017 secara visualisasi, dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 11-10-2017






















	<b>Metode</b>	<b>Tipis</b>	<b>Sedang</b>	<b>Tebal</b>
	<b>Asli</b>			
	<b>ICAP</b>			
	<b>DCP(He et al., 2011)</b>			
	<b>CAP(Zhu et al., 2015)</b>			
	<b>HGIR(Chen et al., 2016)</b>			
	<b>mHMF(Tarel &amp; Hautière, 2009)</b>			
	<b>NC(Gao et al., 2014)</b>			

Tabel 4.9 merupakan citra masukan dan citra keluaran dari hasil implementasi berbagai metode yang diterapkan pada citra kawah Gunung Kelud berkabut tipis, sedang, dan tebal yang diambil menggunakan kamera CCTV (*Close Circuit Television*) BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur pada tanggal 03-10-2017. Dimana citra berkabut tipis diambil pada pukul 06.48, citra berkabut sedang diambil pada pukul 10.42, dan citra berkabut tebal pada pukul 11.51.

### 4.3.9 Citra Berkabut 12-10-2017

Untuk mengetahui citra masukan dan citra keluaran hasil implementasi *improved color attenuation prior*, *dark channel prior*, *color attenuation prior*, dan beberapa metode untuk citra berkabut pada tanggal 12-10-2017 secara visualisasi, dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 12-10-2017

	<b>Metode</b>	<b>Tipis</b>	<b>Sedang</b>	<b>Tebal</b>
	<b>Asli</b>			
	<b>ICAP</b>			
	<b>DCP(He et al., 2011)</b>			
	<b>CAP(Zhu et al., 2015)</b>			
	<b>HGIR(Chen et al., 2016)</b>			
	<b>mHMF(Tarel &amp; Hautière, 2009)</b>			
	<b>NC(Gao et al., 2014)</b>			

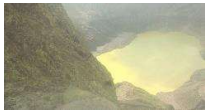



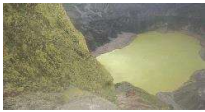





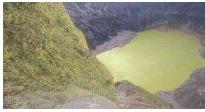




Tabel 4.10 merupakan citra masukan dan citra keluaran dari hasil implementasi berbagai metode yang diterapkan pada citra kawah Gunung Kelud





berkabut tipis, sedang, dan tebal yang diambil menggunakan kamera CCTV (*Close Circuit Television*) BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur pada tanggal 03-10-2017. Dimana citra berkabut tipis diambil pada pukul 06.37, citra berkabut sedang diambil pada pukul 15.24, dan citra berkabut tebal pada pada pukul 15.56.

#### 4.3.10 Citra Berkabut 13-10-2017

Untuk mengetahui citra masukan dan citra keluaran hasil implementasi *improved color attenuation prior*, *dark channel prior*, *color attenuation prior*, dan beberapa metode untuk citra berkabut pada tanggal 13-10-2017 secara visualisasi, dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Percobaan Pada Citra Berkabut tanggal 13-10-2017

	<b>Metode</b>	<b>Tipis</b>	<b>Sedang</b>	<b>Tebal</b>
	<b>Asli</b>			
	<b>ICAP</b>			
	<b>DCP(He et al., 2011)</b>			
	<b>CAP(Zhu et al., 2015)</b>			
	<b>HGIR(Chen et al., 2016)</b>			

	<b>mHMF</b> (Tarel & Hautière, 2009)			
	<b>NC</b> (Gao et al., 2014)			

Tabel 4.11 merupakan citra masukan dan citra keluaran dari hasil implementasi berbagai metode yang diterapkan pada citra kawah Gunung Kelud berkabut tipis, sedang, dan tebal yang diambil menggunakan kamera CCTV (*Close Circuit Television*) BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur pada tanggal 03-10-2017. Dimana citra berkabut tipis diambil pada pukul 08.13, citra berkabut sedang diambil pada pukul 13.21, dan citra berkabut tebal pada pada pukul 16.56.

#### 4.4 Mean Square Error (MSE)

Nilai mse diperlukan untuk menghitung nilai psnr, maka mendapatkan nilai mse yang akurat merupakan sesuatu yang harus dilakukan. Metrik ini mengukur seberapa baik citra yang dihasilkan oleh sistem pengolahan citra dibandingkan dengan citra asli. Perbandingan dari MSE setiap metode dapat dilihat pada sub bab berikutnya. Untuk memudahkan pemisahan dari citra setiap hari, maka akan ditulis angka sesuai tanggal pengambilan citra, seperti  $MSE_3$  berarti data tersebut adalah data MSE dari citra yang diambil pada tanggal 3.

#### 4.4.1 Improved Color Attenuation Prior dan Color Attenuation Prior

Dalam mendapatkan hasil *mean square error* (MSE), maka dilakukan 10 kali percobaan untuk tiap tingkat citra dan metode berdasarkan hari diambilnya data yaitu 10 hari. Dari 10 kali percobaan tersebut diambil hasil rata-rata untuk dijadikan perbandingan, dan dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Percobaan *Mean Square Error* (MSE) ICAP dan CAP

MSE	<i>Improved Color Attenuation Prior</i>			<i>Color Attenuation Prior</i>		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
$MSE_3$	5105,71	5046,61	5449,56	1123,66	1466,09	1859,09
$MSE_4$	5312,90	5065,42	5511,62	1666,98	781,14	2243,74
$MSE_6$	2295,85	5227,32	5706,51	1536,88	2238,76	1867,04
$MSE_7$	1806,39	5157,31	4883,02	2818,39	1215,26	3169,29
$MSE_8$	3040,96	5080,55	5502,45	1510,49	1062,08	1569,18
$MSE_9$	4610,30	4862,49	5205,02	2639,35	1130,91	3163,86
$MSE_{10}$	2069,11	4966,07	5183,79	1677,82	1243,56	2497,21
$MSE_{11}$	4335,51	5178,80	4911,63	2131,72	929,05	1875,43
$MSE_{12}$	2761,54	4455,01	5333,46	2088,61	3963,05	2927,07
$MSE_{13}$	2363,08	1731,39	5076,45	1296,25	1544,25	3529,99
<b>Jumlah</b>	<b>32.701,35</b>	<b>46.770,97</b>	<b>52.763,51</b>	<b>18.490,15</b>	<b>15.574,15</b>	<b>24.701,9</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>3270,14</b>	<b>4677,1</b>	<b>5276,4</b>	<b>1849,02</b>	<b>1557,42</b>	<b>2470,19</b>

Dalam Tabel 4.12, dapat dilihat bahwa implementasi *improved color attenuation prior*(ICAP) dapat menghasilkan nilai *mean square error* yang lebih tinggi dibanding implementasi *color attenuation prior*(CAP).

#### 4.4.2 MSE *Improved Color Attenuation Prior* dan *Dark Channel Prior*

Dalam mendapatkan hasil *mean square error* (MSE), maka dilakukan 10 kali percobaan untuk tiap tingkat citra dan metode berdasarkan hari diambilnya data yaitu 10 hari. Dari 10 kali percobaan tersebut diambil hasil rata-rata untuk dijadikan perbandingan, dan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Percobaan *Mean Square Error* (MSE) ICAP dan DCP

MSE	<i>Improved Color Attenuation Prior</i>			<i>Dark Channel Prior</i>		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
$MSE_3$	5105,71	5046,61	5449,56	4594,18	4806,72	6805,48
$MSE_4$	5312,90	5065,42	5511,62	6456,65	3507,76	8478,06
$MSE_6$	2295,85	5227,32	5706,51	5379,48	7357,63	8010,45
$MSE_7$	1806,39	5157,31	4883,02	8040,86	5542,09	8110,73
$MSE_8$	3040,96	5080,55	5502,45	5379,88	4575,86	7506,95
$MSE_9$	4610,30	4862,49	5205,02	7155,28	4266,7	8754,32
$MSE_{10}$	2069,11	4966,07	5183,79	4822,64	5627,19	7817,33
$MSE_{11}$	4335,51	5178,80	4911,63	5811,07	4150,62	5687,52
$MSE_{12}$	2761,54	4455,01	5333,46	5189,05	8175,50	9629,27
$MSE_{13}$	2363,08	1731,39	5076,45	4645,64	6476,17	9391,93
<b>Jumlah</b>	<b>32.701,35</b>	<b>46.770,97</b>	<b>52.763,51</b>	<b>57.687,27</b>	<b>54.486,24</b>	<b>80.192,3</b>

<b>Rata-rata</b>	<b>3270,14</b>	<b>4677,1</b>	<b>5276,4</b>	<b>5768,73</b>	<b>5448,62</b>	<b>8019,23</b>
------------------	----------------	---------------	---------------	----------------	----------------	----------------

Dalam Tabel 4.13, dapat dilihat bahwa implementasi *improved color attenuation prior*(ICAP) menghasilkan nilai *mean square error* yang lebih rendah dibanding *dark channel prior*(DCP).

#### 4.4.3 MSE *Improved Color Attenuation Prior* dan HGIR

Dari 10 kali percobaan tersebut untuk mendapatkan hasil *mean square error* (MSE), diambil hasil rata-rata untuk dijadikan perbandingan, dan dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Percobaan *Mean Square Error* (MSE) ICAP dan HGIR

MSE	<i>Improved Color Attenuation Prior</i>			<i>High Speed Gain Intervention Refinement</i>		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
<i>MSE<sub>3</sub></i>	5105,71	5046,61	5449,56	2046,06	2488,74	2957,24
<i>MSE<sub>4</sub></i>	5312,90	5065,42	5511,62	2922,44	1397,11	3455,26
<i>MSE<sub>6</sub></i>	2295,85	5227,32	5706,51	1906,21	3942,41	3229,76
<i>MSE<sub>7</sub></i>	1806,39	5157,31	4883,02	3882,75	1765,84	5155,08
<i>MSE<sub>8</sub></i>	3040,96	5080,55	5502,45	2243,74	2048,62	2440,32
<i>MSE<sub>9</sub></i>	4610,30	4862,49	5205,02	3829,22	1582,15	6042,02
<i>MSE<sub>10</sub></i>	2069,11	4966,07	5183,79	2010,32	2039,34	4474,39
<i>MSE<sub>11</sub></i>	4335,51	5178,80	4911,63	3204,02	1771,44	2586,38
<i>MSE<sub>12</sub></i>	2761,54	4455,01	5333,46	2938,03	7561,89	4507,81
<i>MSE<sub>13</sub></i>	2363,08	1731,39	5076,45	1616,09	2073,66	6890,98

<b>Jumlah</b>	<b>32.701,35</b>	<b>46.770,97</b>	<b>52.763,51</b>	<b>26.598,88</b>	<b>27.211,2</b>	<b>41.739,2</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>3270,14</b>	<b>4677,1</b>	<b>5276,4</b>	<b>2659,89</b>	<b>2721,12</b>	<b>4173,9</b>

Dalam Tabel 4.14, dapat dilihat bahwa implementasi *improved color attenuation prior*(ICAP) dapat menghasilkan nilai *mean square error* yang lebih tinggi dibanding implementasi *High Speed Gain Intervention Refinement* (HGIR).

#### 4.4.4 MSE *Improved Color Attenuation Prior* dan mHMF

Dalam mendapatkan hasil *mean square error* (MSE), maka dilakukan 10 kali percobaan untuk tiap tingkat citra dan metode berdasarkan hari diambilnya data yaitu 10 hari. Dari 10 kali percobaan tersebut diambil hasil rata-rata untuk dijadikan perbandingan, dan dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Percobaan *Mean Square Error* (MSE) ICAP dan mHMF

MSE	<i>Improved Color Attenuation Prior</i>			Filter Median Hibrida Modifikasi		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
$MSE_3$	5105,71	5046,61	5449,56	1492,12	1324,03	1088,99
$MSE_4$	5312,90	5065,42	5511,62	1823,48	1296,86	1007,74
$MSE_6$	2295,85	5227,32	5706,51	1114,48	1143,78	522,48
$MSE_7$	1806,39	5157,31	4883,02	1871,07	564,80	1501,18
$MSE_8$	3040,96	5080,55	5502,45	2068,31	980,07	726,19
$MSE_9$	4610,30	4862,49	5205,02	2018,81	1548,74	1053,57
$MSE_{10}$	2069,11	4966,07	5183,79	1546,39	1529,00	665,07
$MSE_{11}$	4335,51	5178,80	4911,63	1564,40	826,42	1259,98

$MSE_{12}$	2761,54	4455,01	5333,46	1747,21	1926,25	905,18
$MSE_{13}$	2363,08	1731,39	5076,45	1969,47	627,71	1467,32
<b>Jumlah</b>	<b>32.701,35</b>	<b>46.770,97</b>	<b>52.763,51</b>	<b>17.215,74</b>	<b>11.767,66</b>	<b>10.197,7</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>3270,14</b>	<b>4677,1</b>	<b>5276,4</b>	<b>1721,6</b>	<b>1176,8</b>	<b>1019,78</b>

Dalam Tabel 4.15, dapat dilihat bahwa implementasi *improved color attenuation prior*(ICAP) menghasilkan nilai *mean square error* yang lebih tinggi dibanding implementasi Filter Median Hibrida Modifikasi (mHMF).

#### 4.4.5 MSE *Improved Color Attenuation Prior* dan *Negative Correction*

Dalam mendapatkan hasil *mean square error* (MSE), maka dilakukan 10 kali percobaan untuk tiap tingkat citra dan metode berdasarkan hari diambilnya data yaitu 10 hari. Dari 10 kali percobaan tersebut diambil hasil rata-rata untuk dijadikan perbandingan, dan dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Percobaan *Mean Square Error* (MSE) ICAP dan NC

MSE	<i>Improved Color Attenuation Prior</i>			<i>Negative Correction</i>		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
$MSE_3$	5105,71	5046,61	5449,56	5434,32	6178,26	6165,96
$MSE_4$	5312,90	5065,42	5511,62	5377,88	5863,81	6126,78
$MSE_6$	2295,85	5227,32	5706,51	5205,65	6023,29	5643,81
$MSE_7$	1806,39	5157,31	4883,02	6907,59	4804,19	6377,14
$MSE_8$	3040,96	5080,55	5502,45	6007,58	5257,06	5821,97
$MSE_9$	4610,30	4862,49	5205,02	5931,78	6696,81	5715,71

$MSE_{10}$	2069,11	4966,07	5183,79	5371,94	5903,09	6193,48
$MSE_{11}$	4335,51	5178,80	4911,63	5522,23	5237,65	5531,95
$MSE_{12}$	2761,54	4455,01	5333,46	5601,59	6414,57	6001,84
$MSE_{13}$	2363,08	1731,39	5076,45	6491,51	5191,86	5894,41
<b>Jumlah</b>	<b>32.701,35</b>	<b>46.770,97</b>	<b>52.763,51</b>	<b>57.852,07</b>	<b>57.571,59</b>	<b>59.473,1</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>3270,14</b>	<b>4677,1</b>	<b>5276,4</b>	<b>5785,2</b>	<b>5757,2</b>	<b>5947,3</b>

Dalam Tabel 4.16, dapat dilihat bahwa implementasi *improved color attenuation prior*(ICAP) dapat menghasilkan nilai *mean square error* yang lebih rendah dibanding implementasi *negative correction* (NC).

#### 4.5 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

*Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) merupakan perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya derau yang berpengaruh pada sinyal tersebut. PSNR diukur dalam satuan *decibel* (dB). PSNR digunakan untuk mengetahui perbandingan kualitas citra asli sebelum dan sesudah *dehazing*. Untuk menentukan PSNR, terlebih dahulu harus ditentukan nilai *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR). Untuk memudahkan pemisahan dari citra setiap hari, maka akan ditulis angka sesuai tanggal pengambilan citra, seperti  $PSNR_3$  berarti data tersebut adalah data MSE dari citra yang diambil pada tanggal 3.

#### 4.5.1 PSNR *Improved Color Attenuation Prior* dan *Color Attenuation Prior*

Tabel 4.17 Percobaan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) ICAP dan CAP

PSNR	<i>Improved Color Attenuation Prior</i>			<i>Color Attenuation Prior</i>		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
<i>PSNR<sub>3</sub></i>	11.05	11.10	10.77	17.62	16.47	15.44
<i>PSNR<sub>4</sub></i>	10.88	11.08	10.72	15.91	19.20	14.62
<i>PSNR<sub>6</sub></i>	14.52	10.95	10.57	16.26	14.63	15.42
<i>PSNR<sub>7</sub></i>	15.56	11.01	11.24	13.63	17.28	13.12
<i>PSNR<sub>8</sub></i>	13.30	11.07	10.73	16.34	17.87	16.17
<i>PSNR<sub>9</sub></i>	11.49	11.26	10.97	13.91	17.59	13.13
<i>PSNR<sub>10</sub></i>	14.97	11.17	10.98	15.88	17.18	14.16
<i>PSNR<sub>11</sub></i>	11.76	10.99	11.22	14.84	18.45	15.39
<i>PSNR<sub>12</sub></i>	13.72	11.64	10.86	14.93	12.15	13.47
<i>PSNR<sub>13</sub></i>	14.39	15.75	11.08	17.00	16.24	12.65
<b>Jumlah</b>	<b>131,64</b>	<b>116,02</b>	<b>109,14</b>	<b>156,32</b>	<b>167,06</b>	<b>143,57</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>13,16</b>	<b>11,6</b>	<b>10,91</b>	<b>15,63</b>	<b>16,71</b>	<b>14,36</b>

Dalam Tabel 4.17, dapat dilihat bahwa implementasi *improved color attenuation prior* dapat menghasilkan rata-rata nilai *peak signal to noise ratio* yang lebih rendah dibanding dibanding implementasi *color attenuation prior*.

#### 4.5.2 PSNR *Improved Color Attenuation Prior* dan *Dark Channel Prior*

Tabel 4.18 Percobaan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) ICAP dan DCP

PSNR	<i>Improved Color Attenuation Prior</i>			<i>Dark Channel Prior</i>		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
<i>PSNR<sub>3</sub></i>	11.05	11.10	10.77	11.51	11.31	9.80
<i>PSNR<sub>4</sub></i>	10.88	11.08	10.72	10.03	12.68	8.85
<i>PSNR<sub>6</sub></i>	14.52	10.95	10.57	10.82	9.46	9.09
<i>PSNR<sub>7</sub></i>	15.56	11.01	11.24	9.08	10.69	9.04
<i>PSNR<sub>8</sub></i>	13.30	11.07	10.73	10.82	11.52	9.38
<i>PSNR<sub>9</sub></i>	11.49	11.26	10.97	9.58	11.83	8.71
<i>PSNR<sub>10</sub></i>	14.97	11.17	10.98	11.29	10.63	9.20
<i>PSNR<sub>11</sub></i>	11.76	10.99	11.22	10.49	11.95	10.58
<i>PSNR<sub>12</sub></i>	13.72	11.64	10.86	10.98	9.01	8.29
<i>PSNR<sub>13</sub></i>	14.39	15.75	11.08	11.46	10.02	8.40
<b>Jumlah</b>	<b>131,64</b>	<b>116,02</b>	<b>109,14</b>	<b>106,06</b>	<b>109,1</b>	<b>91,34</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>13,16</b>	<b>11,6</b>	<b>10,91</b>	<b>10,61</b>	<b>10,91</b>	<b>9,13</b>

Dalam Tabel 4.18, dapat dilihat bahwa implementasi *improved color attenuation prior* dapat menghasilkan nilai *peak signal to noise ratio* yang lebih tinggi dibanding implementasi *dark channel prior*.

### 4.5.3 PSNR *Improved Color Attenuation Prior* dan HGIR

Tabel 4.19 Percobaan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) ICAP dan HGIR

PSNR	<i>Improved Color Attenuation Prior</i>			<i>High Speed Gain Intervention Refinement</i>		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
<i>PSNR<sub>3</sub></i>	11.05	11.10	10.77	15.02	14.17	13.42
<i>PSNR<sub>4</sub></i>	10.88	11.08	10.72	13.47	16.68	12.75
<i>PSNR<sub>6</sub></i>	14.52	10.95	10.57	15.33	12.17	13.04
<i>PSNR<sub>7</sub></i>	15.56	11.01	11.24	12.24	15.66	11.00
<i>PSNR<sub>8</sub></i>	13.30	11.07	10.73	14.62	15.02	14.26
<i>PSNR<sub>9</sub></i>	11.49	11.26	10.97	12.29	16.14	10.32
<i>PSNR<sub>10</sub></i>	14.97	11.17	10.98	15.09	15.04	11.62
<i>PSNR<sub>11</sub></i>	11.76	10.99	11.22	13.07	15.65	14.00
<i>PSNR<sub>12</sub></i>	13.72	11.64	10.86	13.45	9.34	11.59
<i>PSNR<sub>13</sub></i>	14.39	15.75	11.08	16.05	14.96	9.75
<b>Jumlah</b>	<b>131,64</b>	<b>116,02</b>	<b>109,14</b>	<b>140,63</b>	<b>144,83</b>	<b>121,75</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>13,16</b>	<b>11,6</b>	<b>10,91</b>	<b>14,06</b>	<b>14,48</b>	<b>12,18</b>

Dalam Tabel 4.19, dapat dilihat bahwa implementasi *improved color attenuation prior* dapat menghasilkan nilai *peak signal to noise ratio* yang lebih rendah dibanding dibanding implementasi *High Speed Gain Intervention Refinement*.

#### 4.5.4 PSNR *Improved Color Attenuation Prior* dan mHMF

Tabel 4.20 Percobaan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) ICAP dan mHMF

PSNR	<i>Improved Color Attenuation Prior</i>			Filter Median Hibrida Modifikasi		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
<i>PSNR<sub>3</sub></i>	11.05	11.10	10.77	16.39	16.91	17.76
<i>PSNR<sub>4</sub></i>	10.88	11.08	10.72	15.52	17.00	18.09
<i>PSNR<sub>6</sub></i>	14.52	10.95	10.57	17.66	17.55	20.95
<i>PSNR<sub>7</sub></i>	15.56	11.01	11.24	15.41	20.61	16.37
<i>PSNR<sub>8</sub></i>	13.30	11.07	10.73	14.97	18.22	19.52
<i>PSNR<sub>9</sub></i>	11.49	11.26	10.97	15.08	16.23	17.90
<i>PSNR<sub>10</sub></i>	14.97	11.17	10.98	16.24	16.29	19.90
<i>PSNR<sub>11</sub></i>	11.76	10.99	11.22	16.19	18.96	17.13
<i>PSNR<sub>12</sub></i>	13.72	11.64	10.86	15.71	15.28	18.56
<i>PSNR<sub>13</sub></i>	14.39	15.75	11.08	15.19	20.15	16.47
<b>Jumlah</b>	<b>131,64</b>	<b>116,02</b>	<b>109,14</b>	<b>158,36</b>	<b>177,2</b>	<b>182,65</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>13,16</b>	<b>11,6</b>	<b>10,91</b>	<b>15,84</b>	<b>17,72</b>	<b>18,27</b>

Dalam Tabel 4.20, dapat dilihat bahwa implementasi *improved color attenuation prior* dapat menghasilkan nilai *peak signal to noise ratio* yang lebih rendah dibanding implementasi Filter Median Hibrida Modifikasi.

#### 4.5.5 PSNR *Improved Color Attenuation Prior* dan *Negative Correction*

Tabel 4.21 Percobaan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) ICAP dan NC

PSNR	<i>Improved Color Attenuation Prior</i>			<i>Negative Correction</i>		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
<i>PSNR<sub>3</sub></i>	11.05	11.10	10.77	10.78	10.22	10.23
<i>PSNR<sub>4</sub></i>	10.88	11.08	10.72	10.82	10.45	10.26
<i>PSNR<sub>6</sub></i>	14.52	10.95	10.57	10.97	10.33	10.62
<i>PSNR<sub>7</sub></i>	15.56	11.01	11.24	9.74	11.31	10.08
<i>PSNR<sub>8</sub></i>	13.30	11.07	10.73	10.34	10.92	10.48
<i>PSNR<sub>9</sub></i>	11.49	11.26	10.97	10.39	9.87	10.56
<i>PSNR<sub>10</sub></i>	14.97	11.17	10.98	10.83	10.42	10.21
<i>PSNR<sub>11</sub></i>	11.76	10.99	11.22	10.71	10.94	10.70
<i>PSNR<sub>12</sub></i>	13.72	11.64	10.86	10.65	10.06	10.35
<i>PSNR<sub>13</sub></i>	14.39	15.75	11.08	10.01	10.98	10.43
<b>Jumlah</b>	<b>131,64</b>	<b>116,02</b>	<b>109,14</b>	<b>105,24</b>	<b>105,5</b>	<b>103,92</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>13,16</b>	<b>11,6</b>	<b>10,91</b>	<b>10,52</b>	<b>10,55</b>	<b>10,39</b>

Dalam Tabel 4.21, dapat dilihat bahwa implementasi *improved color attenuation prior* dapat menghasilkan nilai *peak signal to noise ratio* yang lebih tinggi dibanding implementasi *negative correction*.

#### 4.6 Hasil Analisa Pengujian Sistem *Dehazing*

Untuk mengetahui hasil analisis pengujian sistem *dehazing* citra menggunakan implementasi *improved color attenuation prior*(ICAP) dan implementasi *color attenuation prior*(CAP) dengan nilai dimensi 421 x 800 x 3 dari 30 data percobaan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada Tabel 4.22, 4.23, 4.24, dan 4.25, 4.26

Tabel 4.22 Perbandingan ICAP dan CAP

	<i>Improved Color Attenuation Prior (ICAP)</i>			<i>Color Attenuation Prior (CAP)</i>		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
MSE	3270,14	4677,1	5276,4	1849,02	1557,42	2470,19
PSNR(dB)	13,16	11,6	10,91	15,63	16,71	14,36

Pada Tabel 4.22, dapat dilihat hasil rata-rata dari 10x percobaan dalam 10 hari untuk nilai mse, dan psnr. Dapat ditarik kesimpulan bahwa ICAP memiliki nilai mse yang lebih besar dari CAP. ICAP juga menghasilkan nilai psnr yang lebih kecil dari CAP.

Tabel 4.23 Perbandingan ICAP dan DCP

	<i>Improved Color Attenuation Prior (ICAP)</i>			<i>Dark Channel Prior (DCP)</i>		
	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal	Kabut Tipis	Kabut Sedang	Kabut Tebal
MSE	3270,14	4677,1	5276,4	5768,73	5448,62	8019,23
PSNR(dB)	13,16	11,6	10,91	10,61	10,91	9,13

Pada Tabel 4.23, dapat dilihat hasil rata-rata dari 10x percobaan dalam 10 hari untuk nilai mse, dan psnr. Dapat ditarik kesimpulan bahwa ICAP memiliki nilai mse yang lebih kecil dari DCP. ICAP juga menghasilkan nilai psnr yang lebih besar dari DCP.

Tabel 4.24 Perbandingan ICAP dan HGIR

	<i>Improved Color Attenuation Prior (ICAP)</i>			<i>High Speed Gain Intervention Refinement (HGIR)</i>		
	<b>Kabut Tipis</b>	<b>Kabut Sedang</b>	<b>Kabut Tebal</b>	<b>Kabut Tipis</b>	<b>Kabut Sedang</b>	<b>Kabut Tebal</b>
<b>MSE</b>	<b>3270,14</b>	<b>4677,1</b>	<b>5276,4</b>	<b>2659,89</b>	<b>2721,12</b>	<b>4173,9</b>
<b>PSNR(dB)</b>	<b>13,16</b>	<b>11,6</b>	<b>10,91</b>	<b>14,06</b>	<b>14,48</b>	<b>12,18</b>

Pada Tabel 4.24, dapat dilihat hasil rata-rata dari 10x percobaan dalam 10 hari untuk nilai mse, dan psnr. Dapat ditarik kesimpulan bahwa ICAP memiliki nilai mse yang lebih besar dari HGIR. ICAP juga menghasilkan nilai psnr yang lebih kecil dari HGIR.

Tabel 4.25 Perbandingan ICAP dan mHMF

	<i>Improved Color Attenuation Prior (ICAP)</i>			<b>Filter Median Hibrida Modifikasi (mHMF)</b>		
	<b>Kabut Tipis</b>	<b>Kabut Sedang</b>	<b>Kabut Tebal</b>	<b>Kabut Tipis</b>	<b>Kabut Sedang</b>	<b>Kabut Tebal</b>
<b>MSE</b>	<b>3270,14</b>	<b>4677,1</b>	<b>5276,4</b>	<b>1721,6</b>	<b>1176,8</b>	<b>1019,78</b>
<b>PSNR(dB)</b>	<b>13,16</b>	<b>11,6</b>	<b>10,91</b>	<b>15,84</b>	<b>17,72</b>	<b>18,27</b>

Pada Tabel 4.25, dapat dilihat hasil rata-rata dari 10x percobaan dalam 10 hari untuk nilai mse, dan psnr. Dapat ditarik kesimpulan bahwa ICAP memiliki nilai

mse yang lebih besar dari mHMF. ICAP juga menghasilkan nilai psnr yang lebih kecil dari mHMF.

Tabel 4.26 Perbandingan ICAP dan NC

	<i>Improved Color Attenuation Prior (ICAP)</i>			<i>Color Attenuation Prior (CAP)</i>		
	<b>Kabut Tipis</b>	<b>Kabut Sedang</b>	<b>Kabut Tebal</b>	<b>Kabut Tipis</b>	<b>Kabut Sedang</b>	<b>Kabut Tebal</b>
<b>MSE</b>	<b>3270,14</b>	<b>4677,1</b>	<b>5276,4</b>	<b>5785,2</b>	<b>5757,2</b>	<b>5947,3</b>
<b>PSNR(dB)</b>	<b>13,16</b>	<b>11,6</b>	<b>10,91</b>	<b>10,52</b>	<b>10,55</b>	<b>10,39</b>

Pada Tabel 4.26, dapat dilihat hasil rata-rata dari 10x percobaan dalam 10 hari untuk nilai mse, dan psnr. Dapat ditarik kesimpulan bahwa ICAP memiliki nilai mse yang lebih kecil dari NC. ICAP juga menghasilkan nilai psnr yang lebih besar dari NC.

Pada Tabel 4.22, 4.24, 4.25, dan 4.26 dapat dilihat hasil dari percobaan yang dilakukan untuk tiap tingkatan citra dengan ukuran dimensi 421 x 800 x 3. Hasil perhitungan dari citra berkabut tipis ditampilkan dengan warna merah, citra berkabut sedang dengan warna hijau, dan citra berkabut tebal dengan warna biru.

Secara matematis, nilai PSNR dihitung berdasarkan perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal dengan nilai rata-rata kuadrat perbedaan antara gambar asli dan gambar hasil pemrosesan. Oleh karena itu, semakin kecil perbedaan antara kedua gambar, semakin tinggi nilai PSNR-nya. Dengan demikian, nilai PSNR semakin baik jika perbedaan antara gambar asli dan gambar hasil pemrosesan semakin kecil, yang menandakan bahwa gambar hasil pemrosesan semakin mendekati gambar asli secara visual (Mutaqin et al., 2018).

#### 4.6.1 Perbandingan Rata-rata MSE Setiap Metode

Tabel 4.27 Perbandingan Rata-rata MSE Setiap Metode

No	Metode	Tipis	Sedang	Tebal
1	ICAP	3270,14	4677,1	5276,4
2	DCP	5768,73	5448,62	8019,23
3	CAP	3270,14	4677,1	5276,4
4	HGIR	2659,89	2721,12	4173,9
5	mHMF	1721,6	1176,8	1019,78
6	NC	5785,2	5757,2	5947,3

Hasil perbandingan menunjukkan, bahwa pada kabut tipis, metode mHMF memiliki rata-rata nilai MSE yang paling kecil, dan NC memiliki rata-rata nilai paling besar. Pada kabut sedang, mHMF memiliki rata-rata nilai paling kecil dan NC memiliki rata-rata nilai terbesar. Pada kabut tebal, nilai mHMF memiliki rata-rata nilai terkecil dan DCP memiliki rata-rata nilai paling besar.

#### 4.6.2 Perbandingan Rata-rata PSNR Setiap Metode

Tabel 4.28 Perbandingan Rata-rata PSNR Setiap Metode

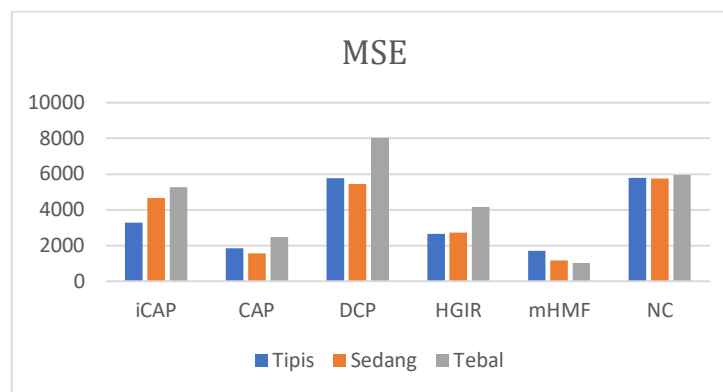
No	Metode	Tipis	Sedang	Tebal
1	ICAP	13,16	11,6	10,91
2	DCP	10,61	10,91	9,13
3	CAP	15,63	16,71	14,36
4	HGIR	14,06	14,48	12,18
5	mHMF	15,84	17,72	18,27
6	NC	10,52	10,55	10,39

Hasil perbandingan menunjukkan, bahwa pada kabut tipis, metode NC memiliki rata-rata nilai PSNR yang paling kecil, dan mHMF memiliki rata-rata nilai

paling besar. Pada kabut sedang, NC memiliki rata-rata nilai paling kecil dan mHMF memiliki rata-rata nilai terbesar. Pada kabut tebal, nilai DCP memiliki rata-rata nilai terkecil dan mHMF memiliki rata-rata nilai paling besar.

#### 4.6.3 Grafik Perbandingan MSE

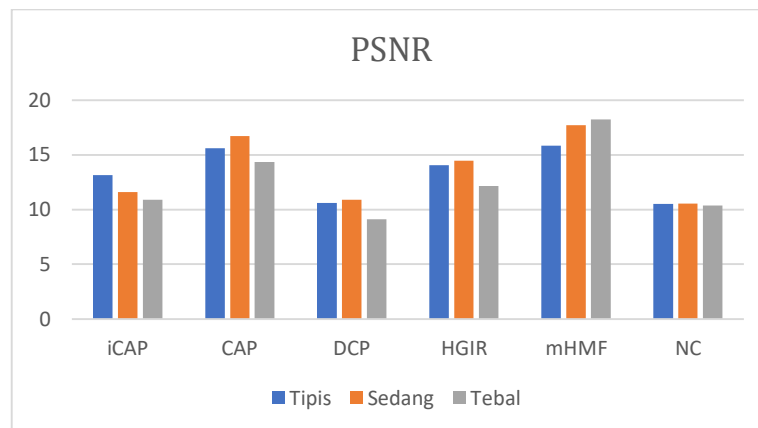
Perbandingan untuk mengetahui nilai MSE antara setiap metode untuk menghilangkan kabut pada citra kawah Gunung Kelud, dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Nilai MSE

#### 4.6.4 Grafik Perbandingan PSNR

Perbandingan untuk mengetahui nilai PSNR antara setiap metode untuk menghilangkan kabut pada citra kawah Gunung Kelud, dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai PSNR

#### 4.7 Hasil Kontras dan Kecerahan

Beberapa hasil dari percobaan ini ditunjukkan pada Tabel dan Gambar pada sub bab 4.2. Ketika citra kondisi berkabut, tingkat kontras akan rendah dan tingkat kecerahan akan berkurang bila dibandingkan dengan citra setelah dilakukan proses reduksi kabut. Selain mengurangi kabut, fungsi lain dari proses *dehazing* adalah memunculkan warna asli dari citra. Hal ini berdasarkan pengamatan perubahan kontras yang ada dan visual dari citra yang dipulihkan. Data kontras dan kecerahan dibandingkan dari beberapa citra kawah gunung kelud yang sudah dilakukan *dehazing* dengan metode yang digunakan. Dari perbandingan ini, kami menemukan adanya perubahan nilai kontras dan kecerahan antara sebelum dan sesudah proses reduksi kabut. Untuk citra berkabut, nilai kontras cenderung rendah sedangkan nilai rata-rata kecerahan cenderung tinggi. Sedangkan citra hasil pemulihan memiliki tingkat kontras lebih tinggi dibanding citra kabut. Adapun rincian hasil perbandingan nilai kontras dan kecerahan dari berbagai keadaan kabut citra, bisa dilihat pada sub bab berikutnya.

#### 4.7.1 Kontras dan Kecerahan Citra Berkabut Tipis

Tabel 4.29 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan ICAP

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	ICAP	$\Delta K_1$	Asli	ICAP	$\Delta K_2$
1	0,18572	0,36239	0,17667	0,70012	0,43074	-0,26938
2	0,1061	0,22902	0,12292	0,69118	0,41524	-0,27594
3	0,18781	0,20457	0,01676	0,72046	0,54572	-0,17474
4	0,18777	0,19039	0,00262	0,62114	0,4564	-0,16474
5	0,15538	0,19664	0,04126	0,67075	0,46584	-0,20491
6	0,10476	0,24045	0,13569	0,61356	0,35551	-0,25805
7	0,10519	0,13472	0,02953	0,62561	0,45373	-0,17188
8	0,13417	0,29719	0,16302	0,60261	0,35327	-0,24934
9	0,12491	0,29869	0,17378	0,61911	0,44648	-0,17263
10	0,19447	0,20274	0,00827	0,65014	0,46494	-0,1852
<b>Jumlah</b>	<b>1,48628</b>	<b>2,3568</b>	<b>0,87052</b>	<b>6,51468</b>	<b>4,38787</b>	<b>-2,12681</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>0,1486</b>	<b>0,2357</b>	<b>0,0871</b>	<b>0,6515</b>	<b>0,4388</b>	<b>-0,2127</b>

Tabel 4.30 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan CAP

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	CAP	$\Delta K_1$	Asli	CAP	$\Delta K_2$
1	0,18572	0,37661	0,19089	0,70012	0,64862	-0,0515
2	0,1061	0,2394	0,1333	0,69118	0,57729	-0,11389
3	0,18781	0,27991	0,0921	0,72046	0,62357	-0,09689
4	0,18777	0,24003	0,05226	0,62114	0,43493	-0,18621
5	0,15538	0,2653	0,10992	0,67075	0,56347	-0,10728
6	0,10476	0,23789	0,13313	0,61356	0,4337	-0,17986
7	0,10519	0,23117	0,12598	0,62561	0,52069	-0,10492
8	0,13417	0,3007	0,16653	0,60261	0,46993	-0,13268
9	0,12491	0,26955	0,14464	0,61911	0,48064	-0,13847
10	0,19447	0,29048	0,09601	0,65014	0,55497	-0,09517
<b>Jumlah</b>	<b>1,48628</b>	<b>2,73104</b>	<b>1,24476</b>	<b>6,51468</b>	<b>5,30781</b>	<b>-1,20687</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>0,1486</b>	<b>0,2731</b>	<b>0,1245</b>	<b>0,6515</b>	<b>0,5308</b>	<b>-0,1207</b>

Tabel 4.31 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan DCP

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	DCP	$\Delta K_1$	Asli	DCP	$\Delta K_2$
1	0,18572	0,57642	0,3907	0,70012	0,59602	-0,1041
2	0,1061	0,46312	0,35702	0,69118	0,46489	-0,22629
3	0,18781	0,44094	0,25313	0,72046	0,53348	-0,18698
4	0,18777	0,36409	0,17632	0,62114	0,31246	-0,30868
5	0,15538	0,4496	0,29422	0,67075	0,48905	-0,1817
6	0,10476	0,36771	0,26295	0,61356	0,32569	-0,28787
7	0,10519	0,40991	0,30472	0,62561	0,4618	-0,16381

<b>8</b>	0,13417	0,44236	0,30819	0,60261	0,39402	-0,20859
<b>9</b>	0,12491	0,42219	0,29728	0,61911	0,42046	-0,19865
<b>10</b>	0,19447	0,47734	0,28287	0,65014	0,47949	-0,17065
<b>Jumlah</b>	1,48628	<b>4,41368</b>	<b>2,9274</b>	6,51468	<b>4,47736</b>	<b>-2,03732</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>0,1486</b>	<b>0,4414</b>	<b>0,2927</b>	<b>0,6515</b>	<b>0,4477</b>	<b>-0,2037</b>

Tabel 4.32 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan HGIR

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	HGIR	$\Delta K_1$	Asli	HGIR	$\Delta K_2$
<b>1</b>	0,18572	0,47464	0,28892	0,70012	0,64698	-0,05314
<b>2</b>	0,1061	0,32292	0,21682	0,69118	0,54771	-0,14347
<b>3</b>	0,18781	0,30083	0,11302	0,72046	0,60671	-0,11375
<b>4</b>	0,18777	0,24646	0,05869	0,62114	0,39288	-0,22826
<b>5</b>	0,15538	0,31471	0,15933	0,67075	0,54312	-0,12763
<b>6</b>	0,10476	0,26543	0,16067	0,61356	0,39964	-0,21392
<b>7</b>	0,10519	0,27001	0,16482	0,62561	0,52829	-0,09732
<b>8</b>	0,13417	0,35612	0,22195	0,60261	0,47931	-0,1233
<b>9</b>	0,12491	0,31346	0,18855	0,61911	0,48702	-0,13209
<b>10</b>	0,19447	0,32348	0,12901	0,65014	0,54903	-0,10111
<b>Jumlah</b>	1,48628	<b>3,18806</b>	<b>1,70178</b>	6,51468	<b>5,18069</b>	<b>-1,33399</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>0,1486</b>	<b>0,3188</b>	<b>0,1702</b>	<b>0,6515</b>	<b>0,5181</b>	<b>-0,1334</b>

Tabel 4.33 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan mHMF

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	mHMF	$\Delta K_1$	Asli	mHMF	$\Delta K_2$
<b>1</b>	0,18572	0,33971	0,15399	0,70012	0,60964	-0,09048
<b>2</b>	0,1061	0,26048	0,15438	0,69118	0,57613	-0,11505
<b>3</b>	0,18781	0,30427	0,11646	0,72046	0,65275	-0,06771
<b>4</b>	0,18777	0,39595	0,20818	0,62114	0,52229	-0,09885
<b>5</b>	0,15538	0,31936	0,16398	0,67075	0,55412	-0,11663
<b>6</b>	0,10476	0,28428	0,17952	0,61356	0,50509	-0,10847
<b>7</b>	0,10519	0,30158	0,19639	0,62561	0,54642	-0,07919
<b>8</b>	0,13417	0,33054	0,19637	0,60261	0,52324	-0,07937
<b>9</b>	0,12491	0,29558	0,17067	0,61911	0,52002	-0,09909
<b>10</b>	0,19447	0,39243	0,19796	0,65014	0,54415	-0,10599
<b>Jumlah</b>	1,48628	3,22418	1,7379	6,51468	5,55385	-0,96083
<b>Rata-rata</b>	<b>0,1486</b>	<b>0,3224</b>	<b>0,1738</b>	<b>0,6515</b>	<b>0,5554</b>	<b>-0,0961</b>

Tabel 4.34 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan NC

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	NC	$\Delta K_1$	Asli	NC	$\Delta K_2$
<b>1</b>	0,18572	0,54365	0,35793	0,70012	0,45909	-0,24103
<b>2</b>	0,1061	0,38301	0,27691	0,69118	0,4427	-0,24848

3	0,18781	0,52139	0,33358	0,72046	0,49847	-0,22199
4	0,18777	0,56505	0,37728	0,62114	0,3275	-0,29364
5	0,15538	0,51575	0,36037	0,67075	0,40903	-0,26172
6	0,10476	0,23561	0,13085	0,61356	0,33644	-0,27712
7	0,10519	0,24494	0,13975	0,62561	0,36923	-0,25638
8	0,13417	0,24573	0,11156	0,60261	0,33632	-0,26629
9	0,12491	0,2395	0,11459	0,61911	0,35825	-0,26086
10	0,19447	0,56493	0,37046	0,65014	0,37639	-0,27375
<b>Jumlah</b>	<b>1,48628</b>	<b>4,05956</b>	<b>2,57328</b>	<b>6,51468</b>	<b>3,91342</b>	<b>-2,60126</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>0,1486</b>	<b>0,4059</b>	<b>0,2573</b>	<b>0,6515</b>	<b>0,3913</b>	<b>-0,2601</b>

#### 4.7.2 Kontras dan Kecerahan Citra Berkabut Sedang

Tabel 4.35 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan ICAP

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	ICAP	$\Delta K_1$	Asli	ICAP	$\Delta K_2$
1	0,15006	0,30754	0,15748	0,66335	0,39351	-0,26984
2	0,18909	0,37114	0,18205	0,68053	0,41113	-0,2694
3	0,14855	0,30605	0,1575	0,67754	0,404	-0,27354
4	0,21125	0,39863	0,18738	0,73907	0,47377	-0,2653
5	0,18324	0,35786	0,17462	0,7076	0,43951	-0,26809
6	0,1713	0,34692	0,17562	0,64646	0,38235	-0,26411
7	0,16881	0,3391	0,17029	0,67854	0,41167	-0,26687
8	0,16378	0,32823	0,16445	0,70194	0,42993	-0,27201
9	0,14779	0,3058	0,15801	0,64744	0,39584	-0,2516
10	0,21019	0,2275	0,01731	0,71866	0,556	-0,16266
<b>Jumlah</b>	<b>1,74406</b>	<b>3,28877</b>	<b>1,54471</b>	<b>6,86113</b>	<b>4,29771</b>	<b>-2,56342</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>0,1744</b>	<b>0,3288</b>	<b>0,1544</b>	<b>0,6861</b>	<b>0,4298</b>	<b>-0,2563</b>

Tabel 4.36 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan CAP

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	CAP	$\Delta K_1$	Asli	CAP	$\Delta K_2$
1	0,15006	0,33613	0,18607	0,66335	0,56786	-0,09549
2	0,18909	0,35792	0,16883	0,68053	0,65353	-0,027
3	0,14855	0,31859	0,17004	0,67754	0,52586	-0,15168
4	0,21125	0,34247	0,13122	0,73907	0,65255	-0,08652
5	0,18324	0,35607	0,17283	0,7076	0,64507	-0,06253
6	0,1713	0,3169	0,1456	0,64646	0,5806	-0,06586
7	0,16881	0,29358	0,12477	0,67854	0,57653	-0,10201
8	0,16378	0,33156	0,16778	0,70194	0,65463	-0,04731
9	0,14779	0,41468	0,26689	0,64744	0,43906	-0,20838
10	0,21019	0,2553	0,04511	0,71866	0,58987	-0,12879
<b>Jumlah</b>	<b>1,74406</b>	<b>3,3232</b>	<b>1,57914</b>	<b>6,86113</b>	<b>5,88556</b>	<b>-0,97557</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>0,1744</b>	<b>0,3323</b>	<b>0,1579</b>	<b>0,6861</b>	<b>0,5886</b>	<b>-0,0975</b>

Tabel 4.37 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan DCP

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	DCP	$\Delta K_1$	Asli	DCP	$\Delta K_2$
1	0,15006	0,53133	0,38127	0,66335	0,49893	-0,16442
2	0,18909	0,57317	0,38408	0,68053	0,61959	-0,06094
3	0,14855	0,52343	0,37488	0,67754	0,40177	-0,27577
4	0,21125	0,57731	0,36606	0,73907	0,55881	-0,18026
5	0,18324	0,57053	0,38729	0,7076	0,58103	-0,12657
6	0,1713	0,53466	0,36336	0,64646	0,51444	-0,13202
7	0,16881	0,52371	0,3549	0,67854	0,46187	-0,21667
8	0,16378	0,54702	0,38324	0,70194	0,60578	-0,09616
9	0,14779	0,53939	0,3916	0,64744	0,35492	-0,29252
10	0,21019	0,43179	0,2216	0,71866	0,45662	-0,26204
Jumlah	1,74406	5,35234	3,60828	6,86113	5,05376	-1,80737
Rata-rata	<b>0,1744</b>	<b>0,5352</b>	<b>0,3608</b>	<b>0,6861</b>	<b>0,5053</b>	<b>-0,1807</b>

Tabel 4.38 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan HGIR

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	HGIR	$\Delta K_1$	Asli	HGIR	$\Delta K_2$
1	0,15006	0,42984	0,27978	0,66335	0,54737	-0,11598
2	0,18909	0,43211	0,24302	0,68053	0,65386	-0,02667
3	0,14855	0,41714	0,26859	0,67754	0,48106	-0,19648
4	0,21125	0,40157	0,19032	0,73907	0,63819	-0,10088
5	0,18324	0,45547	0,27223	0,7076	0,62882	-0,07878
6	0,1713	0,36428	0,19298	0,64646	0,5806	-0,06586
7	0,16881	0,35463	0,18582	0,67854	0,55352	-0,12502
8	0,16378	0,42397	0,26019	0,70194	0,64616	-0,05578
9	0,14779	0,59523	0,44744	0,64744	0,36381	-0,28363
10	0,21019	0,2668	0,05661	0,71866	0,557	-0,16166
Jumlah	1,74406	4,14104	2,39698	6,86113	5,65039	-1,21074
Rata-rata	<b>0,1744</b>	<b>0,4141</b>	<b>0,2397</b>	<b>0,6861</b>	<b>0,565</b>	<b>-0,1211</b>

Tabel 4.39 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan mHMF

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	mHMF	$\Delta K_1$	Asli	mHMF	$\Delta K_2$
1	0,15006	0,3553	0,20524	0,66335	0,61635	-0,047
2	0,18909	0,38906	0,19997	0,68053	0,64134	-0,03919
3	0,14855	0,36561	0,21706	0,67754	0,63983	-0,03771
4	0,21125	0,30674	0,09549	0,73907	0,70252	-0,03655
5	0,18324	0,35648	0,17324	0,7076	0,70922	0,00162
6	0,1713	0,39176	0,22046	0,64646	0,56851	-0,07795
7	0,16881	0,41287	0,24406	0,67854	0,6095	-0,06904
8	0,16378	0,31142	0,14764	0,70194	0,70113	-0,00081
9	0,14779	0,37518	0,22739	0,64744	0,55399	-0,09345
10	0,21019	0,34088	0,13069	0,71866	0,69157	-0,02709

<b>Jumlah</b>	1,74406	3,6053	1,86124	6,86113	6,43396	-0,42717
<b>Rata-rata</b>	<b>0,1744</b>	<b>0,3605</b>	<b>0,1861</b>	<b>0,6861</b>	<b>0,6434</b>	<b>-0,0427</b>

Tabel 4.40 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan NC

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	NC	$\Delta K_1$	Asli	NC	$\Delta K_2$
1	0,15006	0,5203	0,37024	0,66335	0,39407	-0,26928
2	0,18909	0,57559	0,3865	0,68053	0,42427	-0,25626
3	0,14855	0,5241	0,37555	0,67754	0,41867	-0,25887
4	0,21125	0,53304	0,32179	0,73907	0,52982	-0,20925
5	0,18324	0,5332	0,34996	0,7076	0,47205	-0,23555
6	0,1713	0,57894	0,40764	0,64646	0,36432	-0,28214
7	0,16881	0,55275	0,38394	0,67854	0,41959	-0,25895
8	0,16378	0,49335	0,32957	0,70194	0,463	-0,23894
9	0,14779	0,51165	0,36386	0,64744	0,36826	-0,27918
10	0,21019	0,56062	0,35043	0,71866	0,49289	-0,22577
<b>Jumlah</b>	1,74406	5,38354	3,63948	6,86113	4,34694	-2,51419
<b>Rata-rata</b>	<b>0,1744</b>	<b>0,5384</b>	<b>0,3639</b>	<b>0,6861</b>	<b>0,4347</b>	<b>-0,2514</b>

#### 4.7.3 Kontras dan Kecerahan Citra Berkabut Tebal

Tabel 4.41 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan ICAP

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	ICAP	$\Delta K_1$	Asli	ICAP	$\Delta K_2$
1	0,086371	0,20066	0,114289	0,64713	0,36486	-0,28227
2	0,079424	0,18461	0,105186	0,64578	0,36057	-0,28521
3	0,095345	0,21187	0,116525	0,67606	0,38825	-0,28781
4	0,10592	0,24428	0,13836	0,62877	0,36351	-0,26526
5	0,091541	0,20988	0,118339	0,66235	0,37829	-0,28406
6	0,10422	0,22675	0,12253	0,68028	0,40618	-0,2741
7	0,12206	0,25913	0,13707	0,66095	0,38445	-0,2765
8	0,10217	0,2371	0,13493	0,61222	0,34504	-0,26718
9	0,076725	0,17705	0,100325	0,64172	0,36203	-0,27969
10	0,0823	0,18539	0,10309	0,66602	0,39309	-0,27293
<b>Jumlah</b>	3,32222	2,13672	1,190644	6,52128	3,74627	-2,77501
<b>Rata-rata</b>	<b>0,3322</b>	<b>0,2137</b>	<b>0,1191</b>	<b>0,6521</b>	<b>0,3746</b>	<b>-0,278</b>

Tabel 4.42 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan CAP

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	CAP	$\Delta K_1$	Asli	CAP	$\Delta K_2$
1	0,086371	0,21335	0,126979	0,64713	0,50865	-0,13848
2	0,079424	0,187	0,107576	0,64578	0,49053	-0,15525
3	0,095345	0,21359	0,118245	0,67606	0,53941	-0,13665

4	0,10592	0,29554	0,18962	0,62877	0,43296	-0,19581
5	0,091541	0,17571	0,084169	0,66235	0,53808	-0,12427
6	0,10422	0,29669	0,19247	0,68028	0,50006	-0,18022
7	0,12206	0,2908	0,16874	0,66095	0,49702	-0,16393
8	0,10217	0,25837	0,1562	0,61222	0,47913	-0,13309
9	0,076725	0,15871	0,081985	0,64172	0,4553	-0,18642
10	0,0823	0,27855	0,19625	0,66602	0,46945	-0,19657
<b>Jumlah</b>	<b>3,32222</b>	<b>2,36831</b>	<b>1,422234</b>	<b>6,52128</b>	<b>4,91059</b>	<b>-1,61069</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>0,3322</b>	<b>0,2368</b>	<b>0,1422</b>	<b>0,6521</b>	<b>0,4911</b>	<b>-0,1611</b>

Tabel 4.43 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan DCP

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	DCP	$\Delta K_1$	Asli	DCP	$\Delta K_2$
1	0,086371	0,4286	0,342229	0,64713	0,37138	-0,27575
2	0,079424	0,40346	0,324036	0,64578	0,33341	-0,31237
3	0,095345	0,48801	0,392665	0,67606	0,3936	-0,28246
4	0,10592	0,44107	0,33515	0,62877	0,31686	-0,31191
5	0,091541	0,40978	0,318239	0,66235	0,38039	-0,28196
6	0,10422	0,51269	0,40847	0,68028	0,38299	-0,29729
7	0,12206	0,49795	0,37589	0,66095	0,36721	-0,29374
8	0,10217	0,46147	0,3593	0,61222	0,3882	-0,22402
9	0,076725	0,32952	0,252795	0,64172	0,29277	-0,34895
10	0,0823	0,46059	0,37829	0,66602	0,34492	-0,3211
<b>Jumlah</b>	<b>3,32222</b>	<b>4,43314</b>	<b>3,487064</b>	<b>6,52128</b>	<b>3,57173</b>	<b>-2,94955</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>0,3322</b>	<b>0,4433</b>	<b>0,3487</b>	<b>0,6521</b>	<b>0,3572</b>	<b>-0,2949</b>

Tabel 4.44 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan HGIR

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	HGIR	$\Delta K_1$	Asli	HGIR	$\Delta K_2$
1	0,086371	0,27201	0,185639	0,64713	0,46963	-0,1775
2	0,079424	0,22968	0,150256	0,64578	0,44728	-0,1985
3	0,095345	0,28791	0,192565	0,67606	0,49887	-0,17719
4	0,10592	0,37283	0,127829	0,62877	0,37887	-0,2499
5	0,091541	0,21937	0,33035	0,66235	0,50421	-0,15814
6	0,10422	0,43457	0,27134	0,68028	0,43509	-0,24519
7	0,12206	0,3934	0,27134	0,66095	0,43982	-0,22113
8	0,10217	0,29923	0,19706	0,61222	0,46457	-0,14765
9	0,076725	0,19206	0,115335	0,64172	0,40398	-0,23774
10	0,0823	0,42217	0,33987	0,66602	0,39133	-0,27469
<b>Jumlah</b>	<b>3,32222</b>	<b>3,12323</b>	<b>2,181584</b>	<b>6,52128</b>	<b>4,43365</b>	<b>-2,08763</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>0,3322</b>	<b>0,3123</b>	<b>0,2182</b>	<b>0,6521</b>	<b>0,4434</b>	<b>-0,2088</b>

Tabel 4.45 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan mHMF

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	mHMF	$\Delta K_1$	Asli	mHMF	$\Delta K_2$
1	0,086371	0,31899	0,232619	0,64713	0,61309	-0,03404
2	0,079424	0,29763	0,218206	0,64578	0,6031	-0,04268
3	0,095345	0,29213	0,196785	0,67606	0,69557	0,01951
4	0,10592	0,32593	0,22001	0,62877	0,55985	-0,06892
5	0,091541	0,33278	0,241239	0,66235	0,66563	0,00328
6	0,10422	0,30475	0,20053	0,68028	0,6312	-0,04908
7	0,12206	0,31444	0,19238	0,66095	0,67542	0,01447
8	0,10217	0,35325	0,25108	0,61222	0,56509	-0,04713
9	0,076725	0,29526	0,218535	0,64172	0,60481	-0,03691
10	0,0823	0,27204	0,18974	0,66602	0,58134	-0,08468
Jumlah	3,32222	3,1072	2,161124	6,52128	6,1951	-0,32618
Rata-rata	<b>0,3322</b>	<b>0,3107</b>	<b>0,2161</b>	<b>0,6521</b>	<b>0,6195</b>	<b>-0,3262</b>

Tabel 4.46 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan NC

Nomor Citra	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	NC	$\Delta K_1$	Asli	NC	$\Delta K_2$
1	0,086371	0,31408	0,227709	0,64713	0,36888	-0,27825
2	0,079424	0,30969	0,230266	0,64578	0,36694	-0,27884
3	0,095345	0,34655	0,251205	0,67606	0,41542	-0,26064
4	0,10592	0,32224	0,21632	0,62877	0,34734	-0,28143
5	0,091541	0,34535	0,253809	0,66235	0,39287	-0,26948
6	0,10422	0,41303	0,30881	0,68028	0,42322	-0,25706
7	0,12206	0,48074	0,35868	0,66095	0,38741	-0,27354
8	0,10217	0,2316	0,12943	0,61222	0,34629	-0,26593
9	0,076725	0,2531	0,176375	0,64172	0,3667	-0,27502
10	0,0823	0,36401	0,28171	0,66602	0,39754	-0,26848
Jumlah	3,32222	3,38039	2,434314	6,52128	3,81261	-2,70867
Rata-rata	<b>0,3322</b>	<b>0,33803</b>	<b>0,2434</b>	<b>0,6521</b>	<b>0,3813</b>	<b>-0,2709</b>

#### 4.8 Hasil Analisa Kontras dan Kecerahan

Tabel 4.47 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan Kabut Tipis

Metode	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	Dehazing	$\Delta K_1$	Asli	Dehazing	$\Delta K_2$
ICAP	0,1486	0,2357	<b>0,0871</b>	0,6515	0,4388	<b>-0,2127</b>
CAP	0,1486	0,2731	0,1245	0,6515	0,5308	-0,1207
DCP	0,1486	0,4414	0,2927	0,6515	0,4477	-0,2037
HGIR	0,1486	0,3188	0,1702	0,6515	0,5181	-0,1334
mHMF	0,1486	0,3224	0,1738	0,6515	0,5554	-0,0961
NC	0,1486	0,4059	0,2573	0,6515	0,3913	<b>-0,2601</b>

Tabel 4.48 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan Kabut Sedang

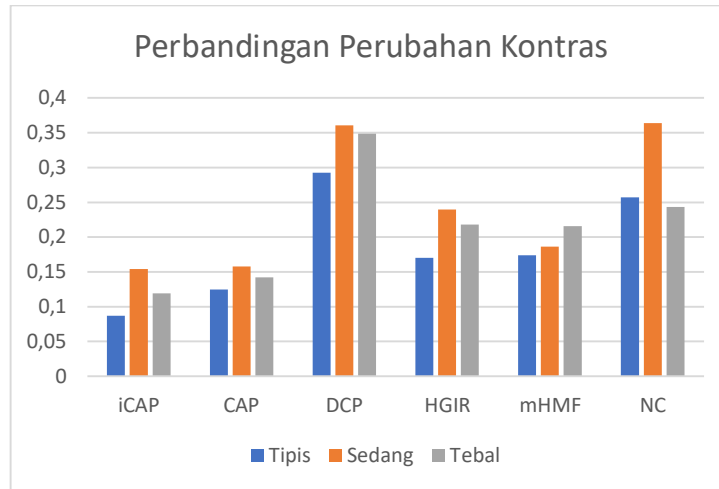
Metode	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	Dehazing	$\Delta K_1$	Asli	Dehazing	$\Delta K_2$
ICAP	0,1744	0,3288	<b>0,1544</b>	0,6861	0,4298	<b>-0,2563</b>
CAP	0,1744	0,3323	0,1579	0,6861	0,5886	-0,0975
DCP	0,1744	0,5352	0,3608	0,6861	0,5053	-0,1807
HGIR	0,1744	0,4141	0,2397	0,6861	0,565	-0,1211
mHMF	0,1744	0,3605	0,1861	0,6861	0,6434	-0,0427
NC	0,1744	0,5384	0,3639	0,6861	0,4347	-0,2514

Tabel 4.49 Perbandingan Nilai Kontras dan Kecerahan Kabut Tebal

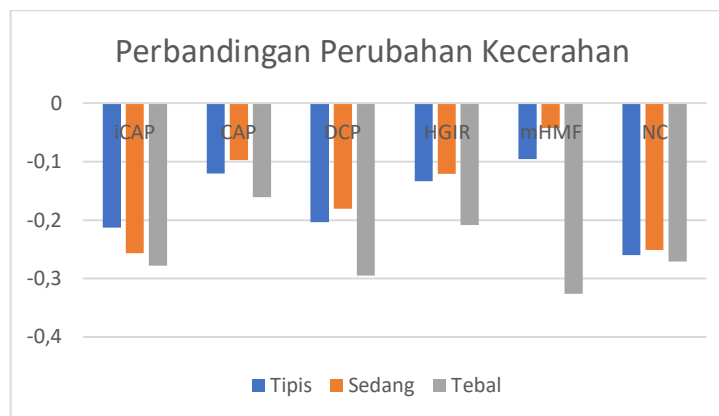
Metode	Nilai Kontras			Nilai Kecerahan		
	Asli	Dehazing	$\Delta K_1$	Asli	Dehazing	$\Delta K_2$
ICAP	0,3322	0,2137	<b>0,1191</b>	0,6521	0,3746	<b>-0,2780</b>
CAP	0,3322	0,2368	0,1422	0,6521	0,4911	-0,1611
DCP	0,3322	0,4433	0,3487	0,6521	0,3572	<b>-0,2949</b>
HGIR	0,3322	0,3123	0,2182	0,6521	0,4434	-0,2088
mHMF	0,3322	0,3107	0,2161	0,6521	0,6195	<b>-0,3262</b>
NC	0,3322	0,33803	0,2434	0,6521	0,3813	-0,2709

Dimana,  $\Delta K_1$  adalah selisih nilai kontras antara sesudah dan sebelum *dehazing* dan  $\Delta K_2$  adalah nilai selisih kecerahan antara sesudah dan sebelum *dehazing*. Nilai kontras diukur dengan menggunakan metode Michelson (Putra, 2017). Metode michelson ini menghitung nilai luminans dari citra. Yang dihitung adalah nilai maksimal dan minimal dari luminans. Nilai kontras bisa didapat dari persamaan 3.23.

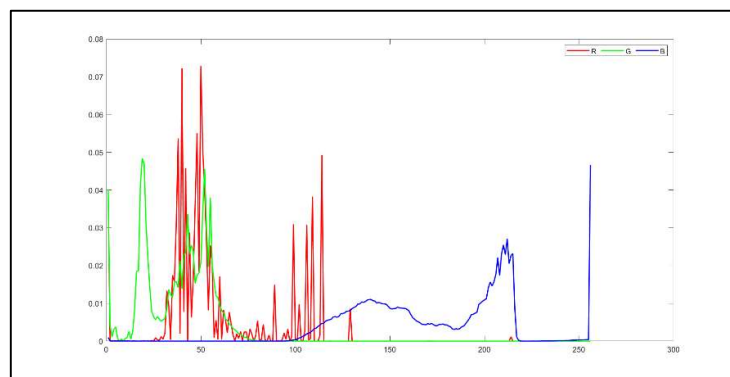
Dari Tabel 4.46 dan 4.47, nilai kontras untuk citra dengan latar berkabut cenderung lebih rendah bila dibanding dengan citra setelah dipulihkan. Nilai kontras mengalami kenaikan setelah dilakukan *dehazing*. Kenaikan ini bisa diketahui dari besarnya nilai selisih antara sesudah dan sebelum. Jika nilai selisih ini positif, maka nilai kontras naik. Jika nilai selisih negatif, maka nilai kontras cenderung turun.



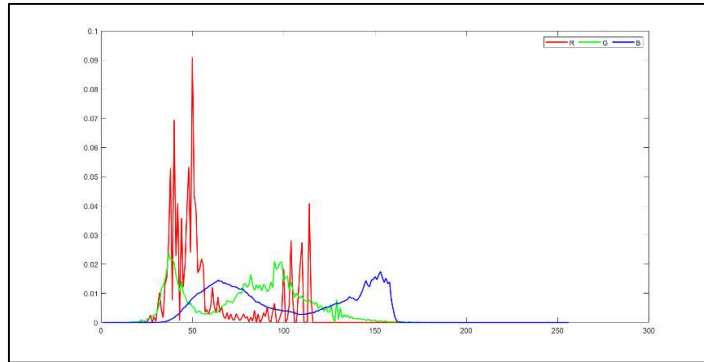
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Perubahan Kontras



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Perubahan Kecerahan

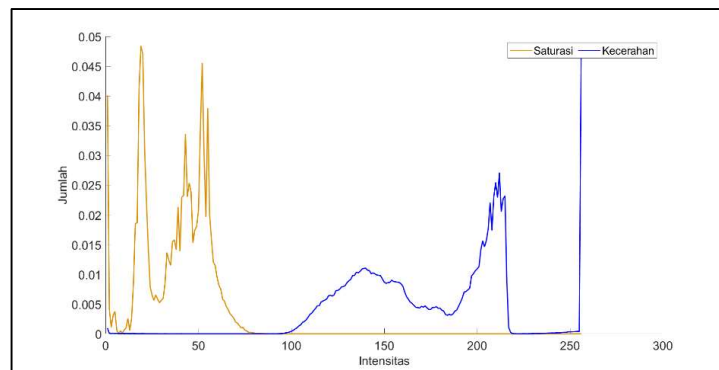


Gambar 4.5 Grafik histogram dari kondisi citra dengan kondisi kabut sedang sebelum direduksi kabutnya.

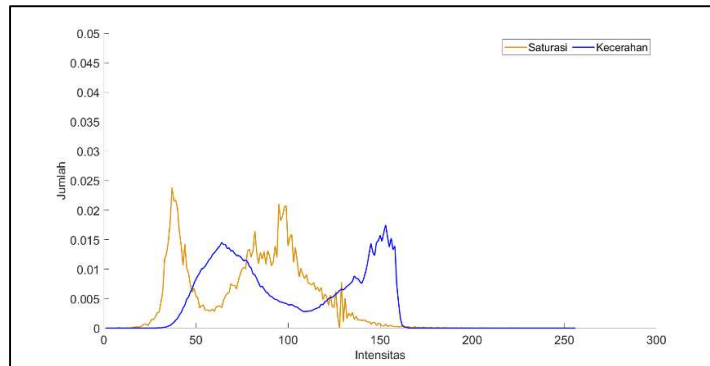


Gambar 4.6 Grafik histogram dari kondisi citra dengan kondisi kabut sedang sesudah direduksi kabutnya.

Data pada Gambar 4.5 diambil data histogramnya untuk citra RGB sebelum direduksi dengan kondisi kabut sedang. Histogram ini bertujuan untuk melihat perubahan kontras antara sebelum dan sesudah reduksi dengan kondisi kabut sedang. Dalam kondisi berkabut, intensitas ketiga saluran warna RGB cenderung tinggi. Pada Gambar 4.5, intensitas histogram ketiga saluran warna cenderung lebih banyak yang berada pada intensitas tinggi, yaitu hampir mendekati 255. Hal ini dikarenakan banyaknya kabut yang ada pada citra sebelum reduksi.



Gambar 4.7 Histogram dari saturasi dan kecerahan untuk citra dengan kondisi kabut sedang sebelum direduksi.



Gambar 4.8 Histogram dari saturasi dan kecerahan untuk citra dengan kondisi kabut sedang setelah direduksi.

Pada saat citra dalam kondisi berkabut, nilai saturasi cenderung rendah dan sedangkan nilai kecerahan cenderung tinggi. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 4.7. Pola dari data histogram saturasi cenderung lebih ke arah kiri. Sedangkan pola dari data histogram kecerahan lebih ke arah kanan. Bahkan, nilai saturasi yang hampir mendekati nol (0), cenderung banyak.

Setelah dilakukan reduksi kabut, perubahan yang signifikan terjadi pada kedua nilai, yaitu saturasi dan kecerahan sebagaimana dalam Gambar 4.8. Sebaran data saturasi mulai bergeser ke kanan jika dibandingkan data sebelum reduksi. Hal ini menandakan adanya kenaikan intensitas dari saturasi tersebut. Demikian pula untuk data kecerahan, sebaran datanya mulai bergeser ke arah kiri. Artinya, nilai intensitas kecerahan semakin menurun.

#### 4.9 Integrasi Sains dan Islam

Manusia harus bersyukur kepada Allah SWT pasalnya hidup di daratan yang luas, lengkap dengan isinya untuk bertahan hidup dan tinggal dengan nyaman. Daratan yang Allah ciptakan tidaklah rata, namun berkontur yakni terdiri dari bukit,

lembah hingga gunung. Ayat qauliyah tentang adanya gunung ini telah dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Al-Ghaasyiyah ayat 19 yang berbunyi:

وَأِلَى الْجِبَالِ كَيْفَ نُصِبَتْ ۙ ١٩

“*Dan gunung-gunung bagaimana ditegakkan*” (Q.S al-Ghaasyiyah: 19)

Dan gunung-gunung, bagaimana ditegakkan. Maksudnya, ditegakkan diatas bumi. Gunung-gunung tersebut berdiri kukuh sehingga bumi dan penghuninya tidak berguncang. Melihat dan merenungi hal itu dapat membangkitkan rasa kagum. Eksistensinya dapat dimanfaatkan oleh orang-orang yang mengadakan perjalanan darat, laut, dan udara. Lebih menakjubkan dari ini, sesungguhnya sebagian besar mata air bersumber dari gunung-gunung tersebut. Di dalamnya terdapat banyak manfaat dan berbagai barang tambang. Pohon-pohon yang besar dan batu marmer yang memiliki berbagai warna yang indah banyak diambil dari pegunungan (Al-Munir, 2014). Hal ini merupakan bentuk dari bagaimana Maha Besarnya Allah SWT yang telah menciptakan gunung yang begitu kokoh di atas bumi.

Betapa ajaibnya gunung yang Allah SWT ciptakan untuk makhluknya. Maka kita semua wajib menjaga nikmat Allah SWT tersebut. Sesuai dengan latar belakang dalam penelitian ini bahwa geografi Indonesia didominasi oleh gunung api, salah satunya adalah Gunung Kelud di Kediri Jawa Timur. Maka disinilah diperlukannya beberapa pengawasan dengan tingkat ketelitian yang sangat baik untuk meminimalisir jumlah korban dan kerugian saat gunung tersebut meletus. Salah satunya yaitu dengan dipasangnya *CCTV (Close Circuit Television)* pada

kawah Gunung Kelud. Dengan adanya metode yang dapat dengan efektif menghilangkan kabut, maka kabut setebal apapun tidak akan mengganggu proses pengawasan *CCTV (Close Circuit Television)* kawah Gunung Kelud.

Melihat banyaknya gunung aktif di Indonesia dan terganggunya proses pengawasan terhadap kabut, maka dibuatlah sistem untuk menghilangkan kabut sehingga membantu penglihatan atau pengawasan pada kawah Gunung Kelud.

Allah SWT berfirman dalam Surat Al-Baqarah ayat 20 yang berbunyi:

يَكَادُ الْبَرْقُ يَخْطَفُ أَبْصَارَهُمْ كُلَّمَا أَضَاءَ لَهُمْ مَشَوْا فِيهِ وَإِذَا أَظْلَمَ عَلَيْهِمْ قَامُوا وَلَوْ شَاءَ اللَّهُ لَذَهَبَ بِسَمْعِهِمْ وَأَبْصَارِهِمْ  
 إِنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ ۝ ٢٠

*"Hampir-hampir kilat itu menyambar penglihatan mereka. Setiap kali kilat itu menyinari mereka, mereka berjalan di bawah sinar itu, dan bila gelap menimpa mereka, mereka berhenti. Jikalau Allah menghendaki, niscaya Dia melenyapkan pendengaran dan penglihatan mereka. Sesungguhnya Allah berkuasa atas segala sesuatu."* (QS. Al-Baqarah: 20).

Maksud dari ayat tersebut menurut tafsir Jalalain adalah: Kilat-kilat itu hampir mengambil penglihatan mereka. Ketika cahaya menerangi mereka, mereka berjalan dibawah cahaya tersebut. Ketika cahaya itu menghilang, mereka berhenti tidak berjalan. Keadaan seperti itu adalah tamsil (permissalan) munafik yang mengambil syariat islam yang mereka sukai dan meninggalkan syariat islam yang mereka benci. Andaikan Allah mau, pastilah Allah akan menghilangkan pendengaran dan penglihatan mereka yang dohir maupun batin. Allah SWT itu maha berkehendak. Sama seperti penelitian untuk menghilangkan kabut ini. Apabila terdapat kabut, pandangan kita akan terganggu sehingga sulit untuk mendapatkan informasi akurat tentang citra kawah Gunung Kelud. Sebaliknya apabila tidak ada kabut, kita dapat melihat dengan jelas apa yang sedang terjadi

pada kawah Gunung Kelud. Sungguh Allah SWT maha mengetahui apa yang kita butuhkan.

Allah SWT juga telah berfirman dalam surat Al-Baqarah 185, yang berbunyi:

شَهْرُ رَمَضَانَ الَّذِي أُنزِلَ فِيهِ الْقُرْآنُ هُدًى لِّلنَّاسِ وَبَيِّنَاتٍ مِّنَ الْهُدَىٰ وَالْفُرْقَانِ ۚ فَمَنْ شَهِدَ مِنْكُمُ الشَّهْرَ فَلْيَصُمْهُ ۗ  
 وَمَنْ كَانَ مَرِيضًا أَوْ عَلَىٰ سَفَرٍ ۖ فَعِدَّةٌ مِّنْ أَيَّامٍ أُخَرَ يُرِيدُ اللَّهُ بِكُمُ الْيُسْرَ وَلَا يُرِيدُ بِكُمُ الْعُسْرَ وَلِتُكْمِلُوا الْعِدَّةَ  
 وَلِتُكَبِّرُوا اللَّهَ عَلَىٰ مَا هَدٰكُمْ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ١٨٥

“(Beberapa hari yang ditentukan itu ialah) bulan Ramadhan, bulan yang di dalamnya diturunkan (permulaan) Al Quran sebagai petunjuk bagi manusia dan penjelasan-penjelasan mengenai petunjuk itu dan pembeda (antara yang hak dan yang bathil). Karena itu, barangsiapa di antara kamu hadir (di negeri tempat tinggalnya) di bulan itu, maka hendaklah ia berpuasa pada bulan itu, dan barangsiapa sakit atau dalam perjalanan (lalu ia berbuka), maka (wajiblah baginya berpuasa), sebanyak hari yang ditinggalkannya itu, pada hari-hari yang lain. Allah menghendaki kemudahan bagimu, dan tidak menghendaki kesukaran bagimu. Dan hendaklah kamu mencukupkan bilangannya dan hendaklah kamu mengagungkan Allah atas petunjuk-Nya yang diberikan kepadamu, supaya kamu bersyukur.” (Al-Baqarah: 185)

Ibnu Katsir menjelaskan: “Ini adalah pujian Allah terhadap Al Qur’an, bahwa Ia menurunkan Al Qur’an sebagai petunjuk bagi para hamba yang beriman kepada Al Qur’an, membenarkan serta mengikuti tuntunan Al Qur’an. Sedangkan *بَيِّنَاتٍ/bayyinaat/* artinya sebagai dalil dan hujjah yang jelas, terang dan gamblang bagi orang yang memahami dan *mentadabburinya*, sehingga menunjukkan bahwa Al Qur’an itu benar-benar sebuah petunjuk yang menafikan kesesatan dan sebuah pedoman yang menafikan penyimpangan. Al Qur’an juga diturunkan sebagai pembeda antara haq dan batil, antara halal dan haram” (*Tafsir Ibni Katsir*, 1/502).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini, berdasarkan hasil pengujian sistem penghilang kabut dan hasil analisis terhadap implementasi metode *Improved Color Attenuation Prior*(ICAP) untuk menghilangkan kabut pada citra kawah Gunung Kelud, maka dapat disimpulkan metode ini sanggup mengurangi kabut dari citra kawah gunung berapi Kelud. Metode yang diusulkan dibandingkan dengan beberapa metode reduksi kabut yang populer seperti DCP, HGIR, NC, mHMF, dan CAP.

Dalam mencari performa dari setiap metode, digunakan PSNR. Semakin rendah nilai PSNR, maka semakin baik metode tersebut. Dalam penelitian ini, meskipun metode DCP dan NC memiliki nilai PSNR yang lebih rendah dari metode ICAP, namun DCP memiliki visual yang cenderung oversaturasi, sedangkan NC memiliki visual yang sangat redup. Namun, metode ICAP masih memiliki PSNR yang lebih rendah disbanding CAP, HGIR, dan mHMF.

Nilai tingkat kontras untuk citra kabut kawah gunung berapi Kelud mengalami kenaikan ketika dilakukan proses reduksi kabut dengan rata-rata sebesar 0,0871; 0,1544; dan 0,1191. Sedangkan nilai kecerahannya akan mengalami penurunan dengan rata-rata sebesar -0,2127; -0,2563; dan -0,278. Dari data ini kami menarik kesimpulan bahwa citra yang direduksi dari kabut akan mengalami kenaikan nilai kontras dan penurunan untuk nilai kecerahannya. Kenaikan nilai kontras berkorelasi secara positif dengan tingkat visibilitas dari citra kawah Kelud.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka penulis menyarankan agar sistem penghilangan untuk menghilangkan kabut dapat dikembangkan pada level yang lebih tinggi, khususnya untuk menghapus kabut pada level ketebalan yang sangat tinggi. Kami juga mengharapkan agar sistem *dehazing* ini dapat dikembangkan di *platform* lain, seperti aplikasi berbasis *mobile* maupun berbasis *desktop*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agusti, D., & Nababan, A. A. (2022). Penerapan Metode Harmonic Mean Filter Dalam Mereduksi Gaussian Noise Pada Citra Digital. *Jurnal Nasional Komputasi Dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, 5(3), 565–571. <https://doi.org/10.32672/jnkti.v5i3.4468>
- Anggraeni, A. D. (2021). ANALISA FAKTOR KEGAGALAN FOTO PANORAMIK DENGAN STUDI LITERATUR. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 3(2), 6.
- Angitha, P. V., & Santhini, K. A. (2017). Improved colour attenuation prior based dehazing by edge attenuation method. *Proceedings of the International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, ICECA 2017, 2017-Janua*, 425–429. <https://doi.org/10.1109/ICECA.2017.8212850>
- Chen, B. H., Huang, S. C., & Cheng, F. C. (2016). A high-efficiency and high-speed gain intervention refinement filter for haze removal. *Journal of Display Technology*, 12(7), 753–759. <https://doi.org/10.1109/JDT.2016.2518646>
- Fadjeri, A. (2020). Pengolahan Citra Digital Untuk Menghitung Ekstrasi Ciri Greenbean Kopi Robusta Dan Arabika (Studi Kasus: Kopi Temanggung). *Indonesian Journal of Applied Informatics*, 4(2), 92. <https://doi.org/10.20961/ijai.v4i2.39253>
- Fadjeri, A., Saputra, B. A., Adri Ariyanto, D. K., & Kurniatin, L. (2022). Karakteristik Morfologi Tanaman Selada Menggunakan Pengolahan Citra Digital. *Jurnal Ilmiah SINUS*, 20(2), 1. <https://doi.org/10.30646/sinus.v20i2.601>
- Fresy, N., Yuniarno, E. M., & Supeno, M. (2016). Mt. Kelud haze removal using color attenuation prior. *Journal of Physics: Conference Series*, 755(1), 6–13. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>
- Gao, Y., Hu, H. M., Wang, S., & Li, B. (2014). A fast image dehazing algorithm based on negative correction. *Signal Processing*, 103, 380–398. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2014.02.016>
- Guo, Z., Zhang, Z., Feng, R., & Chen, Z. (2022). Causal Contextual Prediction for Learned Image Compression. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 32(4), 2329–2341. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2021.3089491>
- He, K., Sun, J., & Tang, X. (2011). Single image haze removal using dark channel

- prior. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 33(12), 2341–2353. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2010.168>
- Jumadi, J., Yudianti, Y., & Sartika, D. (2021). Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Objek Menggunakan Metode Hierarchical Agglomerative Clustering. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 10(2), 148–156. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v10i2.33636>
- Kansal, I., & Kasana, S. S. (2020). Improved color attenuation prior based image de-fogging technique. *Multimedia Tools and Applications*, 79(17–18), 12069–12091. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-08240-6>
- Monardo, D. (2020). National Disaster Management Plan 2020-2024. *Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2020-2024*. [https://www.bnpb.go.id/uploads/renas/1/BUKU\\_RENAS\\_PB.pdf](https://www.bnpb.go.id/uploads/renas/1/BUKU_RENAS_PB.pdf)
- Munantri, N. Z., Sofyan, H., & Yanu, M. (2019). Aplikasi Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Umur Pohon. *Telematika*, 16(2), 97–104.
- Mutaqin, R., Nugroho, F., & Gumilar, N. (2018). Increase dehazing process using fast guided filter on the dark channel prior. *Proceeding - 2017 5th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering: Smart Innovations for Bridging Future Technologies, ICEEIE 2017, 2018-Janua(c)*, 77–82. <https://doi.org/10.1109/ICEEIE.2017.8328766>
- Ngo, D., Lee, G. D., & Kang, B. (2019). Improved color attenuation prior for single-image haze removal. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(19). <https://doi.org/10.3390/app9194011>
- Prasetyo, E., & Kosasi, S. (2019). Penerapan Metode Dark Channel Prior dalam Perancangan Perangkat Lunak Mereduksi Kabut. *Jurnal ENTER*, 2, 1.
- Pratiwi, S. S., Rozakiyah, D. S., Apriadi, D. W., & Anzari, P. P. (2021). Upaya Peningkatan Kesadaran terhadap Bencana Letusan Gunung Kelud di. *E-Dimas Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 12(2), 285–290.
- Putra, O. V., Firdaus, M., & Utama, S. N. (2021). Perbaikan Visibilitas pada Citra Berkabut Kawah Gunung Berapi Kelud Menggunakan Color Attenuation Prior. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 5(1), 224–232. <https://doi.org/10.30865/mib.v5i1.2637>
- Putra, O. V. (2017). Noise Reduction in Kelud Volcano Crater Image Based on Dark Channel Prior. *Masters Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.*, 110.
- Putra, O. V., Prianto, B., Yuniarno, E. M., & Purnomo, M. H. (2017). Visibility

restoration of lake crater hazy image based on dark channel prior. *20th International Computer Science and Engineering Conference: Smart Ubiquitous Computing and Knowledge, ICSEC 2016*.  
<https://doi.org/10.1109/ICSEC.2016.7859864>

Rahadika, F. Y., Amadea, K., & Setiawan, A. (2021). *Deteksi Covid-19 pada Citra Sinar-X Dada Menggunakan Pre- Training Deep Autoencoder Covid-19 Detection on X-Ray Images using Deep Autoencoder as*. 8(0341), 95–104.

Ray, S., & Nataliani, Y. (2022). Pengolahan Citra Digital pada Pembuatan Motif Keramik Menggunakan Grup Simetri. *Jurnal Buana Informatika*, 13(1), 11–22. <https://doi.org/10.24002/jbi.v13i1.5499>

Rilo Pambudi, A. (2020). *JIP (Jurnal Informatika Polinema) DETEKSI KEASLIAN UANG KERTAS BERDASARKAN WATERMARK DENGAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL*. 69–74.

Sahary, F. T., Mutaqin, R., Mutaqin, G., & Dharmopadni, D. S. (2023). *Transformation of Indonesian Army Personnel to Produce Experts Soldiers in the Field of Technology*. 9(1), 167–177.

Salamah, U. G., & Ekawati, R. (2021). Pengolahan Citra Digital. *Media Sains Indonesia.*, April, 420.

Tarel, J. P., & Hautière, N. (2009). Fast visibility restoration from a single color or gray level image. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2009-Janua(Iccv)*, 2201–2208.  
<https://doi.org/10.1109/ICCV.2009.5459251>

Virgantara Putra, O., Umami dan Akhmad Trisna Wijaya Jurusan Teknik Informatika, J., Sains dan Teknologi, F., & Darussalam Gontor Jalan Raya Siman, U. (2021). *Deteksi Jalan Berlubang Pada Citra Berkabut Menggunakan Convolutional Neural Network Dan Dark Channel Prior*. 131–136.

Wang, Q., Zhao, L., Tang, G., Zhao, H., & Zhang, X. (2019). Single-Image Dehazing Using Color Attenuation Prior Based on Haze-Lines. *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2019*, 5080–5087.  
<https://doi.org/10.1109/BigData47090.2019.9005603>

Zhu, Q., Mai, J., & Shao, L. (2015). A Fast Single Image Haze Removal Algorithm Using Color Attenuation Prior. *IEEE Transactions on Image Processing*, 24(11), 3522–3533. <https://doi.org/10.1109/TIP.2015.2446191>

Zuhdy, I. A. (2020). Visual Efek Kabut dalam Game Berdasarkan Ketebalan Kabut Menggunakan Metode Dark Channel Prior. *Skripsi Teknik Informatika UIN*

*Maulana MAlik Ibrahim Malang.*

McCartney, E. J. (1976). Optics of the atmosphere: scattering by molecules and particles. *New York*.

Cho, H., Kim, G. J., Jang, K., Lee, S., & Kang, B. (2015). Color image enhancement based on adaptive nonlinear curves of luminance features. *JSTS: Journal of Semiconductor Technology and Science*, 15(1), 60-67.