

**DISTRIBUSI TEKSTUR KEPADATAN KABUT PADA SIMULASI
2D KABUT HETEROGEN MENGGUNAKAN
*PERLIN NOISE***

SKRIPSI

Oleh :
AMALIA DAMAYANTI
NIM. 15650055



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**DISTRIBUSI TEKSTUR KEPADATAN KABUT PADA SIMULASI 2D
KABUT HETEROGEN MENGGUNAKAN *PERLIN NOISE***

SKRIPSI

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

**Oleh:
AMALIA DAMAYANTI
NIM. 15650055**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN

**DISTRIBUSI TEKSTUR KEPADATAN KABUT PADA SIMULASI 2D
KABUT HETEROGEN MENGGUNAKAN
*PERLIN NOISE***

SKRIPSI

Oleh :
AMALIA DAMAYANTI
NIM. 15650055

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji

Tanggal : 14 Juni 2019

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



M. Imamuddin, Lc., MA
NIP. 19740602 200901 1 010

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




Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN

DISTRIBUSI TEKSTUR KEPADATAN KABUT PADA SIMULASI 2D KABUT HETEROGEN MENGGUNAKAN *PERLIN NOISE*

SKRIPSI

Oleh:

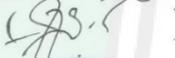
AMALIA DAMAYANTI
NIM. 15650055

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Pada Tanggal 14 Juni 2019

Susunan Dewan Penguji

- | | | |
|-----------------------|---|--|
| 1. Penguji Utama | : | <u>Khadijah F.H. Holle, M.Kom</u>
NIDT. 19900626 20160801 2 077 |
| 2. Ketua Penguji | : | <u>Yunifa Miftachul Arif, M.T</u>
NIP. 19830616 201101 1 004 |
| 3. Sekretaris Penguji | : | <u>Fresy Nugroho, M.T</u>
NIP. 19710722 201101 1 001 |
| 4. Anggota Penguji | : | <u>M. Imamuddin, Lc., M.A</u>
NIP. 19740602 200901 1 010 |

Tanda tangan

()

()

()

()

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




Dr. Cahyo Crysdiyan
NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Amalia Damayanti

NIM : 15650055

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Teknik Infomatika

Judul Skripsi : Distribusi Tekstur Kepadatan Kabut Pada Simulasi 2D

Kabut Heterogen Menggunakan *Perlin Noise*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 Mei 2019
Yang membuat pernyataan,



Amalia Damayanti
NIM. 15650055

HALAMAN MOTTO



HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Puji syukur kehadiran Allah, shalawat dan salam bagi Rasul-Nya

Penulis persembahkan sebuah karya ini kepada:

Kedua orang tua penulis tercinta, Bapak Supi'i dan Ibu Damai Sriati yang selalu memberikan suntikan motivasi yang tak terhingga

Dosen pembimbing penulis Bapak Fresy Nugroho, M.T dan Bapak M. Imamuddin, Lc., MA yang telah dengan sabar membimbing jalannya penelitian skripsi ini dan selalu memberikan stimulus positif untuk tetap semangat menjalani setiap tahap ujian skripsi

Seluruh dosen Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, dan seluruh guru-guru penulis yang telah membimbing dan memberikan ilmunya yang sangat bermanfaat

Sahabat-sahabat seperjuangan mulai pertama kali penulis menginjakkan kaki di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Mereka adalah Lailiatu Saniah dan Safira. Sahabat yang selalu mendukung dan selalu semangat untuk belajar bersama tanpa menjatuhkan. Ribuan kalimat bahagia dan syukur yang tak akan cukup penulis tulis disini teruntuk mereka

Teman-teman organisasi selama di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengajarkanku berbagai hal untuk terus belajar semakin baik

Keluarga Teknik Informatika kelas B 2015 dan keluarga Interface (Teknik Informatika angkatan 2015) yang telah memberikan semangat dan doanya

Orang-orang yang penulis penulisngi, yang tak bisa penulis sebutkan satu per satu yang selalu memberikan semangat dan motivasinya kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis ucapkan terimakasih yang luar biasa. Semoga ukhwah kita tetap terjaga dan selalu diridhoi Allah SWT. Allahumma Aamiin.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya kepada kita, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu, yang kami beri judul “Distribusi Tekstur Kepadatan Kabut Pada Simulasi 2D Kabut Heterogen Menggunakan *Perlin Noise*”. Tujuan dari penyusunan skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat untuk bisa menempuh ujian sarjana komputer pada Fakultas Sains dan Teknologi (FSAINTEK) Program Studi Teknik Informatika di Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Didalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Cahyo Crysdiyan, Selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Fresy Nugroho, M.T, selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
5. M. Imamuddin, Lc., MA, selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.

6. Roro Inda Melani, M.Kom, selaku Dosen Wali yang senantiasa memberikan banyak motivasi dan saran untuk kebaikan penulis.
7. Para staff laboran Fakultas Sains dan Teknologi yang telah bersedia memberikan data.
8. Orang tua tercinta yang telah banyak memberikan doa dan dukungan kepada penulis secara moril maupun materil hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
9. Kakak tercinta juga anggota keluarga dan kerabat yang senantiasa memberikan doa dan dukungan semangat kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan yang tiada henti memberi dukungan dan motivasi kepada penulis serta target bersama untuk lulus skripsi dan wisuda bersama
11. Rekan-rekan interface yang selalu memberikan semangat dan doa kepada penulis.
12. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi.

Malang, 14 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
المخلص	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pernyataan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Batasan Masalah.....	6
1.6. Sistematika Penulisan.....	7
BAB II STUDI PUSTAKA	8
2.1. Penelitian Terkait	8
2.2. Kabut	9
2.2.1. Karakter Fisik Adegan Kabut.....	11
2.2.2. Estimasi <i>Airlight</i>	12
2.2.3. Estimasi <i>Transmission Map</i>	13
2.2.4. Kecerahan.....	14
2.2.5. Saturasi	15
2.2.6. <i>FADE (Fog Aware Density Estimation)</i>	15
2.2.7. Citra Sintesis Berkabut Homogen	17

2.3.	<i>Perlin Noise</i>	18
2.4.	Simulasi Citra Sintesis Berkabut Heterogen	21
2.5.	Uji Validasi Simulasi Citra Sintesis Berkabut Heterogen.....	21
2.5.1.	Histogram Citra.....	21
2.5.2.	<i>AuthESI (Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy/Hazy Images)</i> 22	
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI		27
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.2.	Sumber Data.....	27
3.3.	Prosedur Penelitian.....	28
3.1.1.	Citra Tanpa Kabut	29
3.1.2.	<i>Preprocessing</i>	30
3.1.3.	Estimasi Peta Kedalaman	32
3.1.4.	<i>Refined Transmission Map Estimation Menggunakan Guided Filter</i> 33	
3.1.5.	Estimasi <i>Transmission Map</i> Berdasarkan Nilai <i>Density</i>	36
3.1.6.	Citra Sintesis Berkabut Homogen	38
3.1.7.	<i>Perlin Noise</i>	39
3.1.8.	Simulasi 2D Citra Sintesis Berkabut Heterogen Berdasarkan Distribusi Tekstur Kepadatan Kabut.....	42
3.1.9.	Uji Validasi Simulasi Citra Sintesis Berkabut Heterogen.....	43
3.4.	Alur Simulasi 2D Citra Sintesis Berkabut Heterogen.....	44
3.5.	Instrumen Penelitian.....	48
BAB IV UJI COBA DAN PEMBAHASAN		49
4.1.	Data Uji	49
4.2.	Hasil Uji Coba dan Analisa.....	50
4.2.1.	Citra Sintesis Berkabut Homogen.....	52
4.2.2.	Simulasi 2D Citra Sintesis Berkabut Heterogen Berdasarkan Distribusi Tekstur Kepadatan Kabut Menggunakan <i>Perlin Noise</i>	55
4.2.3.	Histogram Simulasi	57
4.2.4.	<i>AuthESI (Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy/Hazy Images)</i> Simulasi.....	106
4.2.5.	Klasifikasi Citra Berkabut Heterogen Berdasarkan Nilai <i>Density</i> ...	111
4.3.	Tampilan Program.....	127
4.4.	Integrasi Sains dan Islam	132

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	136
5.1. Kesimpulan	136
5.2. Saran.....	136
DAFTAR PUSTAKA	138
LAMPIRAN.....	142



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra Berkabut	11
Gambar 2.2 Partikel Atmosfer Menghamburkan Cahaya (Guo dkk., 2014)	11
Gambar 2.3 <i>Transmission Map</i> Pada Citra Pemandangan Alam (Guo dkk., 2014)	13
Gambar 2.4 Tekstur dari <i>Perlin Noise</i> (Guo dkk., 2014).....	19
Gambar 2.5 Ilustrasi <i>Pseudo-random</i> dan <i>Dot Product</i> (kiri) serta Ilustrasi Hasil Interpolasi (kanan)	20
Gambar 2.6 Citra Berkabut dan Histogram <i>Grayscale</i>	22
Gambar 2.7 Alur Proses <i>AuthESI</i> (Zhang dkk., 2017).....	23
Gambar 3.1 Blok Diagram Penelitian Sebelumnya (kiri) dan Blok Diagram Penelitian Yang Diusulkan (kanan)	28
Gambar 3.2 Citra Tanpa Kabut	29
Gambar 3.3 Blok Diagram <i>Preprocessing</i>	30
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> Estimasi Peta Kedalaman	33
Gambar 3.5 Citra Tanpa Kabut (kiri) dan Estimasi Kedalaman (kanan).....	33
Gambar 3.6 <i>Pseudocode</i> Algoritma <i>Guided Filter</i> (He & Sun, 2015)	35
Gambar 3.7 <i>Flowchart Refined Transmission Map Estimation</i> Menggunakan <i>Guided Filter</i>	36
Gambar 3.8 Citra Tanpa Kabut (kiri), Estimasi Kedalaman (tengah), dan <i>Refined Transmission Map Estimation</i> Menggunakan <i>Guided Filter</i> (kanan)	36
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Estimasi <i>Transmission Map</i> Berdasarkan Nilai <i>Density</i> ...	37
Gambar 3.10 Citra Tanpa Kabut (kiri-atas), Estimasi Kedalaman (kanan-atas), <i>Refined Transmission Map Estimation</i> Menggunakan <i>Guided Filter</i> (kiri-bawah), dan Estimasi <i>Transmission Map</i> Berdasarkan Nilai <i>Density</i> (kanan-bawah)	37
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> Citra Sintesis Berkabut Homogen	38
Gambar 3.12 Citra Tanpa Kabut (kiri) dan Citra Sintesis Berkabut Homogen (kanan)	38
Gambar 3.13 <i>Flowchart Perlin Noise</i>	40
Gambar 3.14 Citra Tanpa Kabut (kiri) dan <i>Perlin Noise</i> (kanan).....	41
Gambar 3. 15 <i>Flowchart</i> Membuat Citra Berkabut Heterogen Berdasarkan Distribusi Kepadatan Kabut Menggunakan <i>Perlin Noise</i>	42

Gambar 3.16 Citra Tanpa Kabut (kiri), Citra Sintesis Berkabut Homogen (tengah), dan Membuat Citra Berkabut Heterogen Berdasarkan Distribusi Kepadatan Kabut Menggunakan <i>Perlin Noise</i> (kanan)	42
Gambar 3.17 Alur Simulasi 2D Citra Sintesis Berkabut Heterogen.....	44
Gambar 4.1 Hasil Tahap <i>Preprocessing</i> , RGB to <i>gray channel</i> (a), RGB to HSV (b), HSV <i>color space to Saturation</i> (c), HSV <i>color space to Brightness</i> (d)	52
Gambar 4.2 Hasil Tahap Estimasi Peta Kedalaman	52
Gambar 4.3 Hasil Tahap <i>Refined Transmission Map Estimation</i> Menggunakan <i>Guided Filter</i>	53
Gambar 4.4 Hasil Tahap Estimasi <i>Transmission Map</i> Dengan Nilai <i>Density</i>	53
Gambar 4.5 Hasil Citra Sintesis Berkabut Homogen Dengan Nilai <i>Density</i>	54
Gambar 4.6 Hasil Distribusi Tekstur Kepadatan Kabut Menggunakan <i>Perlin Noise</i>	55
Gambar 4.7 Hasil Distribusi Tekstur Kepadatan Kabut Pada Simulasi 2D Citra Berkabut Heterogen Menggunakan <i>Perlin Noise</i>	56
Gambar 4.8 Citra Tanpa Kabut Dan Histogramnya.....	58
Gambar 4.9 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise</i> , <i>Salt and Pepper Noise</i> , <i>Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 3.5536 Serta Kedua Histogramnya.....	59
Gambar 4.10 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise</i> , <i>Salt and Pepper Noise</i> , <i>Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 3.3733 Serta Kedua Histogramnya.....	63
Gambar 4.11 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise</i> , <i>Salt and Pepper Noise</i> , dan <i>Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 2.4100 Serta Kedua Histogramnya.....	67
Gambar 4.12 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise</i> , <i>Salt and Pepper Noise</i> , dan <i>Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 3.4243 Serta Kedua Histogramnya.....	71
Gambar 4.13 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise</i> , <i>Salt and Pepper Noise</i> , dan <i>Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 4.1081 Serta Kedua Histogramnya.....	75

Gambar 4.14 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 3.2574 Serta Kedua Histogramnya	79
Gambar 4.15 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 2.7612 Serta Kedua Histogramnya	83
Gambar 4.16 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 4.2085 Serta Kedua Histogramnya	87
Gambar 4.17 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 3.0925 Serta Kedua Histogramnya	91
Gambar 4.18 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 8.1813 Serta Kedua Histogramnya	95
Gambar 4.19 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 5.1231 Serta Kedua Histogramnya	99
Gambar 4.20 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen Heterogen (<i>Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 4.1540 Serta Kedua Histogramnya	103
Gambar 4.21 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 2.4100 Serta Kedua Histogramnya	112
Gambar 4.22 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 3.5536 Serta Kedua Histogramnya	116
Gambar 4.23 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (<i>Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise</i>) Dengan Nilai <i>Density</i> 8.1813 Serta Kedua Histogramnya	120
Gambar 4.24 Grafik Perbandingan <i>Authenticity Value</i> Menggunakan Metode <i>AuthESI</i> Pada Citra Kabut Tipis, Sedang dan Tebal	125
Gambar 4.25 Tampilan Halaman Utama Program Simulasi.....	128

Gambar 4.26 Tampilan Halaman Simulasi	128
Gambar 4.27 Tampilan <i>Input</i> Citra di Halaman Simulasi	129
Gambar 4.28 Tampilan Halaman Proses.....	130
Gambar 4.29 Tampilan <i>Input</i> Citra di Halaman Proses	131
Gambar 4.30 Tampilan Halaman Tentang.....	131
Gambar 4.31 Tampilan <i>Box Dialog</i> Konfirmasi Keluar Program Simulasi.....	132



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kondisi cuaca dan partikelnya (Nayar & Narasimhan, 1999)	10
Tabel 2.2 Tingkat visibilitas internasional dengan koefisien hamburan.....	14
Tabel 2.3 Fitur statistik kabut	16
Tabel 3.1 <i>Density</i> dari 12 citra uji (Pradanti, 2018).....	29
Tabel 3.2 Instrumen Penelitian	48
Tabel 4.1 Hasil rata-rata <i>authenticity value</i> menggunakan metode <i>AuthESI</i>	107
Tabel 4.2 Hasil rata-rata <i>authenticity value</i> menggunakan metode <i>AuthESI</i> (lanjutan)	108
Tabel 4.3 Hasil rata-rata <i>authenticity value</i> menggunakan metode <i>AuthESI</i>	124

ABSTRAK

Damayanti, Amalia. 2019. *Distribusi Tekstur Kepadatan Kabut Pada Simulasi 2D Kabut Heterogen Menggunakan Perlin Noise*. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Fresy Nugroho, M.T. (II) M. Imamuddin, Lc., MA.

Kata Kunci : *Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise, AuthESI, Histogram, Simulasi.*

Kabut merupakan salah satu *noise* yang sangat merugikan karena citra yang ditangkap oleh kamera mengalami degradasi visual. Namun, *noise* tersebut dapat dimanfaatkan untuk visualisasi kabut yang mampu meningkatkan realitas adegan berkabut dalam suatu simulasi. Dalam makalah ini, simulasi berbasis citra dibangun dengan algoritma yang mengimplementasikan model hamburan atmosfer dan metode *Perlin Noise* untuk menghasilkan citra sintesis berkabut heterogen berdasarkan distribusi tekstur kepadatan kabut. Sebagai pembandingan efektivitasnya, dibangun juga algoritma yang mengimplementasikan metode *Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*. Kemudian tahap pengujiannya menggunakan histogram dan *AuthESI* (*Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy/Hazy Images*). Hasil perbandingan histogram menunjukkan bahwa algoritma yang dibangun dengan *Perlin Noise* mempunyai nilai intensitas warna (koordinat x) dan frekuensi kemunculan warna (koordinat y) yang lebih besar daripada kedua metode lainnya sehingga menghasilkan lebih banyak warna putih yang mewakili adegan kabut. Sedangkan hasil perbandingan rata-rata *authenticity value* yang dihitung menggunakan metode *AuthESI* menunjukkan bahwa algoritma yang dibangun dengan *Perlin Noise* lebih efektif 6.77% daripada algoritma yang dibangun dengan *Salt and Pepper Noise* dan lebih efektif 18.73% daripada algoritma yang dibangun dengan *Gaussian Noise* dalam mendistribusikan tekstur kepadatan kabut di citra sintesis berkabut heterogen.

ABSTRACT

Damayanti, Amalia. 2019. *Density Distribution Texture Of Fog in Simulation of 2D Heterogeneous Fog Using Perlin Noise*. Essay. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim of Malang. Counselor: (I) Fresy Nugroho, M.T. (II) M. Imamuddin, Lc., MA.

Kata Kunci : *Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise, AuthESI, Histogram, Simulation.*

Fog is one of the noise that is very detrimental because the image captured by the camera becomes has been degraded visually. However, this noise can be used for visualization of fog that can increase the reality of foggy scenes in a simulation. In this paper, image-based simulation is built with an algorithm that implements atmospheric scattering models and the *Perlin Noise* method to produce heterogeneous foggy synthesis images based on density distribution texture of fog. As a comparison of its effectiveness, an algorithm is also built with implement the *Salt and Pepper Noise* and *Gaussian Noise* methods. Then the testing phase uses a histogram and AuthESI (Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy / Hazy Images). The results of histogram comparison show that algorithm built with *Perlin Noise* has color intensity value (coordinate x) and frequency of color appearance (y coordinate) which is greater than the other methods so that results have more white color who are represented fog scene. While the comparison of the average authenticity value who are calculated using the AuthESI method show that the algorithm built with *Perlin Noise* is more effective 6.77% than the algorithm built with *Salt and Pepper Noise* and 18.73% more effective than the algorithm built with *Gaussian Noise* as density distribution texture of fog in heterogeneous foggy synthesis images.

المخلص

دماينتي، أماليا. ٢٠١٩. توزيع الملمس الكثافة الضباب في المحاكاة ٢ دي ضباب غير متجانس ضوضاء البيرلين. قسم هندسة المعلوماتية لكلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانق. المشرف : (١) فريسي نوغراها، الماجستير. (٢) محمد إمام الدين، الماجستير.

الكلمات الرئيسية : ضوضاء البيرلين، ضوضاء الملح والفلفل، ضوضاء التمويه، الرسم البياني، المحاكاة.

الضباب واحد من الضوضاء التي كثير فيه ضرره لأن الصور التي يصوره الكاميرا ينحطاط بصري. ولكنه ممكن أن يستخدم لتصور الضباب وقادر لإشتد واقع المشهد الضبابي في المحاكاة. في هذه المقالة، بني المحاكاة الصورية بالخوارزمية التي تطبق بها نموذج الإنتشار الجوي ومنهج ضوضاء البيرلين لنيل الصور الإصطناعي بضباب غير متجانس على أسس توزيع الملمس الكثافة الضباب. وبني الخوارزمية التي تطبق بها منهج ضوضاء الملح والفلفل، وضوضاء التمويه كمقارنة الفعالية. التالي، التجريب بإستخدام الرسم البياني و *AuthESI (Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy/Hazy Images)*. يعرض المنتج للمقارنة الرسم البياني بأن الخوارزمية التي بنيتها ضوضاء البيرلين لها قيمة لشدة اللون (تنسيق x) وتردد الظهور اللون (تنسيق y) أشد من المنهجين الاخر حتى أكثر حصوله أبيض، يمثل المشهد الضبابي. ومنتج للمقارنة المتوسطة من قيمة الأصالة التي يحاسبها بطريق يعرض أن الخوارزمية التي بني بضوضاء البيرلين أكثر فعاليته ٦,٧٧% من الخوارزمية التي بني بضوضاء الملح والفلفل وأكثر ١٨,٧٣% من الخوارزمية التي بني بضوضاء التمويه في توزيع الملمس الكثافة الضباب في صور الإصطناعي بضباب غير متجانس.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bumi adalah planet yang berada di tata surya dan mempunyai selubung yang berlapis berupa lapisan udara. Selubung tersebut sering disebut dengan atmosfer. Atmosfer bumi berada pada ketinggian 0 km hingga 560 km di atas permukaan laut dan mempunyai tujuh lapisan dengan karakteristik yang berbeda-beda. Lapisan troposfer merupakan salah satu lapisan yang berada di level terendah dalam struktur lapisan atmosfer bumi. Lapisan inilah yang menopang seluruh kehidupan umat manusia (Prawirowardoyo, 2009). Campuran gasnya sangat ideal untuk melindungi makhluk hidup dari sinar matahari yang berlebihan dan memperkecil perbedaan temperatur siang dan malam. Pada lapisan ini juga terjadi proses pembentukan dan perubahan cuaca seperti cuaca buruk.

Cuaca merupakan suatu kondisi udara pada suatu tempat dalam keadaan tertentu. Kondisi wilayah Indonesia juga memengaruhi cuaca yang terjadi, seperti pada terminologi ilmu atmosfer, wilayah Indonesia dikenal dengan Benua Maritim atau *the Maritime Continent*. Istilah tersebut ditulis oleh Ramage yang menjelaskan bahwa luas wilayah Indonesia seperti dua benua (Asia dan Australia) dan dua samudera (Hindia dan Pasifik) yang didominasi oleh air (Harijono, 2008). Kondisi ini menyebabkan sebagian besar wilayah Indonesia relatif basah dan mengakibatkan banyaknya kandungan uap air yang terbentuk. Hal ini merupakan salah satu faktor terjadinya cuaca berkabut.

Cuaca berkabut merupakan salah satu kondisi cuaca buruk yang terjadi di atmosfer bumi. Kabut tersebut dapat terbentuk karena partikel seperti aerosol dan tetesan air. Kabut yang terbentuk dari partikel aerosol yang merupakan sistem terdispersi dari partikel kecil yang tersuspensi dalam gas biasa disebut dengan *haze* (Nayar & Narasimhan, 1999). Sedangkan kabut yang terbentuk dari proses kondensasi menjadi tetesan air yang melayang di udara dan mencapai permukaan tanah disebut dengan *fog*. *Fog* ini lebih mendekati permukaan bumi dengan kandungan air yang lebih banyak dibandingkan *haze* (J. McCartney, 1976). Namun pada dasarnya, mereka memengaruhi visibilitas manusia.

Allah Swt. telah berfirman di dalam Alquran surah ad-Dukhan/44:10 tentang datangnya kabut atau asap tebal menjelang terjadinya hari kiamat, seperti berikut ini:

فَأَرْتَقِبْ يَوْمَ تَأْتِي السَّمَاءُ بِدُخَانٍ مُّبِينٍ (١٠)

Artinya :

“Maka tunggulah hari ketika langit membawa kabut yang nyata”. (Qs. ad-Dukhan/44:10)

Pada Alquran surah ad-Dukhan ayat 10 menjelaskan tentang fenomena *dukhan* yang merupakan salah satu tanda dekatnya kiamat dimana hal itu akan menggemparkan dunia karena kemunculannya bersifat global dan memenuhi langit dunia yang menyebabkan banyak manusia tersiksa (Sasongko, 2008). Berdasarkan kamus bahasa *Lisanul ‘Arabi* terdapat tiga makna pokok terkait *dukhan* yaitu matahari yang menyebabkan kabut panas, gejala optis karena panasnya permukaan bumi saat kemarau sehingga menyebabkan munculnya kabut fatamorgana dan api yang menyebabkan terjadinya asap hitam.

Menurut para ulama terdapat dua pendapat tentang kapan terjadinya kabut atau asap tebal ini. Pendapat pertama, bahwa peristiwa ini sudah terjadi pada jaman Nabi, ketika beliau mendoakan kaum Quraisy karena mereka tidak mau memenuhi ajakan beliau kemudian sebuah siksaan dan derita kelaparan menimpa mereka dan mereka melihat langit seperti berkabut. Pendapat ini diungkapkan oleh Abdullah bin Mas'ud r.a., yang telah diikuti beberapa ulama salaf seperti Mujahid, Abu Aliyah, Ibrahim, an-Nakha'i, adh-Dhahhak, dan Athiyah al Aufaa. Pendapat kedua, menyatakan bahwa kabut merupakan tanda-tanda datangnya hari kiamat. Pendapat ini diungkapkan oleh Ibnu Abbas r.a., dan sebagian sahabat dan tabi'in. Ibnu Mas'ud menyatakan bahwa ada dua macam kabut yaitu satu telah terjadi dan satunya lagi akan terjadi (Sasongko, 2008). Bila terjadi maka kabut atau asap tebal ini akan memenuhi bumi dan langit. Para mukmin yang mendapatinya akan terserang flu dan sedangkan para kafir akan tersiksa telinganya.

Berdasarkan tafsir di atas, dapat dikatakan bahwa kabut merupakan salah satu *noise* (gangguan) kepada seluruh umat manusia. Ternyata hal ini juga memengaruhi hasil dari pengambilan citra di luar ruangan dan sangat merugikan karena citra yang ditangkap oleh kamera mengalami degradasi visual atau *noise*. Namun, *noise* tersebut dapat di manfaatkan untuk visualisasi kabut. Visualisasi kabut dapat meningkatkan realitas *scene* atau adegan sehingga menambah daya tarik tersendiri. Oleh karena itu, visualisasi dapat diterapkan di simulasi, *games*, *VR*, efek-efek khusus didalam film atau televisi, dan lain sebagainya (Guo dkk., 2014).

Visualisasi kabut seperti simulasi kabut harus terlihat alami. Oleh karena itu, sangat penting untuk menciptakan *noise* yang mampu mendistribusikan

kepadatan kabut secara heterogen atau acak pada citra yang disimulasikan. Pada dunia nyata, kabut ternyata lebih kompleks dimana ia mempunyai kepadatan yang berbeda dari daerah satu ke daerah lain atau biasa disebut dengan kabut heterogen atau kabut dinamis. Bila menggunakan metode tradisional akan menggunakan banyak parameter untuk mengontrol atau membutuhkan waktu yang lama dalam komputasi, dan mereka biasanya terbatas untuk menggambarkan kabut homogen tanpa mempertimbangkan kabut heterogen (Guo dkk., 2014).

Simulasi kabut dapat diterapkan secara 2 dimensi dan 3 dimensi. Sebelum melakukan simulasi kabut secara 3 dimensi di *game*, penting untuk menyimulasikannya pada citra 2 dimensi menggunakan *software* pendukung seperti Matlab. Hal ini seperti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pradanti (2018) tentang simulasi 2 dimensi citra berkabut di gunung Kelud berdasarkan *transmission map*. Pada penelitian tersebut, peneliti menghitung kepadatan kabut dari citra berkabut gunung Kelud yang ditangkap oleh kamera pengawas atau *CCTV* dengan metode *FADE (Fog Aware Density Evaluator)*. Metode tersebut biasa dimanfaatkan untuk membandingkan tingkat kepadatan kabut dari daerah yang berkabut dengan daerah yang tidak berkabut (Choi, You, & Bovik, 2015). Kemudian hasil perhitungan tersebut di simulasikan pada citra tanpa kabut berdasarkan *transmission map* (Pradanti, 2018). Hasil dari penelitian tersebut telah diperoleh nilai kepadatan kabut yaitu kabut tipis sebesar 2,41001036662652, kabut sedang sebesar 4,20856343050172, dan kabut tebal sebesar 8,18132569738215 dengan menggunakan nilai *patch size* 8. Namun, kekurangan dari penelitian tersebut adalah hasil simulasi kabut yang masih homogen atau statis atau kepadatan kabut di daerah yang berbeda mempunyai nilai yang sama. Walaupun sebenarnya,

kabut di dunia nyata mempunyai tingkat kepadatan yang berbeda-beda di setiap daerahnya.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis akan melakukan simulasi 2 dimensi kabut sintesis heterogen atau dinamis dengan melanjutkan penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah metode *noise* yang mampu mendistribusikan tekstur kepadatan kabut sehingga hasil simulasi kabut heterogen terlihat alami. Metode yang tepat untuk hal tersebut adalah dengan menerapkan *Perlin Noise* pada citra tanpa kabut sehingga mampu menghasilkan simulasi citra sintesis berkabut heterogen yang terlihat alami.

1.2. Pernyataan Masalah

1. Bagaimana perubahan grafik histogram pada algoritma yang dibangun menggunakan metode *Perlin Noise* untuk mendistribusikan tekstur kepadatan kabut dibandingkan algoritma yang dibangun menggunakan metode *Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*?
2. Seberapa efektif algoritma yang dibangun menggunakan metode *Perlin Noise* untuk mendistribusikan tekstur kepadatan kabut dibandingkan algoritma yang dibangun menggunakan metode *Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise* berdasarkan *authenticity value* menggunakan metode *AuthESI (Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy/Hazy Images)*?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui perubahan grafik histogram pada algoritma yang dibangun menggunakan metode *Perlin Noise* dibandingkan algoritma

yang dibangun menggunakan metode *Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*.

2. Untuk mengetahui efektivitas algoritma yang dibangun menggunakan metode *Perlin Noise* dibandingkan algoritma yang dibangun menggunakan metode *Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise* berdasarkan *authenticity value* menggunakan metode *AuthESI* (*Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy/Hazy Images*).

1.4. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui seberapa autentik citra sintesis berkabut heterogen yang telah diimplementasikan *Perlin Noise* menggunakan metode *AuthESI* (*Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy/Hazy Images*).
2. Mengetahui persebaran intensitas warna putih (mewakili adegan kabut buatan) citra sintesis berkabut heterogen yang telah diimplementasikan *Perlin Noise* menggunakan histogram.
3. Media simulasi 2D tentang kondisi berkabut melalui sebuah citra sintesis berkabut heterogen dari pukul 06.00 – 17.00 WIB.

1.5. Batasan Masalah

1. Citra masukan yang digunakan adalah citra tanpa kabut berupa citra pemandangan alam atau citra luar ruangan dengan *patch size* 40.
2. Citra tanpa kabut ditangkap dalam kondisi cuaca cerah (tidak hujan).
3. Data kepadatan kabut diperoleh dari penelitian sebelumnya, yang terdapat 12 data nilai *density* (Pradanti, 2018).
4. Simulasi 2D citra berkabut heterogen dilakukan selama 12 jam dari pukul 06.00 WIB - 17.00 WIB.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan ini berisi lima bab, antara lain :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab satu membahas tentang latar belakang, pernyataan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisannya.

BAB II: STUDI PUSTAKA

Bab dua membahas tentang teori dasar dan penelitian yang terkait dengan pembuatan simulasi kabut sintesis heterogen.

BAB III : DESAIN DAN IMPLEMENTASI

Bab tiga menjelaskan suatu desain prosedur simulasi kabut heterogen dan pengimplementasian *Perlin Noise* di simulasi tersebut sebagai distribusi tekstur kepadatan kabutnya.

BAB IV : UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Bab empat menjelaskan hasil dari uji coba, pengujian hasil uji coba dan dilakukan pembahasan analisisnya secara detail. Hasil simulasi yang diterapkan pada citra akan uji menggunakan dua cara. Selain itu juga akan dilakukan perbandingan beberapa metode *noise* dengan *Perlin Noise*.

BAB V : PENUTUP

Bab lima menjelaskan kesimpulan penelitian dan saran penelitian.

BAB II

STUDI PUSTAKA

Bab ini menjelaskan beberapa studi pustaka yang digunakan sebagai dasar teori dalam penelitian. Selain itu, bab ini juga membahas tentang penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan.

2.1. Penelitian Terkait

Pada penelitian sebelumnya, (Guo dkk., 2014) mengusulkan algoritma baru untuk mensimulasikan adegan berkabut dengan *input* citra tanpa kabut. Pertama, mereka membuat citra dengan efek *Perlin Noise* sebagai tekstur distribusi kepadatan kabut heterogen. Kemudian, memperkirakan *transmission map* menggunakan model *MRF* dan *bilateral filter*. Sehingga menghasilkan adegan kabut virtual yang realistis dengan menerapkan *Perlin Noise* dan *transmission map* dalam pembuatannya yang berdasarkan model hamburan atmosfer.

Zhang, dkk (Zhang, Zhang, & Cheng, 2017) mengusulkan kerangka simulasi *FoHIS* yang dapat mensimulasikan efek kabut (*fog* dan *haze*) alami. Kemudian, simulasi citra berkabut sintetis tersebut diuji menggunakan metode *AuthESI* yang dirancang untuk menunjukkan efektivitas dalam mengevaluasi keaslian citra berkabut sintetis.

Putra (O. V. Putra, 2017) melakukan penelitian berupa mereduksi atau mengurangi derau berupa kabut yang ada di citra kawah gunung Kelud. Selain itu, beliau juga menemukan korelasi positif untuk mengestimasi peta kedalaman. Korelasi positif antara nilai *saturation* dan nilai *value* data citra terhadap peta kedalaman. Penelitian ini mampu menurunkan nilai *value* dan kontrasnya.

Wijaya dan Rahman (Wijaya & Rahman, 2018) melakukan penelitian yang berfokus pada analisis perbandingan *Perlin Noise* dan *Simplex noise* dalam penciptaan permukaan daratan pada pembuatan *game*. Mereka menyimpulkan bahwa penerapan *Perlin Noise* dan *Simplex noise* dapat menghasilkan simulasi permukaan daratan pada *noise* dimensi dua dan dimensi tiga serta *Perlin Noise* lebih unggul dalam merepresentasikan bentuk permukaan daratan yang lebih realistis.

Pradanti (Pradanti, 2018) dalam penelitian skripsinya melakukan simulasi kabut dua dimensi berdasarkan *transmission map* dimana kepadatan kabutnya diambil dari proses *FADE (Fog Aware Density Evaluator)*. Simulasi tersebut diimplementasikan pada aplikasi *desktop* yang dibangun menggunakan Matlab. Pada hasil penelitian skripsinya, beliau menyimpulkan bahwa semakin tinggi nilai kepadatannya maka warna putihnya semakin banyak. Namun, hasil dari penelitiannya masih menghasilkan simulasi kabut yang homogen. Sehingga beliau menyarankan untuk penelitian selanjutnya dapat mengimplementasikan simulasi di *platform* lain seperti *Android* dan menyimulasikan kabut heterogen.

2.2. Kabut

Salah satu fenomena yang ada di alam adalah kabut. Secara umum, kabut adalah tetesan air yang melayang di udara dan mencapai permukaan tanah. Hal ini biasanya disebabkan oleh penguapan air ke udara dingin yang menghasilkan kejenuhan sehingga kabut akan terbentuk seperti uap yang berembus ke atas. Kabut hampir mirip dengan awan, tetapi awan berada di ketinggian dan tidak mencapai permukaan tanah. Sebagian besar awan tidak hanya terbuat dari tetesan air seperti kabut, melainkan dapat terbuat dari kristal es panjang dan butiran debu yang berlapis es (Nayar & Narasimhan, 1999).

Secara umum kabut dibentuk dari udara jenuh yang berada di bawah titik beku karena uap airnya didinginkan. Jika udara yang telah tercemar polusi atau polutan bereaksi dengan sinar matahari musim panas maka akan terbentuk ozon *ground level* yang merupakan komponen utama terbentuknya kabut asap atau *smog* (Gusnita, 2014). Sedangkan *haze* terbentuk saat sinar matahari memantulkan partikel polusi udara (S.-K. Liu dkk., 2016). Sebagian besar, *haze* tidak berasal dari sumber asli polutan melainkan polutan yang terbawa oleh angin. Jika kabut yang terbentuk berasal dari uap air yang ada di udara dan persebarannya menyebabkan jarak pandang kurang dari 1 km biasa disebut dengan *fog* (Wirjohamidjojo, Susanto, Sudjono, & Suhartono, 1985). Sedangkan *mist* mempunyai komponen pembentuk yang sama dengan *fog*, hanya saja *mist* menyebabkan jarak pandang lebih dari 1 km. Hal ini menandakan bahwa *mist* adalah kabut yang sangat tipis dan *fog* lebih padat.

Ukuran partikel pembentuk *fog* dan *haze* telah terdapat ketetapanannya seperti pada Tabel 2.1. Tabel tersebut juga menunjukkan radius dan konsentrasi dari partikel pembentuknya.

Tabel 2.1 Kondisi cuaca dan partikelnya (Nayar & Narasimhan, 1999)

Kondisi	Tipe Partikel	Radius (μm)	Konsentrasi (cm^{-3})
Udara	Molekul	10^{-4}	10^{19}
<i>Haze</i>	Aerosol	10^{-2} -1	10^3 - 10^6
<i>Fog</i>	Tetesan air	1-10	100-10
Awan	Tetesan air	1-10	300-10
Hujan	Tetesan air	10^2 - 10^4	10^{-2} - 10^{-5}

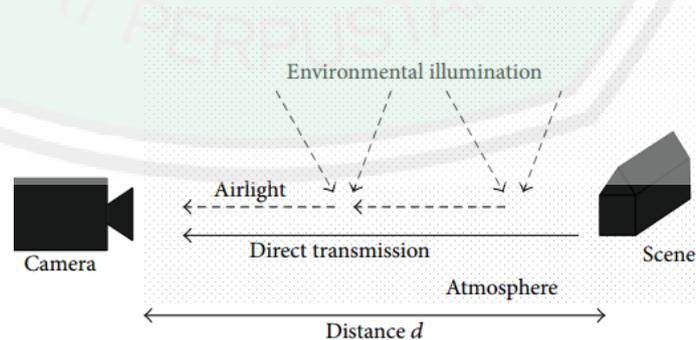
2.2.1. Karakter Fisik Adegan Kabut

Hal pertama yang harus dilakukan sebelum membuat adegan kabut adalah menganalisis karakter fisik dari citra berkabut. Karakter fisik tersebut adalah model yang menggambarkan pembentukan citra berkabut dan *noise* yang menghasilkan kabut heterogen (Guo dkk., 2014).



Gambar 2.1 Citra Berkabut

Citra berkabut adalah tiruan dari objek yang disekitarnya terdapat kabut atau embun dan ditangkap oleh kamera. Citra berkabut disebabkan oleh hamburan atau *scattering* atmosfer yang dialami oleh warna dari objek asli setelah melewati medium berkabut (O. V. Putra, 2017). Perubahan warna karena kabut menyebabkan pelemahan warna sehingga cenderung menghasilkan warna abu-abu.



Gambar 2.2 Partikel Atmosfer Menghamburkan Cahaya (Guo dkk., 2014)

Cahaya matahari yang melewati medium hamburan akan melemah atau atenuasi di sepanjang jalurnya dan di distribusikan ke segala arah. Hal tersebut

terjadi seperti ilustrasi pada Gambar 2.2. Model hamburan atmosfer yang umum digunakan untuk merepresentasikan pembentukan citra berkabut adalah sebagai berikut (Guo dkk., 2014):

$$I(x) = J(x)t(x) + A(1 - t(x)) \quad (2.1)$$

Persamaan tersebut didefinisikan pada tiga saluran warna RGB. Simbol x adalah (x,y) vektor 2 dimensi yang menggambarkan koordinal piksel (x,y) citra, I adalah singkatan dari citra tanpa kabut dengan vektor 3 dimensi, A adalah sumber cahaya (*airlight*) dengan vektor 3 dimensi yang secara spasial cenderung konstan, J adalah vektor 3 dimensi yang dipantulkan oleh latar pada titik x pada citra berkabut, dan t disebut dengan peta transmisi dan mengekspresikan bagian relatif dari cahaya yang berhasil tidak terhambur saat melewati jalur antara pengamat dan titik permukaan kejadian. Secara teori, tujuan dari membuat citra berkabut adalah menghitung J dari citra tanpa kabut I , t perkiraan peta transmisi, dan A *airlight*.

2.2.2. Estimasi *Airlight*

Komponen dalam citra adalah beberapa objek yang salah satunya adalah sumber cahaya atau *airlight*. Ketika cahaya matahari melewati atmosfer hamburan kabut, cahaya yang terpantul oleh objek secara langsung dilemahkan disepanjang jalan menuju kamera. Selain itu, cahaya yang terhambur di atmosfer disebut dengan *airlight*. Simbol dari *airlight* atau *atmospheric light* tersebut adalah A (Choi dkk., 2015). Membuat citra berkabut membutuhkan nilai A seperti persamaan 2.10 yang telah ditetapkan konstan yaitu 255 (Guo dkk., 2014). Sedangkan dalam persamaan 1, A yang digunakan untuk memperoleh citra tanpa kabut adalah $A(1 - t(x))$.

Pada citra di luar ruangan, manusia dapat membeda-bedakan objek dalam citra tersebut seperti langit dan permukaan tanah. Hal ini disebabkan oleh sumber

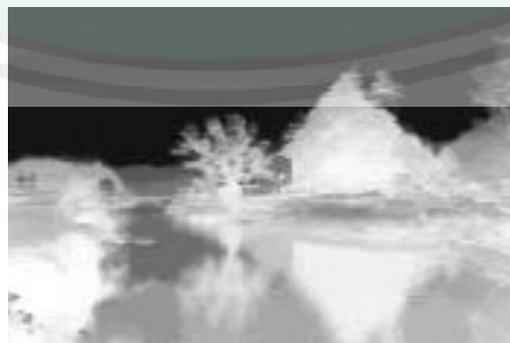
cahaya yang menaikkan intensitas penerangannya dalam citra. Objek yang memantulkan sinar matahari mempunyai kemungkinan untuk menjadi sumber cahaya (Nayar & Narasimhan, 1999). Sehingga sumber cahaya dapat bersumber dari objek apapun. Misalnya adalah rambatan cahaya matahari dalam udara yang memantul akibat benturan dengan permukaan objek. Jika pantulannya cenderung tinggi, maka objek tersebut merupakan *airlight* (O. V. Putra, 2017).

2.2.3. Estimasi *Transmission Map*

Perkiraan *transmission map* merupakan langkah penting untuk membuat adegan kabut dalam suatu citra. *Transmission map* ini menunjukkan tingkat transparansi citra. Simbol dari *transmission map* adalah t dengan nilai $[0,1]$. Pada model hamburan atmosfer, *transmission map* adalah sebagian cahaya yang terhambur dan telah melewati medium hamburan hingga sampai pada pengamat. Perkiraan *transmission map* dapat dilakukan dengan kombinasi korelasi kedalaman d dan koefisien hamburan β , berikut ini persamaannya (Guo dkk., 2014):

$$t(x) = e^{-\beta d(x)} \quad (2.2)$$

dimana t menunjukkan *transmission map*, d peta kedalaman, dan β koefisien hamburan.



Gambar 2.3 *Transmission Map* Pada Citra Pemandangan Alam (Guo dkk., 2014)

Simulasi citra berkabut dengan kepadatan kabut yang berbeda-beda dapat dilakukan dengan menyesuaikan koefisien β dengan λ , sehingga persamaan untuk perkiraan *transmission map* menjadi (Guo dkk., 2014):

$$t(x)^\lambda = e^{-(\lambda\beta)d(x)} \quad (2.3)$$

dimana λ merupakan kepadatan kabut. Sehingga perkiraan *transmission map* ini sangat berpengaruh terhadap pengontrolan kepadatan kabut dari adegan simulasi kabut. Pada Gambar 2.3 menunjukkan contoh citra pemandangan alam dengan nilai *transmission map*.

Tabel 2.2 Tingkat visibilitas internasional dengan koefisien hamburan

Tingkat	Kondisi Cuaca	Jarak Penglihatan	Koefisien Hamburan
0	<i>Dense fog</i>	<50 m	>78.2
1	<i>Thick fog</i>	50-200 m	78.2-19.6
2	<i>Moderate fog</i>	200-500 m	19.6-7.82
3	<i>Light fog</i>	500 m-1 km	7.82-3.91
4	<i>Thin fog</i>	1 km-2 km	3.91-1.96
5	<i>Haze</i>	2 km-4 km	1.960-0.954
6	<i>Light haze</i>	4 km-10km	0.954-0.391
7	Jernih	10 km-20 km	0.391-0.196
8	Sangat jernih	20 km-50 km	0.196-0.078
9	<i>Extremely clear</i>	>50 km	0.0141

2.2.4. Kecerahan

Kecerahan atau biasa disebut dengan *brightness* merupakan pendapat secara visual dimana objek terlihat memantulkan suatu cahaya (O. V. Putra, 2017). Bila dalam RGB, suatu kecerahan dapat ditunjukkan sebagai *mean* μ dari *red*, *green*, *blue*. Selain itu, kecerahan juga dapat didefinisikan sebagai saluran warna *brightness* atau *value* dari HSV.

2.2.5. Saturasi

Kepekatan warna atau saturasi merupakan intensitas kepekatan warna yang ada dalam ruang warna HSV. Saluran warna saturasi berguna untuk mengukur seberapa besar nilai kepekatan suatu warna. Rentang nilai pengukuran ini mulai dari 0 sampai dengan 100%. Jika nilainya mencapai 100% maka warna tersebut mempunyai kepekatan warna asli yang paling tinggi (O. V. Putra, 2017).

2.2.6. FADE (*Fog Aware Density Estimation*)

Sebuah model prediksi yang bersifat *perceptual* terhadap kepadatan kabut atau *fog density*. Model ini dapat memprediksi visibilitas adegan berkabut tanpa *reference*. Makna dari tanpa *reference* tersebut adalah tidak ada citra yang menjadi sumber acuan utama dalam pengukuran kepadatan kabut. Selain itu, model ini dapat dilakukan tanpa informasi sisi geografis dari kamera, tanpa bergantung dengan objek lain, dan tanpa penilaian subyektif dari manusia (Choi dkk., 2015).

Model ini dapat diterapkan dalam citra berkabut maupun citra tanpa kabut. Hasil dari penerapan *FADE* terhadap pengukuran kepadatan kabut berkorelasi baik dengan penilaian subyektif dari manusia. Fitur kabut dihitung berdasarkan model domain *NSS* (*Natural Scene Statistic*) untuk mengetahui perbedaan citra berkabut dengan citra tanpa kabut. *MSCN* (*Mean Subtracted Contrast Normalized*) terlibat dalam komputasi *local* dan kontras normalisasi terhadap *NSS*. Sehingga menghasilkan koefisien *MSCN* sebagai berikut:

$$I_{MSCN}(i, j) = \frac{I_{grey}(i, j) - \mu(i, j)}{\sigma(i, j) + 1} \quad (2.4)$$

$$\mu(i, j) = \sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L \omega_{k, l} I(i + k, j + l) \quad (2.5)$$

$$\sigma(i, j) = \sqrt{\sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L \omega_{k,l} [I(i+k, j+l) - \mu(i, j)]^2} \quad (2.6)$$

dengan $i \in \{1, 2, \dots, M\}, j \in \{1, 2, \dots, N\}$, merupakan suatu *spatial index*. Sedangkan M dan N menunjukkan baris dan kolom citra. $\omega_{k,l} | k = -K, \dots, k, l = -L, \dots, L$ merupakan bobot *Gaussian* dua dimensi sirkuler dan skala satuan volume. I_{grey} adalah nilai keabuan dari citra I (Choi dkk., 2015).

Koefisien *MSCN* bermanfaat untuk menurunkan nilai fitur statistik kabut. Di tahap ini (*fog aware statistical feature*) terdapat 12 fitur yang terlihat seperti Tabel 2.3 yang digunakan untuk mendapatkan informasi seleksi *patch*.

Tabel 2.3 Fitur statistik kabut

<i>Id</i>	<i>Features Description</i>
f_1	<i>The variance of MSCN coefficients</i>
f_2, f_3	<i>The variance of the vertical product of MSCN coefficient (positive, negative mode)</i>
f_4	<i>The sharpness</i>
f_5	<i>The coefficient of variance of sharpness</i>
f_6, f_7, f_8	<i>The contrast energy (grayscale, yellow-blue, red-green)</i>
F_9	<i>The image entropy</i>
f_{10}	<i>The dark channel prior in pixel-wise</i>
f_{11}	<i>The color saturation in HVS color space</i>
f_{12}	<i>The colorfulness</i>

Pada fitur statistik kabut didapatkan *mean* lokal dan koefisien varian lokal, kemudian citra berkabut di seleksi *patch* dan dipetakan dengan persamaan *Multivariate Gaussian*. Selanjutnya, dibandingkan antara citra berkabut dengan citra tanpa kabut menggunakan jarak *Mahalonobis*. Berikut ini adalah persamaan probabilitas kepadatan *MVG* (*multivariate Gaussian*).

$$MVG(f) = \frac{1}{2(\tau)^{d/2} |\Sigma|^{1/2}} \exp \left[\left(-\frac{1}{2} (f - \mu)^T \Sigma^{-1} (f - \mu) \right) \right] \quad (2.7)$$

dimana f adalah himpunan fitur NSS, μ dan Σ menunjukkan matriks mean dan kovarian dari model *MVG*. Sebelum menggunakan *fog aware statistical feature* dihitung terlebih dahulu jarak *Mahanolobis* seperti persamaan ini:

$$D_f(v_1, v_2, \Sigma_1 \Sigma_2) = \sqrt{(v_1 - v_2)^t \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right)^{-1} (v_1 - v_2)} \quad (2.8)$$

Dimana $v_1, v_2, \Sigma_1 \Sigma_2$ merupakan vektor *mean* dan matriks kovarian dari model *MVG* citra berkabut. Kemudian persamaan dari persepsi kepadatan kabut sebagai berikut:

$$D = \frac{D_f}{D_f + 1} \quad (2.9)$$

dimana D_f merupakan jarak antara model *MVG* (sesuai dengan *fog aware statistical feature*) dan citra tanpa kabut. Sedangkan nilai "1" konstan digunakan untuk mencegah penyebut dari nol. Nilai D yang lebih kecil menunjukkan persepsi kepadatan kabut yang lebih rendah. (Choi dkk., 2015).

2.2.7. Citra Sintesis Berkabut Homogen

Citra berkabut homogen merupakan tiruan objek yang disekitarnya terdapat embun atau kabut dan ditangkap oleh kamera tetapi ketebalan kabut tersebut sama atau homogen. Sebelum melakukan simulasi citra sintesis berkabut heterogen, harus diketahui terlebih dahulu hasil citra sintesis berkabut homogenya. Hasil pembuatan citra berkabut dengan nilai peubah $J(x)$ dihitung seperti di bawah ini (Guo dkk., 2014):

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{\max(t(x)^\lambda, t_0)} + A \quad (2.10)$$

Citra masukan tanpa kabut $I(x)$ dan disempurnakan dengan *transmission map* $t(x)$. Sedangkan A telah ditetapkan seperti dalam penjelasan 2.2.2 bahwa nilainya diatur menjadi 255 (Guo dkk., 2014).

Pada persamaan 2.10 yang menghitung $J(x)$ terdapat nilai t_0 yang ditetapkan menjadi 0.1. Selain itu juga menggunakan nilai $t(x)^{\lambda}$ seperti dalam persamaan 2.3. Namun, perhitungan tersebut hanya dapat menghasilkan kabut homogen dalam citra. Dalam realitanya, kabut dalam fenomena alam tidak selalu homogen.

2.3. *Perlin Noise*

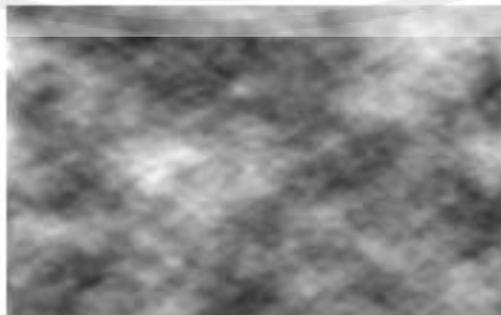
Noise atau derau merupakan sinyal acak atau *randomness* yang digunakan untuk mendistorsi informasi dalam suatu citra (Boyat & Joshi, 2015). Selain itu, proses penerimaan dan pengiriman informasi dalam citra menjadi terganggu. *Noise* mengakibatkan suatu citra menghasilkan efek seperti kabur. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa *noise* merupakan komponen dalam citra yang tidak dikehendaki.

Noise selalu hadir dalam citra digital selama akuisisi citra atau digitasi dan transmisi citra (Hermawati, 2013). Bahkan, *noise* dapat terjadi pada suatu objek yang berada disekitar kondisi yang berembun, berasap, dan berkabut. *Noise* tidak hanya menjadi faktor yang merugikan saja. Tetapi, dapat berguna jika dimanfaatkan dalam dunia *vision system* seperti dalam simulasi pada penelitian ini dimana *noise* digunakan untuk distribusi tekstur kepadatan kabut yang acak karena pada dasarnya, kabut merupakan salah satu fenomena alam yang kompleks sehingga *noise* dibutuhkan dalam simulasi kabut agar citra kabut sintetis atau buatan yang dihasilkan tampak lebih nyata.

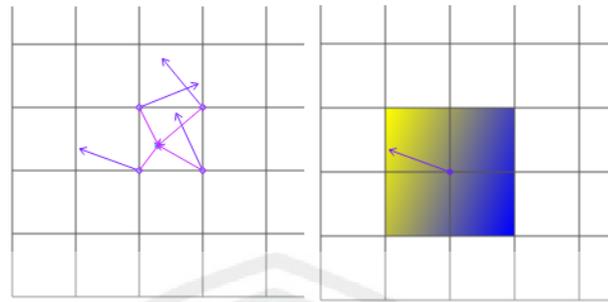
Random noise menjadi pilihan yang tepat untuk membuat simulasi kabut heterogen. *Noise* yang dihasilkan oleh fungsi tersebut mempunyai frekuensi tinggi dan menampilkan perubahan nilai kontras yang cepat dan tidak biasa untuk distribusi tekstur kepadatan kabut. Salah satu metode dengan *random noise* adalah *Perlin Noise*.

Pada tahun 1985, Ken Perlin mengembangkan sebuah teknik penghalusan *noise* yang pada waktu itu terlalu kasar untuk digunakan pada proses penciptaan *terrain* sehingga suatu adegan dapat terlihat lebih alami yang biasa disebut dengan *Perlin Noise* (Wijaya & Rahman, 2018). *Perlin Noise* juga dikenal sebagai *gradient noise* dimana titik-titik gradien diatur secara *pseudo-random* pada sebuah ruang dan terjadi proses interpolasi serta penghalusan diantara titik-titik tersebut (Wijaya & Rahman, 2018). *Gradient noise* merupakan jenis *noise* dalam pendekatan berbasis *lattice* acak (*pseudo-random*) dan sering digunakan dalam komputer grafis. Sehingga *Perlin Noise* adalah suatu metode yang mengimplementasikan *gradient noise* dimana melibatkan vektor gradien pada titik kisi acak (*lattice* acak/*pseudo-random*), *dot product*, dan interpolasi.

Perlin Noise merupakan metode pertama yang mengimplementasikan *gradient noise*. Keunggulan dari metode ini adalah cepat, sederhana, dan masih banyak digunakan dalam perangkat lunak saat ini (Lagae dkk., 2010). Metode ini dapat menghasilkan berbagai tekstur yang nampak alami sehingga sering diimplementasikan untuk simulasi fenomena yang terjadi secara alami. Selain itu, *Perlin Noise* juga mudah diterapkan dan bekerja dengan baik untuk dimensi yang lebih rendah (Räihä, 2017).



Gambar 2.4 Tekstur dari *Perlin Noise* (Guo dkk., 2014)



Gambar 2.5 Ilustrasi *Pseudo-random* dan *Dot Product* (kiri) serta Ilustrasi Hasil Interpolasi (kanan)

Cara kerja *Perlin Noise* secara sederhana diawali dengan menentukan *pseudo-random* vektor gradien. Setelah itu menghitung *dot product* dan menginterpolasinya. Pada penelitian ini, simulasi diterapkan pada citra tanpa kabut. Dalam citra terdapat kisi atau kotak-kotak yang telah diilustrasikan pada Gambar 2.5. Pada tahap *pseudo-random* akan tampak ilustrasinya seperti Gambar 2.5 dimana pada tahap ini terjadi proses pengacakan vektor gradien dan *vector going* di tiap kisinya. Vektor gradien ditandai dengan panah gradien warna biru disetiap sudut kisi. Sedangkan *vector going* ditandai dengan warna ungu. Tahap inilah dasar dari *random noise* yang dihasilkan oleh *Perlin Noise*. Kemudian melakukan *dot product* dari vektor gradien dan *vector going* seperti ilustrasi pada Gambar 2.5. *Dot product* disini adalah hasil dari operasi dua vektor tersebut. Pada gambar tersebut, *dot product* ditandai dengan titik tengah pada kisi. Kemudian melakukan proses interpolasi. Interpolasi merupakan suatu cara untuk mencari nilai diantara beberapa titik data yang diketahui. Metode interpolasi yang digunakan adalah spline kubik dimana ia mampu menghasilkan *Perlin Noise* yang halus. Ilustrasi dari proses interpolasi seperti Gambar 2.5 dimana nilai yang positif akan mencerminkan warna kuning dan nilai negatif akan mencerminkan warna biru. *Noise* yang halus ini tercipta karena menerapkan metode *interpolasi spline kubik*. Berikut ini merupakan

persamaan untuk menghasilkan distribusi kepadatan kabut heterogen menggunakan *Perlin Noise* seperti Gambar 2.4 (Perlin, 1985):

$$noise_i(x) = k \times point(x) \quad (2.11)$$

dimana masing-masing fungsi $noise_i(x)$ menggambarkan distribusi tekstur kepadatan kabut. Sedangkan variabel k dimulai dari 0 dan terus bertambah sebanyak i , sedangkan $point(x)$ merupakan variabel citra masukan yang telah melewati tahap interpolasi.

2.4. Simulasi Citra Sintesis Berkabut Heterogen

Simulasi adalah sebuah teknik yang mengimitasi proses yang terjadi dalam suatu sistem. Nilai $J(x)$ yang diperoleh dari persamaan 2.10 akan disimulasikan menjadi citra berkabut heterogen seperti persamaan di bawah ini (Guo dkk., 2014).

$$R(x) = J(x) + k \times n(x) \quad (2.12)$$

Keterangan :

$J(x)$ = Citra berkabut homogen di persamaan 2.10

k = Parameter yang mengontrol tampilan tekstur turbulensi Perlin dengan nilai 0.15

$n(x)$ = Distribusi kepadatan kabut heterogen dari *Perlin Noise* di persamaan 2.11

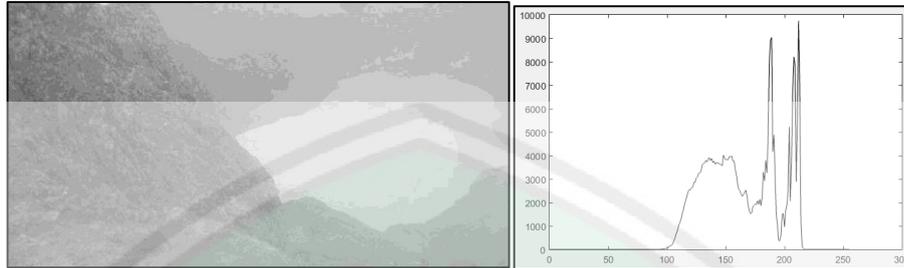
$R(x)$ = Hasil simulasi adegan kabut heterogen

2.5. Uji Validasi Simulasi Citra Sintesis Berkabut Heterogen

2.5.1. Histogram Citra

Histogram adalah sebuah grafik yang merepresentasikan frekuensi setiap nilai intensitas dari seluruh piksel citra (Kadir & Susanto, 2013). Pada koordinat kartesian, sumbu y (ordinat) menunjukkan frekuensi kemunculan dan sumbu x

(absis) menunjukkan tingkat warna. Gambar 2.5 menunjukkan contoh dari citra berkabut *grayscale* dan histogram citra berkabut *grayscale*.



Gambar 2.6 Citra Berkabut dan Histogram *Grayscale*

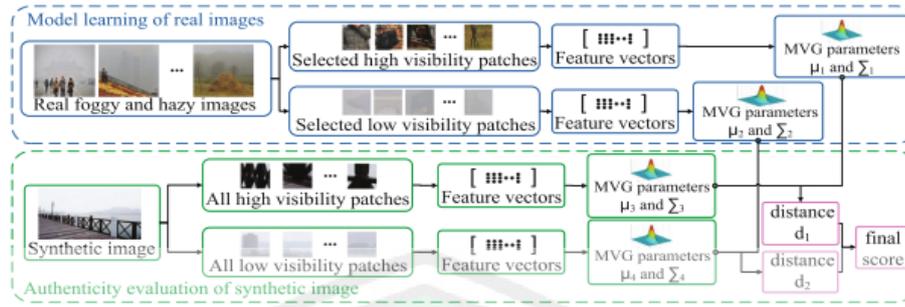
Pada pengolahan citra, peran dari histogram sangat besar. Berikut ini adalah manfaat yang dapat diperoleh dari penggunaan histogram:

1. Bermanfaat untuk menemukan setiap persebaran intensitas warna sehingga dapat digunakan untuk *decision making*, seperti peningkatan sebaran warna dan kecerahan.
2. Bermanfaat untuk menentukan batas pemisahan suatu objek dari latar belakangnya.
3. Bermanfaat untuk kepentingan identifikasi citra yang mana dapat menunjukkan persentase tekstur intensitas dan komposisi suatu warna.

Khusus pada citra RGB, histogram menunjukkan gabungan saluran tiga warna atau RGB atau per saluran.

2.5.2. *AuthESI (Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy/Hazy Images)*

Metode *AuthESI* merupakan pengukuran secara objektif terhadap keaslian simulasi citra berkabut. Metode ini didasarkan pada pembuatan kumpulan fitur statistik pemandangan alam yang khas (*natural scene statistic*) atau *NSS* dari kabut dan menyesuakannya dengan model *Multivariate Gaussian* atau *MVG*. Diagram alur dari *AuthESI* ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.7 Alur Proses *AuthESI* (Zhang dkk., 2017)

1. Fitur *NSS*

Luminasi dari *input* citra *grayscale* I sesuai dengan distribusi *Gaussian* (Rudermant, 1994). Pengurangan rata-rata dan operator *divisive normalization* (*MSCN*) dapat dihitung sebagai:

$$\hat{I} = \frac{I(i,j) - \mu(i,j)}{\sigma(i,j) + 1} \quad (2.13)$$

dimana i dan j adalah koordinat spasial, dan

$$\mu(i,j) = \sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L \omega_{k,l} I(i+k, j+l) \quad (2.14)$$

$$\sigma(i,j) = \sqrt{\sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L \omega_{k,l} [I(i+k, j+l) - \mu(i,j)]^2} \quad (2.15)$$

adalah *mean* dan kontras gambar lokal, dimana $\omega = \{\omega_{k,l} | k = -K, \dots, K, l = -L, \dots, L\}$ mendefinisikan jendela *Gaussian unit-volume*. Penggunaan statistik *log-derivative* efektif untuk menganalisis gambar alami. Setelah logaritmik mengubah *MSCN*, didapatkan persamaan 2.16.

$$J(i,j) = \log[\hat{I}(i,j) + C] \quad (2.16)$$

dimana C adalah konstanta kecil yang ditambahkan untuk menghindari ketidakstabilan numerik. Kemudian, kami menghitung tujuh jenis tetangga:

$$J(i,j+1) - J(i,j), J(i+1,j) - J(i,j), J(i+1,j+1) -$$

$$J(i,j), J(i+1,j-1) - J(i,j), J(i-1,j) + J(i+1,j) - J(i,j) -$$

1) $-J(i, j + 1), J(i, j) + J(i + 1, j + 1) - J(i, j + 1) - J(i + 1, j)$ dan $J(i - 1, j - 1) + J(i + 1, j + 1) - J(i - 1, j + 1) - J(i + 1, j - 1)$.

Nilai *MSCN* dan nilai-nilai *log-derivative* dapat dimodelkan menggunakan *Generalized Gaussian Distribution (GGD)*, yang disajikan oleh:

$$f(x : \alpha, \beta) = \frac{\alpha}{2\beta/\Gamma(1/\alpha)} \exp\left(-\left(\frac{|x|}{\beta}\right)^\alpha\right) \quad (2.17)$$

dimana $\Gamma(x) = \int_0^\infty t^{(x-1)} e^{-t} dt$, $x > 0$ menunjukkan sebuah fungsi gamma. Variabel α dan β adalah parameter bentuk dan skala yang dapat digunakan secara efektif untuk menggambarkan keaslian *fog* dan *haze*. Dengan demikian, sebuah 16-fitur vektor dihitung (Zhang dkk., 2017).

2. Seleksi Patch

Patch pada citra dengan ukuran $M \times M$ akan diindeks sebagai P_1, P_2, \dots, P_n . Fitur spesifik *NSS* kemudian dihitung dari setiap *patch*. Karena kami ingin memilih fitur untuk mengekspresikan karakteristik *foggy* dan *hazy* yang nyata, hanya sebagian kecil dari *patches* yang digunakan. Peneliti Zhang mengambil strategi mengumpulkan dua set *patches*, S_1 memiliki visibilitas tertinggi dan S_2 memiliki visibilitas terendah.

Dark channel prior dapat didefinisikan sebagai $I_{dark}(i, j) = \dots \dots c \in R, G, B$ merupakan saluran warna RGB. Daerah langit, *fog* atau *haze* dalam foto biasanya memiliki nilai tinggi di I_{dark} . Sebaliknya, daerah dengan visibilitas tinggi merupakan nilai rendah di I_{dark} . Untuk setiap *patch* P , pertama-tama dihitung rata-rata nilai *dark channel*:

$$A_p = \frac{\sum_{i_p=1}^M \sum_{j_p=1}^M I_{dark}(i_p, j_p)}{M \times M} \quad (2.18)$$

dimana $I_{dark}(i_p, j_p)$ adalah nilai *dark channel* di *patch P*. Selanjutnya, *binarization* dilakukan di *patch* sebagai:

$$B(i, j) = \begin{cases} 0 & G(i, j) < \delta \\ 255 & G(i, j) \geq \delta \end{cases} \quad (2.19)$$

dimana $G(i, j)$ adalah *gradient magnitude* (GM) dari $P(i, j)$ yang dihitung oleh operator Sobel, dan δ adalah ambang batas, yang ditetapkan menjadi 20. Untuk setiap *patch P*, dicatat banyaknya R_p dengan menghitung jumlah 255 di P . Jika A_p kurang dari 30 dan R_p lebih dari 400, *patch* ini akan dimasukkan ke dalam S_1 . Dan jika A_p lebih dari 100 dan R_p kurang dari 80, *patch* ini akan dimasukkan ke S_2 (Zhang dkk., 2017).

3. Evaluasi Keaslian Citra Sintesis

Rata-rata 16-fitur vektor untuk semua *patch* dalam S_1 dan S_2 dihitung secara terpisah. Kemudian kami menggunakan kepadatan probabilitas *MVG* agar sesuai dengan mereka:

$$MVG(f) = \frac{1}{2^{(\tau)} \pi^{d/2} |\Sigma|^{1/2}} \exp \left[\left(-\frac{1}{2} (f - \mu)^T \Sigma^{-1} (f - \mu) \right) \right] \quad (2.20)$$

dimana f adalah himpunan fitur *NSS*, μ dan Σ menunjukkan matriks *mean* dan kovarian dari model *MVG*.

Demikian pula, setiap citra sintetis dengan *fog* atau *haze* diperlakukan seperti ini dan sesuai dengan fitur mereka dengan dua model *MVG*. Tapi kali ini, semua *patch* digunakan dan jika A_p kurang dari 30, *patch* akan dimasukkan ke dalam set S_3 , jika tidak, ditempatkan ke S_4 . Keaslian citra sintetis dinyatakan sebagai jumlah jarak *Bhattacharyya* yang dimodifikasi:

$$D = \sqrt{(\mu_1 - \mu_3)^T \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_3}{2} \right)^{-1} (\mu_1 - \mu_3)} + \sqrt{(\mu_2 - \mu_4)^T \left(\frac{\Sigma_2 + \Sigma_4}{2} \right)^{-1} (\mu_2 - \mu_4)} \quad (2.21)$$

dimana $\mu_1, \mu_3, \mu_2, \mu_4$ dan $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3, \Sigma_4$ merupakan matrik kovarian dan rata-rata vektor yang bersumber dari rumus *MVG* alami dan *MVG* citra simulasi.



BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini menjelaskan tentang langkah dan alur penelitian yang hendak dilakukan. Selain itu, juga mendefinisikan kebutuhan perangkat lunak dan sistem yang hendak digunakan. Penelitian ini membangun suatu aplikasi yang mampu menyimulasikan kabut heterogen berdasarkan distribusi tekstur kepadatan kabut dengan menerapkan metode *Perlin Noise*. Data ketebalan kabut diperoleh dari penelitian sebelumnya yang berasal dari hasil perhitungan kabut dengan objek citra kawah gunung Kelud menggunakan metode *FADE (Fog Aware Density Evaluator)* (Pradanti, 2018). Sedangkan objek yang akan digunakan sebagai citra masukkan adalah citra tanpa kabut.

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

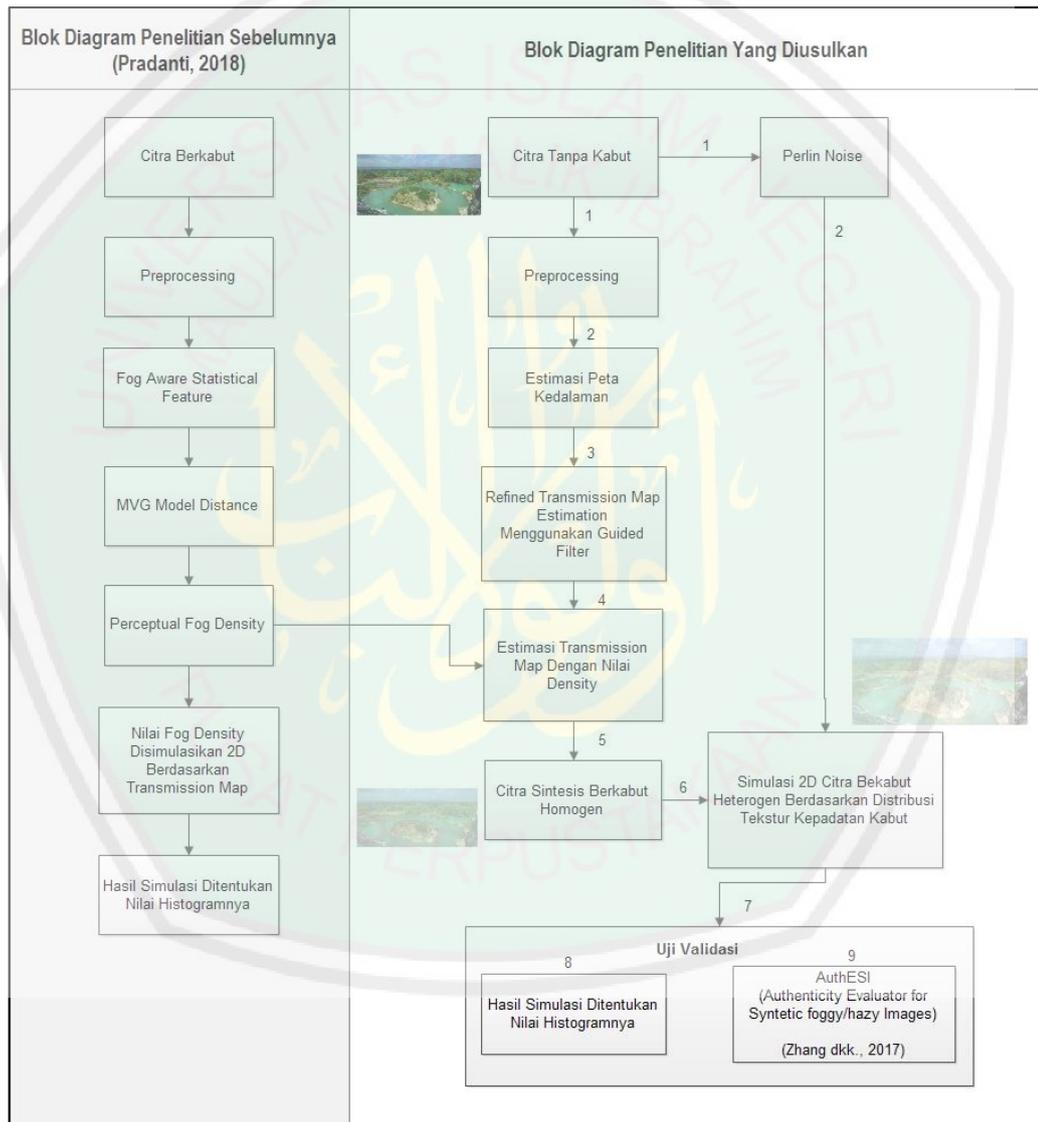
Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang merupakan tempat dilakukannya penelitian. Penelitian ini diharapkan mampu dilakukan dengan sebaik mungkin karena kondisi universitas yang menunjang proses penelitian. Sedangkan waktu penelitian ini dimulai dari bulan September sampai selesai.

3.2. Sumber Data

Sumber data kepadatan kabut didapatkan dari hasil penelitian Pradanti. Data tersebut merupakan hasil dari perhitungan ketebalan kabut dari citra kawah gunung Kelud yang ditangkap kamera *CCTV* mulai pukul 06.00-17.00 WIB. Perhitungan ketebalan kabut dalam penelitiannya telah menerapkan metode *FADE (Fog Aware Density Evaluator)* dan menghasilkan 12 data ketebalan kabut (Pradanti, 2018).

3.3. Prosedur Penelitian

Penyusunan prosedur penelitian bertujuan untuk merencanakan alur pengerjaan yang dilakukan secara bertahap. Hal ini diharapkan agar hasil tidak meleneng dari yang telah diperkirakan. Adapun blok diagram yang akan dilakukan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.1 Blok Diagram Penelitian Sebelumnya (kiri) dan Blok Diagram Penelitian Yang Diusulkan (kanan)

Penelitian ini dimulai dengan akuisisi citra pemandangan alam dan mengumpulkan data ketebalan kabut dari penelitian sebelumnya. Akuisisi data

merupakan pengambilan data citra digital melalui alat penangkap citra digital seperti kamera digital. Setelah itu, peneliti mengumpulkan data ketebalan kabut dari penelitian sebelumnya untuk diproses menjadi salah satu parameter dalam simulasi.

Tabel 3.1 *Density* dari 12 citra uji (Pradanti, 2018)

Waktu	<i>Density</i>
06.00 WIB	3.55369541388045
07.00 WIB	3.37337790083274
08.00 WIB	2.41001036662652
09.00 WIB	3.42435428970719
10.00 WIB	4.10811244715136
11.00 WIB	3.25740910843700
12.00 WIB	2.76122601942079
13.00 WIB	4.20856343050172
14.00 WIB	3.09256961475829
15.00 WIB	8.18132569738215
16.00 WIB	5.12317586750335
17.00 WIB	4.15400182969878

3.1.1. Citra Tanpa Kabut



Gambar 3.2 Citra Tanpa Kabut

Citra tanpa kabut berupa citra pemandangan alam yang akan menjadi objek dalam simulasi 2 dimensi kabut heterogen berdasarkan distribusi tekstur kepadatan dengan menerapkan *Perlin Noise*. Memilih citra pemandangan alam dikarenakan

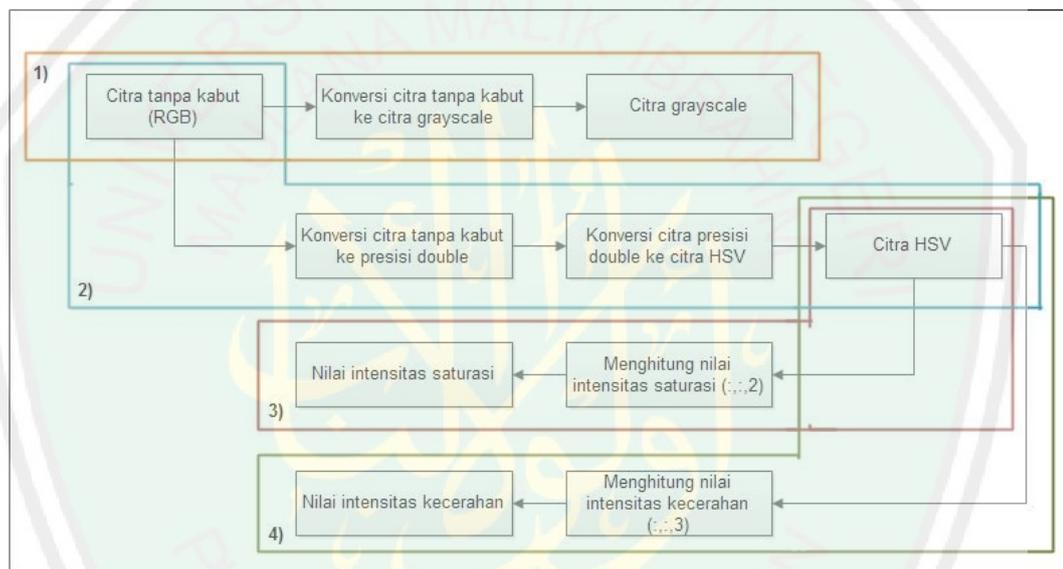
fenomena kabut terjadi di alam. Sehingga, citra yang digunakan adalah citra luar ruangan.

3.1.2. Preprocessing

Pada tahap *preprocessing* terdapat 4 tahap yang harus dilakukan, antara lain:

- 1) RGB to gray channel, 2) RGB to HSV, 3) HSV color space to Saturation, dan
- 4) HSV color space to Brightness yang diproses dalam patch size 40x40.

Sedangkan untuk blok diagram dari 4 tahap tersebut tertera di Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Blok Diagram *Preprocessing*

Pada Gambar 3.3 merupakan blok diagram dari 4 tahap yang telah ditandai dengan nomor urut dan warna kotak yang berbeda-beda untuk memperjelas prosesnya. Pada nomor 1 dengan kotak warna oranye merupakan tahap RGB to gray channel. Nomor 2 dengan kotak warna biru merupakan tahap RGB to HSV. Nomor 3 dengan kotak warna merah merupakan tahap HSV color space to Saturation. Sedangkan nomor 4 dengan kotak warna hijau merupakan tahap HSV color space to Brightness. Untuk penjelasan selengkapnya, di bawah ini telah diuraikan mengenai 4 tahap tersebut.

1) *RGB to Gray Channel*

Citra masukan berupa citra pemandangan alam merupakan citra berwarna RGB (*red, green, blue*). Citra RGB ini dikonversi terlebih dahulu menjadi citra berskala keabuan atau citra *grayscale*. Citra *grayscale* mempunyai intensitas berkisar antara 0 (hitam) sampai dengan 255 (putih). Konversi ke *gray channel* ini digunakan untuk memperoleh nilai histogram dari citra masukan, citra sintesis berkabut homogen, dan hasil simulasi 2D berupa citra berkabut heterogen.

2) *RGB to HSV*

Proses ini mengubah atau mengonversi citra RGB menjadi citra HSV. Pendefinisian warna dalam citra HSV meliputi *hue* (warna sebenarnya), *saturation* (kemurnian warna), dan *value* (kecerahan warna). Kelebihan citra HSV yakni ketika terdapat warna yang sama saat ditangkap oleh indera penglihatan manusia. Sedangkan citra RGB merupakan hasil campuran dari warna primer. Citra HSV ini akan berperan dalam estimasi peta kedalaman.

3) *HSV color space to Saturation*

Proses yang selanjutnya adalah mengambil nilai intensitas saturasi pada citra HSV. Nilai intensitas saturasi ini berkorelasi dengan estimasi peta kedalaman. Semakin tinggi nilai intensitas saturasinya maka akan semakin pekat pula warnanya. Nilai intensitas saturasi tertinggi adalah warna merah. Nilai intensitas saturasi rendah adalah warna merah muda. Sedangkan nilai intensitas saturasi nol adalah warna putih.

4) HSV color space to Brightness

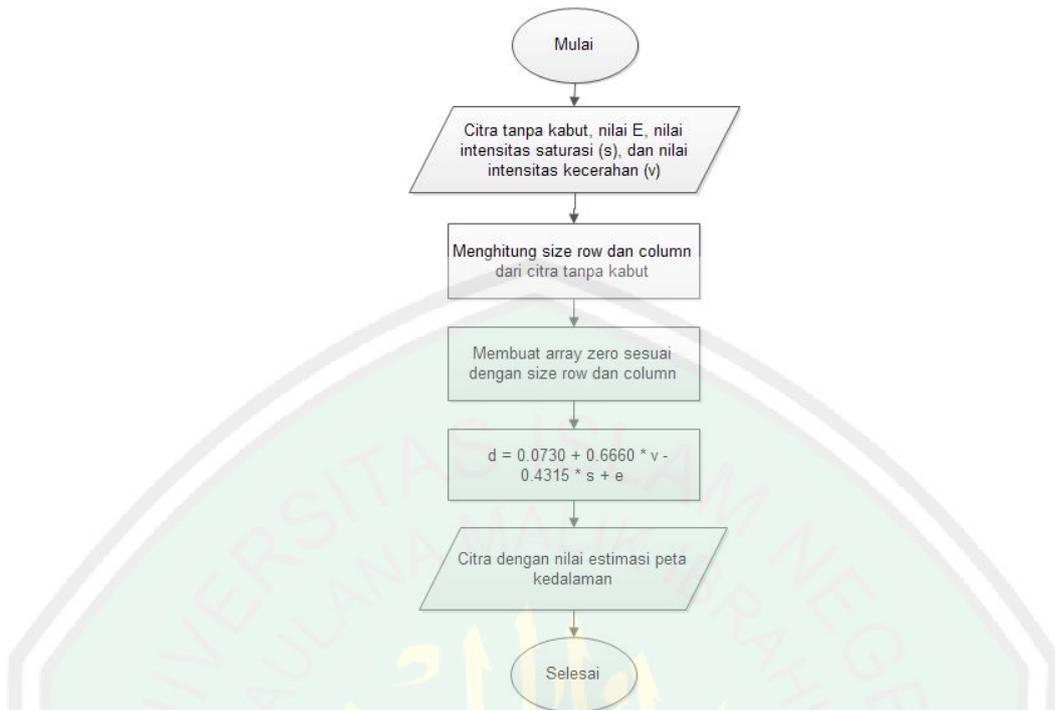
Proses yang selanjutnya adalah mengambil nilai intensitas *brightness* atau kecerahan pada citra HSV. Nilai intensitas saturasi ini berkorelasi dengan estimasi peta kedalaman.

3.1.3. Estimasi Peta Kedalaman

Kedalaman dari setiap piksel menggambarkan jarak yang tak terbatas (Putra dkk., 2016). Kedalaman dari citra berkorelasi positif dengan nilai intensitas kecerahan dan saturasi, selain itu juga dapat dikatakan bahwa seiring meningkatnya nilai peta kedalaman maka meningkat pula intensitas kecerahannya dan menurun pula intensitas saturasinya (O. V. Putra, 2017). Nilai intensitas kecerahan dan saturasi merupakan salah satu saluran warna HSV. Sedangkan nilai *hue* diabaikan. Sehingga, dimodelkan persamaan di bawah ini untuk menentukan nilai kedalaman dari suatu citra (O. V. Putra dkk., 2016).

$$d(x) = \theta_1 + \theta_2 b(x) + \theta_3 s(x) - \varepsilon \quad (3.1)$$

dimana x merupakan posisi dalam citra, $b(x)$ adalah nilai kecerahan dan $s(x)$ adalah nilai saturasi. Nilai dari θ_1 , θ_2 , θ_3 adalah 0.0730, 0.6660, 0.4315. Sedangkan ε nilai adalah 0.041337. Pada Gambar 3.4 menunjukkan *flowchart* estimasi peta kedalaman dari citra.



Gambar 3.4 *Flowchart* Estimasi Peta Kedalaman



Gambar 3.5 Citra Tanpa Kabut (kiri) dan Estimasi Kedalaman (kanan)

3.1.4. *Refined Transmission Map Estimation Menggunakan Guided Filter*

Proses ini mengestimasi *transmission map* dalam suatu citra. Bedanya, hasil estimasi ini telah disempurnakan menggunakan *Guided Filter*. Penerapan metode tersebut digunakan untuk memperhalus citra dengan mempertahankan tepian. Selain itu metode ini mempunyai algoritma yang cepat dengan bergantung dari ukuran kernel dan kisaran intensitas serta teknik pengolahan citra untuk *smoothing* tekstur dan mempertahankan tepian dalam metode ini termasuk tercepat (Nugroho & Fadila, 2017).

Metode *Guided Filter* melakukan penyaringan citra masukkan dan menghasilkan citra keluaran yang lebih halus dan mempertahankan tepiannya. Metode ini menghasilkan *output filter* q berdasarkan *guided image* I dan *filter input* p sebagai citra yang perlu ditingkatkan. *Guided image* dalam hal ini adalah citra masukkan itu sendiri. Selain itu, citra I dan p boleh identik.

Kunci dari *Guided Filter* adalah model linear dari I *guided image* dan q *filter output*. Setelah itu, q adalah linear transformasi dari *window* ω_k yang berpusat di k . Berikut ini merupakan model linear lokalnya:

$$q_i = a_k I_i + b_k, \forall i \in \omega_k \quad (3.2)$$

dimana i merupakan indeks piksel, dan k adalah indeks dari jendela persegi lokal ω dengan radius r . Sedangkan, penentuan koefisien (a_k, b_k) memerlukan batasan *filter output* q . Sehingga *output* q yang merupakan input p untuk mengurangi suatu komponen n yang tidak dibutuhkan seperti *noise*:

$$q_i = p_i - n_i \quad (3.3)$$

Persamaan tersebut akan menimbulkan perbedaan q dengan p . Sehingga digunakanlah model linier untuk mengecilkan perbedaan tersebut. Khususnya, mengecilkan *cost function* berikut pada *window* ω_k :

$$E(a_k, b_k) = \sum_{i \in \omega_k} ((a_k I_i + b_k - p_i)^2 + \lambda a_k^2) \quad (3.4)$$

Sehingga persamaan untuk koefisien (a_k, b_k) sebagai berikut:

$$a_k = \frac{\frac{1}{|\omega|} \sum_{i \in \omega_k} I_i p_i - \mu_k \bar{p}_k}{\sigma_k^2} \quad (3.5)$$

$$b_k = \bar{p}_k - a_k \mu_k \quad (3.6)$$

dimana μ_k dan σ_k merupakan rata-rata dan varian dari I di jendela k , dan λ merupakan regularisasi pengendali tingkat *smoothing*. *Output* penyaringan dihitung oleh:

$$q_i = \bar{a}_i I_i + \bar{b}_i \quad (3.7)$$

dimana \bar{a}_i dan \bar{b}_i merupakan *mean a* dan *b* yang masing-masingnya di jendela ω_i dan berpusat di i . Komputasi utama menggunakan beberapa *box filter*. Pada Gambar 3.6 merupakan *pseudocode* algoritma dari *Guided Filter*.

Algorithm 1 Guided Filter.

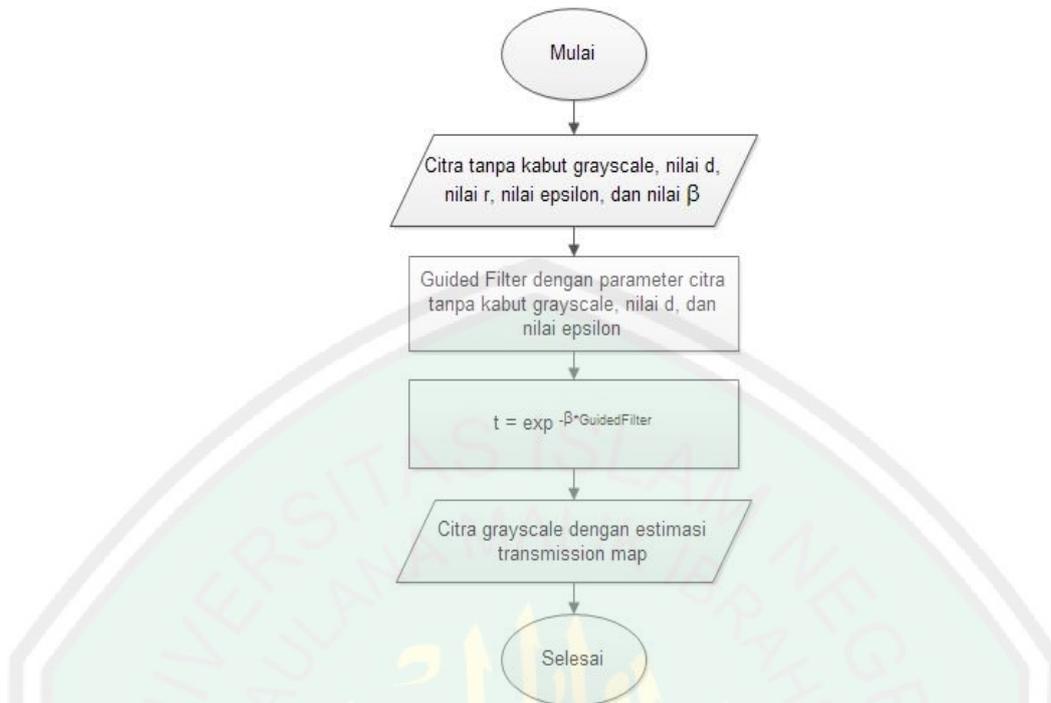
```

1: meanI = fmean(I, r)
   meanp = fmean(p, r)
   corrI = fmean(I * I, r)
   corrIp = fmean(I * p, r)
2: varI = corrI - meanI * meanI
   covIp = corrIp - meanI * meanp
3: a = covIp ./ (varI + ε)
   b = meanp - a * meanI
4: meana = fmean(a, r)
   meanb = fmean(b, r)
5: q = meana * I + meanb

```

Gambar 3.6 *Pseudocode* Algoritma *Guided Filter* (He & Sun, 2015)

Estimasi *transmission map* ini dimulai dari pemrosesan citra dengan peta kedalaman sebagai *filter input p* dan citra tanpa kabut *grayscale* (citra masukkan) sebagai *guided input I*. Setelah mendapatkan *output filter q* dari hasil pemrosesan *Guided Filter*, *output* tersebut akan mewakili nilai peta kedalaman sesuai dengan persamaan 2.2. Sehingga hasil dari *refined transmission map estimation* menggunakan *Guided Filter* adalah citra *grayscale* dengan *transmission map* yang telah disempurnakan. Gambar 3.7 merupakan *flowchart* proses estimasi *transmission map* yang telah disempurnakan menggunakan *Guided Filter*.



Gambar 3.7 Flowchart Refined Transmission Map Estimation Menggunakan *Guided Filter*

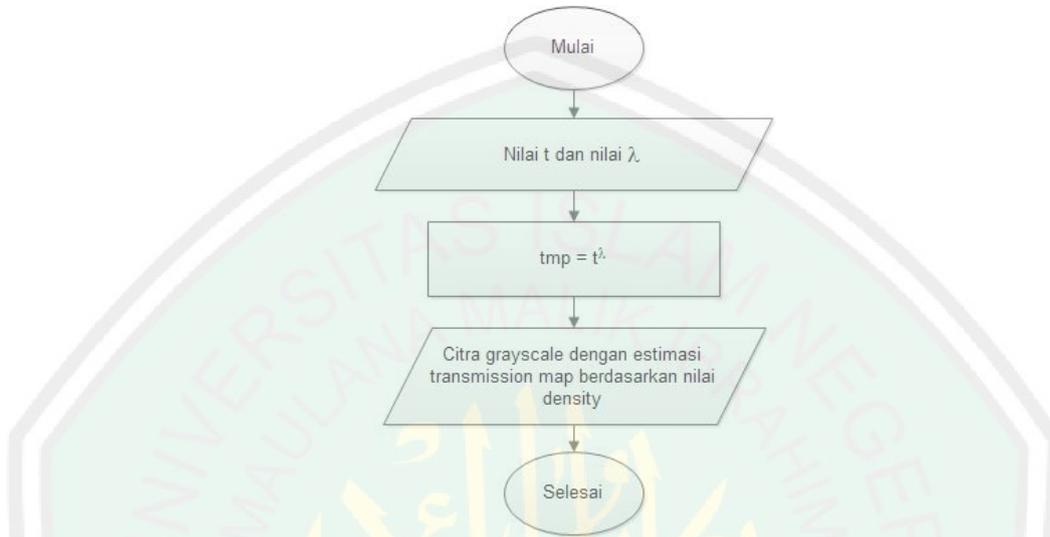


Gambar 3.8 Citra Tanpa Kabut (kiri), Estimasi Kedalaman (tengah), dan Refined Transmission Map Estimation Menggunakan *Guided Filter* (kanan)

3.1.5. Estimasi Transmission Map Berdasarkan Nilai Density

Persamaan 2.3 menunjukkan bahwa untuk citra berkabut mempunyai nilai *transmission map* yang disesuaikan dengan parameter λ . Simbol dari *transmission map* ini adalah $t(x)^\lambda$. Hal ini dikarenakan, *transmission map* memengaruhi terciptanya kabut dalam suatu citra. Sehingga parameter λ digunakan untuk menambahkan nilai *density* kabut yang telah didapatkan dari penelitian sebelumnya agar terciptanya citra sintesis berkabut. Selain itu, proses ini akan menghasilkan

citra *grayscale* dengan estimasi *transmission map* berdasarkan *density*. Pada Gambar 3.9 menunjukkan *flowchart* estimasi *transmission map* berdasarkan nilai *density*.



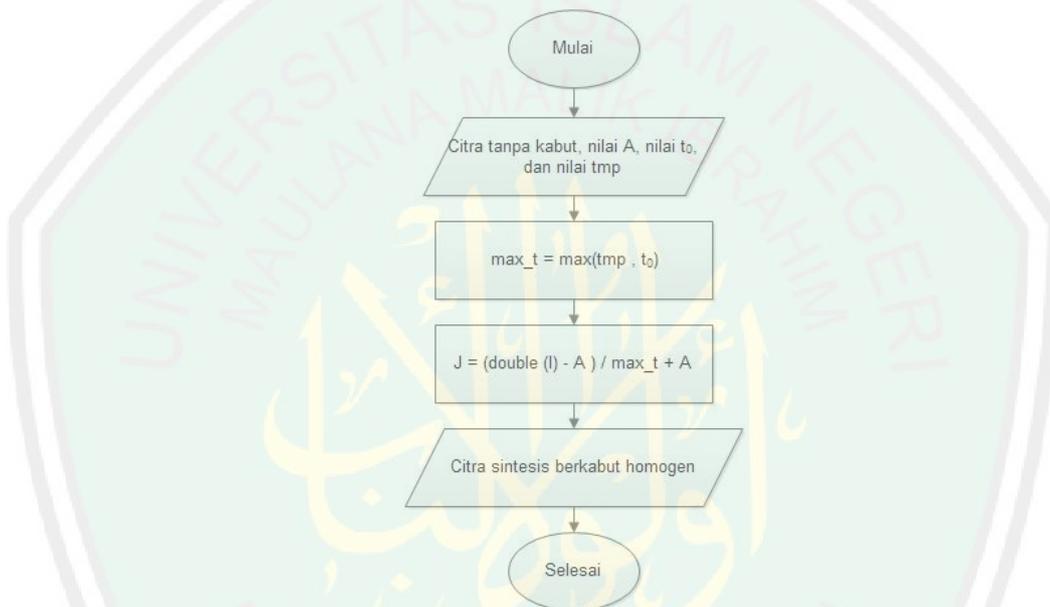
Gambar 3.9 *Flowchart* Estimasi *Transmission Map* Berdasarkan Nilai *Density*



Gambar 3.10 Citra Tanpa Kabut (kiri-atas), Estimasi Kedalaman (kanan-atas), *Refined Transmission Map Estimation* Menggunakan *Guided Filter* (kiri-bawah), dan Estimasi *Transmission Map* Berdasarkan Nilai *Density* (kanan-bawah)

3.1.6. Citra Sintesis Berkabut Homogen

Setelah mengetahui nilai dari citra masukan tanpa kabut $I(x)$, *transmission map* yang telah disempurnakan $t(x)$, dan airlight A , maka untuk membuat citra sintesis berkabut $J(x)$ haruslah mengikuti persamaan 2.10. Pada Gambar 3.11 menunjukkan *flowchart* pembentukan citra sintesis berkabut homogen berdasarkan model hamburan atmosfer yang sesuai dengan karakteristik fisik adegan kabut.



Gambar 3.11 *Flowchart* Citra Sintesis Berkabut Homogen

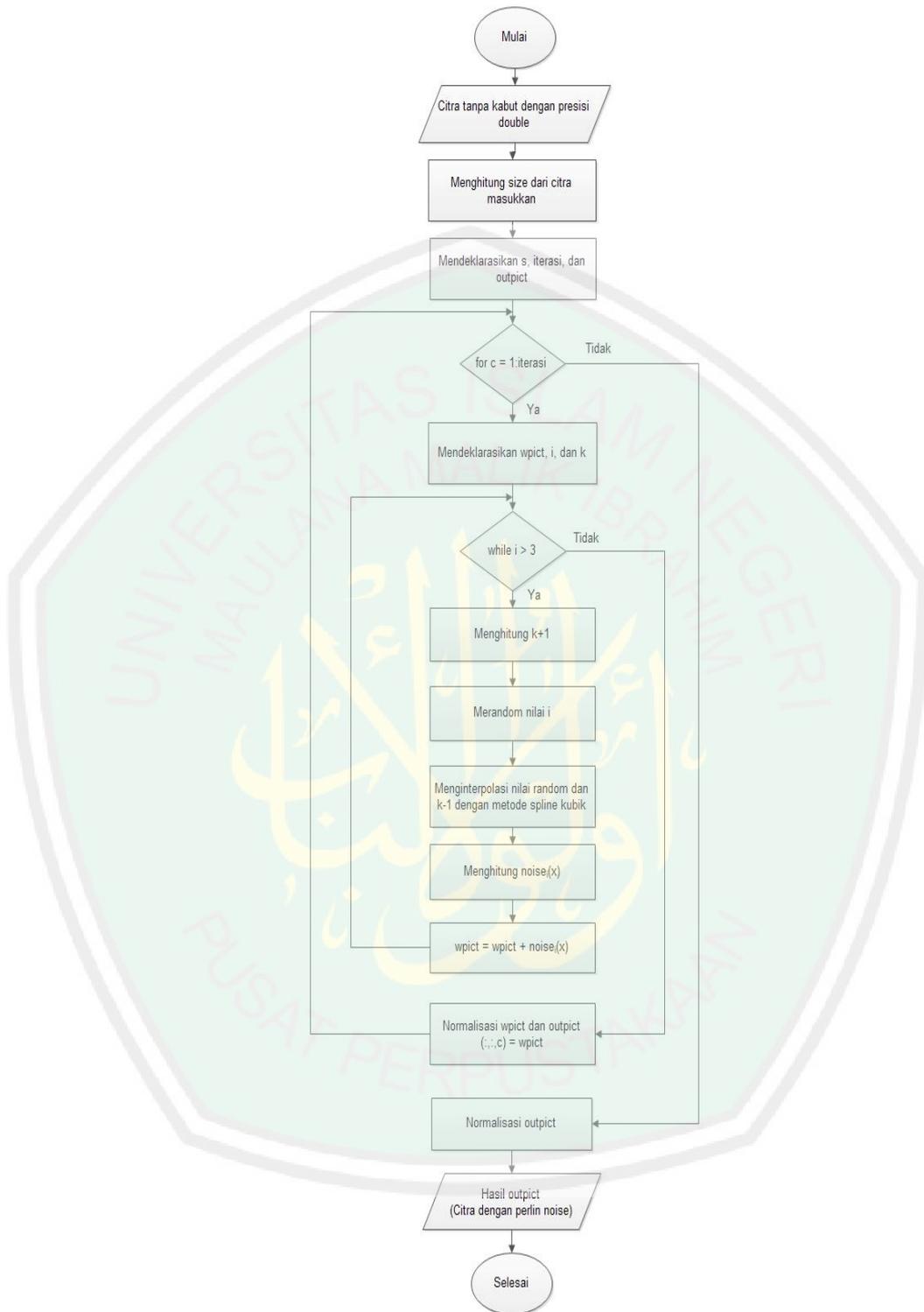


Gambar 3.12 Citra Tanpa Kabut (kiri) dan Citra Sintesis Berkabut Homogen

(kanan)

3.1.7. *Perlin Noise*

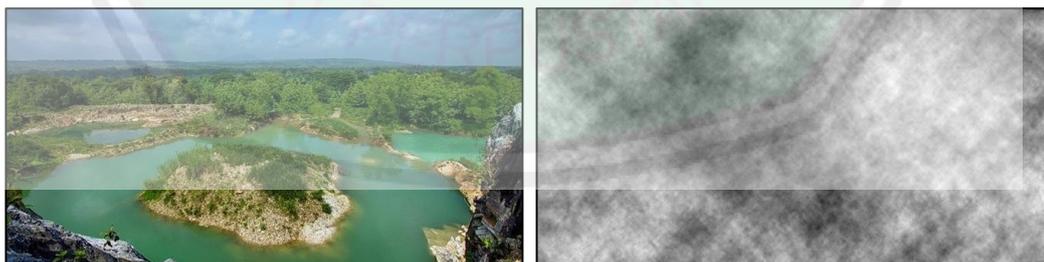
Distribusi tekstur kepadatan kabut yang dihasilkan dari *Perlin Noise* mempunyai hubungan yang erat dengan kepadatan kabut. Dimana kabut merupakan penyebab *noise* yang ada di dalam citra. Sehingga untuk menyimulasikan citra berkabut dibutuhkan *noise* berupa kabut. Tetapi jenis kabut ada yang tipis, sedang, dan tebal. Oleh karena itu dibutuhkan kepadatan/*density* sebagai parameter untuk menyimulasikan citra berkabut. Selain itu, kepadatan kabut di dunia nyata lebih kompleks, karena di beberapa daerah tertentu mempunyai kepadatan yang berbeda atau heterogen. Sehingga untuk menciptakan simulasi citra berkabut heterogen (identik dengan acak) yang tampak alami harus menggunakan teknik penghalusan yang mampu mendistribusikan tekstur kepadatan kabut tersebut. Dimana hasilnya adalah *random noise*. Metode yang tepat pada kasus ini adalah *Perlin Noise* dimana ia mampu menghasilkan citra sintetis berkabut heterogen pada simulasi. *Perlin Noise* ini juga dikenal dengan sebutan *gradient noise* karena titik-titik gradien diatur secara *pseudo-random* dan terjadi proses interpolasi serta penghalusan antara titik-titik tersebut (Wijaya & Rahman, 2018). *Perlin Noise* yang digunakan adalah *Perlin Noise* 2D karena citra mempunyai koordinat x dan y . Berikut ini adalah *flowchart* dari *Perlin Noise* yang ditunjukkan di Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Flowchart Perlin Noise

Pemrosesan *Perlin Noise* ini dimulai dari menghitung *size* dari citra tanpa kabut dengan presisi *double*. Kemudian melakukan deklarasi *s* untuk membuat

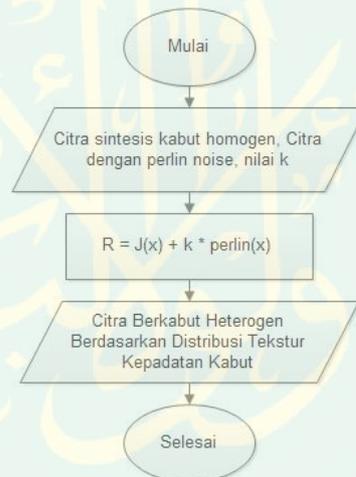
matrik $row \times column$ sesuai dengan $size$ citra tanpa kabut. Setelah itu melakukan deklarasi *iterasi* berdasarkan nilai ruang warna cita tanpa kabut dan melakukan deklarasi *outpict* sebagai *output Perlin Noise*. Kemudian melakukan perulangan sebanyak *iterasi* dan mendeklarasikan *wpict* sebagai *array zero s, i* sebagai frekuensi *noise* yang diambil dari nilai maksimal s dan k sebagai konstanta yang berperan dalam proses interpolasi dan perhitungan *noise*. Ketika $i > 3$, maka akan dilakukan proses *pseudo-random* pada titik-titik gradien di setiap *lattice*. Kemudian melakukan proses interpolasi *spline* kubik dengan nilai *pseudo-random* dan nilai yang akan menghasilkan *dot product* $(k-1)$. Hasil proses interpolasi ini sudah menghasilkan interpolasi yang *smooth*. Oleh karena itu, sesuai dengan persamaan 2.11, perhitungan *noise* berasal dari hasil interpolasi dikalikan k . Kemudian *wpict* ditambahkan dengan nilai *noise*. Sehingga *wpict* merupakan citra *noise*. Kemudian dilakukan normalisasi *wpict* agar *range* nilainya 0 sampai 1 dan *output outpict* dimodelkan sebagai hasil *wpict*. Bila *iterasi* sama dengan 3 maka akan dilakukan normalisasi pada *outpict* sehingga *output* tetap RGB tetapi nilainya akan tetap berkisar 0 sampai 1 sehingga hasil terlihat hitam hingga putih.



Gambar 3.14 Citra Tanpa Kabut (kiri) dan *Perlin Noise* (kanan)

3.1.8. Simulasi 2D Citra Sintesis Berkabut Heterogen Berdasarkan Distribusi Tekstur Kepadatan Kabut

Hasil dari perhitungan untuk menghasilkan nilai $R(x)$ sesuai dengan persamaan 2.12 akan disimulasikan. Simulasi ini merupakan simulasi 2D citra berkabut heterogen berdasarkan distribusi tekstur kepadatan kabut menggunakan *Perlin Noise* yang sebelumnya telah dicari. Simulasi ini digunakan untuk mengetahui distribusi tekstur kepadatan kabut disetiap waktu simulasi yang telah ditentukan. Pada Gambar 3.15 merupakan *flowchart* untuk membuat citra kabut heterogen berdasarkan distribusi kepadatan kabut menggunakan *Perlin Noise*.



Gambar 3. 15 *Flowchart* Membuat Citra Berkabut Heterogen Berdasarkan Distribusi Kepadatan Kabut Menggunakan *Perlin Noise*



Gambar 3.16 Citra Tanpa Kabut (kiri), Citra Sintesis Berkabut Homogen (tengah), dan Membuat Citra Berkabut Heterogen Berdasarkan Distribusi Kepadatan Kabut Menggunakan *Perlin Noise* (kanan)

3.1.9. Uji Validasi Simulasi Citra Sintesis Berkabut Heterogen

Pada uji validasi akan digunakan dua cara yang berbeda yaitu dengan histogram dan metode *AuthESI*. Di bawah ini merupakan penjelasan tentang kedua cara tersebut, yaitu sebagai berikut:

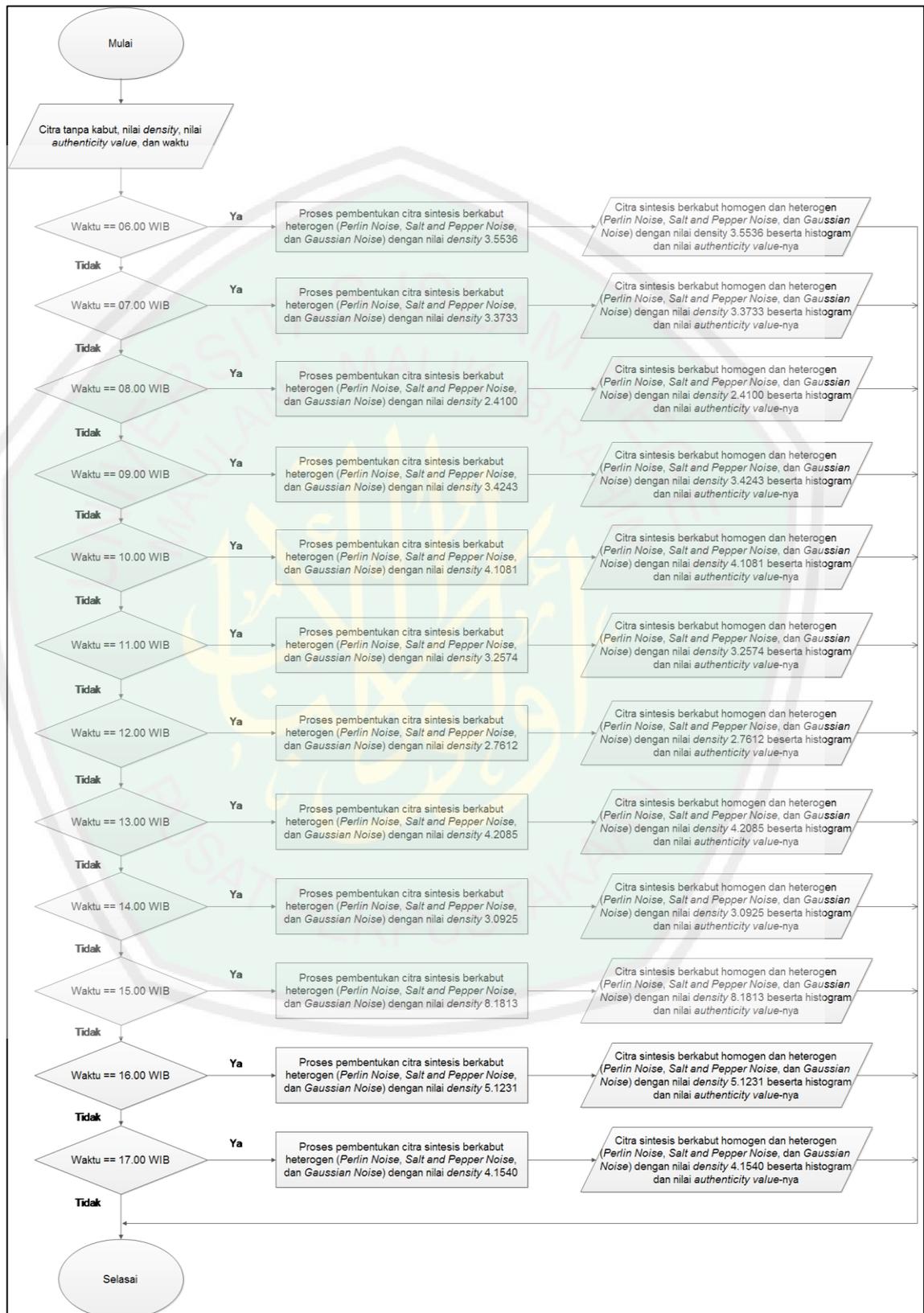
1) Penentuan Nilai Histogram

Histogram itu sendiri adalah tampilan berupa grafik yang menunjukkan informasi tentang frekuensi kemunculan relatif dari distribusi intensitas pada citra (W. P. Putra & Handayaningsih, 2008). Histogram ini juga akan menunjukkan persebaran intensitas warna putih dalam citra sintetis berkabut heterogen dimana warna putih tersebut merepresentasikan kabut. Kegunaan nilai histogram ini untuk membandingkan nilai histogram citra masukan, citra sintetis berkabut homogen, dan citra sintesis berkabut heterogen. *Output* dari histogram adalah grafik dengan nilai persebaran intensitas warna dengan jumlah frekuensi kemunculannya. Bila grafik di histogram dengan intensitas dan frekuensi kemunculan yang besar, maka ia mempunyai warna putih yang lebih banyak yang mewakili adegan berkabut.

2) *AuthESI* (*Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy/Hazy Images*)

AuthESI adalah metode yang dirancang untuk mengukur keaslian simulasi citra sintetis berkabut secara objektif (Zhang dkk., 2017). *Output* pengukuran dari metode ini berupa angka yang merepresentasikan nilai keaslian atau *authenticity values* (AV) dari citra yang di uji (citra sintetis berkabut heterogen) dan berupa bilangan riil positif.

3.4. Alur Simulasi 2D Citra Sintesis Berkabut Heterogen



Gambar 3.17 Alur Simulasi 2D Citra Sintesis Berkabut Heterogen

Pada Gambar 3.17 menunjukkan alur simulasi penelitian. Simulasi dimulai dengan memasukkan berupa citra tanpa kabut, nilai *density*, nilai *authenticity value*, dan waktu. Jika waktu sama dengan 06.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 3.5535. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 3.5535 beserta histogram dan nilai *authenticity value*. Jika waktu tidak sama dengan 06.00 WIB dan waktu sama dengan 07.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 3.3733. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 3.3733 beserta histogram dan nilai *authenticity value*. Jika waktu tidak sama dengan 07.00 WIB dan waktu sama dengan 08.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 2.4100. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 2.4100 beserta histogram dan nilai *authenticity value*. Jika waktu tidak sama dengan 08.00 WIB dan waktu sama dengan 09.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 3.4243. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai

density 3.4243 beserta histogram dan nilai *authenticity value*. Jika waktu tidak sama dengan 09.00 WIB dan waktu sama dengan 10.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 4.1081. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 4.1081 beserta histogram dan nilai *authenticity value*. Jika waktu tidak sama dengan 10.00 WIB dan waktu sama dengan 11.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 3.2574. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 3.2574 beserta histogram dan nilai *authenticity value*. Jika waktu tidak sama dengan 11.00 WIB dan waktu sama dengan 12.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 2.7612. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 2.7612 beserta histogram dan nilai *authenticity value*. Jika waktu tidak sama dengan 12.00 WIB dan waktu sama dengan 13.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 4.2085. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 4.2085 beserta histogram dan nilai *authenticity value*. Jika waktu tidak sama

dengan 13.00 WIB dan waktu sama dengan 14.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 3.0925. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 3.0925 beserta histogram dan nilai *authenticity value*. Jika waktu tidak sama dengan 14.00 WIB dan waktu sama dengan 15.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 8.1813. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 8.1813 beserta histogram dan nilai *authenticity value*. Jika waktu tidak sama dengan 15.00 WIB dan waktu sama dengan 16.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 5.1231. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 5.1231 beserta histogram dan nilai *authenticity value*. Jika waktu tidak sama dengan 16.00 WIB dan waktu sama dengan 17.00 WIB maka akan memproses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 4.154. Dan keluarannya berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) dengan nilai *density* 4.154 beserta histogram dan nilai *authenticity value*.

3.5. Instrumen Penelitian

Adapun instrumen penelitian yang dibutuhkan untuk menunjang kelancaran proses penelitian yang dilakukan hingga penelitian ini dapat terselesaikan.

Instrumen penelitian yang akan digunakan antara lain:

Tabel 3.2 Instrumen Penelitian

Perangkat Lunak	Perangkat Keras
Sistem operasi Microsoft Windows 8.1	Prosesor Intel i3 1.80 GHz
Matlab 2015	RAM 4GB
Pengolahan gambar Paint	Harddisk 500GB
	Nvidia GeForce 610M

BAB IV

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Bab empat menjelaskan tentang uji coba dan analisa terhadap simulasi. Penelitian ini mengimplementasikan metode *Perlin Noise* untuk mendistribusikan tekstur kepadatan kabut sehingga mampu menghasilkan citra sintesis berkabut heterogen yang terlihat nyata dan selanjutnya disimulasikan selama 12 jam dengan nilai *density* kabut yang berbeda ditiap jam. Disamping itu, mengimplementasikan dua metode *noise* yang lain juga seperti *Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise* untuk membandingkan hasil distribusi tekstur kepadatan kabut dari ketiga metode tersebut. Pada uji validasinya, dilakukan perhitungan *authenticity value* menggunakan metode *AuthESI* untuk mengukur tingkat keaslian citra sintesis berkabut dan menganalisa persebaran intensitas warnanya menggunakan histogram. Kemudian mengklasifikasikan citra sintesis berkabut menjadi tiga kelompok berdasarkan *density* yaitu kabut tipis, sedang, dan tebal.

4.1. Data Uji

Citra uji berupa citra tanpa kabut dengan *patch size* 40x40 yang diolah menjadi citra berkabut homogen dan citra dengan distribusi tekstur kepadatan kabut menggunakan metode *Perlin Noise*. Citra uji yang diolah menjadi citra berkabut membutuhkan data berupa nilai *density* untuk menambahkan kepadatan kabut pada citra uji. Nilai *density* tersebut diperoleh dari penelitian sebelumnya, dimana penelitian tersebut menghasilkan 12 nilai *density* yang diperoleh dari hasil perhitungan metode *FADE (Fog Aware Density Estimation)* terhadap citra berkabut di kawah gunung Kelud dari pukul 06.00 WIB – 17.00 WIB seperti yang

tertera di Tabel 3.1. Oleh karena itu, simulasi akan menampilkan 12 citra sintesis berkabut heterogen dengan nilai *density* yang berbeda-beda selama 12 jam.

4.2. Hasil Uji Coba dan Analisa

Proses uji coba dijalankan dari pengolahan citra tanpa kabut menjadi suatu citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen yang telah mengimplementasikan metode *Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*. Latar belakang dipilihnya metode *Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise* sebagai pembanding karena kedua metode tersebut merupakan metode *noise* yang sering dijumpai di citra yang terdegradasi visualnya. Selain itu, dengan adanya ketiga metode tersebut, manusia secara visual dapat membandingkan metode mana yang lebih mampu memvisualisasikan kabut heterogen yang tampak lebih nyata.

Salt and Pepper Noise dinamakan sebagai *impulse noise* atau nilai *noise* berbentuk biner (0 atau 1). Bentuk dari *noise* tersebut seperti taburan garam yang akan memberikan warna putih pada titik yang terkena *noise*. Biasanya, penyebab timbulnya *noise* adalah suatu gangguan yang mendadak dan tajam saat proses penangkapan isyarat citra. Selain itu, *noise* ini juga sering muncul pada citra yang diperoleh melalui kamera. Pada percobaan ini, *Salt and Pepper Noise* diimplementasikan pada citra tanpa kabut untuk menghasilkan sebuah citra *Salt and Pepper Noise* yang mampu mendistribusikan tekstur kepadatan kabut. Implementasi metode tersebut dengan satu parameter yaitu nilai kerapatan *noise* yang mana dalam percobaan ini menggunakan seperseratus dari nilai *density*. Hal ini bertujuan untuk memberikan kerapatan *noise* yang berbeda-beda sesuai dengan nilai *density*-nya. Hasilnya berupa citra berskala biner dengan titik-titik putih. Kemudian citra sintesis berkabut homogen di *render* dengan citra *Salt and Pepper*

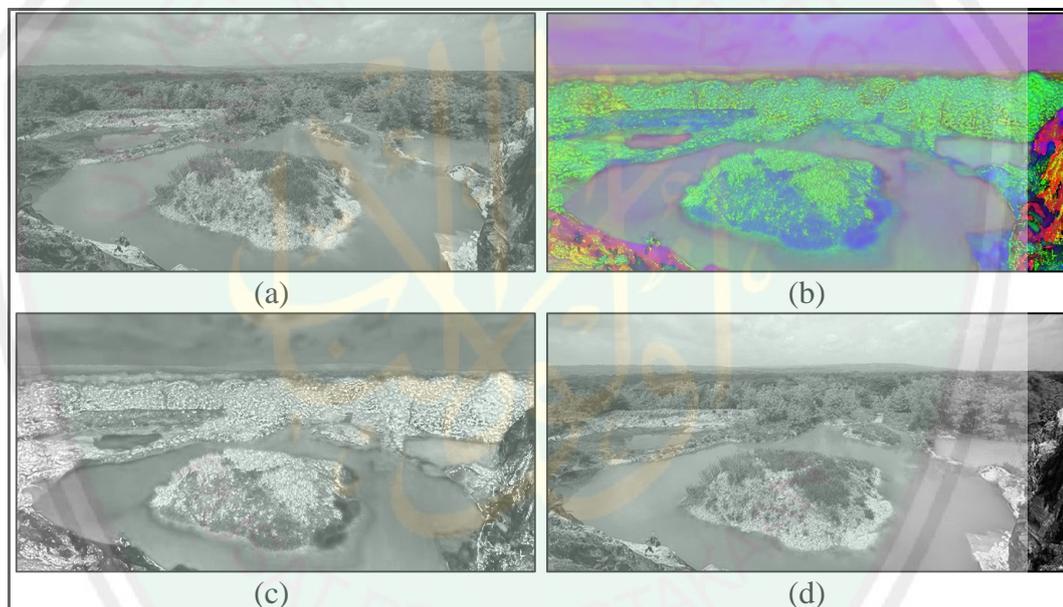
Noise yang bertujuan untuk menghasilkan citra sintesis berkabut heterogen yang mengimplementasikan *Salt and Pepper Noise* dalam distribusi tekstur kepadatan kabutnya.

Gaussian Noise merupakan *white noise* yang modelnya memiliki fungsi kepadatan probabilitas (*Probability Density Function* (PDF)). Fungsi Kepadatan Probabilitas tersebut merupakan sebuah fungsi yang menggunakan distribusi probabilitas berupa distribusi gauss sebagai fungsi pembangkit bilangan acak. Contoh dari *noise* tersebut sering terlihat di gangguan layar televisi. Pada percobaan ini, *Salt and Pepper Noise* diimplementasikan pada citra tanpa kabut untuk menghasilkan sebuah citra *Gaussian Noise* yang mampu mendistribusikan tekstur kepadatan kabut. Implementasi metode tersebut menggunakan 2 parameter yaitu nilai rata-rata 0 dan nilai varian 0.01 (*default*). Hasilnya berupa citra berskala biner dengan titik-titik putih (*white noise*). Kemudian citra sintesis berkabut homogen di *render* dengan citra *Gaussian Noise* yang bertujuan untuk menghasilkan citra sintesis berkabut heterogen yang mengimplementasikan *Gaussian Noise* dalam distribusi tekstur kepadatan kabutnya.

Kemudian, untuk mengetahui perbandingan dari citra sintesis berkabut homogen dan heterogen digunakan histogram dan metode *AuthESI*. Berikut pembahasan hasil uji coba dan analisisnya.

4.2.1. Citra Sintesis Berkabut Homogen

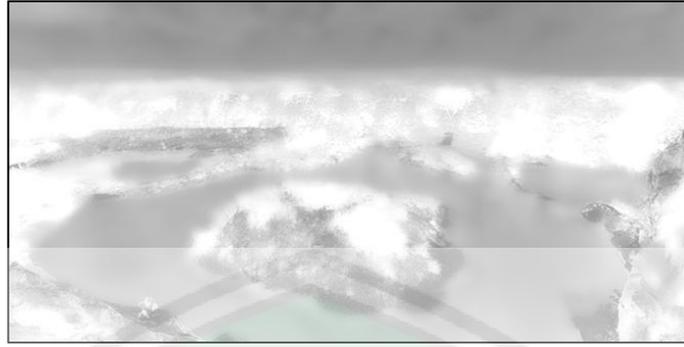
Sebelum menghasilkan citra sintesis berupa citra berkabut heterogen. Pertama-tama yang harus dilakukan adalah mengolah citra tanpa kabut menjadi citra sintesis berkabut homogen. Tahapan yang dilakukan yaitu tahap *preprocessing*, estimasi peta kedalaman, *refined transmission map estimation* menggunakan *Guided Filter*, estimasi *transmission map* dengan nilai *density*, dan *rendering* citra sintesis berkabut homogen. Berikut ini hasil dari proses pembuatan citra sintesis berkabut homogen.



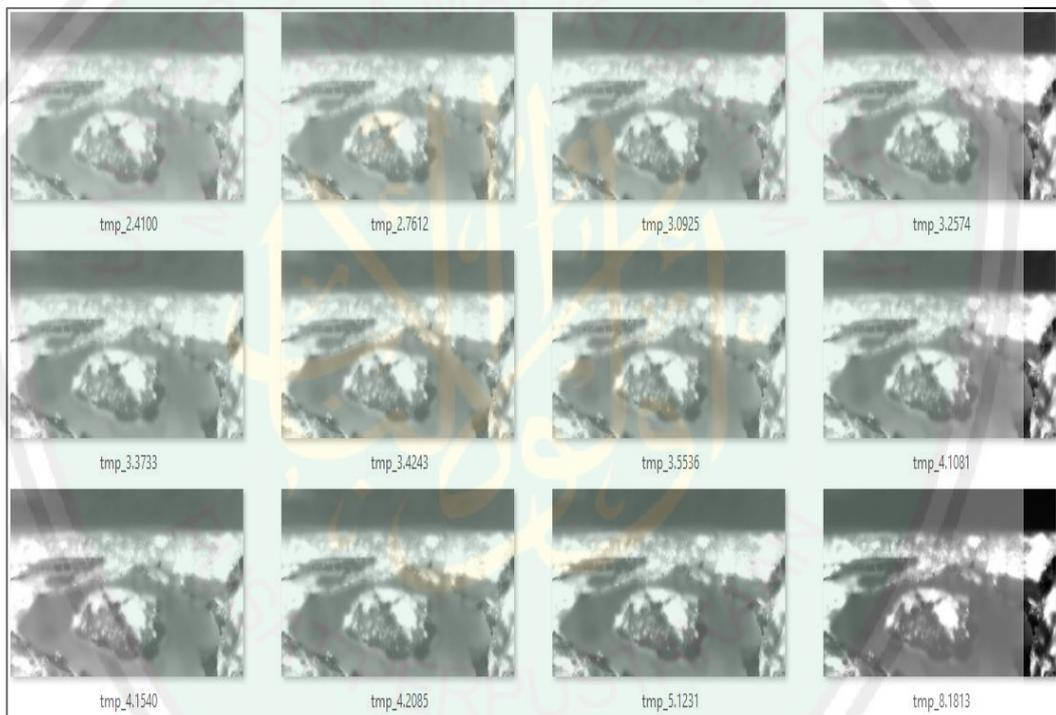
Gambar 4.1 Hasil Tahap *Preprocessing*, RGB to *gray channel* (a), RGB to HSV (b), HSV *color space to Saturation* (c), HSV *color space to Brightness* (d)



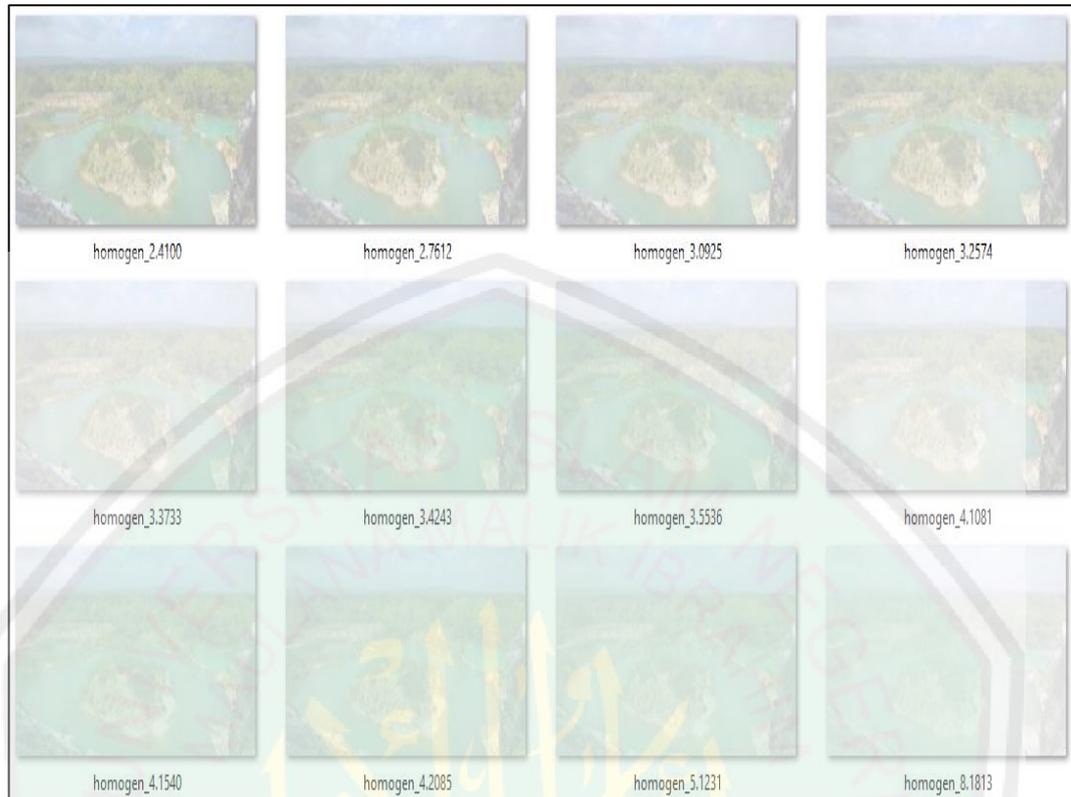
Gambar 4.2 Hasil Tahap Estimasi Peta Kedalaman



Gambar 4.3 Hasil Tahap *Refined Transmission Map Estimation* Menggunakan *Guided Filter*



Gambar 4.4 Hasil Tahap Estimasi *Transmission Map* Dengan Nilai *Density*



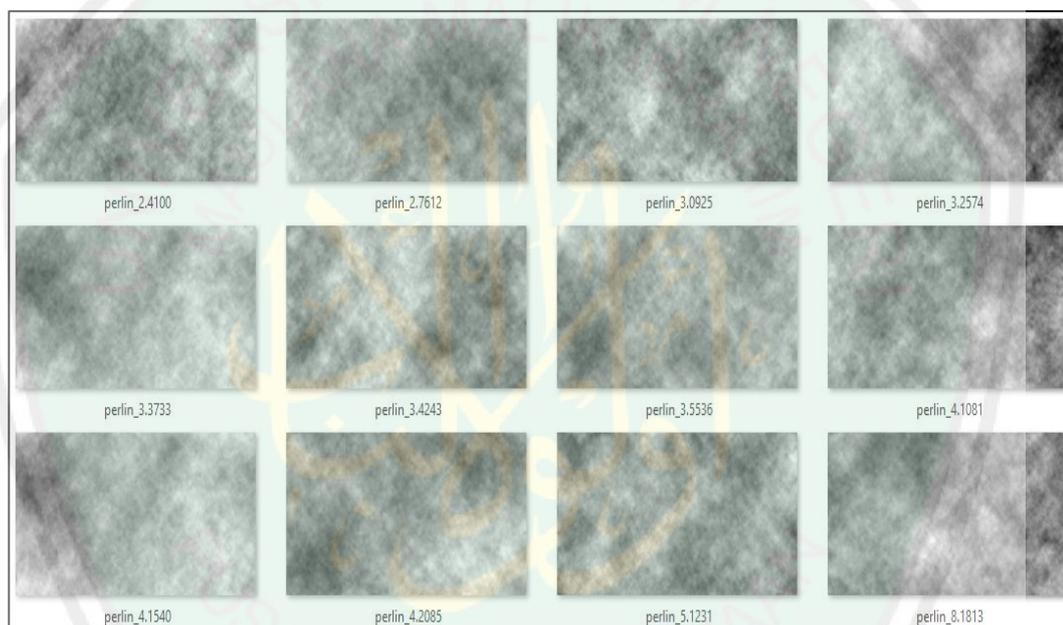
Gambar 4.5 Hasil Citra Sintesis Berkabut Homogen Dengan Nilai *Density*

Pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.3 menunjukkan citra *output* dari tahap *preprocessing*, estimasi peta kedalaman, dan *refined transmission map* menggunakan *Guided Filter*. Setiap tahap-tahap tersebut masih belum ditambah nilai *density*, sehingga tetap menghasilkan satu citra keluaran di setiap tahapnya. Berbeda dengan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 yang menunjukkan hasil dari tahap estimasi *transmission map* dengan nilai *density* dan *rendering* citra sintesis berkabut homogen yang mana telah dipengaruhi oleh nilai *density*, karena di tahap estimasi *transmission map* dengan nilai *density* telah ditambahkan nilai *density*, sehingga kedua tahap tersebut menghasilkan 12 citra keluaran dengan 12 nilai *density* yang berbeda. Selain itu, bila diperhatikan secara seksama, pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa semakin besar *density* maka kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) semakin pekat.

4.2.2. Simulasi 2D Citra Sintesis Berkabut Heterogen Berdasarkan

Distribusi Tekstur Kepadatan Kabut Menggunakan *Perlin Noise*

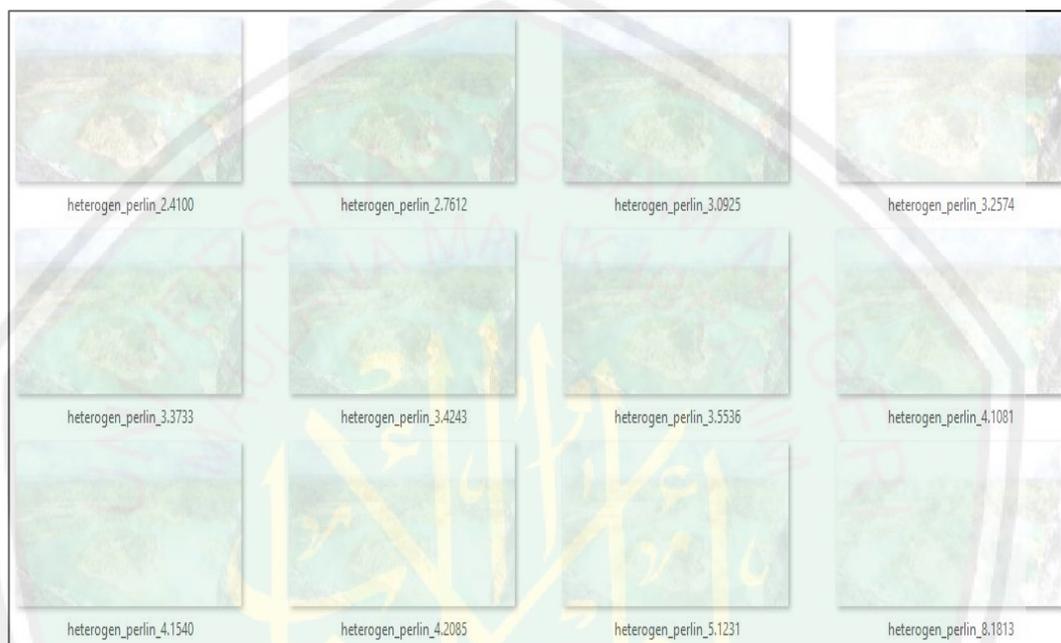
Setelah mengolah citra tanpa kabut menjadi citra sintesis berkabut homogen, kemudian membuat distribusi tekstur kepadatan kabut yang acak menggunakan metode *Perlin Noise*. Hal ini bertujuan untuk menghasilkan citra sintesis berkabut heterogen yang terlihat nyata. Berikut ini hasil dari proses pembuatan distribusi tekstur kepadatan kabut menggunakan metode *Perlin Noise*.



Gambar 4.6 Hasil Distribusi Tekstur Kepadatan Kabut Menggunakan *Perlin Noise*

Pada Gambar di atas menunjukkan hasil dari 12 citra dengan distribusi tekstur kepadatan kabut menggunakan metode *Perlin Noise*. Pada tahap implementasi metode *Perlin Noise* ini, tidak membutuhkan nilai *density* untuk menghasilkan citra seperti Gambar 4.6 Hal ini dikarenakan, metode *Perlin Noise* menggunakan ukuran *width* dan *height* dari citra tanpa kabut dan kemudian membuat distribusi tekstur (skala keabuan) yang digunakan untuk mengacak kepadatan kabut pada citra sintesis berkabut homogen. Sehingga metode tersebut

dapat menciptakan citra sintesis berkabut heterogen dengan kepadatan kabut yang tampak berbeda-beda di daerah-daerah yang berbeda pula. Berikut ini hasil dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang menghasilkan citra sintesis berkabut heterogen.



Gambar 4.7 Hasil Distribusi Tekstur Kepadatan Kabut Pada Simulasi 2D Citra Berkabut Heterogen Menggunakan *Perlin Noise*

Pada Gambar 4.7 menunjukkan hasil dari distribusi tekstur kepadatan kabut pada simulasi citra berkabut heterogen menggunakan *Perlin Noise*. Hasil ini diperoleh dari proses *rendering* antara hasil citra di Gambar 4.5 dengan Gambar 4.6. Contohnya, pada proses *rendering* antara Gambar 4.5 yang bernama *homogen_2.4100.jpg* dengan Gambar 4.6 yang bernama *perlin_2.4100.jpg* menggunakan persamaan 2.12 menghasilkan citra sintesis berkabut heterogen seperti Gambar 4.7 yang bernama *heterogen_perlin_2.4100.jpg*.

Bila diperhatikan antara Gambar 4.5 dengan Gambar 4.7 terlihat perubahan yang tampak jelas dimana hasil citra sintesis berkabut homogen mempunyai warna

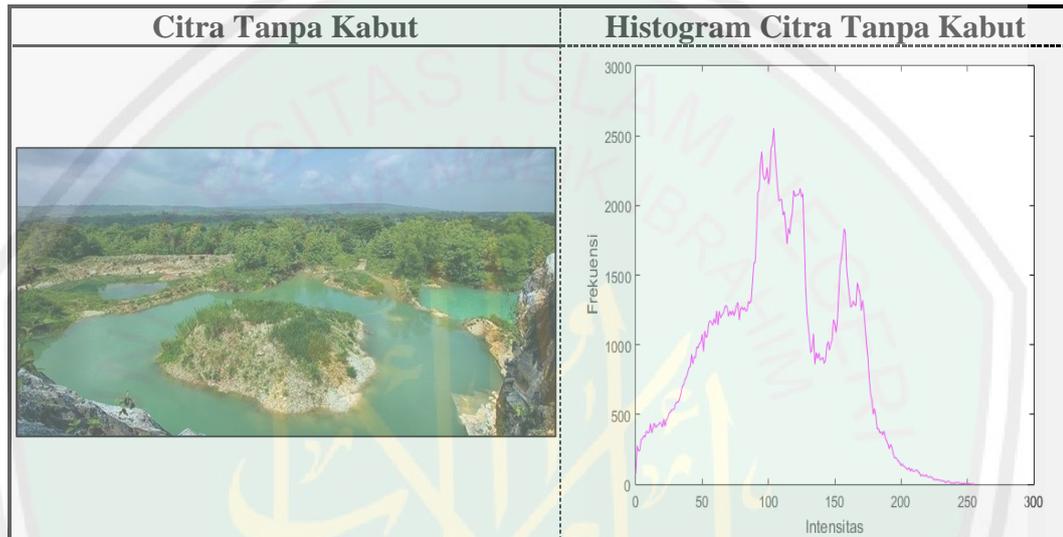
putih (mewakili adegan kabut) dengan distribusi tekstur yang sama rata, berbeda dengan hasil citra sintesis berkabut heterogen yang mempunyai warna putih (mewakili adegan kabut) dengan distribusi tekstur yang acak sehingga kepadatan kabutnya terlihat berbeda-beda disetiap daerahnya. Selain itu, semakin benar nilai *density* maka warna putih yang dihasilkan juga terlihat semakin tebal atau pekat dan distribusi tekstur kepadatan kabutnya semakin tidak terlihat keacakannya. Selanjutnya, untuk analisa perbandingan terhadap uji validasi antara hasil uji coba citra sintesis berkabut homogen dengan citra sintesis berkabut heterogen menggunakan metode *AuthESI* untuk mengukur *authenticity value* dan membandingkan persebaran intensitas warnanya menggunakan histogram.

4.2.3. Histogram Simulasi

Histogram merupakan sebuah tampilan grafik frekuensi yang merupakan suatu distribusi data visual berupa kemunculan suatu nilai dalam kelompok data. Sehingga, mampu mendapatkan informasi secara visual dan numerik untuk menarik kesimpulan. Histogram ini juga mampu menampilkan tingkat *brightness* citra. Sehingga, histogram adalah suatu media pembantu untuk mengindikasikan kemunculan setiap tingkat keabuan pada suatu citra.

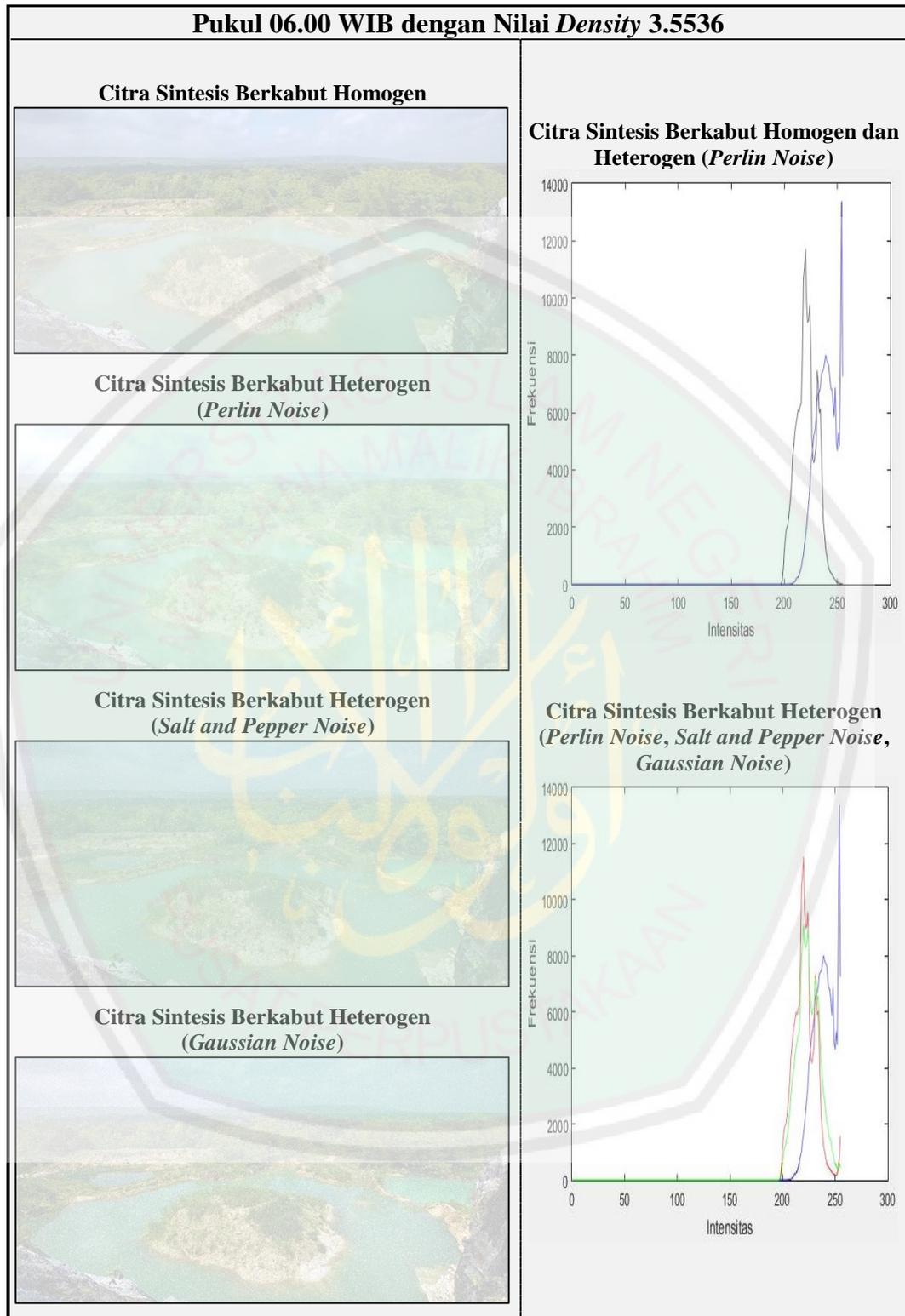
Dalam uji coba ini, histogram digunakan untuk membandingkan persebaran intensitas warna antara citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*). Sebelum menampilkan histogram, diperlukan citra *grayscale*. Oleh karena itu, citra tanpa kabut, citra homogen dan citra heterogen dengan beberapa implementasi metode tersebut di *convert* ke citra *grayscale* untuk mendapatkan nilai histogramnya. Sehingga, grafiknya nanti mampu menunjukkan distribusi intensitas

warna putih pada suatu citra, yang mana mewakili adegan berkabut. Range dari intensitas tersebut antara 0 - 255 dimana nilai 0 menyatakan warna hitam dan nilai 255 menyatakan warna putih. Di bawah ini pembahasan hasil uji histogram pada citra tanpa kabut dengan, citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen yang telah diurutkan berdasarkan waktu simulasi.



Gambar 4.8 Citra Tanpa Kabut Dan Histogramnya

Gambar 4.8 menunjukkan citra tanpa kabut yang belum diolah menjadi citra sintesis berkabut dan grafik dalam histogram. Dalam histogram tersebut, dapat diperhatikan bahwa kenaikan grafik dimulai dari intensitas 0 di koordinat x dan mempunyai frekuensi kemunculan sebanyak 73 di koordinat y . Kemudian mengalami kenaikan frekuensi kemunculan maksimal sejumlah 2555 yang di koordinat y pada intensitas 104 di koordinat x . Semakin ke kanan, terjadi penurunan frekuensi kemunculan. Berdasarkan angka tersebut dapat dilihat bahwa, semakin ke kanan (mendekati angka 255), grafik histogram semakin menurun tajam. Selain itu, histogram juga menunjukkan kecerahan dari citra tersebut yang tergolong normal dan tidak berkabut karena grafiknya rata.



Gambar 4.9 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 3.5536 Serta Kedua

Histogramnya

Gambar 4.9 menunjukkan adanya dua histogram. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 06.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 3.5536 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 196 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 220 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 11730 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 254 (koordinat x) sebanyak 11 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 204 (koordinat x) sebanyak 4 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 254 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 13380 di titik y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 sebanyak 7255.

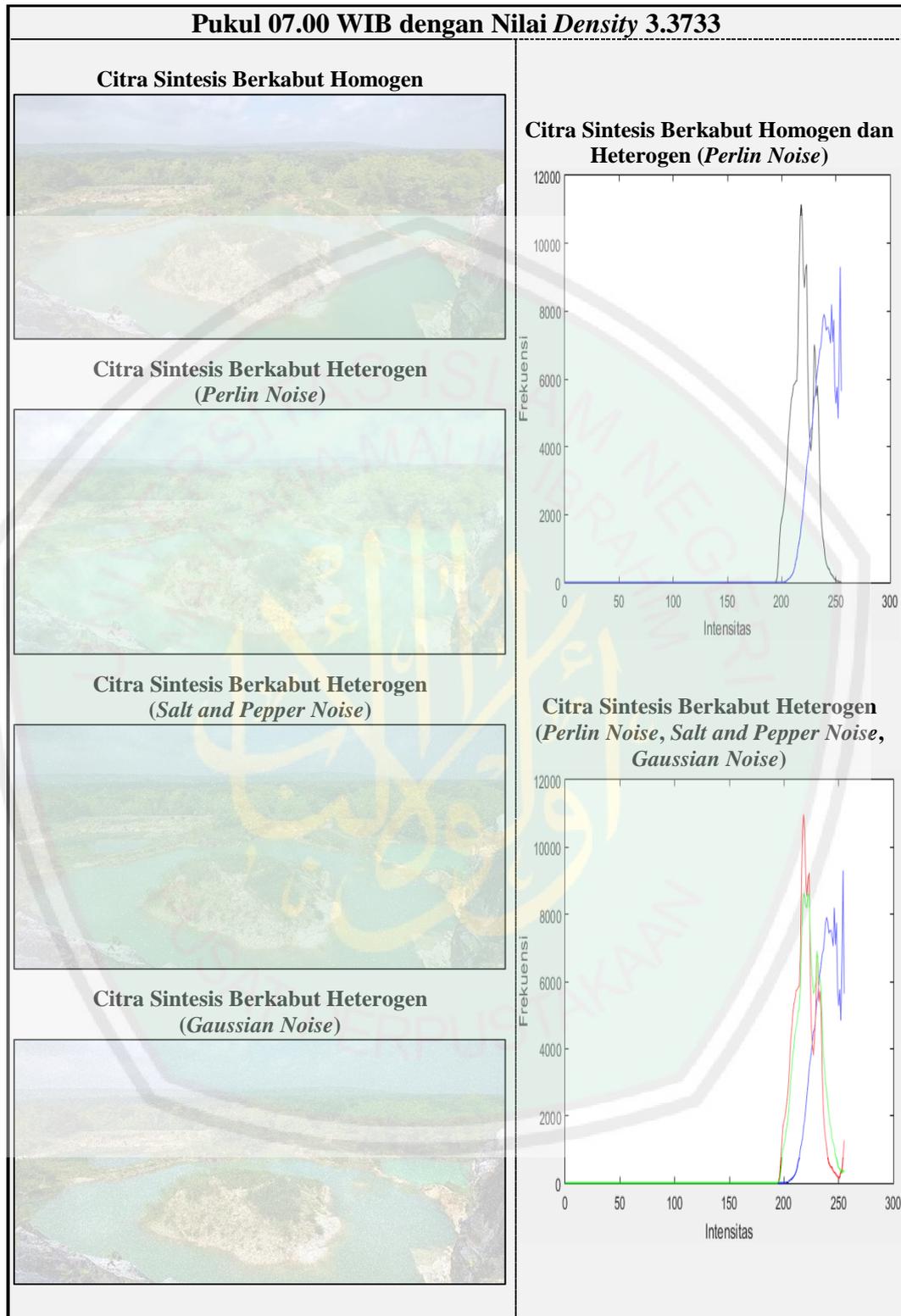
Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 06.00 WIB sebesar 3.5536. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 204 (koordinat x) sebanyak 4 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 254 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 13380 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 7255 (koordinat y). Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 196 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 220 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 11530 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1577 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 197 (koordinat x) sebanyak 7 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 220 di koordinat x dengan mempunyai frekuensi kemunculan sebanyak 9098 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 454 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang

mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.



Gambar 4.10 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 3.3733 Serta Kedua

Histogramnya

Gambar 4.10 menunjukkan adanya dua histogram. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 07.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 3.3733 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 194 (koordinat x) sebanyak 3 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 218 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 11150 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 254 (koordinat x) sebanyak 6 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 202 (koordinat x) sebanyak 5 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 254 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 9350 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 sebanyak 5637.

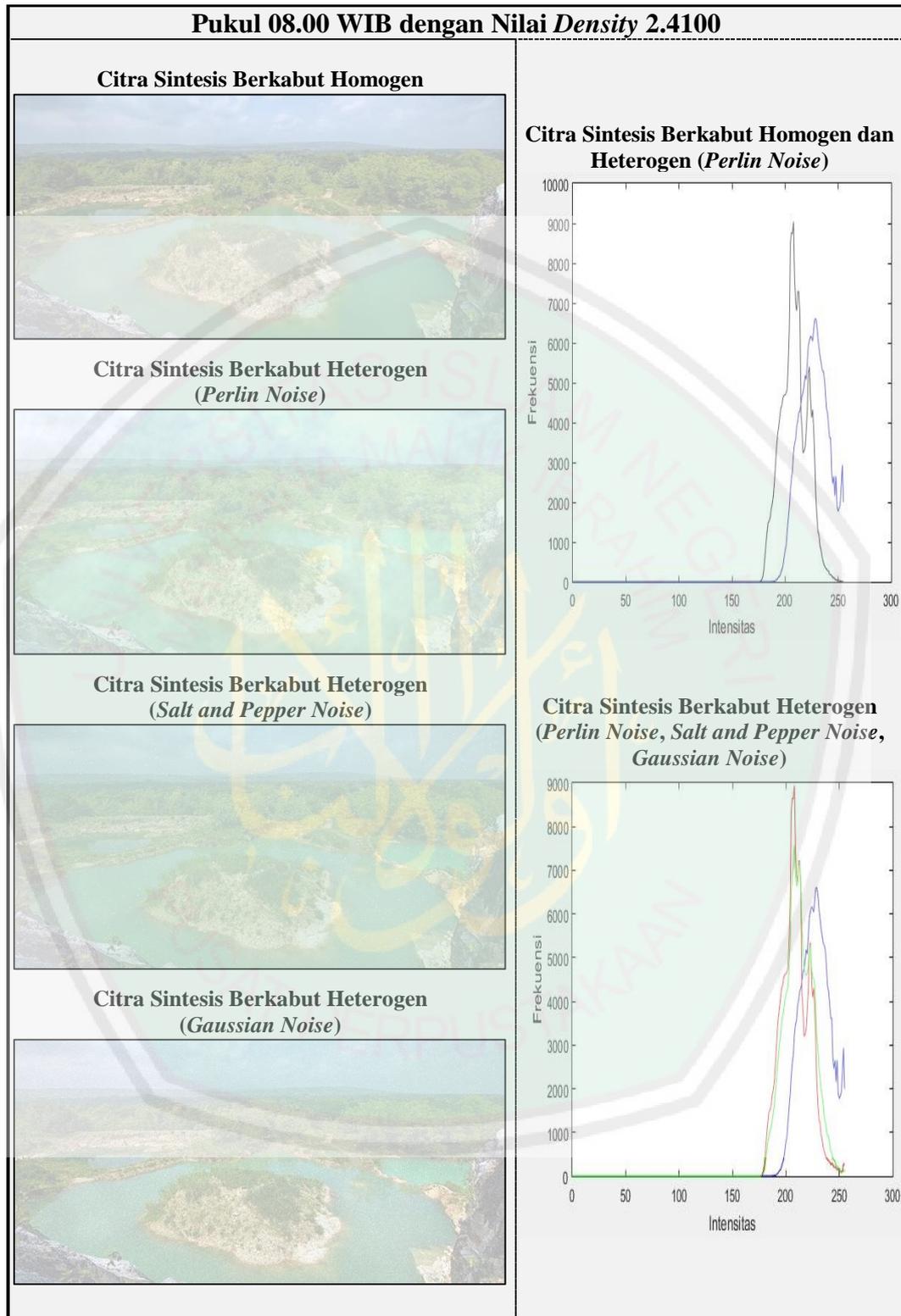
Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 07.00 WIB sebesar 3.3733. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 202 (koordinat x) sebanyak 5 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 254 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 9305 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 5687 (koordinat y). Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 194 (koordinat x) sebanyak 3 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 218 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 10970 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1206 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 194 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 218 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8634 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 319 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu

grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.



Gambar 4.11 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 2.4100 Serta

Kedua Histogramnya

Gambar 4.11 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 08.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 2.4100 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 171 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 208 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 9040 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 254 (koordinat x) sebanyak 6 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 185 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 229 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 6607 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 sebanyak 1999.

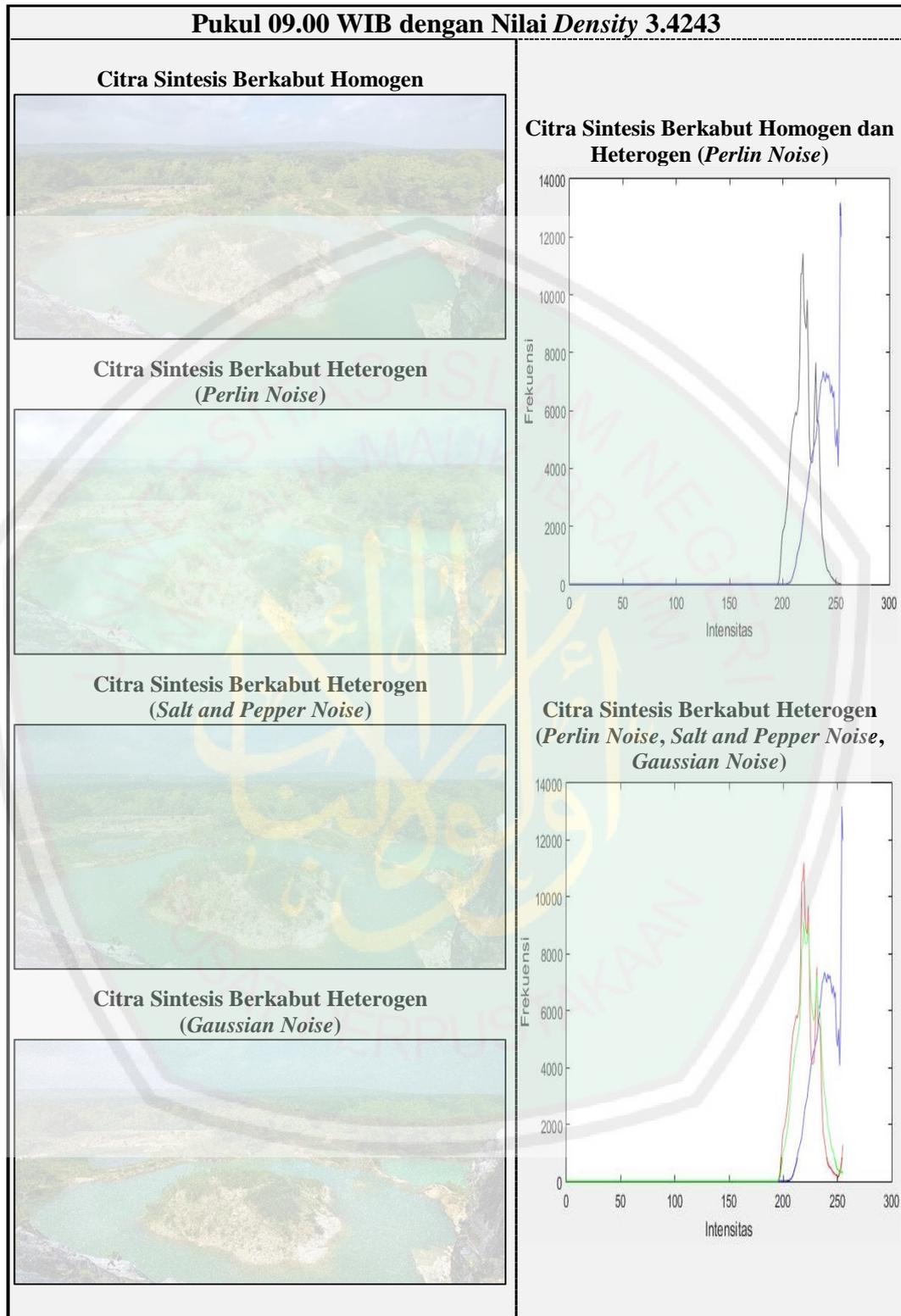
Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 08.00 WIB sebesar 2.4100. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 185 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 229 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 6607 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1999 (koordinat y). Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 175 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 208 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8943 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 276 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 176 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 208 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 7577 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 104 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu

grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.



Gambar 4.12 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 3.4243 Serta

Kedua Histogramnya

Gambar 4.12 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 09.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 3.4243 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 195 (koordinat x) sebanyak 4 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 219 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 11430 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 254 (koordinat x) sebanyak 8 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 202 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 254 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 13180 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 sebanyak 12000.

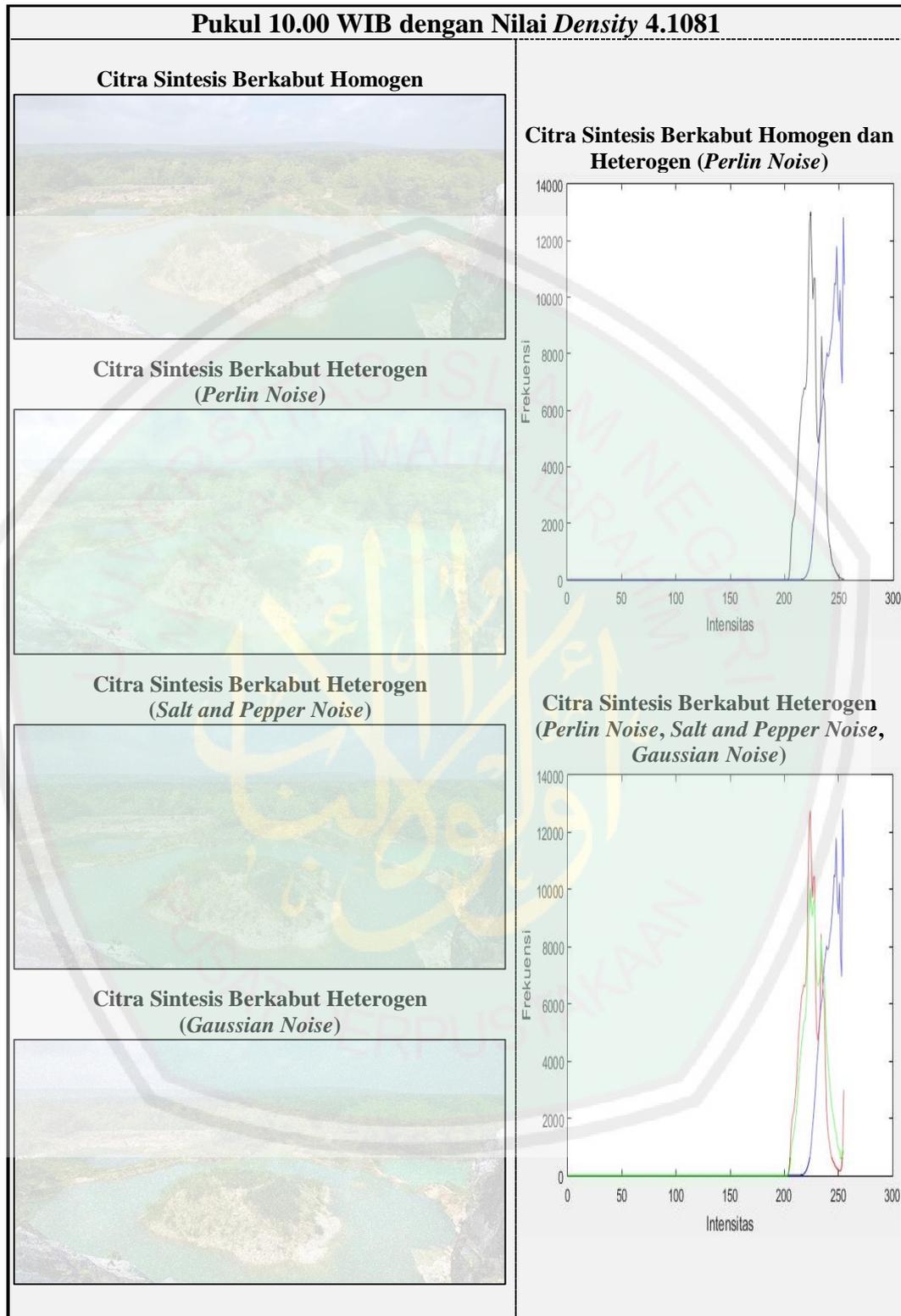
Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 09.00 WIB sebesar 3.4243. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 202 (koordinat x) sebanyak 2 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 254 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 13180 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 12000 (koordinat y). Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 195 (koordinat x) sebanyak 4 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 219 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 11210 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1285 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 195 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 219 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 9136 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 256 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu

grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.



Gambar 4.13 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 4.1081 Serta

Kedua Histogramnya

Gambar 4.13 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 10.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 4.1081 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 203 (koordinat x) sebanyak 3 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 224 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 13030 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 212 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 254 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 12820 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 sebanyak 10440.

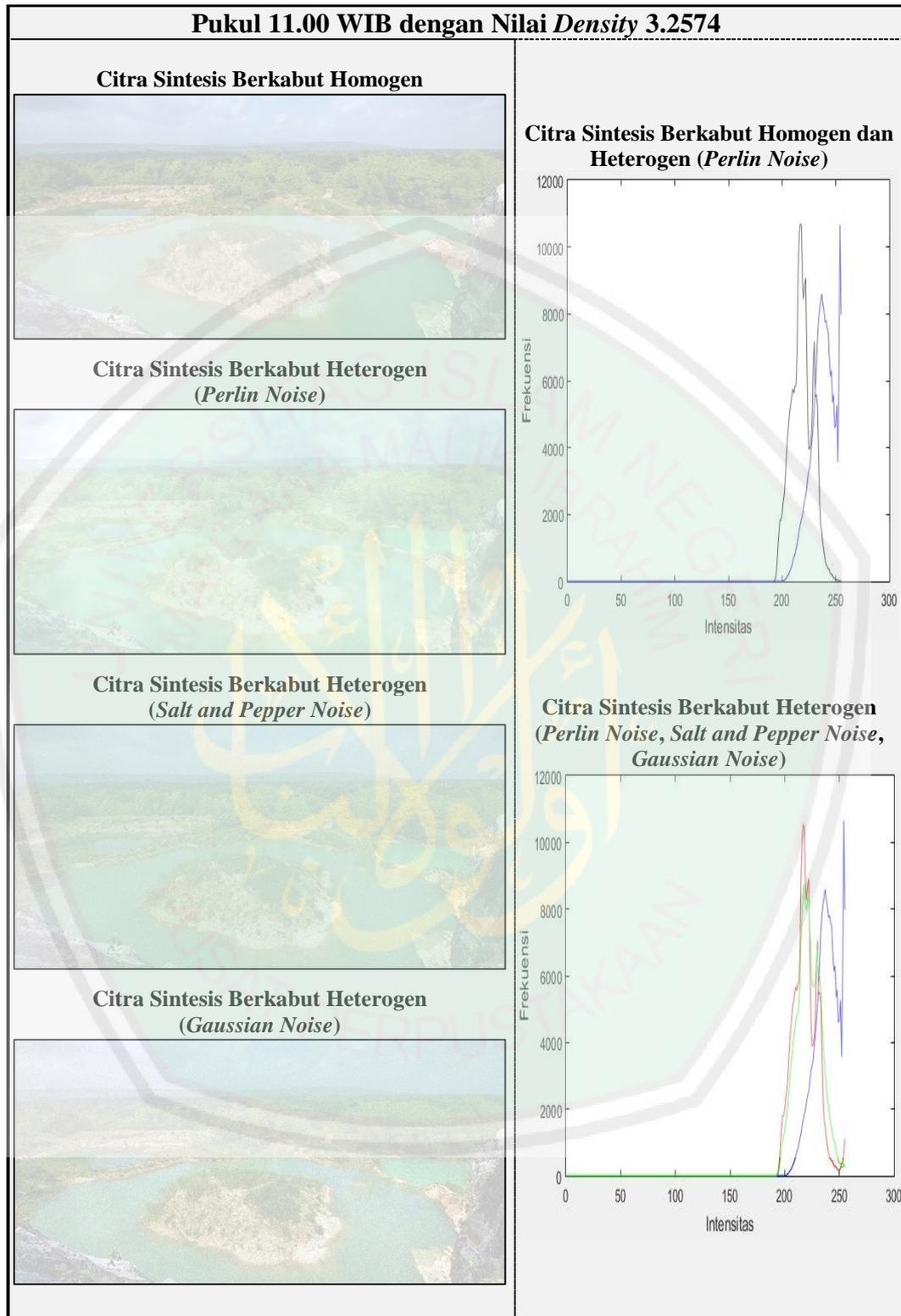
Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 10.00 WIB sebesar 4.1081. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 212 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 254 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 12820 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 10440 (koordinat y). Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 203 (koordinat x) sebanyak 3 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 224 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 12760 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 2986 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 204 (koordinat x) sebanyak 51 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 224 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 10060 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 734 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang

mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.



Gambar 4.14 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 3.2574 Serta

Kedua Histogramnya

Gambar 4.14 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 11.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 3.2574 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 192 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 217 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 10700 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 254 (koordinat x) sebanyak 6 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 200 (koordinat x) sebanyak 2 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 237 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8592 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 sebanyak 7970.

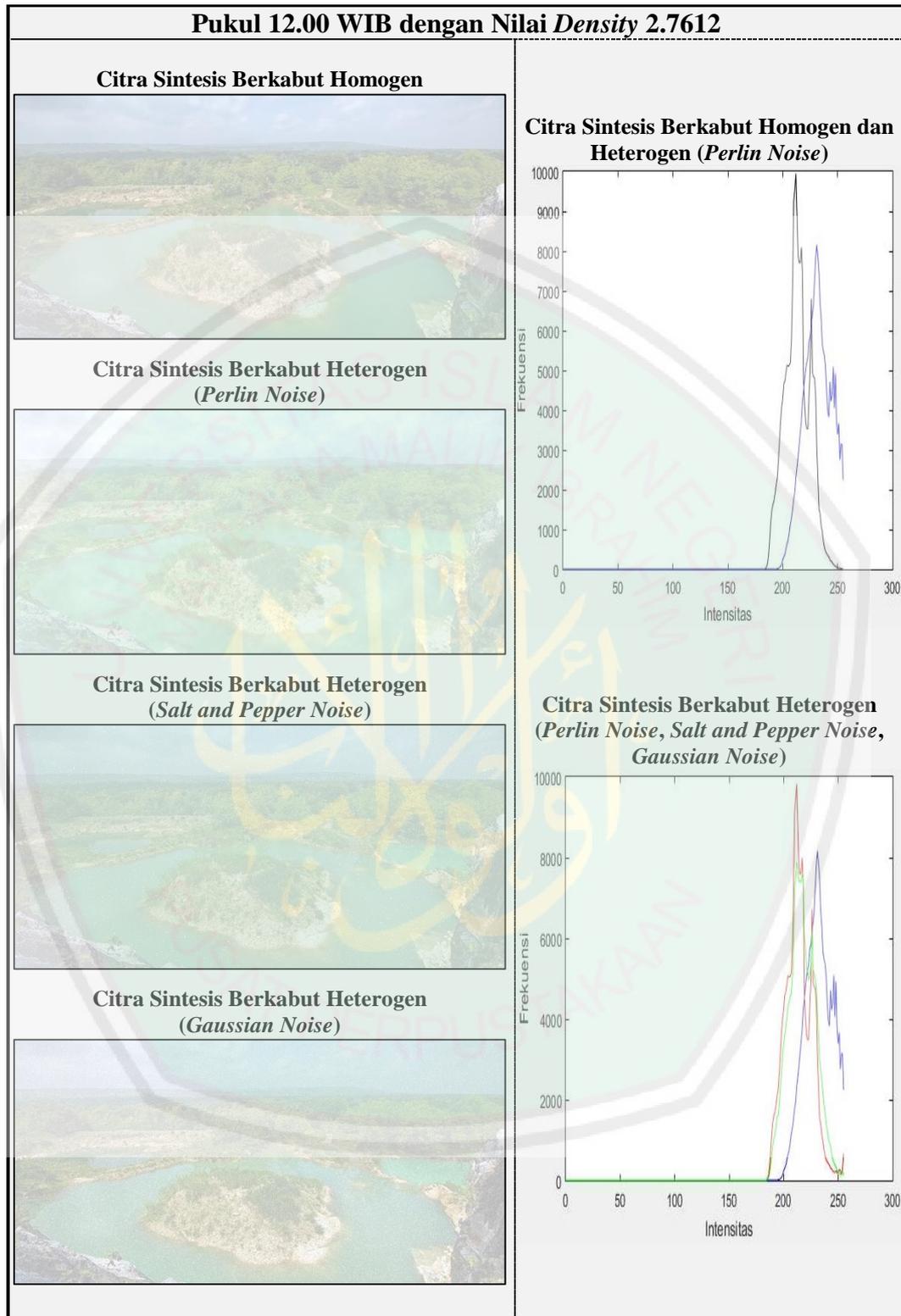
Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 11.00 WIB sebesar 3.2574. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 200 (koordinat x) sebanyak 2 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 237 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8592 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 7970 (koordinat y). Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 192 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 217 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 10540 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1116 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 193 (koordinat x) sebanyak 14 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 218 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8763 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 243 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu

grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.



Gambar 4.15 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 2.7612 Serta

Kedua Histogramnya

Gambar 4.15 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 12.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 2.7612 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 183 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 212 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 9943 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 254 (koordinat x) sebanyak 6 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 193 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 231 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8157 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 sebanyak 2241.

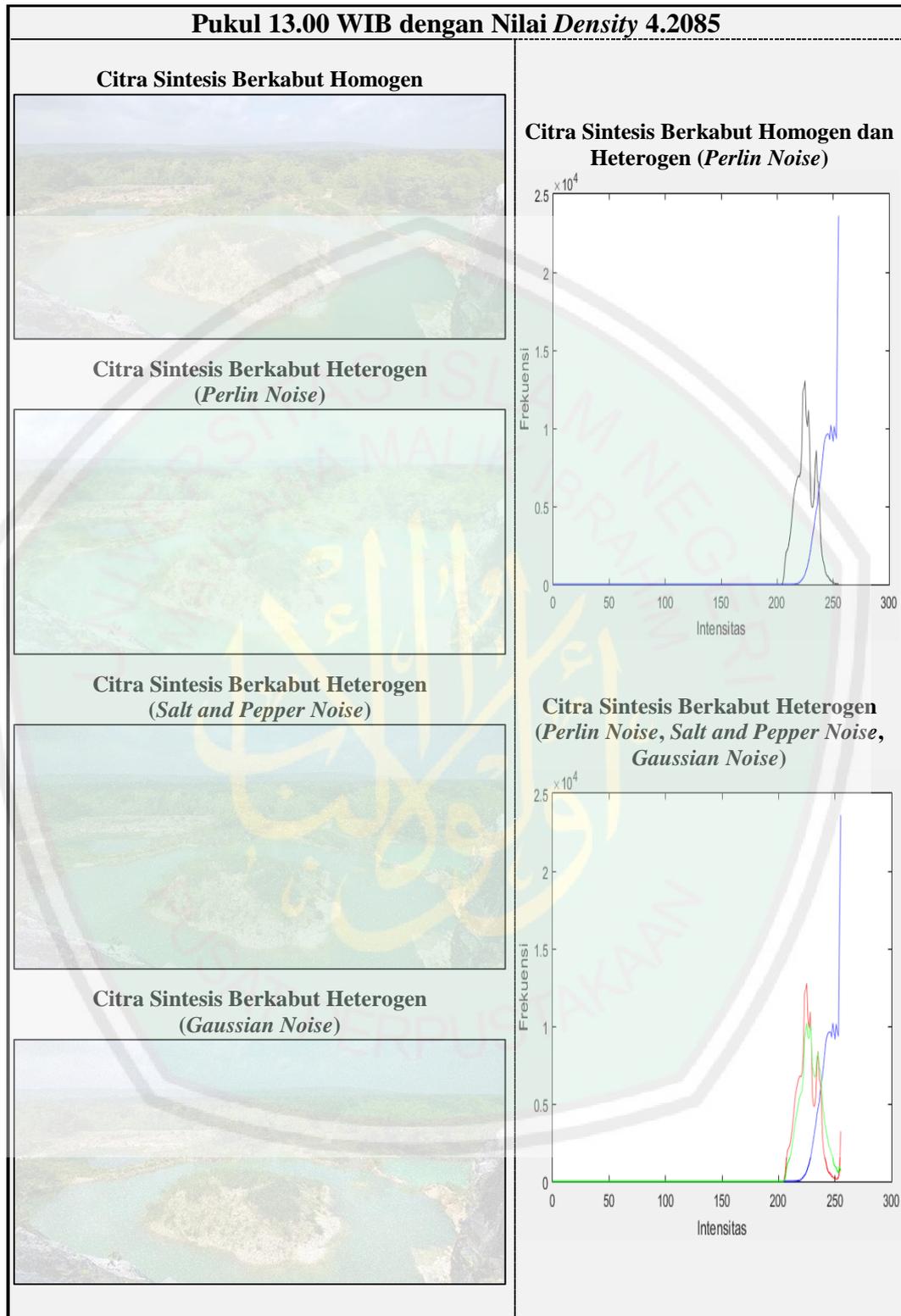
Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 12.00 WIB sebesar 2.7612. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 193 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 231 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8157 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 2241 (koordinat y). Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 184 (koordinat x) sebanyak 3 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 212 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 9829 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 666 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 184 (koordinat x) sebanyak 2 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 212 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 7897 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 133 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu

grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.



Gambar 4.16 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 4.2085 Serta

Kedua Histogramnya

Gambar 4.16 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 13.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 4.2085 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 204 (koordinat x) sebanyak 3 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 225 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 13050 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 212 (koordinat x) sebanyak 2 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 225 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 23600 di koordinat y serta tidak mengalami penurunan setelah mencapai kenaikan maksimum.

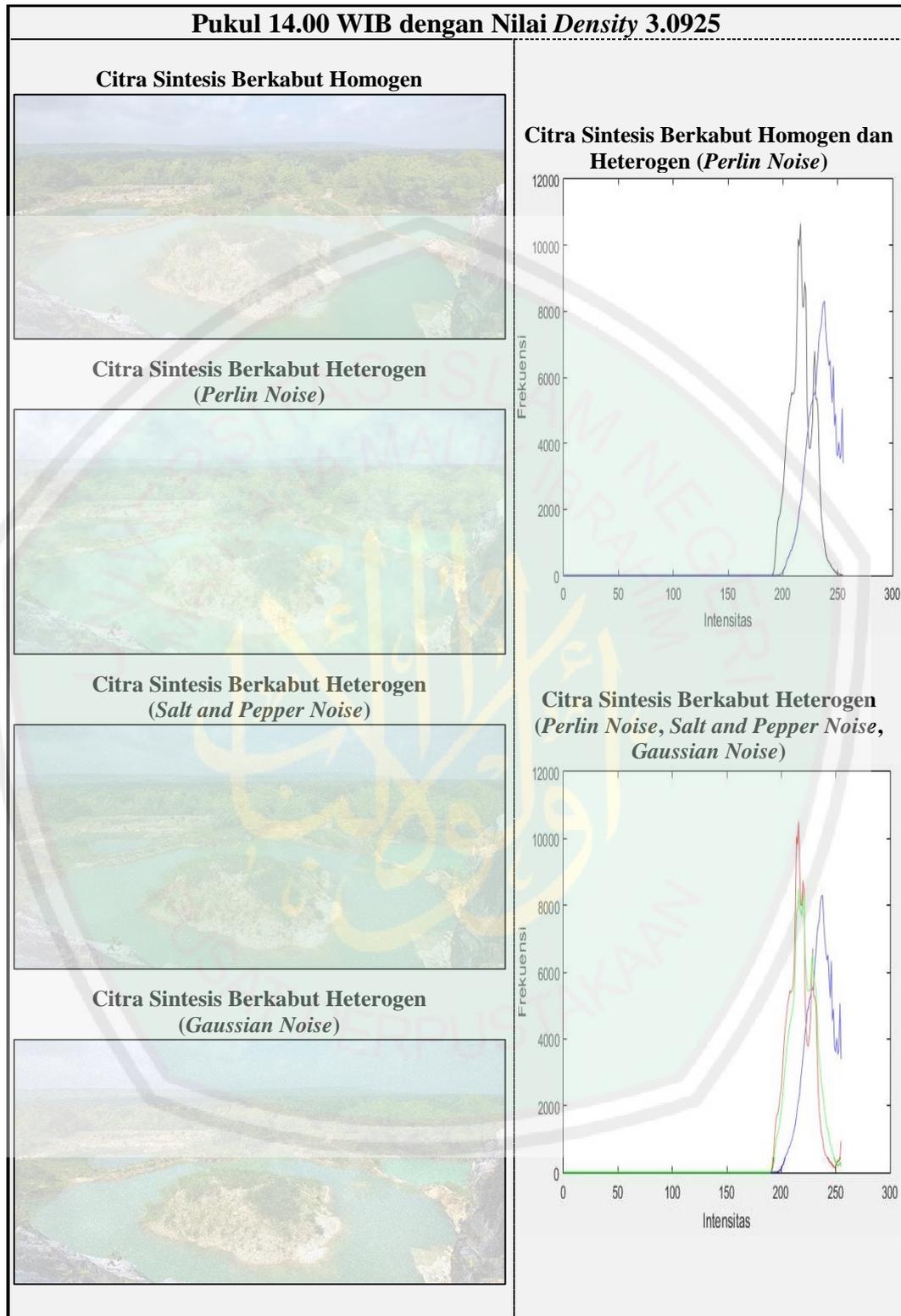
Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 13.00 WIB sebesar 4.2085. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 212 (koordinat x) sebanyak 2 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 255 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 23600 di koordinat y serta tidak mengalami penurunan grafik setelah mencapai kenaikan grafik maksimum. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 204 (koordinat x) sebanyak 3 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 225 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 12760 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 3229 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 204 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 225 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 10190 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 665 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu

grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.



Gambar 4.17 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 3.0925 Serta

Kedua Histogramnya

Gambar 4.17 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 14.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 3.0925 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 189 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 216 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 10660 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 254 (koordinat x) sebanyak 6 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 193 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 238 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8301 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 sebanyak 3390.

Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian*

Noise). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 14.00 WIB sebesar 3.0925. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 193 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 238 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8301 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 3390 (koordinat y). Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 189 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 216 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 10500 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 940 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 191 (koordinat x) sebanyak 30 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 216 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8505 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 200 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu

grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.



Gambar 4.18 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 8.1813 Serta

Kedua Histogramnya

Gambar 4.18 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 15.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 8.1813 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 227 (koordinat x) sebanyak 615 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 238 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 21810 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 5 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 233 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 255 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 135000 di koordinat y serta tidak mengalami penurunan setelah mencapai kenaikan maksimum.

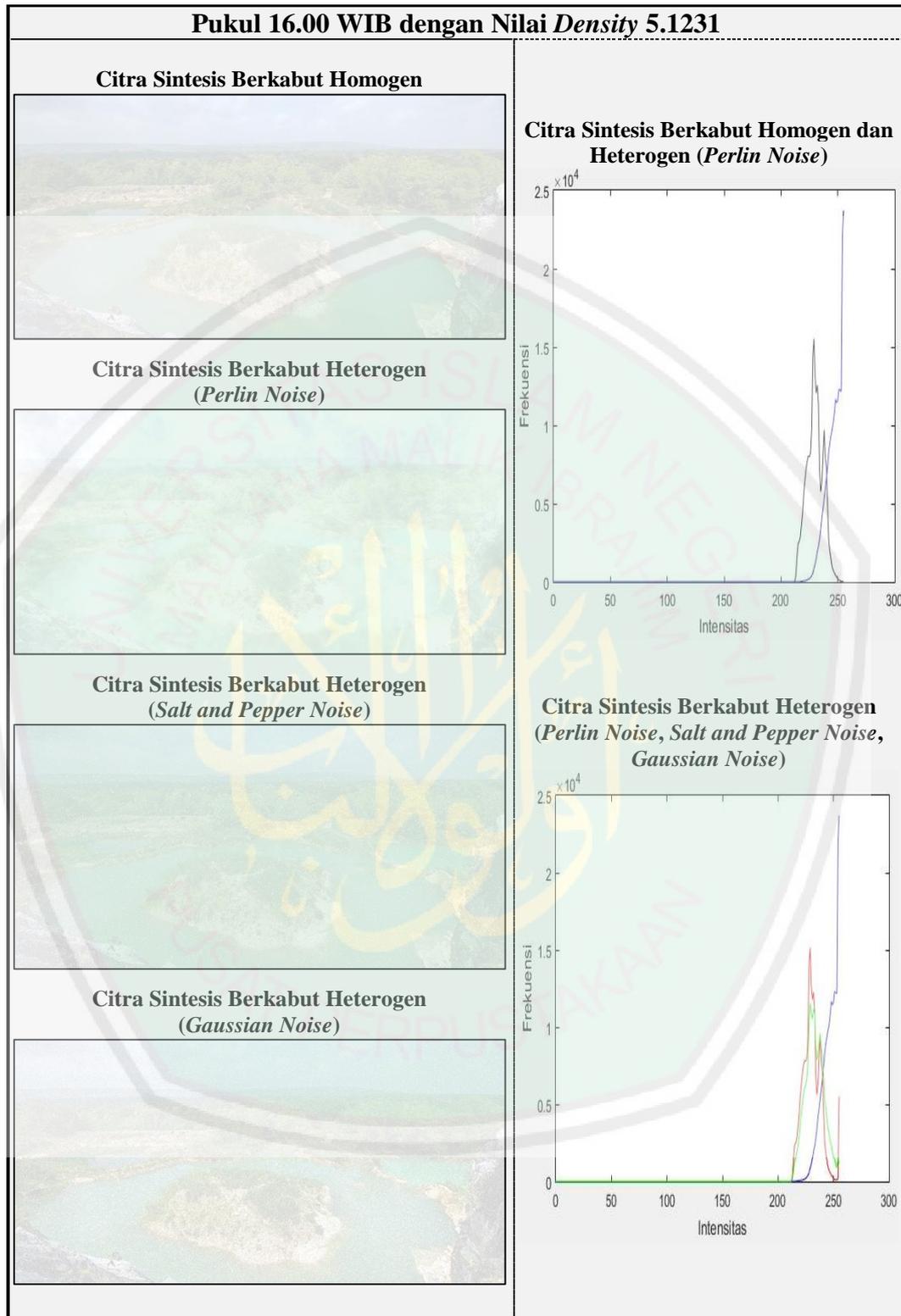
Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 15.00 WIB sebesar 8.1813. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 233 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 255 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 135000 di koordinat y serta tidak mengalami penurunan grafik setelah mencapai kenaikan grafik maksimum. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 227 (koordinat x) sebanyak 581 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 238 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 20900 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 9348 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 227 (koordinat x) sebanyak 325 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 238 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 15250 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 7183 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang

mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.



Gambar 4.19 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 5.1231 Serta

Kedua Histogramnya

Gambar 4.19 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 16.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 5.1231 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 212 (koordinat x) sebanyak 15 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 229 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 15530 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 215 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 255 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 23710 di koordinat y serta tidak mengalami penurunan setelah mencapai kenaikan maksimum.

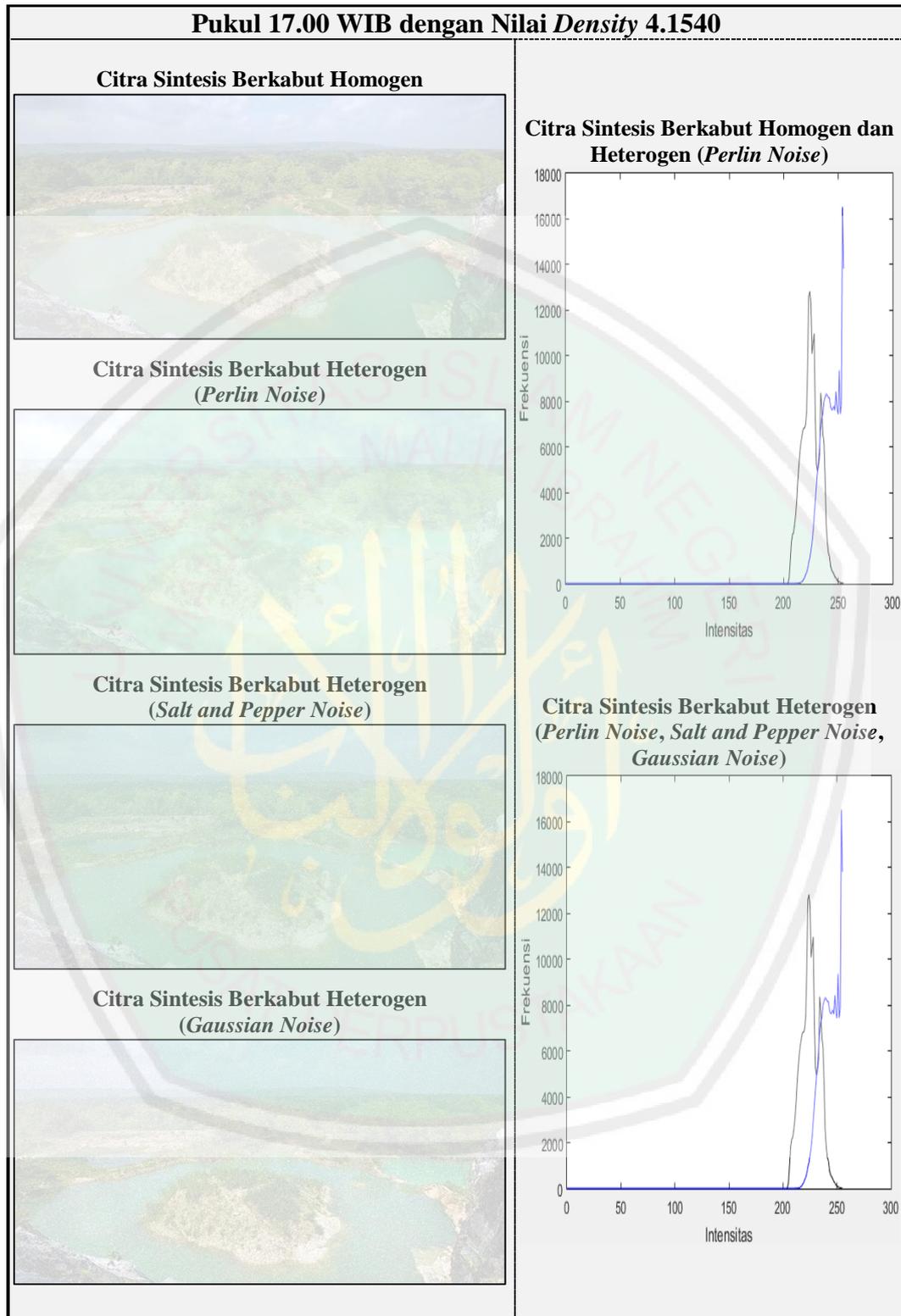
Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian*

Noise). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 16.00 WIB sebesar 5.1231. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 215 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 255 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 23710 di koordinat y serta tidak mengalami penurunan grafik setelah mencapai kenaikan grafik maksimum. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 212 (koordinat x) sebanyak 14 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 229 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 15130 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 5512 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 212 (koordinat x) sebanyak 7 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 229 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 11530 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1170 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu

grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.



Gambar 4.20 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, dan Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 4.1540

Serta Kedua Histogramnya

Gambar 4.20 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 17.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 4.1540 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 203 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 224 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 12820 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 210 (koordinat x) sebanyak 2 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 254 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 16530 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 sebanyak 13820.

Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 17.00 WIB sebesar 4.1540. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 203 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 224 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 12580 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 3132 (koordinat y). Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 204 (koordinat x) sebanyak 16 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 225 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 10100 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 582 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 191 (koordinat x) sebanyak 30 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 216 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8505 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 200 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu

grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.

4.2.4. *AuthESI (Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy/Hazy Images)*

Simulasi

Authenticity value atau biasa disingkat dengan AV merupakan nilai keaslian dari citra yang uji. Nilai ini merupakan hasil dari perhitungan menggunakan metode *AuthESI*. Metode tersebut memang dirancang untuk mengukur keaslian dari citra sintesis berkabut secara objektif. Nilai keaslian tersebut merujuk pada seberapa besar tingkat visibilitas pada citra sintesis berkabut. Bila semakin besar nilai *density*

maka nilai keasliannya semakin kecil atau mendekati 0. Sebaliknya, jika semakin tipis nilai *density* maka nilai keasliannya semakin besar. Oleh karena itu, metode ini mampu menjadi alat bantu untuk menguji keaslian citra sintesis berkabut yang dihasilkan.

Pada percobaan ini menggunakan citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen sebagai citra input dalam metode *AuthESI* untuk menghitung *authenticity value* yang mana telah tersedia secara *opensource* dari peneliti (Zhang dkk., 2017). Selain itu, percobaan ini dilakukan sebanyak 10 kali di setiap citra sintesis berkabut (homogen dan heterogen) sesuai dengan nilai *density* masing-masing untuk mendapatkan nilai rata-rata *authenticity value*. Hal ini dilatar belakangi oleh sifat *noise* yang selalu acak, sehingga nilainya akan terus berubah-ubah sesuai keacakan *noise*-nya. Oleh karena itu, pada percobaan ini menggunakan nilai rata-rata dari 10 nilai *authenticity value* citra sintesis berkabut (homogen dan heterogen) yang sesuai dengan nilai *density* masing-masing. Berikut ini hasil dari perhitungan rata-rata nilai *authenticity value* menggunakan metode *AuthESI* terhadap citra sintesis berkabut homogen, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) berdasarkan waktu simulasi.

Tabel 4.1 Hasil rata-rata *authenticity value* menggunakan metode *AuthESI*

Waktu	Nilai <i>Density</i>	Citra Sintesis Berkabut Homogen	Citra Sintesis Berkabut Heterogen		
			<i>Perlin Noise</i>	<i>Salt and Pepper Noise</i>	<i>Gaussian Noise</i>
06.00 WIB	3.55369541388045	0.843221	1.881121	2.353708	3.629010
07.00 WIB	3.37337790083274	0.868451	2.034363	2.411052	3.408459
08.00 WIB	2.41001036662652	1.541287	2.278930	2.537926	3.522326

Tabel 4.2 Hasil rata-rata *authenticity value* menggunakan metode *AuthESI* (lanjutan)

09.00 WIB	3.42435428970719	0.815320	1.971859	2.353197	3.405043
10.00 WIB	4.10811244715136	0.582960	1.519156	2.440369	3.334101
11.00 WIB	3.25740910843700	0.926287	2.080760	2.453973	3.325571
12.00 WIB	2.76122601942079	1.345036	2.249821	2.538874	3.541411
13.00 WIB	4.20856343050172	0.496621	1.179136	2.437364	3.405988
14.00 WIB	3.09256961475829	1.084770	2.137336	2.520503	3.361377
15.00 WIB	8.18132569738215	1.302716	0.565259	1.864744	3.196861
16.00 WIB	5.12317586750335	0.254854	0.760928	2.415342	3.140433
17.00 WIB	4.15400182969878	0.529710	1.321537	2.433278	3.286583

Pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 menunjukkan hasil rata-rata *authenticity value* menggunakan metode *AuthESI* dengan citra input berupa citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*). Saat pukul 06.00 WIB dengan *density* 3.55369541388045, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen sebesar 0.843221, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar 1.881121, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 2.353708, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.629010. Saat pukul 07.00 WIB dengan *density* 3.37337790083274, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen sebesar 0.868451, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar 2.034363, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 2.411052, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.408459. Saat pukul 08.00 WIB mempunyai *density* 2.41001036662652, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen sebesar 1.541287, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar

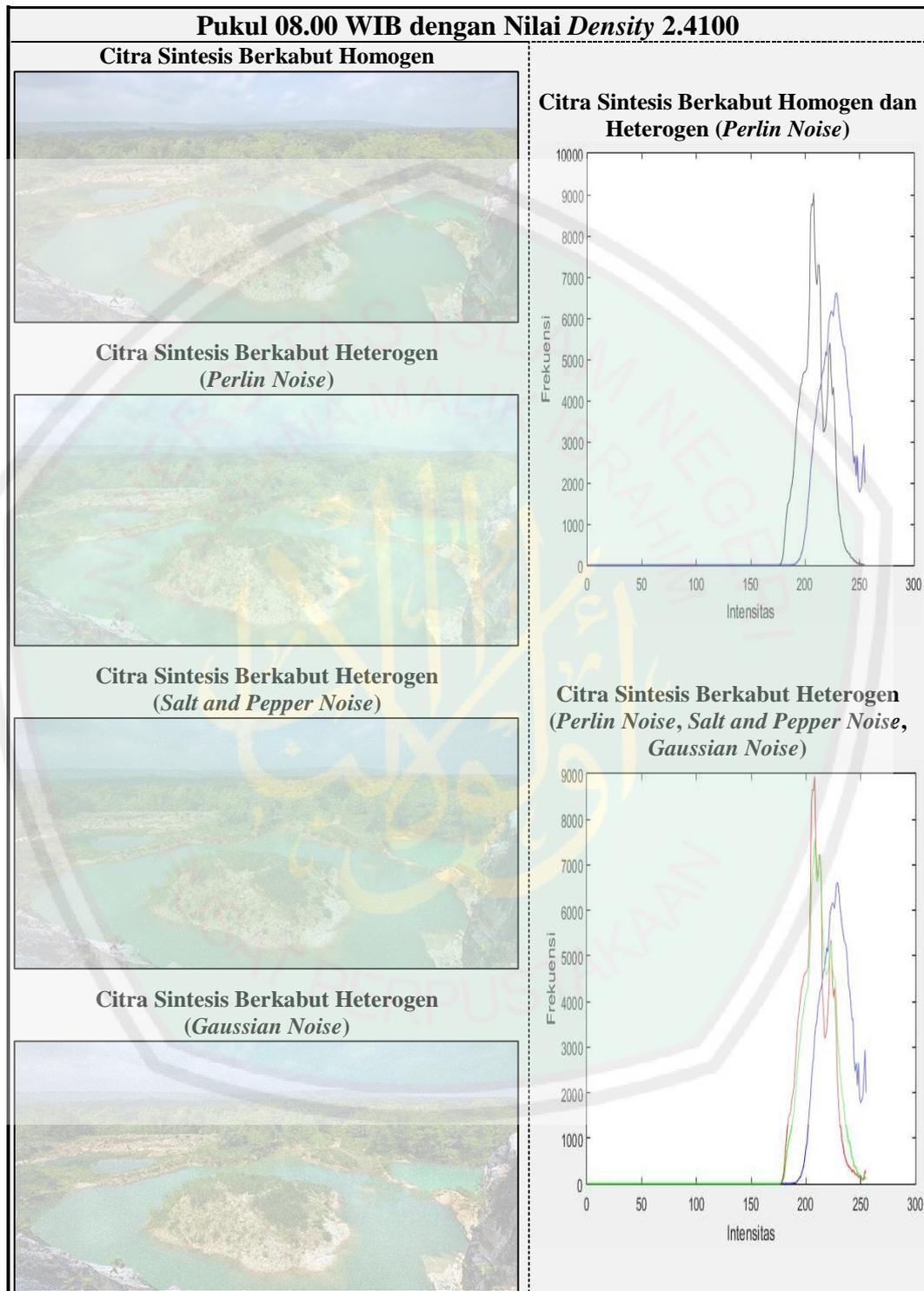
2.278930, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 2.537926, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.522326. Saat pukul 09.00 WIB dengan *density* 3.42435428970719, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen sebesar 0.815320, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar 1.971859, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 2.353197, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.405043. Saat pukul 10.00 WIB dengan *density* 4.10811244715136, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen sebesar 0.582960, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar 1.519156, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 2.440369, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.334101. Saat pukul 11.00 WIB dengan *density* 3.09256961475829, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen sebesar 1.345036, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar 1.179136, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 2.453973, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.325571. Saat pukul 12.00 WIB dengan nilai *density* 2.76122601942079, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen sebesar 0.926287, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar 2.080760, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 2.538874, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.541411. Saat pukul 13.00 WIB mempunyai *density* 4.20856343050172, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen

sebesar 0.496621, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar 1.179136, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 2.437364, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.405988. Saat pukul 14.00 WIB dengan *density* 4.20856343050172, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen sebesar 1.084770, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar 2.137336, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 2.520503, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.361377. Saat pukul 15.00 WIB mempunyai *density* 8.18132569738215, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen sebesar 1.302716, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar 0.565259, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 1.864744, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.196861. Saat pukul 16.00 WIB dengan *density* 5.12317586750335, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen sebesar 0.254854, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar 0.760928, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 2.415342, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.140433. Saat pukul 17.00 WIB dengan *density* 4.15400182969878, metode *AuthESI* menghasilkan rata-rata *authenticity value* dari citra sintesis berkabut homogen sebesar 0.529710, citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) sebesar 1.321537, citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) sebesar 2.433278, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) sebesar 3.286583.

4.2.5. Klasifikasi Citra Berkabut Heterogen Berdasarkan Nilai *Density*

Setelah melakukan masing-masing percobaan, hasil uji dan analisisnya di sub bab 4.2.3 dan 4.2.4 di atas. Selanjutnya, citra berkabut diklasifikasi menjadi 3 kelompok berdasarkan nilai *density* yang telah tertera di Tabel 3.1. Tiga kelompok tersebut yaitu kabut tipis, sedang, dan tebal. Kabut tipis terlihat saat pukul 08.00 WIB dengan nilai *density* sebesar 2.41001036662652. Kabut sedang terlihat saat pukul 09.00 WIB dengan *density* sebesar 3.48902485179382. Kabut tebal terlihat saat pukul 15.00 WIB dengan *density* sebesar 8.18132569738215. Untuk mengetahui citra kabut tipis, citra kabut sedang, dan citra kabut tebal antara citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) serta citra sintesis berkabut heterogen antara ketiga metode *noise* (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) maka dilakukan perbandingan berdasarkan nilai histogramnya dan selanjutnya dibandingkan berdasarkan *authenticity value* dari perhitungan menggunakan metode *AuthESI*.

a. Citra Kabut Tipis



Gambar 4.21 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 2.4100 Serta Kedua

Histogramnya

Gambar 4.21 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 08.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 2.4100 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 171 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 208 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 9040 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 254 (koordinat x) sebanyak 6 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 185 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 229 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 6607 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 sebanyak 1999.

Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

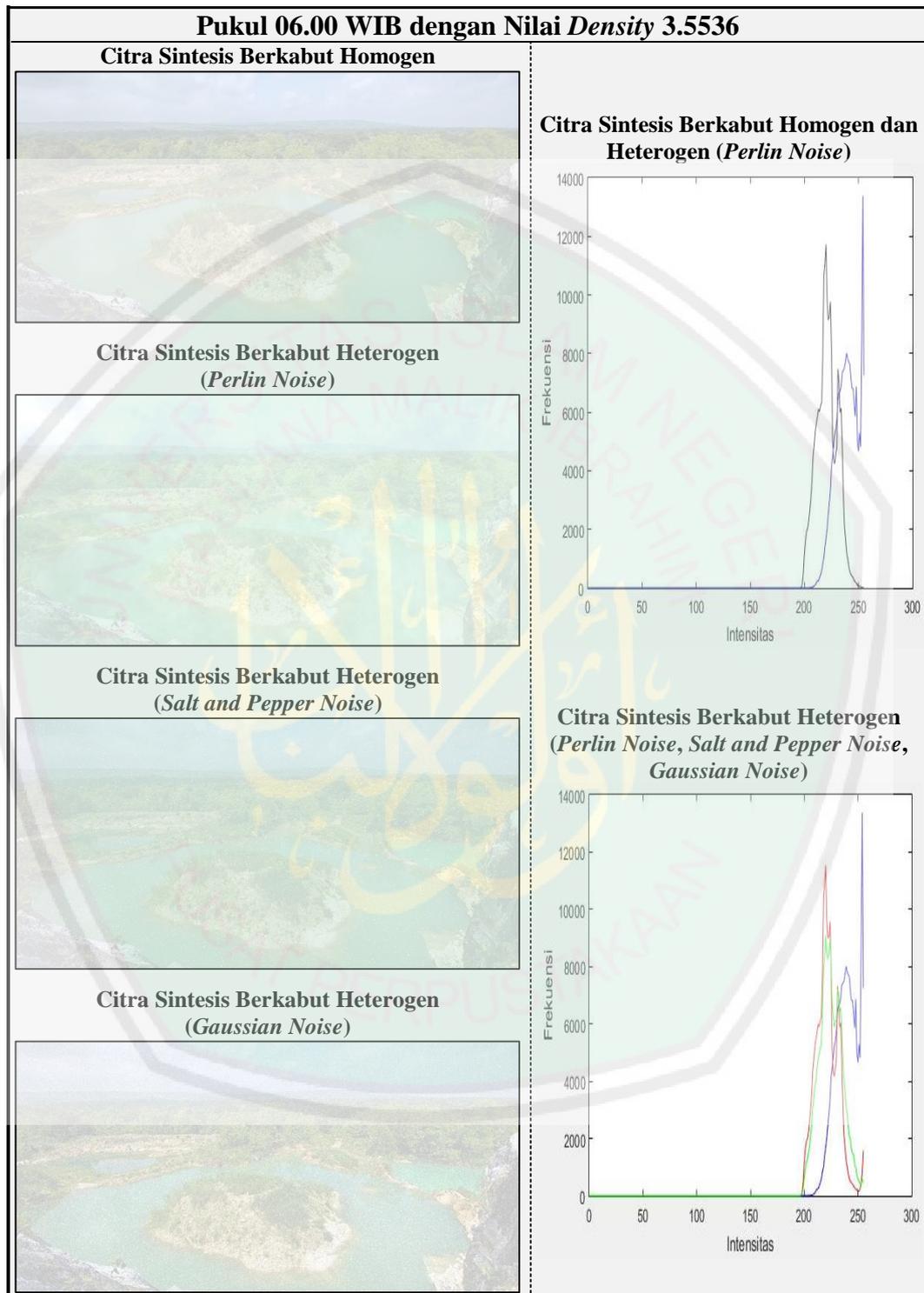
(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 08.00 WIB sebesar 2.4100. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 185 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 229 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 6607 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1999 (koordinat y). Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 175 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 208 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 8943 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 276 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 176 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 208 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 7577 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 104 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu

grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.

b. Citra Kabut Sedang



Gambar 4.22 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 3.5536 Serta Kedua

Histogramnya

Gambar 4.22 menunjukkan adanya dua histogram. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 06.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 3.5536 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 196 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 220 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 11730 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 254 (koordinat x) sebanyak 11 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 204 (koordinat x) sebanyak 4 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 254 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 13380 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 sebanyak 7255.

Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

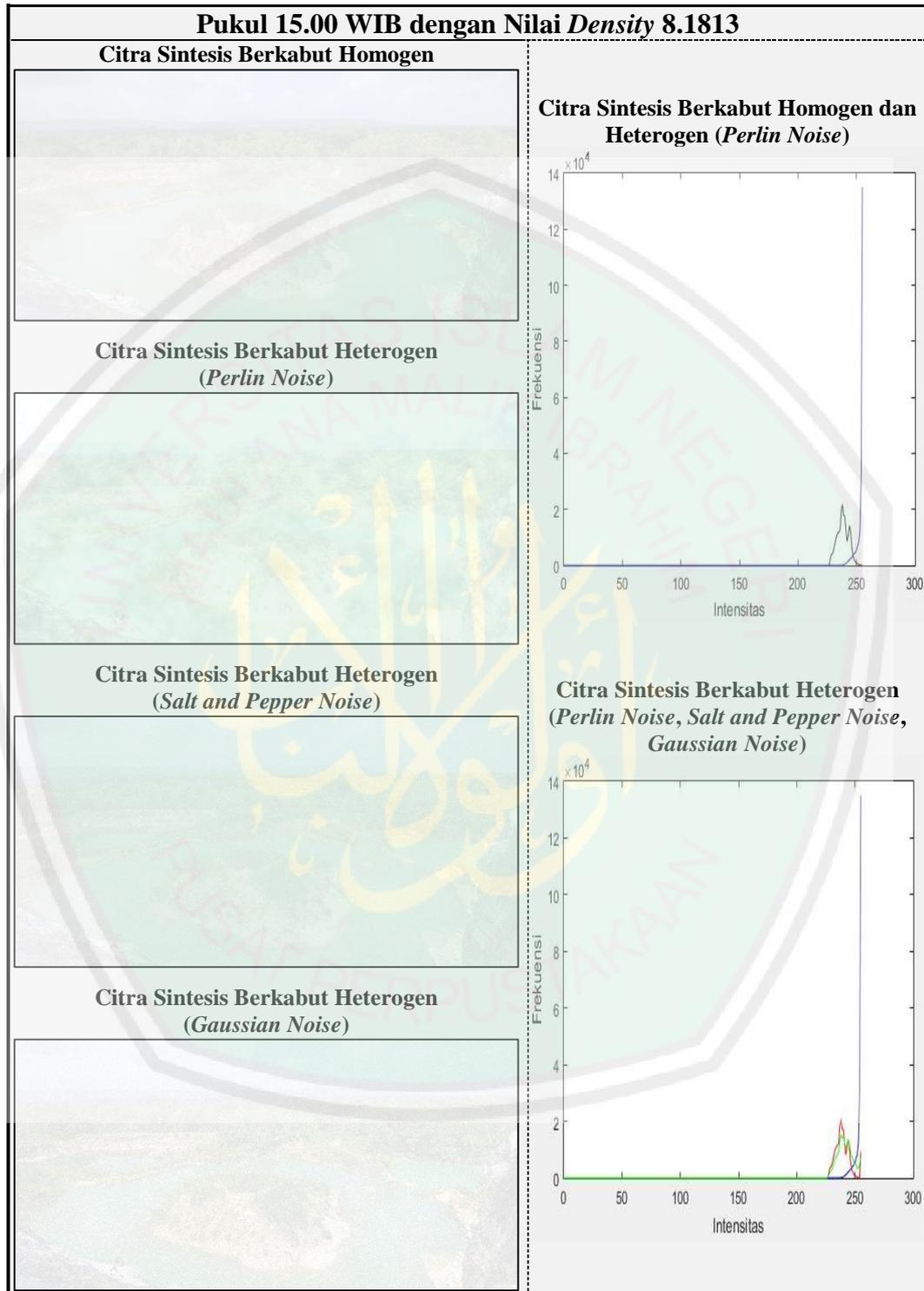
(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 06.00 WIB sebesar 3.5536. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 204 (koordinat x) sebanyak 4 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 254 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 13380 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 7255 (koordinat y). Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 196 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 220 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 11530 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 1577 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 197 (koordinat x) sebanyak 7 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 220 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 9098 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 454 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu

grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.

c. Citra Kabut Tebal



Gambar 4.23 Citra Sintesis Berkabut Homogen dan Heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) Dengan Nilai *Density* 8.1813 Serta Kedua

Histogramnya

Gambar 4.23 menunjukkan adanya dua grafik. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*) terdapat grafik dengan warna hitam untuk uji coba citra sintesis berkabut homogen dan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen yang distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*. Keduanya menggunakan nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 15.00 WIB. Ketika citra tanpa kabut seperti Gambar 4.8 ditambahkan *density* sebesar 8.1813 menghasilkan citra sintesis berkabut homogen yang diwakili grafik berwarna hitam. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas bernilai 227 (koordinat x) sebanyak 615 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 238 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 21810 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 5 (koordinat y). Hal ini berbeda dengan citra sintesis berkabut heterogen yang dihasilkan dari proses *rendering* antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra *Perlin Noise* yang diwakili warna biru. Dimulai dari kenaikan grafik, ketika mencapai intensitas 233 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 255 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 135000 di koordinat y serta tidak mengalami penurunan setelah mencapai kenaikan maksimum.

Berbeda dengan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*) yang menunjukkan adanya tiga grafik. Grafik dengan warna biru untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*), warna merah untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dan warna hijau untuk uji coba citra sintesis berkabut heterogen

(*Gaussian Noise*). Ketiganya mempunyai nilai *density* yang diperoleh di penelitian sebelumnya pada pukul 15.00 WIB sebesar 8.1813. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) yang diwakili grafik berwarna biru, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 233 (koordinat x) sebanyak 1 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 255 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 135000 di koordinat y serta tidak mengalami penurunan grafik setelah mencapai kenaikan grafik maksimum. Pada citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) yang diwakili warna merah, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 227 (koordinat x) sebanyak 581 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 238 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 20900 di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 9348 (koordinat y). Sedangkan, pada citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) yang diwakili warna hijau, memulai kenaikan grafiknya, ketika mencapai intensitas 227 (koordinat x) sebanyak 325 (koordinat y). Kenaikan grafik maksimalnya pada intensitas yang bernilai 238 di koordinat x dengan frekuensi kemunculan sebanyak 15250 yang di koordinat y . Kemudian mengalami penurunan hingga intensitas bernilai 255 (koordinat x) sebanyak 7183 (koordinat y).

Angka-angka pada kedua histogram yang telah dijelaskan di atas menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaannya. Pada histogram citra sintesis berkabut homogen dan heterogen (*Perlin Noise*), kedua citra tersebut sama-sama mempunyai grafik histogram yang cenderung ke kanan (nilai koordinat x dan y lebih besar) sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna yang

mendekati/sama dengan warna putih / angka 255. Perbedaan dari keduanya yaitu grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada grafik dari citra sintesis berkabut homogen. Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih (intensitas bernilai 255) dari keduanya terpaut sangat jauh.

Di samping itu, pada histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) menggambarkan tiga grafik yang sama-sama mempunyai nilai koordinat x dan y yang besar sehingga citra yang dihasilkan terang atau banyak persebaran warna mendekati/sama dengan warna putih (255 di koordinat x). Sedangkan perbedaan dari ketiganya yaitu citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) cenderung lebih ke kanan grafiknya (nilai koordinat x dan y lebih besar) daripada grafik dari citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Selain itu, frekuensi kemunculan warna putih antara citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*) terpaut sangat jauh. Tetapi, frekuensi kemunculan warna putih (mewakili adegan kabut) antara citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Gaussian Noise*) terpaut sangat dekat.

Berdasarkan klasifikasi di atas yang telah di uji validasinya menggunakan histogram untuk mengetahui persebaran intensitas warnanya, selanjutnya dibandingkan pergeseran grafik histogram dari ketiganya. Berikut ini merupakan perbandingan dari grafik histogram antara citra sintesis berkabut homogen dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise, Salt and Pepper Noise, Gaussian Noise*) antara lain:

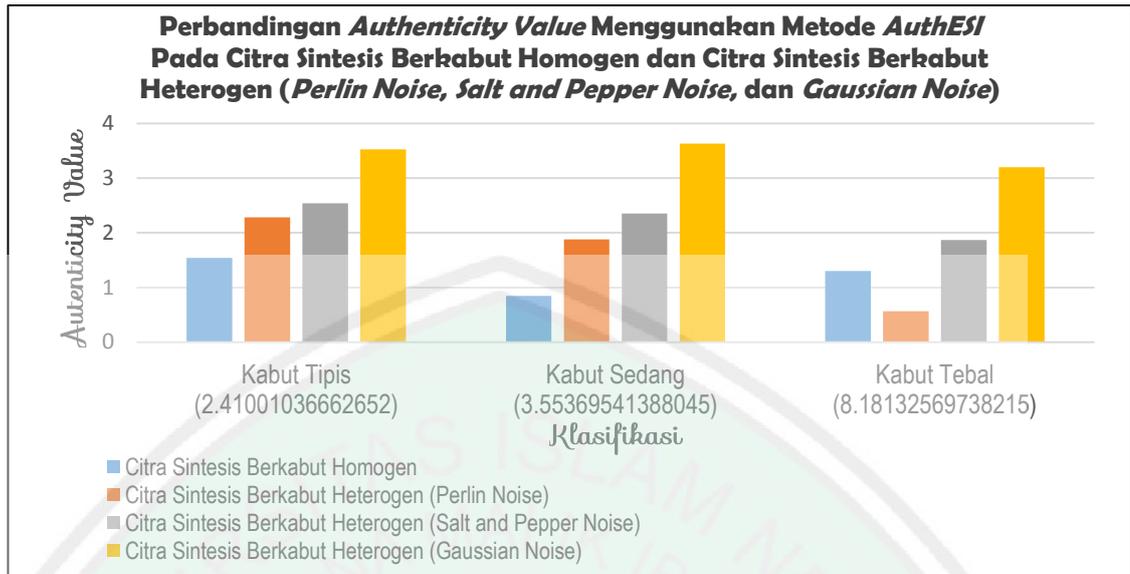
- 1) Semakin besar nilai *density*, maka grafik histogram semakin ke kanan yang ditunjukkan dengan nilai koordinat x dan y yang besar, hal tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak warna putih (mewakili adegan kabut/*noise*) dan semakin cerah/terang pada citra sintesis berkabut.
- 2) Grafik histogram dari citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai nilai koordinat x dan y yang lebih besar daripada nilai koordinat x dan y dari citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*). Hal tersebut menunjukkan bahwa citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) mempunyai lebih banyak warna putih (mewakili adegan kabut/*noise*) dan lebih cerah/terang daripada citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise* dan *Gaussian Noise*).

Selanjutnya, mengklasifikasikan citra kabut tipis, sedang dan tebal sesuai dengan uji validasinya yang menggunakan nilai *authenticity value* untuk mengukur keaslian dari citra sintesis berkabut secara objektif terhadap ketiga klasifikasi tersebut dan membandingkannya. Di bawah ini merupakan tabel klasifikasi dengan nilai *authenticity value* menggunakan metode *AuthESI*:

Tabel 4.3 Hasil rata-rata *authenticity value* menggunakan metode *AuthESI*

Klasifikasi	Citra Sintesis Berkabut Homogen	Citra Sintesis Berkabut Heterogen		
		<i>Perlin Noise</i>	<i>Salt and Pepper Noise</i>	<i>Gaussian Noise</i>
Citra Kabut Tipis (2.41001036662652)	1.541287	2.278930	2.537926	3.522326
Citra Kabut Sedang (3.55369541388045)	0.843221	1.881121	2.353708	3.629010
Citra Kabut Tebal (8.18132569738215)	1.302716	0.565259	1.864744	3.196861

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di gambar grafik di bawah ini.



Gambar 4.24 Grafik Perbandingan *Authenticity Value* Menggunakan Metode *AuthESI* Pada Citra Kabut Tipis, Sedang dan Tebal

Sedangkan untuk membandingkan antara ketiga metode tersebut berdasarkan hasil *authenticity value*, maka dihitunglah perhitungan seperti di bawah ini.

Perlin Noise

1. Citra Kabut Tipis = $\frac{2.278}{10} \times 100 = 22.78\%$
2. Citra Kabut Sedang = $\frac{1.881}{10} \times 100 = 18.81\%$
3. Citra Kabut Tebal = $\frac{0.565}{10} \times 100 = 5.65\%$

Salt and Pepper Noise

1. Citra Kabut Tipis = $\frac{2.537}{10} \times 100 = 25.37\%$
2. Citra Kabut Sedang = $\frac{2.353}{10} \times 100 = 23.53\%$
3. Citra Kabut Tebal = $\frac{1.864}{10} \times 100 = 18.64\%$

Gaussian Noise

1. Citra Kabut Tipis = $\frac{3.522}{10} \times 100 = 35.22\%$
2. Citra Kabut Sedang = $\frac{3.629}{10} \times 100 = 36.29\%$
3. Citra Kabut Tebal = $\frac{3.196}{10} \times 100 = 31.96\%$

Selisih persentase hasil *authenticity value* citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise* (PN), *Salt and Pepper Noise* (SPN), *Gaussian Noise* (GN)):

1. $SPN_{CitraKabutTipis} - PN_{CitraKabutTipis} = 25.37\% - 22.78\% = 2.59\%$
2. $GN_{CitraKabutTipis} - PN_{CitraKabutTipis} = 35.22\% - 22.78\% = 12.44\%$
3. $SPN_{CitraKabutSedang} - PN_{CitraKabutSedang} = 23.53\% - 18.81\% = 4.72\%$
4. $GN_{CitraKabutSedang} - PN_{CitraKabutSedang} = 36.29\% - 18.81\% = 17.48\%$
5. $SPN_{CitraKabutTebal} - PN_{CitraKabutTebal} = 18.64\% - 5.65\% = 12.99\%$
6. $GN_{CitraKabutTebal} - PN_{CitraKabutTebal} = 31.96\% - 5.65\% = 26.31\%$

Rata-rata selisih persentase hasil *authenticity value* citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise* (PN), *Salt and Pepper Noise* (SPN), *Gaussian Noise* (GN)):

1. Rata-rata persentase hasil *authenticity value* citra sintesis berkabut heterogen *Perlin Noise* dengan *Salt and Pepper Noise*

$$= \frac{\left(\begin{array}{c} SPN_{CitraKabutTipis} \\ - PN_{CitraKabutTipis} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} SPN_{CitraKabutSedang} \\ - PN_{CitraKabutSedang} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} SPN_{CitraKabutTebal} \\ - PN_{CitraKabutTebal} \end{array} \right)}{3}$$

$$= \frac{2.59\% + 4.72\% + 12.99\%}{3} = 6.77\%$$

2. Rata-rata persentase hasil *authenticity value* citra sintesis berkabut heterogen *Perlin Noise* dengan *Gaussian Noise*

$$= \frac{\left(\begin{array}{c} GN_{CitraKabutTipis} \\ - PN_{CitraKabutTipis} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} GN_{CitraKabutSedang} \\ - PN_{CitraKabutSedang} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} GN_{CitraKabutTebal} \\ - PN_{CitraKabutTebal} \end{array} \right)}{3}$$

$$= \frac{12.44\% + 17.48\% + 26.31\%}{3} = 18.74\%$$

Berdasarkan data dari Tabel 4.2 menunjukkan bahwa pada semua citra sintesis berkabut, semakin besar nilai *density* maka hasil *authenticity value* semakin rendah atau mendekati angka 0 dan sebaliknya. Sedangkan, perhitungan rata-rata persentase hasil *authenticity value* citra sintesis berkabut heterogen di atas didapatkan bahwa metode *Perlin Noise* lebih efektif sebesar 6.77% daripada metode *Salt and Pepper Noise* dan metode *Perlin Noise* lebih efektif sebesar 18.74% daripada metode *Gaussian Noise* dalam distribusi tekstur kepadatan kabut di citra sintesis berkabut heterogen.

4.3. Tampilan Program

Tampilan utama simulasi adalah *button* pilihan menu yang terdiri dari *button* simulasi, *button* proses, *button* tentang dan *button* exit. *Button* simulasi akan menampilkan halaman simulasi citra sintesis berkabut heterogen berdasarkan distribusi tekstur kepadatan kabut. Selanjutnya, *button* proses akan menampilkan halaman proses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen. Selain itu, *button* tentang akan menampilkan halaman informasi terkait pembuat program simulasi dan *button* exit akan membantu pengguna untuk keluar dari program simulasi. Berikut ini tampilan pada halaman utama program simulasi.



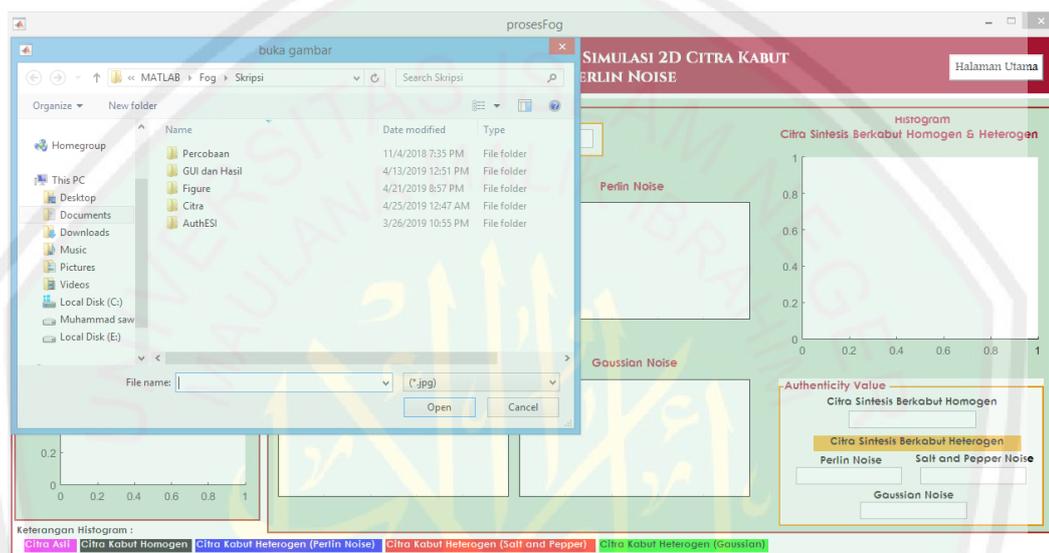
Gambar 4.25 Tampilan Halaman Utama Program Simulasi



Gambar 4.26 Tampilan Halaman Simulasi

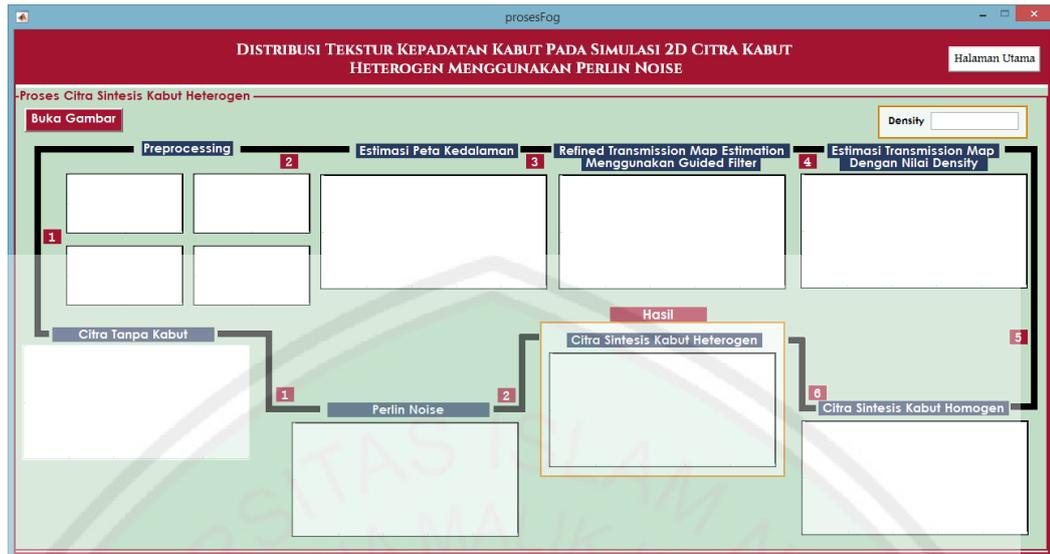
Bila pengguna memilih *button* simulasi maka akan tampil halaman simulasi yang akan menampilkan citra masukkan berupa citra tanpa kabut dan nilai histogram dari citra masukkan, kemudian akan ditampilkan citra keluaran dari simulasi pada setiap nilai *density* mulai pukul 06.00 WIB sampai dengan 17.00 WIB. Citra keluaran tersebut terdiri dari citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian*

Noise). Selain itu, juga akan ditampilkan histogram dari citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*) serta nilai *authenticity value* dari citra masukkan, citra sintesis berkabut homogen dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*, *Salt and Pepper Noise*, dan *Gaussian Noise*).



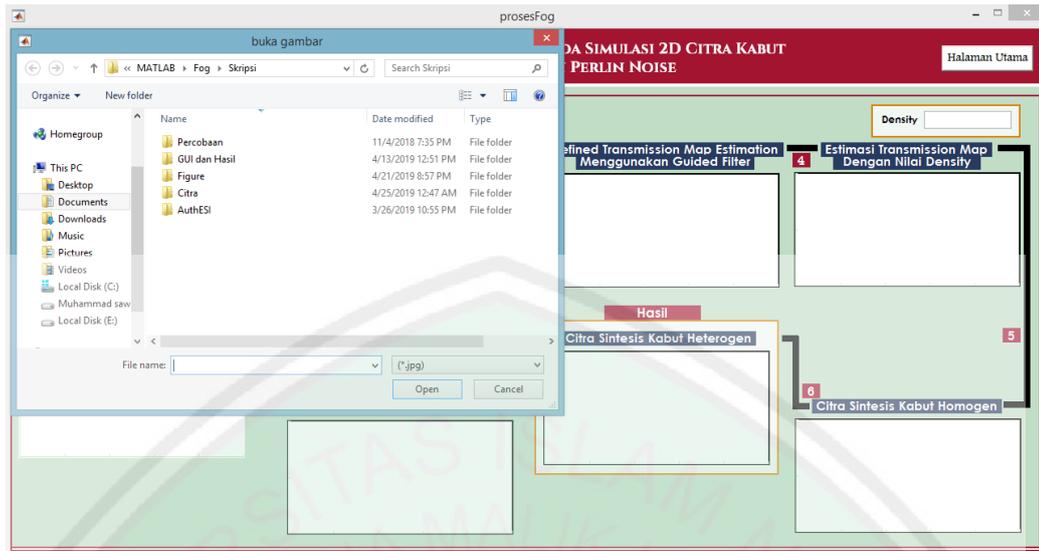
Gambar 4.27 Tampilan *Input* Citra di Halaman Simulasi

Langkah penggunaan pada halaman simulasi, pertama pengguna harus mengklik *button* “Buka Gambar”. Kemudian, pengguna dapat memasukkan citra yang hendak diolah seperti yang terlihat di Gambar 4.27. Citra tersebut diolah sesuai dengan nilai *density* yang telah diatur dalam simulasi. Bila ingin keluar dari halaman simulasi dapat mengklik *button* “Halaman Utama” yang ada di pojok kanan atas.



Gambar 4.28 Tampilan Halaman Proses

Bila pengguna memilih *button* proses maka akan tampil halaman proses yang akan menampilkan citra masukan berupa citra tanpa kabut, kemudian akan ditampilkan citra keluaran dari proses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen berdasarkan distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise* dengan nilai *density* yang telah diatur yaitu 3.5536 (kabut sedang). Citra keluaran tersebut terdiri dari citra hasil preprocessing, 2) citra dengan peta kedalaman, citra dengan refined transmission map estimation menggunakan Guided Filter, citra estimasi transmission map dengan nilai *density*, citra sintesis berkabut homogen, citra *Perlin Noise*, dan citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*). Setiap citra keluaran ditampilkan sesuai urutan proses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen berdasarkan distribusi tekstur kepadatan kabutnya menggunakan metode *Perlin Noise*.



Gambar 4.29 Tampilan *Input* Citra di Halaman Proses

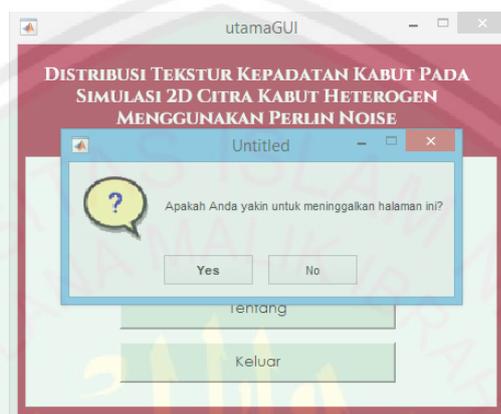
Langkah penggunaan pada halaman proses, pertama pengguna harus mengklik *button* “Buka Gambar”. Kemudian, pengguna memasukkan citra yang hendak diolah seperti yang terlihat di Gambar 4.49. Citra tersebut diolah berdasarkan blok diagram Gambar 3.1 dengan nilai *density* 3.5536. Bila ingin keluar dari halaman simulasi dapat mengklik *button* “Halaman Utama” yang ada di pojok kanan atas.



Gambar 4.30 Tampilan Halaman Tentang

Bila memilih *button* tentang, maka akan menampilkan halaman tentang seperti Gambar 4.30. Halaman tersebut berisi informasi-informasi terkait pembuat

program. Selain itu, di bawah ini terdapat Gambar 4.31 yang menunjukkan box dialog konfirmasi keluar dari program simulasi. Bila pengguna mengklik *button* “Yes” maka ia akan keluar dari program simulasi, tetapi bila pengguna *button* mengklik “No” maka kembali ke halaman utama program simulasi.



Gambar 4.31 Tampilan *Box Dialog* Konfirmasi Keluar Program Simulasi

4.4. Integrasi Sains dan Islam

Integrasi bersumber dari bahasa latin yaitu *integer*, yang bermakna menyeluruh. Sains merupakan suatu bidang ilmu dengan objek berupa seluruh benda yang ada di dalam alam beserta hukum pastinya. Agama merupakan suatu wahyu Allah yang mengolah korelasi antara manusia dengan Allah, antar manusia, dan alam. Tujuan dari integrasi antara kedua hal tersebut adalah menyatukan keduanya dengan suatu cara (Zainal Abidin Bagir, Jarot Wahyudi, & Afnan Anshori, 2015). Bahkan integrasi menurut Barbour memiliki makna yang sangat spesifik, yang tujuan terutama untuk membuktikan kebenaran-kebenaran agama berdasar temuan-temuan ilmiah (Zainal Abidin Bagir dkk., 2015). Jadi, makna dari integrasi sains dan Islam ini adalah menyatukan hal-hal terkait sains ke dalam Islam dan sebaliknya sehingga mendapati kebesaran kuasa Allah Swt. menambah keimanan kepada Allah Swt.

Manusia hidup di bumi yang mana terdapat langit yang menjulang tinggi, hingga permukaan bumi yang lengkap dengan isinya untuk kehidupan manusia. Di langit atau bahasa sains-nya adalah atmosfer, mencerminkan berbagai kondisi seperti cuaca dan fenomena alam. Hal yang sering ditemui seperti cuaca cerah hingga cuaca berkabut yang biasanya terjadi di pagi hari. Langit dengan kondisi cuaca berkabut mampu mengganggu penglihatan manusia bahkan Allah Swt. telah berfirman di dalam Alquran surah al-A'raf/7:162 tentang *azab* dari langit, seperti berikut ini:

فَبَدَّلَ الَّذِينَ ظَلَمُوا مِنْهُمْ قَوْلًا غَيْرَ الَّذِي قِيلَ لَهُمْ فَأَرْسَلْنَا عَلَيْهِمْ رِجْزًا مِنَ السَّمَاءِ بِمَا كَانُوا
يَظْلِمُونَ (١٦٢)

Artinya :

“Maka orang-orang yang zalim di antara mereka itu mengganti (perkataan itu) dengan perkataan yang tidak dikatakan kepada mereka, maka Kami timpakan kepada mereka azab dari langit disebabkan kezaliman mereka”. (Qs. al-A'raf /7:162)

Pada Alquran surah al-A'raf ayat 162, Allah Swt. menjelaskan bahwa kezaliman manusia yang menggantikan arahan yang diberikan kepada mereka dengan arahan lain sehingga menyebabkan terjadinya bencana atau malapetaka yang bersumber dari langit. Bencana dari langit dapat berupa hujan lebat yang menimbulkan banjir dan tanah longsor serta kemarau panjang karena tidak turun hujan. Ibn Asyur berpendapat bahwa puncak dari bencana dan malapetaka yang diberikan oleh Allah Swt. kepada kaum Bani Israil adalah menukar semua arahan yang telah disampaikan kepada mereka dan melakukan apa yang tidak diperintahkan (Rusdi, 2011).

Langit dapat membawa keberkahan ataupun musibah. Contoh musibah cuaca berkabut ekstrim. Bahkan Allah Swt. telah berfirman dalam Alquran bahwa ketika Rasulullah *shallallahu a'laihi wassalam* menyeru orang-orang Quraisy untuk memeluk Islam, tetapi mereka menolak untuk menerima. Kemudian datanglah musibah kelaparan selama 7 tahun sebagaimana musibah kelaparan 7 tahun di masa Nabi Yusuf hingga mereka memakan bangkai dan kulit. Kemudian ada seseorang dari mereka yang melihat adanya kabut antara dia dengan langit karena rasa laparnya. Walaupun kabutnya telah hilang, *azab* tersebut masih berlanjut hingga terjadi hantaman keras, kematian, terbelahnya bulan dan kekalahan Ramawi (HR. Bukhari) (Saltnera, 2015). Hal tersebut seperti yang telah Allah Swt. sampaikan di dalam Alquran surah ad-Dukhan/44:10-11 yang berbunyi:

فَارْتَقِبْ يَوْمَ تَأْتِي السَّمَاءُ بِدُخَانٍ مُّبِينٍ (١٠) يَغْشَى النَّاسَ هَذَا عَذَابٌ أَلِيمٌ (١١)

Artinya:

“Maka tunggulah hari ketika langit membawa kabut yang nyata, yang meliputi manusia. Inilah azab yang pedih”. (Qs. ad-Dukhan/44:10-11)

Dan mereka pun berdo'a seperti dalam Alquran surah ad-Dukhan/44:12 yang berbunyi:

رَبَّنَا اكْشِفْ عَنَّا الْعَذَابَ إِنَّا مُؤْمِنُونَ (١٢)

Artinya:

“Ya Tuhan kami, lenyapkanlah dari kami azab itu. Sesungguhnya kami akan beriman”. (Qs. ad-Dukhan/44:12)

Terdapat beberapa perbedaan pendapat antar mufassir tentang makna *dukhan* (asap/kabut) dalam ayat-ayat tersebut. Pendapat pertama menyatakan bahwa ketika seseorang melihatkan pandangannya ke langit (mengharapkan hujan),

maka dia melihat antara dia dan langit sesuatu yang seperti kabut karena kepayahan yang dialaminya akibat kelaparan (Ibnu Katsir) (Kit, 2016). Pendapat kedua menyatakan bahwa kabut merupakan tanda datangnya hari kiamat yang menyerang pendengaran dan penglihatan manusia munafik, sedangkan manusia mukmin hanya terserang flu (Ibnu Katsir) (Kit, 2016).

Berdasarkan tafsir di atas menunjukkan bahwa kabut dapat mencelakai manusia dan bila dilihat dalam latar belakang penelitian ini bahwa kabut juga merupakan salah satu gangguan atau *noise*. Contohnya, *noise* dapat terjadi ketika pengambilan objek citra di cuaca berkabut yang ditangkap kamera digital, yang mana hasil dari citra tersebut mengalami degradasi visual. Selain itu, kabut mempunyai kepadatan yang tidak sama, ada yang kabut tipis, sedang, dan tebal. Ketika kepadatan kabut meningkat maka kabut semakin tebal dan semakin mengganggu jarak pandang manusia ataupun lensa kamera digital.

Walaupun kabut merupakan gangguan atau *noise* dalam pengambilan objek citra, tetapi bisa di manfaatkan untuk membuat visualisasi kabut buatan yang terlihat nyata dan alami menggunakan metode *Perlin Noise*. Dimana metode tersebut dapat menciptakan kabut buatan yang dinamis atau heterogen sehingga kabut buatan mempunyai kepadatan kabut yang berbeda-beda di setiap koordinat-koordinat tertentu. Hal ini sangat bermanfaat untuk penciptaan teknologi baru yang berhubungan dengan kabut dan penciptaan *asset* kabut buatan yang terlihat alami di simulasi 2D ataupun *game* simulasi yang mana semua itu ditujukan untuk kehidupan manusia yang lebih baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji coba sistem yang telah dilaksanakan oleh penulis maka dapat di tarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perbandingan histogram citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise dan Gaussian Noise*) didapatkan bahwa nilai intensitas warna (koordinat x) dan frekuensi kemunculan warna (koordinat y) di citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) lebih besar dibandingkan yang lain sehingga menghasilkan citra sintesis berkabut heterogen yang lebih putih, dimana dengan lebih putihnya suatu citra dapat menandakan adanya suatu *noise* berwarna putih yang mewakili adegan kabut.
2. Berdasarkan perbandingan hasil rata-rata *authenticity value* dari perhitungan metode *AuthESI* pada citra sintesis berkabut heterogen (*Perlin Noise*) dengan citra sintesis berkabut heterogen (*Salt and Pepper Noise dan Gaussian Noise*) didapatkan bahwa metode *Perlin Noise* lebih efektif 6.77% daripada metode *Salt and Pepper Noise* dan metode *Perlin Noise* lebih efektif 18.73% lebih efektif daripada *Gaussian Noise* dalam distribusi tekstur kepadatan kabut di citra sintesis berkabut heterogen.

5.2. Saran

Untuk pengembangan penelitian ini yang lebih baik maka dibutuhkan beberapa perbaikan untuk menghasilkan penelitian yang lebih baik, diantaranya:

1. Penggunaan beberapa *patch size* untuk mendapatkan perbandingan variasi

hasil citra sintesis berkabut heterogen.

2. Perbaiki dalam proses pembentukan citra sintesis berkabut heterogen yang mampu mempertimbangkan jarak pengamat dengan jarak objek dalam citra.
3. Bagi pengembang, diharapkan dapat menerapkan distribusi tekstur kepadatan kabut heterogen dalam penelitian ini untuk diimplementasikan dalam pembangunan *asset* kabut di *unity 3D* sehingga mampu menciptakan simulasi 3D.



DAFTAR PUSTAKA

- Boyat, A. K., & Joshi, B. K. (2015). A Review Paper : Noise Models in Digital Image Processing. *Signal & Image Processing : An International Journal*, 6(2), 63–75. <https://doi.org/10.5121/sipij.2015.6206>
- Choi, L. K., You, J., & Bovik, A. C. (2015). Referenceless Prediction of Perceptual Fog Density and Perceptual Image Defogging. *IEEE Transactions on Image Processing*, 24(11), 3888–3901. <https://doi.org/10.1109/TIP.2015.2456502>
- Guo, F., Tang, J., & Xiao, X. (2014). Foggy Scene Rendering Based on Transmission Map Estimation. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2014/308629>
- Gusnita, D. (2014). Pencemarahn Smog (Asap Kabut) Sebagai Dampak Aktivitas Antropogenik. *Berita Dirgantara*, 15(2), 6.
- Harijono, S. W. B. (2008). *Analisis Dinamika Atmosfer Di Bagian Utara Ekuator Sumatera Pada Saat Peristiwa El-Nino Dan Dipole Mode Positif Terjadi Bersamaan*. 5(2), 19.
- He, K., & Sun, J. (2015). Fast Guided Filter. *ArXiv:1505.00996 [Cs]*. Diambil dari <http://arxiv.org/abs/1505.00996>
- Hermawati, F. A. (2013). *Pengolahan Citra Digital (I)*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- J. McCartney, E. (1976). Optics of the Atmosphere – Scattering by Molecules and Particles. *Wiley Series in Pure and Applied Optics*, New York: Wiley, 1976.
- Kadir, A., & Susanto, A. (2013). *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.

- Kit, A. (2016). Tafsir Ibnu Katsir Lengkap (Versi 1.8). Diambil dari https://play.google.com/store/apps/details?id=com.androidkit.tafsir.ibnukatsir&hl=en_US
- Lagae, A., Lefebvre, S., Cook, R., DeRose, T., Drettakis, G., Ebert, D. S., ... Zwicker, M. (2010). A Survey of Procedural Noise Functions. *Computer Graphics Forum*, 29(8), 2579–2600. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2010.01827.x>
- Liu, S.-K., Cai, S., Chen, Y., Xiao, B., Chen, P., & Xiang, X.-D. (2016). The effect of pollutional haze on pulmonary function. *Journal of Thoracic Disease*, 8(1), E41-E56–E56.
- Nayar, S. K., & Narasimhan, S. G. (1999). Vision in bad weather. *Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision*, 820–827 vol.2. <https://doi.org/10.1109/ICCV.1999.790306>
- Nugroho, F., & Fadila, J. N. (2017). *Peningkatan Visibilitas Pada Penghilangan Haze Berbasis Perbedaan Warna Untuk Citra Digital Tunggal Danau Kawah Gunung Kelud* (hlm. 84) [Research Report]. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M): UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Malang.
- Perlin, K. (1985). An Image Synthesizer. *Computer Graphics*, 19(3), 287–296.
- Pradanti, R. E. (2018). *Simulasi 2D Gambar Berkabut Berdasarkan Transmission Map Menggunakan Citra Gunung Kelud*. 96.
- Prawirowardoyo, S. (2009). Meteorologi / Susilo Prawirowardoyo. *Koleksi Buku UPT Perpustakaan Universitas Negeri Malang*, 0(0). Diambil dari

<http://library.um.ac.id/free-contents/index.php/buku/detail/meteorologi-susilo-prawirowardoyo-14402.html>

Putra, O. V. (2017). *Reduksi Kabut Pada Citra Kawah Gunung Berapi Kelud Berbasis Dark Channel Prior*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Putra, O. V., Yuniarno, E. M., Purnomo, M. H., & Prianto, B. (2016). Visibility Restoration of Lake Crater Hazy Image Based On Dark Channel Prior. *IEEE Transactions on Image Processing*.

Putra, W. P., & Handayaningsih, S. (2008). Analisis Perbandingan Histogram Equalization dan Model Logarithmic Image Processing (LIP) Untuk Image Enhancement. *Jurnal Informatika*, 2(2), 9.

Räihä, K.-J. (2017). *Terrain Synthesis Using Noise*.

Rudermant, D. L. (1994). *The statistics of natural images*. 32.

Rusdi, M. (2011). Al-Qur`An Dan Fungsi Lapisan Atmosfera Suatu Pendekatan Tafsir Maudu`I. *Seminar Wahyu Asas Tamadun (SWAT) Universiti Sains Islam Malaysia*.

Saltnera. (2015). *Ensiklopedi Hadits - Kitab 9 Imam (Versi 4.2.9)*. Diambil dari <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.saltanera.hadits&hl=en>

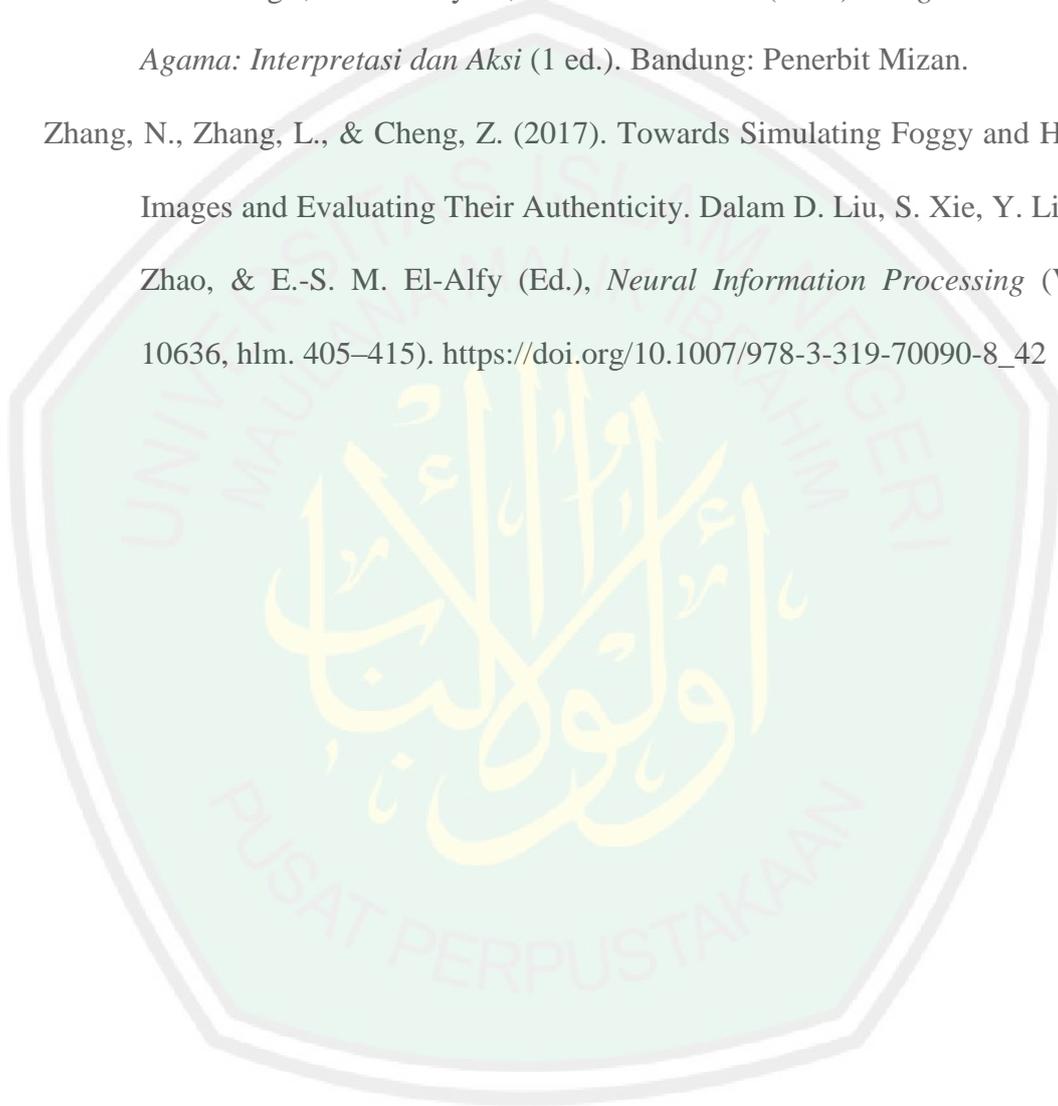
Sasongko, W. (2008). *Armageddon 2: Antara Petaka dan Rahmat*. Jakarta: Gema Insani.

Wijaya, W., & Rahman, A. (2018). *Analisis Perbandingan Perlin Noise Dan Simplex Noise Untuk Penciptaan Permukaan Daratan Pada Pembuatan Game*. 6.

Wirjohamidjojo, S., Susanto, R., Sudjono, & Suhartono. (1985). *Kamus Istilah Meteorologi*. Jakarta: Pusat Pembinaan Bahasa dan Pengembangan Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Zainal Abidin Bagir, Jarot Wahyudi, & Afnan Anshori. (2015). *Integrasi Ilmu dan Agama: Interpretasi dan Aksi* (1 ed.). Bandung: Penerbit Mizan.

Zhang, N., Zhang, L., & Cheng, Z. (2017). Towards Simulating Foggy and Hazy Images and Evaluating Their Authenticity. Dalam D. Liu, S. Xie, Y. Li, D. Zhao, & E.-S. M. El-Alfy (Ed.), *Neural Information Processing* (Vol. 10636, hlm. 405–415). https://doi.org/10.1007/978-3-319-70090-8_42



LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Perhitungan *Authenticity value* Menggunakan Metode *AuthESI*

(*Authenticity Evaluator for Synthetic Foggy/Hazy Images*) Beserta Rata-ratanya

Waktu	Nilai <i>Density</i>	Citra Sintesis Berkabut Homogen	Citra Sintesis Berkabut Heterogen			
			Uji Ke-	<i>Perlin Noise</i>	<i>Salt and Pepper Noise</i>	<i>Gaussian Noise</i>
06.00 WIB	3.55369541388045	0.843221	1	1.727628	2.262907	3.839191
			2	2.097194	2.353325	3.681843
			3	1.772140	2.343788	3.757932
			4	1.511833	2.350930	3.634298
			5	1.990119	2.439448	3.594128
			6	1.835037	2.403012	3.678300
			7	1.958008	2.391483	3.620418
			8	1.985980	2.366456	3.357146
			9	1.897446	2.319970	3.507025
			10	2.035825	2.305761	3.619822
			Rata-rata			1.881121
07.00 WIB	3.37337790083274	0.868451	1	2.102614	2.463887	3.590910
			2	2.305242	2.403986	3.386556
			3	1.914962	2.376325	3.463312
			4	1.939383	2.434287	3.308741
			5	2.200020	2.457559	3.413921
			6	2.156123	2.381525	3.252692
			7	1.929094	2.412604	3.435773
			8	1.856337	2.321924	3.330162
			9	1.866717	2.403149	3.471185
			10	2.073135	2.455276	3.431340
			Rata-rata			2.034363

08.00 WIB	2.41001036662652	1.541287	1	2.067847	2.599711	3.815648
			2	2.395128	2.586065	3.479438
			3	2.236083	2.418371	3.508574
			4	2.318919	2.629228	3.426057
			5	2.273793	2.490682	3.432595
			6	2.499322	2.549636	3.514554
			7	2.335449	2.563075	3.406815
			8	2.196999	2.473373	3.552863
			9	2.182771	2.467959	3.535403
			10	2.282993	2.601156	3.551315
			Rata-rata			2.278930
09.00 WIB	3.42435428970719	0.815320	1	1.812426	2.273005	3.347877
			2	1.729607	2.383019	3.616265
			3	1.976908	2.345173	3.501144
			4	1.766834	2.290325	3.427518
			5	2.109124	2.422360	3.491223
			6	2.013767	2.457427	3.364796
			7	2.067595	2.355348	3.394571
			8	1.929303	2.373845	3.515921
			9	2.242859	2.322239	3.247969
			10	2.070162	2.309229	3.143142
			Rata-rata			1.971859
10.00 WIB	4.10811244715136	0.582960	1	1.516530	2.405964	3.071526
			2	1.644678	2.513541	3.438693
			3	1.463264	2.593544	3.163935
			4	1.793062	2.461996	3.352897
			5	1.298551	2.463169	3.219167
			6	1.730966	2.425176	3.308027
			7	1.336432	2.396256	3.488304

			8	1.300668	2.384237	3.278662
			9	1.590717	2.288873	3.471889
			10	1.516693	2.470938	3.547907
	Rata-rata			1.519156	2.440369	3.334101
11.00 WIB	3.25740910843700	0.926287	1	1.982929	2.408700	3.278817
			2	2.112282	2.493565	3.194817
			3	2.048106	2.559550	3.185666
			4	2.102459	2.343503	3.230245
			5	2.212740	2.432695	3.296476
			6	2.110411	2.360926	3.386602
			7	2.087597	2.455561	3.365095
			8	2.001429	2.573378	3.492944
			9	2.183640	2.460431	3.639077
			10	1.966009	2.451417	3.185968
	Rata-rata			2.080760	2.453973	3.325571
12.00 WIB	2.76122601942079	1.345036	1	2.401576	2.631547	3.685624
			2	2.193750	2.586855	3.553687
			3	2.132877	2.513752	3.557668
			4	2.075853	2.471423	3.448603
			5	2.300990	2.471423	3.573288
			6	2.322199	2.643631	3.522330
			7	2.355357	2.644502	3.375705
			8	2.339384	2.438922	3.477878
			9	2.017596	2.463134	3.523882
			10	2.358632	2.523550	3.695440
	Rata-rata			2.249821	2.538874	3.541411

13.00 WIB	4.20856343050172	0.496621	1	1.546870	2.544111	3.333630
			2	1.200750	2.439334	3.311296
			3	0.575668	2.300260	3.616313
			4	1.690850	2.568371	3.112284
			5	1.241747	2.409668	3.440030
			6	1.444327	2.395922	3.448875
			7	0.848063	2.393847	3.523685
			8	0.879476	2.417039	3.370298
			9	1.124165	2.388086	3.546816
			10	1.239443	2.517005	3.356648
			Rata-rata			1.179136
14.00 WIB	3.09256961475829	1.084770	1	2.181144	2.465315	3.270195
			2	1.948337	2.472690	3.348336
			3	2.027890	2.483087	3.596466
			4	2.114768	2.622192	3.281291
			5	2.324761	2.581176	3.337374
			6	2.201039	2.522561	3.279612
			7	2.127921	2.471643	3.291262
			8	2.174513	2.550084	3.411543
			9	1.928196	2.487124	3.426192
			10	2.344791	2.549158	3.371497
			Rata-rata			2.137336
15.00 WIB	8.18132569738215	1.302716	1	0.632049	1.810336	3.206473
			2	0.217952	1.847175	3.143922
			3	0.603627	1.756439	3.435184
			4	0.224124	1.884374	3.231687
			5	0.648387	1.778450	3.212152
			6	0.701676	1.997487	3.243091
			7	0.458972	1.925386	3.083161

			8	0.835209	1.892289	3.110331
			9	0.321774	1.882899	3.189113
			10	1.008821	1.872600	3.113494
	Rata-rata			0.565259	1.864744	3.196861
16.00 WIB	5.12317586750335	0.254854	1	0.178890	2.406943	3.452458
			2	1.151386	2.312956	3.388408
			3	0.781561	2.409034	3.544611
			4	1.171820	2.379747	3.447210
			5	1.152369	2.406667	3.378969
			6	0.317496	2.534322	3.448810
			7	1.180788	2.589344	0.513792
			8	0.559982	2.310069	3.371285
			9	0.470723	2.426636	3.444878
			10	0.644264	2.377697	3.413906
	Rata-rata			0.760928	2.415342	3.140433
17.00 WIB	4.15400182969878	0.529710	1	1.821916	2.435774	3.398368
			2	1.489447	2.502729	3.169230
			3	1.430104	2.533315	3.474741
			4	0.731220	2.377773	3.301885
			5	0.845163	2.348832	3.033482
			6	0.835279	2.429013	3.313341
			7	1.379324	2.455516	3.328079
			8	1.495661	2.424371	3.273845
			9	1.560345	2.290971	3.290056
			10	1.626914	2.534485	3.282804
	Rata-rata			1.321537	2.433278	3.286583