

**VISUAL EFEK KABUT DALAM GAME BERDASARKAN
KETEBALAN KABUT MENGGUNAKAN
METODE *DARK CHANNEL PRIOR***

SKRIPSI



Oleh :
ISNAENI AGUSTIN ZUHDY
NIM. 13650023

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**VISUAL EFEK KABUT DALAM GAME BERDASARKAN KETEBALAN
KABUT MENGGUNAKAN METODE *DARK CHANNEL PRIOR***

SKRIPSI

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

**Oleh:
ISNAENI AGUSTIN ZUHDY
NIM. 13650023**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

**VISUAL EFEK KABUT DALAM GAME BERDASARKAN
KETEBALAN KABUT MENGGUNAKAN
METODE *DARK CHANNEL PRIOR***

SKRIPSI

Oleh:
ISNAENI AGUSTIN ZUHDY
NIM. 13650023

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: Juni 2020

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Khadijah Fahmi Hayati, M.Kom
NIDT. 19900626 20160801 2 077

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

Dr. Cahyo Crysdiان
NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN**VISUAL EFEK KABUT DALAM GAME BERDASARKAN
KETEBALAN KABUT MENGGUNAKAN
METODE *DARK CHANNEL PRIOR*****SKRIPSI**

Oleh :
ISNAENI AGUSTIN ZUHDY
NIM. 13650023

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal : Juni 2020

Penelaah I : Hani Nurhayati, M.T ()
NIP. 19780625 200801 2 006

Penelaah II : Dr. Muhammad Faisal, M.T ()
NIP. 19740510 200501 1 007

Supervisor I : Fresy Nugroho, M.T ()
NIP. 19710722 201101 1 001

Supervisor II : Khadijah Fahmi Hayati, M.Kom ()
NIDT. 19900626 20160801 2 077

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

Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Isnaeni Agustin Zuhdy

NIM : 13650023

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Teknik Infomatika

Judul Skripsi : Visual Efek Kabut Dalam Game Berdasarkan Ketebalan
Kabut Menggunakan Metode *Dark Channel Prior*

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, Juni 2020

Yang membuat pernyataan,



Isnaeni Agustin Zuhdy

NIM. 13650023

MOTTO

**TERASA SULIT KETIKA AKU MERASA HARUS MELAKUKAN
SESUATU. TETAPI, MENJADI MUDAH KETIKA AKU
MENGINGINKANNYA**

(ANNIE GOTTLIER)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan karya sederhana ini kepada :

- Terutama untuk kedua orang tua saya yang sangat saya cintai. Yang tak pernah lelah untuk mendoakan ku. Serta semua pengorbanan dan kesabarannya hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
- Kakakku ,adikku dan juga saudara-saudara ku yang selalu memberikan dukungan penuh kepada saya.
- Tak lupa juga teruntuk sahabat-sahabat saya yang selalu menyempatkan waktunya untuk membantu dan mendoakan agar tugas akhir ini terselesaikan.
- Serta untuk semua yang selalu menanyakan “Kapan skripsimu selesai?” tidak ada kata terlambat untuk meyelesaikan skripsi ini. Lebih baik terlambat untuk menyelesaikan skripsi daripada skripsi tak akan pernah selesai.

Sukses terus untuk kita semua!

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT yang selalu memberikan nikmat dan karunia-Nya dalam proses penyelesaian skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang dengan kerendahan hati beliau selalu mendoakan umat-umatnya hingga akhir zaman.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu baik secara moril, nasihat, dan semangat maupun materiil. Penulis ingin menyampaikan doa dan ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Dr. Cahyo Crys dian, selaku Ketua jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Bapak Fresy Nugroho, M.T, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan dan memberi masukan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini hingga akhir.
3. Ibu Khadijah Fahmi Hayati Holle, M.Kom selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing serta memberikan masukan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan staff jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan segenap ilmu dan bimbingannya.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik Informatika angkatan 2013.
6. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu-persatu, atas segala yang telah diberikan kepada penulis dan dapat menjadi pelajaran yang berharga.

Berbagai kekurangan dan kesalahan mungkin pembaca temukan dalam penulisan skripsi ini, untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Semoga apa yang menjadi kekurangan bisa disempurnakan oleh peneliti selanjutnya dan semoga karya ini senantiasa dapat memberi manfaat.

Wassalamualaikum Wr.Wb

Malang, juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT	xiv
ملخص البحث	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Pernyataan Masalah	4
1.3 Tujuan penelitian	4
1.4 Manfaat penelitian	5
1.5 Batasan.Masalah	5
1.6 Sistematika Penelitian.....	5
BAB II	7
KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terkait.....	7
2.2 Pengolahan Citra.....	12
2.3 Model Citra	12
2.4 Kabut.....	14
2.4.1 Kabut Adveksi	14

2.4.2	Kabut <i>Frontal</i>	14
2.4.3	Kabut Radiasi	15
2.4.4	Kabut Tanah	15
2.4.5	Kabut <i>Upslope</i>	15
2.5	Metode Dehazing.....	16
2.6	<i>Dark Channel Prior</i>	16
2.7	Visual Efek.....	19
2.8	<i>Software Game Engine Unity</i>	20
BAB III	.....	26
DESAIN DAN IMPLEMENTASI	.....	26
3.1	Desain Penelitian	26
3.2	Analisis Data	26
3.3	Pengolahan Data.....	27
3.4	Pengolahan Citra.....	27
3.5	<i>User Interface</i>	33
BAB IV	.....	33
UJI COBA DAN PEMBAHASAN	.....	33
4.1	Data Uji	33
4.2	Uji Coba Kabut.....	34
4.2.1	Proses <i>Dark Channeling</i>	35
4.2.2	Nilai <i>Density</i>	37
4.2.3	<i>Transmission Map</i>	39
4.2.4	Histogram.....	41
4.3	Pembahasan Penelitian Dengan Integrasi Islam.....	57
BAB V	.....	63
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Koordinat Citra Diskrit	13
Gambar 2. 2 Contoh Particle Sistem di dalam Unity	22
Gambar 3. 1 Diagram Alur Desain Penelitian.....	26
Gambar 3. 2 Metode <i>Dark Channel Prior</i>	27
Gambar 3. 3 Citra Masukan	28
Gambar 3. 4 Implementasi Proses Dark Channeling	29
Gambar 3. 5 Hasil Proses Dark Channeling	29
Gambar 3. 6 Implementasi Proses Atmospheric Light Estimation	30
Gambar 3. 7 Hasil Proses Estimasi Cahaya Atmosfer	30
Gambar 3. 8 Implementasi Proses Transmission Map.....	31
Gambar 3. 9 Hasil Proses Peta Transmisi	31
Gambar 3. 10 Citra Keluaran	32
Gambar 3. 11 Implementasi Proses Scane Radle Recovery.....	32
Gambar 3. 12 Tampilan Awal (home)	33
Gambar 3. 13 Tampilan Simulasi Kabut 3D	34
Gambar 3. 14 Tampilan Utama	34
Gambar 4. 1 Data Uji CCTV (Citra Asli Kabut).....	33
Gambar 4. 2 Data Uji Simulasi (Citra Kabut 3D)	34
Gambar 4. 3 Hasil Transmission Map (Citra Kabut Asli)	39
Gambar 4. 4 Hasil Transmission Map (Citra Kabut Simulasi 3D).....	40
Gambar 4. 5 Histogram Hasil CCTV : G.01 Dengan Hasil 3D : G.01	41
Gambar 4. 6 Histogram Hasil CCTV : G.02 Dengan 3D : G.02	42
Gambar 4. 7 Histogram CCTV : G.03 Dengan 3D : G.03	43
Gambar 4. 8 Histogram CCTV : G.04 Dengan 3D : G.04	44
Gambar 4. 9 Histogram CCTV : G.05 Dengan 3D : G.05	45
Gambar 4. 10 Histogram CCTV : G.06 Dengan 3D : G.06	46
Gambar 4. 11 Histogram CCTV : G.07 Dengan 3D : G.07	47
Gambar 4. 12 Histogram CCTV : G.08 Dengan 3D : G.08	48

Gambar 4. 13 Histogram CCTV : G.09 Dengan 3D : G.09	49
Gambar 4. 14 Histogram CCTV : G.10 Dengan 3D : G.10	50
Gambar 4. 15 Histogram CCTV : G.11 Dengan 3D : G.11	51
Gambar 4. 16 Histogram CCTV : G.12 Dengan 3D : G.12	52
Gambar 4. 17 Histogram CCTV : G.13 Dengan 3D : G.13	53
Gambar 4. 18 Histogram CCTV : G.14 Dengan 3D : G.14	54
Gambar 4. 19 Histogram CCTV : G.15 Dengan 3D : G.15	55
Gambar 4. 20 Histogram CCTV : G.16 Dengan 3D : G.16	56



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terkait visual efek kabut dalam game berdasarkan ketebalan kabut.....	7
Tabel 2. 2 Lanjutan	8
Tabel 2. 3 Lanjutan	9
Tabel 2. 4 Lanjutan	10
Tabel 2. 5 Lanjutan	11
Tabel 4. 1 Hasil Dark Channeling	35
Tabel 4. 2 Lanjutan	36
Tabel 4. 3 Lanjutan	37
Tabel 4. 4 Nilai Density Citra Kabut Asli.....	38
Tabel 4. 5 Nilai Density Simulasi Kabut 3D.....	38

ABSTRAK

Zuhdy, Isnaeni Agustin. 2020. **Visual Efek Kabut Dalam Game Berdasarkan Ketebalan Kabut Menggunakan Metode *Dark Channel Prior***. Skripsi Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Fresy Nugroho, M.T (II) Khadijah F.H Holle, M.Kom

Kata Kunci: *Dark Channel Prior*, Kabut, *Transmission Map*, visual Efek.

Kabut merupakan suatu gumpalan awan yang terbuat dari uap air yang berkondensasi yang berada di dekat permukaan tanah dan terjadi karena pendinginan udara. Kabut akan bisa menghalangi jarak pandang di permukaan bumi. Biasanya kabut ini berasal dari daerah pegunungan atau daerah kawasan dataran tinggi. Pada waktu tertentu, udara di lereng gunung atau seperti peralihan waktu malam ke pagi hari, suhu udara akan berubah. Udara yang berbentuk gas atau uap air akan berubah menjadi zat cair. Untuk mengontrol kabut yang muncul ke permukaan tanah pada lereng gunung, maka diperlukan suatu alat yang bernama *Closed Circuit Television (CCTV)*. Pengambilan gambar pada CCTV tersebut dikembangkan ke dalam visual efek dalam *game* yang bertujuan untuk mengukur kemampuan metode DCP (*Dark Channel Prior*) yang digunakan dalam visual efek kabut dalam *game*. Studi kasus dalam visual efek tersebut berada pada gunung kelud yang berada di Jawa Timur. *Dark channel prior* merupakan metode dengan menggunakan *dark pixel*, yaitu piksel-piksel yang memiliki nilai intensitas yang sangat rendah dari tiga lapisan warna yaitu RGB (*Red, Green, dan Blue*). *Dark pixel* ini sangat dipengaruhi oleh cahaya pada gambar yang memiliki *noise*. Oleh karena itu, *dark pixel* ini dapat menghasilkan *noise* yang akurat. Penerapan metode DCP (*Dark Channel Prior*) pada simulasi 3D ini akan mendapatkan hasil percobaan ketebalan kabut pada Unity 3D yaitu nilai yang berbeda dengan citra asli yang dihitung ketebalan kabutnya dengan menggunakan matlab. Nilai yang dihasilkan dari citra asli ataupun dari simulasi 3D ketebalan kabut ini yaitu 1.81326 untuk nilai yang dihasilkan kabut tipis dari citra asli sedangkan dari simulasi 3D 1.80233. Sedangkan nilai yang dihasilkan untuk kabut sedang yaitu 2.7764 dari citra asli dan 1.40547 dari simulasi kabut 3D. Dan untuk kabut tebal dari citra asli bernilai 3.13907 sedangkan untuk simulasi 3D bernilai 1.91516.

ABSTRACT

Zuhdy, Isnaeni Agustin. 2020. **Visual Effects Of A Mist in Game Based On The Thickness Of The Fog Using A Method Of Dark Channel Prior.** Minithesis Informatics Engineering Faculty of Sains and Technology. State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor : (I) Fresy Nugroho, M.T (II) Khadijah F.H Holle, M.Kom

Keywords: *Dark Channel Prior, Fog, Transmission Map, visual Effect.*

The Fog is a cloud of clouds made from condensed water vapor that is near the surface of the ground and occurs due to cooling the air. Fog will be able to obstruct visibility on the surface of the earth. This mist usually comes from mountainous areas or highland areas. At a certain time, the air on the slopes of the mountain or like the transition at night to morning, the air temperature will change. Air in the form of gas or water vapor will turn into liquid. To control the fog that appears on the ground surface on a mountain slope, we need a device called Closed Circuit Television (CCTV). Shooting on CCTV is developed into visual effects in the game which aims to measure the ability of the DCP (Dark Channel Prior) method used in visual effects of fog in the game. Case studies in visual effects are located in the mountain kelud in East Java. Dark channel prior is a method using dark pixels, those are pixels that have a very low intensity value of three color layers, namely RGB (Red, Green, and Blue). This dark pixel is greatly affected by light on images that have noise. Therefore, this dark pixel can produce accurate noise. The application of the DCP (Dark Channel Prior) method in this 3D simulation will get the results of the fog thickness experiment on Unity 3D, which is a different value from the original image which is calculated by using fog thickness matlab. The value generated from the original image or from the 3D simulation of this fog thickness is 1.81326 for the value produced by the thin fog of the original image while from the 3D simulation 1.80233. While the resulting value for medium fog is 2.7764 from the original image and 1.40547 from the 3D fog simulation. And for the thick fog of the original image it is worth 3.13907 while for the 3D simulation it is worth 1.91516.

ملخص البحث

زوهدي، اثنين اغوسطين.2020. تأثيرات الضباب المرئي في الألعاب التي تعتمد على سمك الضباب باستخدام الطريقة السابقة للقناة المظلمة. أطروحة. قسم المعلوماتية. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة الدولة الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج.

المستشار: (I) فريسي نوغروهو ، الماجستير، (II) خديجة فهمي هاياتي ، الماجستير

كلمات البحث: قناة مظلمة سابقة، ضباب، خريطة الإرسال، تأثير بصري.

الضباب عبارة عن سحابة من السحب تتكون من بخار الماء المكثف بالقرب من سطح الأرض ويحدث بسبب تبريد الهواء. سيتمكن الضباب من إعاقة الرؤية على سطح الأرض. عادة ما يأتي هذا الضباب من المناطق الجبلية أو المناطق الجبلية. في وقت معين ، الهواء على منحدرات الجبل أو مثل الانتقال في الليل إلى الصباح ، ستتغير درجة حرارة الهواء. سيتحول الهواء على شكل غاز أو بخار الماء إلى سائل. للتحكم في الضباب الذي يظهر على سطح الأرض على منحدر جبلي ، نحتاج إلى تأثيرات CCTV تم تطوير التصوير على (CCTV) إلى جهاز يسمى تلفزيون الدائرة المغلقة المستخدمة في التأثيرات *DCP (Dark Channel Prior)* بصرية في اللعبة والتي تهدف إلى قياس قدرة البصرية للضباب في اللعبة. تقع دراسات الحالة في المؤثرات البصرية في جبال الجبل في جاوة الشرقية. القناة الداكنة السابقة هي طريقة تستخدم وحدات البكسل الداكنة ، وهي وحدات بكسل ذات قيمة الأحمر والأخضر والأزرق). تتأثر هذه *RGB* كثافة منخفضة جدًا لثلاث طبقات ألوان ، وهي البكسل الداكنة بشكل كبير بالضوء على الصور التي بها ضوضاء. لذلك ، يمكن أن تنتج هذه في هذه *DCP (Dark Channel Prior)* البكسل الداكن ضوضاء دقيقة. سيحصل تطبيق طريقة ، وهي قيمة مختلفة عن الصورة *Unity 3D* المحاكاة ثلاثية الأبعاد على نتائج تجربة سمك الضباب على بسماكة الضباب. القيمة الناتجة من الصورة الأصلية أو *matlab* الأصلية التي يتم حسابها باستخدام من المحاكاة ثلاثية الأبعاد لسمك الضباب هذا هي 1.81326 للقيمة التي ينتجها الضباب الرقيق للصورة الأصلية بينما من المحاكاة ثلاثية الأبعاد 1.80233. بينما القيمة الناتجة للضباب المتوسط هي 2.7764 من الصورة الأصلية و 1.40547 من محاكاة الضباب ثلاثية الأبعاد. وللضباب الكثيف للصورة الأصلية تبلغ قيمتها 3.13907 بينما للمحاكاة ثلاثية الأبعاد تبلغ 1.91516.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Pengujian 1
Lampiran 2	Hasil Pengujian 2
Lampiran 3	Hasil Pengujian 3
Lampiran 4	Hasil Pengujian 4
Lampiran 5	Hasil Pengujian 5
Lampiran 6	Hasil Pengujian 6
Lampiran 7	Hasil Pengujian 7
Lampiran 8	Hasil Pengujian 8
Lampiran 9	Hasil Pengujian 9
Lampiran 10	Hasil Pengujian 10
Lampiran 11	Hasil Pengujian 11
Lampiran 12	Hasil Pengujian 12
Lampiran 13	Hasil Pengujian 13
Lampiran 14	Hasil Pengujian 14
Lampiran 15	Hasil Pengujian 15
Lampiran 16	Hasil Pengujian 16

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kabut merupakan suatu gumpalan awan yang terbuat dari uap air yang berkondensasi yang berada di dekat permukaan tanah yang biasanya terjadi karena pendinginan udara. Kabut akan bisa menghalangi jarak pandang di permukaan bumi. Biasanya kabut ini berasal dari daerah pegunungan atau daerah kawasan dataran tinggi.

Kabut merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya letusan gunung. Kabut terjadi karena adanya penguapan udara. Seperti yang diketahui, udara ini sebagian besar berbentuk gas ataupun uap yang mengandung air. Jikalau suhu udara hangat, dapat menampung uap air dalam porsi lebih banyak. Namun, ketika suhu udara yang hangat didinginkan maka sebagian uap air yang berada pada udara akan mampu berubah menjadi zat semula yaitu zat cair atau yang disebut menjadi embun.

Pada waktu tertentu, udara di lereng gunung atau seperti peralihan waktu malam ke pagi hari, suhu udara akan berubah. Udara yang berbentuk gas atau uap air akan berubah menjadi zat cair. Pada awalnya air ini berupa titik-titik air yang sangat ringan wujudnya sehingga dapat melayang-layang di udara dalam jumlah yang banyak dan menjadi kabut. Kabut tersebut dapat mengganggu penglihatan jarak pandang manusia.

Titik-titik air yang melayang di udara akan terbagi menjadi beberapa bagian. Beberapa bagian akan terus melayang-layang di udara dan terus naik hingga

menjadi awan. Dan sebagian yang lainnya akan turun ke bumi menjadi embun yang menempel pada dedaunan, pohon, rumah-rumah, dan benda-benda lainnya. Jika ada yang masih melayang-layang di udara pada saat matahari mulai bersinar, suhu udara menjadi hangat akan merubah bentuk menjadi gas atau uap.

Dalam Al-Qur'an telah tertulis ayat yang menerangkan tentang kabut atau asap saat terjadi di hari kiamat yang tertulis dalam Surat Ad-Dukhan ayat 10 yang berbunyi :

فَارْتَقِبْ يَوْمَ تَأْتِي السَّمَاءُ دُخَانٍ مُّبِينٍ

Artinya : “Maka tunggulah hari ketika langit membawa kabut yang nyata,” (Qs. Ad-Dukhan ayat 10).

Sedangkan dalam kitab hadist shahih bukhari dan muslim yang menjelaskan tentang kabut. Berikut haditsnya yang artinya sebagai berikut:

Abdullah bin mas'ud berkata : “Sesungguhnya kekeringan ini karena bangsa Quraisy telah menentang Nabi ﷺ sehingga Nabi berdo'a agar Allah menurunkan bencana sebagaimana yang terjadi di masa Nabi Yusuf, sehingga mereka menderita kekeringan dan kekurangan pangan, sampai mereka terpaksa makan tulang. Pada waktu itu, jika orang melihat udara seolah-olah di antara langit dengan bumi bagaikan asap (dukhan) karena sangat kelaparan, maka Allah menurunkan ayat: ‘Perhatikan pada saat langit menurunkan asap yang nyata, yang meliputi semua orang. Itulah siksa yang sangat pedih.’ Maka orang-orang datang kepada Nabi ﷺ dan meminta: ‘Ya Rasulullah, mohonkan kepada Allah semoga menurunkan hujan untuk turunan Mudhar, sebab mereka benar-benar telah binasa.’ Nabi ﷺ bertanya: ‘Untuk Mudhar, sungguh engkau berani, sedang perbuatan mereka sedemikian rupa.’ Tetapi kemudian Nabi ﷺ minta hujan kepada Allah dan Allah menurunkan

hujan. Lalu turun ayat: ‘Sesungguhnya kalian akan kembali (ingkar).’ Kemudian setelah mereka merasakan kemewahan hidup, kembalilah mereka kepada maksiat dan durhakanya. Sehingga Allah menurunkan ayat: ‘(Ingatlah) hari (ketika) Kami menghantam mereka dengan hantaman yang sangat keras. Sesungguhnya Kami adalah pemberi balasan.’ Abdullah bin mas’ud berkata: ‘Yaitu ketika perang Badar.’” (Dikeluarkan oleh Bukhari pada kitab ke-65, Kitab Tafsir bab ke-2, bab yang meliputi manusia, inilah azab yang pedih).

Untuk mengontrol aktivitas sebuah gunung berapi aktif, dan mendeteksi apapun yang muncul ke permukaan tanah pada lereng gunung, maka diperlukan suatu alat yang bernama *Closed Circuit Television* (CCTV). CCTV ini berfungsi memantau keadaan sekitar gunung pada tiap waktu. Dalam pengambilan gambar pada CCTV ini terkadang terjadi sesuatu yang tidak diinginkan atau terjadinya gangguan. Beberapa kemungkinan gangguan yang terjadi pada hasil pengambilan gambar dengan kamera yaitu adanya kabut yang menghalangi objek.

Pengambilan gambar CCTV akan terjadi gangguan pada citra hasil *capture* karena keadaan kabut. Pada saat proses *capture* gambar, ada beberapa gangguan yang memungkinkan terjadi, seperti kamera tidak fokus atau munculnya bintik-bintik yang bisa jadi disebabkan oleh proses *capture* yang tidak sempurna. Gangguan pada citra hasil gambar atau foto disebut *noise*. *Noise* ini akan mengganggu kualitas suatu gambar atau foto yang tidak diinginkan. Ada banyak jenis *noise* yang dapat mempengaruhi kualitas suatu gambar. Diantaranya yaitu : *salt & peper*, *gaussian*, *poisson*, *speckle*, *localvar*, dll.

Untuk mendeteksi *noise* dalam gambar maka diperlukan suatu metode yang efektif. Salah satu metode yang digunakan adalah metode DCP (*Dark Channel Prior*). Metode DCP (*Dark Channel Prior*) adalah metode dengan menggunakan *dark pixel*, yaitu piksel-piksel yang memiliki intensitas yang sangat rendah dari tiga lapisan warna RGB (*Red, Green, Blue*). Pada gambar yang memiliki *noise*, *dark pixel* ini sangat dipengaruhi oleh pencahayaan udara. Karena itulah *dark pixel* ini dapat menghasilkan asumsi lapisan *noise* yang akurat. Kejadian alam berupa kabut tersebut adalah peristiwa yang natural terjadi di kehidupan nyata.

Skripsi ini akan membahas tentang bagaimana mengaplikasikan pembuatan visual efek kabut pada game 3D yang di *generate* dari data yang diambil dari *dark pixel* menggunakan metode *Dark Channel Prior* pada foto asli yang berkabut. Sehingga diharapkan kabut yang ditampakkan pada *game* 3D akan memiliki tampilan yang serupa dengan kabut yang ada di dunia nyata. Gambar yang akan diambil, berasal dari gambar CCTV dari Gunung Kelud yang berada di Kab. Kediri Jawa Timur.

1.2 Pernyataan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah yaitu, bagaimana pembuatan visual efek kabut realistik di game 3D yang dibuat dari data dark pixel yang diambil dari gambar CCTV dari Gunung Kelud yang berkabut.

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan oleh penulis berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan antara lain :

1. Mengembangkan adegan realitas virtual pada game *engine* unity 3D.

2. Menerapkan metode DCP untuk pengambilan data yang akan diimplementasikan pada game 3D di Unity
3. Mengukur keakuratan implementasi metode DCP pada visual efek berdasarkan berdasarkan ketebalan kabut.

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu. untuk memvisualisasikan efek kabut ke dalam bentuk 3 dimensi agar menambah daya tarik dalam sebuah *game engine*.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian kali ini, penulis akan membatasi permasalahan agar penelitian ini dapat lebih fokus dan mendalam. Oleh sebab itu maka penulis perlu membatasi suatu permasalahan ini diantaranya yaitu :

1. Citra yang digunakan adalah citra gunung kelud
2. Citra berkabut yang digunakan adalah data yang diperoleh dari CCTV BMKG Jawa Timur
3. Menggunakan metode DCP untuk pengambilan data dark pixel pada kabut.
4. Menggunakan aplikasi game engine unity 3D

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I ini akan menerangkan tentang penyusunan laporan penelitian, latar belakang masalah, perumusan masalah, menjelaskan

manfaat serta memaparkan tujuan untuk membuat laporan ini, dan juga menjelaskan tentang ruang lingkup penelitian.



2. BAB II STUDI PUSTAKA

Pada bab II menjelaskan tentang teori-teori dasar yang berkaitan dengan pembuatan efek kabut tersebut beserta data-data yang berhubungan dengan efek kabut.

3. BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab III ini berisi tentang penjabaran langkah-langkah dalam merancang dan juga mengimplementasikan suatu sistem dengan metode penelitian.

4. BAB IV UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Bab IV merupakan pembahasan dari analisis dan hasil dari penelitian yang telah diteliti.

5. BAB V PENUTUP

Pada bab V berisikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Berikut merupakan penelitian yang terkait dalam pembuatan visual efek kabut dalam game berdasarkan ketebalan kabut dengan menerapkan metode *dark channel prior*.

Tabel 2. 1 Penelitian terkait visual efek kabut dalam game berdasarkan ketebalan kabut

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil
1.	Oddy Virgantara Putra, 2017[1]	Reduksi kabut pada citra kawah gunung berapi kelud berbasis <i>Dark Channel Prior</i>	Tingkat kontras citra kawah gunung Kelud akan meningkat sehingga akan menjadikan warna danau kawah dan warna area sekitar kawah meningkat kontrasnya.
2.	Fan Guo, Jin Tang, dan Xiaoming Xiao, 2014 [2]	<i>Foggy Scene Rendering Based on Transmission Map Estimation</i>	Gambar yang dihasilkan dengan <i>perlin noise</i> merupakan bentuk padat yang didistribusikan dari kabut heterogen. Selanjutnya mengestimasi <i>transmission map</i> dengan menggunakan <i>Markov Random Field (MRF)</i> dan <i>bilateral filter</i> . akhirnya pemandangan kabut virtual realistis telah dirender dengan menghasilkan gambar <i>perlin noise</i> dan <i>transmission map</i> menurut penyebaran model atmosfer.

Tabel 2. 2 Lanjutan

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil
3.	Dan Rao Yu Liu, 2010[3]	<i>Real-time Rendering of Multi-Source Scene Based on Pricipal Components Analysis</i>	Metode berbasis Principal Components Analysis (PCA) digunakan untuk mengurangi konvolusi beban perhitungan.tidak hanya itu saja kinerja real-time dari metode berbasis PCA diuji dengan simulasi dan kemudian efek subyektif dari Q pada rekonstruksi Head-related Impulse Responses (HRIR) dievaluasi oleh eksperimen psikoakustik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa Perhitungan konvolusi dari metode berbasis PCA adalah tidak tergantung pada jumlah sumber suara N dan ketika (Q + 1) kurang dari N, metode berbasis PCA lebih efisien daripada metode tradisional. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode berbasis PCA praktis untuk rendering real-time scene multi-sumber.
4.	Xiaoyan Hu, <i>et.al</i> , Yunfeng Wu 2009[4]	<i>A Simple Real-Time Method for Modeling and Rendering Clouds</i>	Sebuah metode kepadatan awan yang terbentuk dengan mensimulasikan gerakan partikel awan ke dalam bentuk gambar 2 dimensi.
5.	Kaiming He, Jian Sun, Xiaoou Tang, 2009[5]	<i>Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior</i>	Pada penerapan sebelumnya ke dalam model pencitraan kabut, penghapusan kabut pada gambar menjadi lebih sederhana dan lebih efektif. Karena saluran gelap sebelumnya adalah sejenis statistik, itu mungkin tidak berfungsi untuk beberapa gambar tertentu. Ketika objek pemandangan secara inheren mirip dengan cahaya atmosfer dan tidak ada bayangan yang dilemparkan pada mereka, ini mungkin tidak berfungsi untuk beberapa gambar tertentu.

Tabel 2. 3 Lanjutan

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil
6.	Luthfi Atikah, 2018 [6]	Simulasi Kabut Realistis Berdasarkan Kerapatan Kabut Pada Unity 3d Menggunakan Metode <i>Fade</i>	Hasil dari implementasi metode FADE (Fog Aware <i>Density Evaluator</i>) pada simulasi kabut realistis akan mendapatkan hasil percobaan ketebalan kabut yang hampir sama dengan citra asli jika dihitung ketebalannya melalui komputasi menggunakan MATLAB. Nilai yang di dapatkan pada simulasi citra asli dan simulasi klarifikasi citra akan mendapatkan hasil yang hampir sama yaitu 1,3% untuk citra tipis, 1% untuk citra sedang, dan 1,8 % untuk citra tebal
7.	Ahmad Syarifuddin, 2017[7]	Implementasi Bilateral filter pada <i>Dark Channel Prior</i> Untuk Menghilangkan Kabut pada Citra Gunung Kelud	Perbedaan yang dihasilkan pada waktu komputasi dalam proses dehazing, tidak begitu signifikan perbedaannya. Perbedaan nilai deviasi juga sangat berpengaruh pada nilai PSNR dari citra keluaran.

Tabel 2. 4 Lanjutan

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil
8.	Yutong Jiang, Changming Sun, Yu Zhao, and Li Yang, 2016 [8]	<i>Fog Density Estimation and Image Defogging Based on Surrogate Modeling for Optical Depth</i>	<p>Dalam penelitian ini, di usulkan model pengganti kedalaman optik yang digunakan untuk kepadatan kabut yang efektif estimasi dan defogging gambar.</p> <p>Pertama, menggunakan fitur yang relevan dengan kabut yang ada secara komprehensif, dan diusulkan fitur baru yang relevan dengan kabut pada nilai saturasi.</p> <p>Kedua menggunakan metode berbasis pengganti kami untuk mempelajari sebuah pengulangan model PRG dari kedalaman optik dengan informatif fitur yang relevan dengan kabut seperti saluran gelap, nilai saturasi, dan kroma yang dipilih berdasarkan sensitivitas analisis. Ketiga, berdasarkan pada pemodelan pengganti untuk optik mendalam telah disajikan metode untuk mewakili level kepadatan kabut dalam kisaran tertentu dari metode yang ada, dan untuk melakukan defogging gambar lebih efektif. Eksperimental hasil yang diilustrasikan baik secara kuantitatif maupun kualitatif itu metode yang di usulkan mengungguli metode pada kedua gambar berkabut sintetis dan dunia nyata gambar-gambar.</p>

Tabel 2. 5 Lanjutan

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil
9.	Eric Dumont, V.V, 2004[9]	<i>Extended Photometric Model of Fog Effects on Road Vision</i>	Pengukuran dalam fasilitas kabut buatan dimungkinkan, tetapi skala terbatas dapat dilakukan tidak mengizinkan kondisi pengamatan yang representatif, khususnya untuk kabut siang hari.
10.	Sungmin Lee, Seokmin Yun, Ju-Hun Nam, Chee Sun Won and Seung-Won Jung, 2016 [10]	<i>A review on dark channel prior based image dehazing algorithms</i>	Kehadiran kabut di atmosfer menurunkan kualitas gambar yang ditangkap oleh sensor kamera yang terlihat. Itu penghapusan kabut, yang disebut dehazing, biasanya dilakukan di bawah model degradasi fisik, yang mengharuskan a solusi dari masalah invers yang keliru. Untuk meringankan kesulitan masalah terbalik, sebuah novel sebelumnya disebut gelap channel prior (DCP) baru-baru ini diusulkan dan telah menerima banyak perhatian. DCP berasal dari karakteristik gambar luar ruang yang nilai intensitas setidaknya satu saluran warna dalam jendela lokal mendekati nol. Berdasarkan DCP, dehazing dilakukan melalui empat langkah utama: cahaya atmosfer estimasi, estimasi peta transmisi, perbaikan peta transmisi, dan rekonstruksi gambar.

2.2 Pengolahan Citra

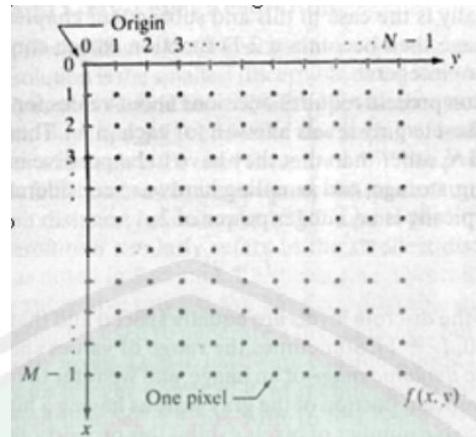
Citra merupakan representasi dari dua dimensi untuk bentuk fisik nyata 3 dimensi. Bentuk citra tersebut bermacam – macam bentuknya seperti gambar putih pada sebuah foto (yang tidak bergerak), dan gambar warna yang bergerak pada televisi. Untuk menghasilkan citra perubahan dari bentuk 2 dimensi menjadi 3 dimensi akan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang merupakan efek dari degradasi atau penurunan kualitas yang dapat berupa kontras benda yang terlalu sempit atau terlalu lebar, distorsi geometrik keaburan (blur), keaburan akibat objek citra yang bergerak 9 mention blur, *noise* atau gangguan yang disebabkan oleh interferensi pembuat citra. Teknik untuk mengurangi atau menghilangkan efek degradasi pada citra yaitu : Teknik perbaikan atau peningkatan citra (*image enhancement*), restorasi citra (*image restoration*) dan transformasi special (*special transformation*). Dan subjek lain dari pengolahan citra meliputi pengkodean citra, segmentasi citra (*image segmentation*), representasi dan diskripsi citra (*image representation and description*) (Putri, 2016).

2.3 Model Citra

Citra model matrik 2 dimensi merupakan fungsi intensitas cahaya, oleh karena itu referensi citra menggunakan 2 variabel yang menunjukkan posisi pada bidang dengan sebuah fungsi intensitas cahaya yang dapat dituliskan sebagai berikut $f(x,y)$. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$0 < f(x) < \sim$$

2.1



Gambar 2. 1 Koordinat Citra Diskrit

Citra yang biasa terlihat dalam keseharian merupakan cahaya yang direfleksikan sebuah objek fungsi $f(x,y)$ dapat dilihat sebagai fungsi dengan dua unsur yaitu, besarnya sumber cahaya yang melingkupi pandangan terhadap objek (*illumination*), dan besarnya cahaya yang direfleksikan oleh objek dalam pandangan (*reflectance component*). Kedua fungsi tersebut adalah $i(x,y)$ dan $r(x,y)$, dan ditulis dalam persamaan sebagai berikut :

$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y)$$

$$0 < i(x, y) < \sim$$

$$0 < r(x, y) < 1$$

2.2

Citra yang tidak berwarna atau hitam putih dikenal juga sebagai citra dengan derajat keabuan (*citra grey level/greyscale*). Derajat keabuan tersebut yaitu 0 dan 1 yang dikenal juga sebagai citra monokrom 16 derajat dan 256 derajat keabuan (Riyanto, 2005). Dalam citra monokrom, sebuah pixel diwakili oleh 1 bit data yang berisikan data tentang derajat keabuan yang dimiliki pixel tersebut. Data dengan nilai 1 akan berisi pixel berwarna putih, dan 0 mewakili warna hitam.

2.4 Kabut

Kabut adalah awan yang terbuat dari tetesan air kecil yang berada di dekat permukaan tanah dan cukup padat untuk mengurangi jarak pandang horizontal hingga kurang dari 1.000 meter (3.281 kaki). Kabut tersebut terbentuk dari uap air di dekat permukaan tanah membentuk gumpalan yang hampir mirip seperti awan. Kabut tersebut tersusun dari butiran-butiran air yang berdiameter kurang dari 0,1 milimeter. Akan tetapi, ada juga kabut yang mengandung butiran-butiran air yang berdiameter lebih dari 0,1 milimeter. Butiran-butiran air tersebut kemudian mengambang di atmosfer dengan ketinggian kurang dari 1.000 meter dari permukaan bumi.

Agar kabut terbentuk, uap lembab harus meninggalkan udara dan melakukan proses mengembun. Saat udara didinginkan, kabut mulai terbentuk. Dilihat dari proses terjadinya, kabut terbagi beberapa macam. Diantaranya yaitu : kabut adveksi, kabut frontal, kabut radiasi, kabut tanah, dan kabut *upslope*.

2.4.1 Kabut Adveksi

Kabut adveksi terjadi saat udara lembab melewati permukaan yang sejuk dengan sentakan (angin) dan didinginkan. Hal ini biasa terjadi di laut saat udara lembab di perairan yang lebih sejuk, seperti di sepanjang pantai California. Perbedaan suhu yang cukup kuat di atas air atau tanah kosong juga bisa menyebabkan kabut adveksi.

2.4.2 Kabut *Frontal*

Kabut *frontal* ini merupakan kabut yang terbentuk dari bagian depan saat tetesan hujan, jatuh dari udara yang relatif hangat di atas permukaan depan,

menguap menjadi udara dingin yang dekat dengan permukaan bumi dan menyebabkan jenuh. Kabut ini memiliki perbedaan suhu yang sangat menonjol ketika hujan turun.

2.4.3 Kabut Radiasi

Kabut radiasi dibentuk oleh pendinginan tanah setelah matahari terbenam dengan inframerah radiasi termal dalam kondisi yang tenang dengan langit yang cerah. Tempat pendinginan tanah kemudian mendinginkan udara yang berdekatan dengan konduksi, menyebabkan suhu udara turun dan mencapai titik embun membentuk kabut. Dalam ketenangan yang sempurna, lapisan kabut bisa kurang dari satu meter tebalnya, namun turbulensi bisa memajukan lapisan yang lebih tebal. Kabut radiasi terjadi pada malam hari dan biasanya berlangsung lama setelah matahari terbit. Namun bisa bertahan sepanjang hari di musim dingin terutama di daerah yang dibatasi oleh dataran tinggi. Kabut radiasi paling sering terjadi pada musim gugur dan awal musim dingin. Contoh dari fenomena ini adalah kabut tule.

2.4.4 Kabut Tanah

Kabut tanah adalah kabut yang mengaburkan kurang dari 60% langit dan tidak meluas ke dasar awan di atas awan. Namun istilah ini biasanya sinonim untuk kabut radiasi yang sangat dangkal. Dalam beberapa kasus, kedalaman kabut berada di urutan puluhan sentimeter di atas beberapa jenis medan dengan tidak adanya angin.

2.4.5 Kabut *Upslope*

Kabut *upslope* terbentuk saat udara mengalir ke atas di atas daerah yang naik dan didinginkan secara adiabatik sampai suhu jenuhnya. Kabut *upslope* adalah

sejenis kabut bukit. Bila dilihat dari bawah maka kabut tersebut terlihat seperti stratus.

2.5 Metode Dehazing

Metode *dehazing* yaitu suatu teknik yang dapat menghilangkan *noise* pada kabut dalam citra gambar sehingga gambar tersebut menjadi lebih sempurna tanpa adanya kabut (*noise*). Untuk menggambarkan pembentukan citra kabut, model hamburan atmosfer, yang secara luas digunakan dalam visi komputer dan pengolahan citra juga mengusulkan lebih lanjut berasal dari model, dan model dapat dinyatakan dengan rumus berikut ini :

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

Dimana $J(x)$ adalah *scene radiance* atau gambar tanpa kabut untuk setiap *pixel* x , $t(x) \in [0,1]$ adalah transmisi dari pantulan cahaya di atmosfer, dan A adalah *skylight* yang mewakili cahaya di atmosfer. $J(x)t(x)$ menunjukkan bagaimana *scene radiance* dilemahkan oleh medium. $A[1-t(x)]$ adalah *airlight*. (Choi et al. 2015).

2.6 Dark Channel Prior

Dark channel prior merupakan metode dengan menggunakan *dark pixel*, yaitu piksel-piksel yang memiliki nilai intensitas yang sangat rendah dari tiga lapisan warna yaitu RGB (*Red, Green, dan Blue*). *Dark pixel* ini sangat dipengaruhi oleh cahaya pada gambar yang memiliki *noise*. Oleh karena itu, *dark pixel* ini dapat menghasilkan *noise* yang akurat. *Dark channel prior* dapat digambarkan dengan perhitungan berikut ini

$$J_{dark}(x) = m \min_{c \in \{r,g,b\}} J_c(x) \quad 2.2$$

Jika $j_{dark}(x)$ pada persamaan (2.2) adalah *dark pixel* pada koordinat piksel x maka *dark channel* pada koordinat piksel lain p bisa ditulis sebagai $j_{dark}(p)$ selama memenuhi syarat :

$$m n_{C \in \{r,g,b\}} j_C(p) \leq m n_{C \in \{r,g,b\}} j_C(x) \quad 2.3$$

Kondisi pada persamaan (2.3) bisa dipenuhi jika pada suatu jendela blok dengan ukuran tertentu mengandung minimal satu piksel gelap (*dark pixel*). Jendela blok bisa didefinisikan dengan simbol berikut:

$$m n_{p \in \Omega} \left(m n_{C \in \{r,g,b\}} j_C(p) \right) \approx 0 \quad 2.4$$

Dikarenakan nilai dari γ sangat rendah, maka bisa diabaikan. Awal mulanya Kaiming He yang menemukan istilah *dark channel* pada tahun 2011. Kaiming He berpendapat bahwa setiap pixel didalam citra mempunyai intensitas rendah bahkan ada yang sampai mendekati angka nol (He Kaiming, 2009). *Dark channel prior* yaitu metode yang menggunakan *dark pixels*. *Dark pixel* yaitu *pixel* yang mempunyai ukuran intensitas yang sangat rendah dari tiga lapisan warna RGB (*Red*, *Green*, dan *Blue*). *Pixel* dengan intensitas yang rendah akan secara otomatis dianggap bukan termasuk sebagai kabut.

Pixel yang terdapat pada satu saluran warna RGB (*Red*, *Green*, dan *Blue*) yang memiliki kecenderungan intensitas rendah disebut sebagai piksel gelap atau *dark pixels*. Dari pernyataan diatas, dapat ditaksirkan bahwa *transmission map* dan kabut dapat diperhitungkan secara akurat. Dikarenakan pada area yang berkabut dan pada piksel tertentu, ketiga saluran warna RGB yang masing-masing mempunyai kecenderungan intensitas yang tinggi. Sehingga, intensitas yang tinggi ini dapat menyebabkan warna dari citra menjadi lebih mengarah pada warna putih.

Ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menggunakan metode *dark channel prior*. Yaitu, yang pertama adalah kondisi di luar ruangan yang cerah. Namun terkadang pada saat situasi tertentu, kondisi cerah metode dari *dark channel prior* dapat diimplementasikan dan terkadang pada saat kondisi lingkungan yang sedang cerah akan menjadikan metode ini tidak dapat diimplementasikan. Yang kedua yaitu metode *dark channel prior* menjadi sangat tepat untuk kondisi di luar ruangan dibandingkan dengan kondisi di dalam ruangan. Dikarena kondisi di luar ruangan mempunyai banyak objek yang terdapat didalam citranya. Contohnya seperti pemandangan alam gunung. Gunung yang menjadi sebagai latar dari citra, sawah yang sebagai objek jarak menengah, dan rumah sebagai objek jarak dekat. Yang ketiga, intensitas cahaya dapat berasal dari kamera yang digunakan untuk pengambilan citra yang dapat mempengaruhinya.

Dark channel prior dapat diartikan bahwa piksel-piksel dari suatu citra adalah salah satu dari saluran warna RGB yang mempunyai intensitas yang rendah bahkan mendekati angka nol. Intensitas rendah tersebut berada di bawah nilai ambang batas y :

$$J_{dark}(x) = \min_{c \in \{r, g, b\}} J_c(x) \quad (2) \quad 2.5$$

Apabila $J_{dark}(x)$ adalah *dark pixel* yang terdapat pada koordinat piksel x , maka *dark channel* pada koordinat piksel bisa ditulis dengan $J_{dark}(p)$ selama koordinat piksel x mempunyai nilai lebih besar dari nilai koordinat piksel p . J melambangkan kondisi citra cerah, maka *dark channel* dari J adalah:

$$J_{dark} = \min_p \epsilon \Omega(\min_{c \in \{r, g, b\}} J_c(P)) \quad (3) \quad 2.6$$

Dark channel yakni hasil dari perhitungan dua operator minimum. Operator yang pertama adalah mince (r,g,b). Operator pertama berfungsi sebagai mengambil saluran warna RGB yang mempunyai nilai minimal yang berada pada tiap-tiap piksel dari citra. Operator kedua merupakan operator minpe $\Omega(x)$, yang dapat digunakan sebagai memproses dari setiap piksel dari jendela blok dalam ukuran tertentu.

Pada dasarnya, proses perhitungan metode *dark channel* dapat digunakan untuk objek berupa citra. Jadi, metode *dark channel* dapat digunakan untuk citra yang berkabut ataupun citra yang tidak berkabut.

2.7 Visual Efek

Visual efek adalah proses dimana citra dibuat atau dimanipulasi diluar konteks *live action* ditembak dalam film. Membuat visual efek melibatkan dalam integrasi *live-action footage* dan pencitraan yang dihasilkan untuk menciptakan lingkungan yang terlihat realistis, tetapi akan berbahaya, mahal, tidak praktis, atau tidak mungkin untuk menangkap film. Visual efek yang menggunakan pencitraan yang dihasilkan komputer baru menjadi dapat diakses oleh para pembuat film independen dengan pengenalan. Dengan pengenalan perangkat lunak animasi dan *compositing* terjangkau dan mudah digunakan.

Visual efek biasanya dibuat dengan menggunakan CGI (*Computer Generated Imagery*). Pada awalnya CGI diperkenalkan oleh Michael Crichton pada tahun 1973 dalam film yang berjudul *Westworld*. Perkembangan CGI sangat pesat hingga saat ini hampir disemua film merupakan hasil dari CGI. Aplikasi CGI

sendiri saat ini beragam seperti Cinema 4d, Maya, Nuke, Blender, 3ds Max, After effect, dan lain-lain.

Efek visual dalam bentuknya yang paling dasar, adalah rekaman aksi langsung yang dimanipulasi secara digital. Penggunaan komputer untuk menambah / atau menghapus apa pun yang awalnya tidak ada dalam gambar akan menjadi efek visual.

2.8 Software Game Engine Unity

Software unity adalah sebuah *software* yang dapat digunakan untuk membuat *game* berbasis 2 dimensi, 3 dimensi, *augmented reality* dan sebagainya. Unity merupakan *game engine* multi platform. Multi platform adalah aplikasi yang dapat beroperasi di banyak sistem operasi dan juga dapat di *publish* ke banyak format tipe file. Contohnya : exe, apk, dan lain sebagainya.

2.8.1 Sejarah Unity 3D

Unity dibangun oleh David Helgason, Nicholas Francis dan Joachim Ante pada tahun 2004. Ketiganya menyadari akan pentingnya sebuah *engine* dan tool dalam pengembangan *game*, maka mereka berencana untuk membuat sebuah *game engine* yang sanggup dipakai untuk semuanya dan harganya terjangkau. Kemudian pada April 2012 unity resmi diluncurkan secara gratis, pada saat itu unity mencapai popularitas dengan lebih dari 1 juta developer terdaftar diseluruh dunia menggunakan unity untuk membangun *game* bergenre *First Person Shooting* (FPS) yang telah diatur secara *default*.

2.8.2 Fitur – fitur Unity 3D

1. Rendering

Direct3D (Windows, Xbox 360), OpenGL (Mac, Windows, Linux, PS3), OpenGL ES (Android, iOS), dan proprietary APIs (Wii) merupakan penggunaandari *graphics engine*. Selain itu juga mendukung penggunaan reflection mapping, parallax mapping, bump mapping, SSAO (screen space ambient occlusion), render-to-texture dan full-screen post-processing effects, shadows menggunakan shadow maps.

2. Scripting

Script (bahasa pemrograman) pada unity *game engine* yang dibuat dengan mono 2.6, implementasi dari open-source dari .NET Framework. Bahasa pemrograman yang digunakan pada unity yaitu Boo (Menggunakan sintaks phyton), C#, dan java script.

2.8.3 Partikel Sistem

Particle system adalah Partikel-partikel kecil, gambar-gambar atau jaring-jaring sederhana yang ditampilkan dan dipindahkan dalam jumlah besar oleh sistem partikel. Setiap partikel mewakili sebagian kecil dari entitas cairan atau *amorf* dan efek dari semua partikel bersama-sama menciptakan kesan entitas lengkap. Menggunakan awan asap sebagai contoh, setiap partikel akan memiliki tekstur asap kecil menyerupai awan kecil dalam dirinya sendiri. Ketika banyak dari awan mini ini disusun bersama-sama di area pemandangan, efek keseluruhannya adalah awan pengisian volume yang lebih besar.

Kesatuan mengimplementasikan *particle systems* dengan sebuah komponen, sehingga menempatkan *particle systems* dalam suatu *scene* adalah masalah menambahkan *GameObject* yang sudah dibuat sebelumnya (menu:

GameObject > *Effects* > *Particle System*) atau menambahkan komponen ke *GameObject* yang ada (menu: *Component* > *Effects* > *Particle System*). Karena komponennya cukup rumit, Inspektur dibagi menjadi beberapa sub-bagian atau modul yang dapat dilipatgandakan yang masing-masing berisi sekelompok properti terkait. Selain itu, Anda dapat mengedit satu atau lebih sistem pada saat yang sama menggunakan jendela Editor terpisah yang diakses melalui tombol Open Window di Inspektur. Lihat dokumentasi pada komponen Sistem Partikel dan modul Partikel Sistem individu untuk mempelajari lebih lanjut.

Ketika *GameObject* dengan *Particle System* dipilih, tampilan *scene* berisi panel Efek Partikel kecil, dengan beberapa kontrol sederhana yang berguna untuk memvisualisasikan perubahan yang dibuat pada pengaturan sistem.



Gambar 2. 2 Contoh Particle Sistem di dalam Unity

Kecepatan Putar memungkinkan untuk mempercepat atau memperlambat simulasi partikel, sehingga dapat dengan cepat melihat tampilannya pada keadaan lanjut. Waktu Putar menunjukkan waktu yang berlalu sejak sistem dimulai. Ini mungkin lebih cepat atau lebih lambat dari waktu nyata tergantung pada kecepatan

pemutaran. Hitungan Partikel menunjukkan berapa banyak partikel yang ada dalam sistem. Waktu pemutaran dapat dipindahkan ke belakang dan ke depan dengan mengklik pada label Waktu Putar dan menyeret mouse ke kiri dan kanan. Tombol di bagian atas panel dapat digunakan untuk menjeda dan melanjutkan simulasi, atau untuk menghentikannya dan mengatur ulang ke keadaan awal.

2.8.4 Kecerahan

Kecerahan atau brightness adalah persepsi secara visual di mana objek seolah-olah memancarkan atau memantulkan cahaya. Dalam ruang warna RGB, kecerahan bisa juga didefinisikan sebagai rata-rata L dari saluran warna merah, hijau, dan biru. Kecerahan juga bisa dikatakan sebagai saluran warna value dari ruang warna HSV.

2.8.5 Saturasi

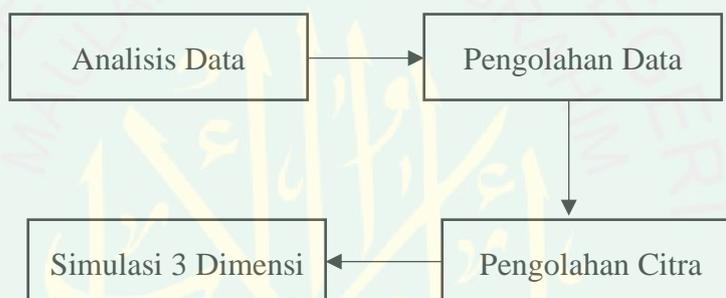
Saturasi atau kejenuhan dari warna didefinisikan sebagai intensitas warna dari suatu citra. Setidaknya minimal ada satu saluran warna dan maksimal dua saluran warna yang dijadikan ukuran saturasi. Pengukuran saturasi bertujuan untuk mengukur seberapa besar nilai kemurnian suatu warna atau true/pure color. Rentang nilai pengukuran ini terletak pada 0 hingga 100 % dimana jika nilai mencapai 100 %, maka kondisi intensitas warna asli berada saat paling tinggi.

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Desain Penelitian

Pada penelitian ini, penulis akan membahas perancangan sistem visual efek kabut dalam *game* berdasarkan ketebalan kabut. Visual efek tersebut dibuat agar menambah daya tarik dalam sebuah *game* untuk menarik para pemain *game* tersebut. Berikut ini merupakan desain penelitian, yang akan dijelaskan dalam bentuk diagram blok desain penelitian.



Gambar 3. 1 Diagram Alur Desain Penelitian

3.2 Analisis Data

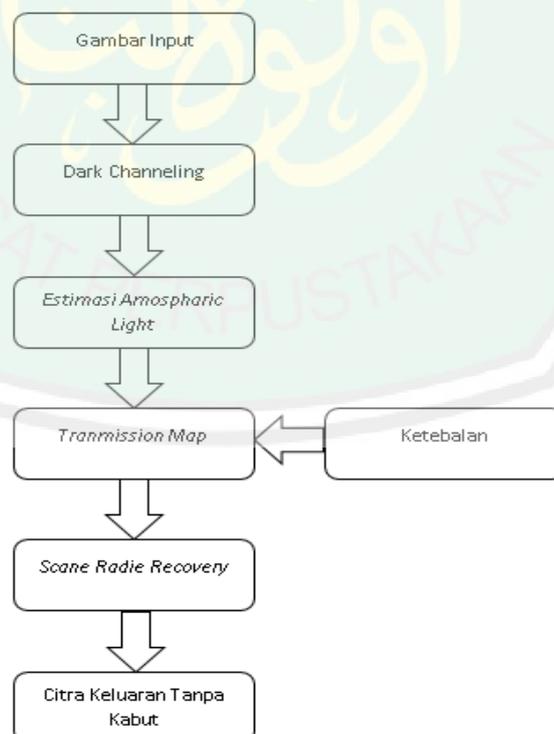
Pada proses simulasi visual efek kabut tersebut akan menggunakan data berupa data citra kabut yang diperoleh dari dosen pembimbing melalui Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang berupa foto dari pemotongan video CCTV (*Closed Circuit Television*). Yang mana foto tersebut akan diolah dan dihitung dengan menggunakan metode *Dark Channel Prior* (DCP). Kemudian hasil dari pengolahan citra tersebut berupa nilai *Density* yang akan diambil dan dimasukkan ke dalam *game engine* UNITY 3D.

3.3 Pengolahan Data

Data yang sudah dikumpulkan tersebut akan diolah dan menghasilkan output yang diinginkan yaitu : pada visual efek kabut dalam *game* ini akan dibuat dengan bentuk 3 dimensi dengan berupa data citra kabut yang diperoleh dari video perekaman CCTV BMKG gunung kelud Jawa Timur diproses melalui pengolahan citra dengan menggunakan matlab dan hasil perhitungan dari matlab tersebut akan diperoleh nilai *density* yang akan diambil dan dimasukkan ke dalam bentuk 3 dimensi sebagai objek tujuan.

3.4 Pengolahan Citra

Tahapan pengolahan citra pada penelitian ini menggunakan metode *dark channel prior*. Berikut ini merupakan proses dari pengolahan citra berdasarkan metode tersebut :



Gambar 3. 2 Metode Dark Channel Prior

Berdasarkan Gambar 3.2 di atas, proses dalam pengolahan citra dengan menggunakan metode DCP yaitu *input* gambar yang akan diteliti kemudian diproses pada *dark channeling*. *Dark channeling* yaitu gambar yang memiliki intensitas piksel yang sangat rendah, setelah proses *dark channeling* langkah selanjutnya diolah dalam proses untuk menentukan posisi sumber cahaya pada gambar yang disebut dengan *estimasi atmospheric light*, kemudian diukur ketebalan kabut tersebut dalam proses *transmission map*. Dan sebelum mendapatkan hasil pengolahan citra dari kabut tersebut, proses terakhirnya yaitu *scan radle recovery*. Dibawah ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai metode *dark channel prior*.



Gambar 3. 3 Citra Masukan

Gambar 3.3 citra masukan tersebut akan diproses dengan *dark channeling*, yang kemudian hasilnya dapat dilihat pada gambar berikut ini :

```

%% Proses 1 dark channeling
sz=size(img);

w=sz(2);

h=sz(1);

dc = zeros(h,w);

for y=1:h
    for x=1:w
        dc(y,x) = min(img(y,x,:));
    end
end
% dc = darkChannel(img);

%figure, imshow(uint8(dc)), title('Min(PSNR_R,G,B)');
imwrite(uint8(dc),fullfile('hasil','proses1_unity.jpg'));
%axes(handles.gambar2);
%imshow(uint8(dc));
%zoom on
%zoom out

% set(handles.gambar2,'HandleVisibility','ON');
% set(handles.gambar2,'XTickLabel','', 'YTickLabel','');

```

Gambar 3. 4 Implementasi Proses *Dark Channeling*

Gambar 3.4 di atas merupakan implementasi dari proses *dark channeling*, dimana variabel “*w*” dan “*h*” merupakan lebar dan tinggi dari ukuran atau *size* “*sz*” dari suatu citra kabut. Sedangkan “*x*, *y*” menunjukkan nilai grafik dari citra tersebut. Hasil dari proses tersebut akan ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. 5 Hasil Proses *Dark Channeling*

Gambar 3.5 merupakan hasil dari proses *dark channeling* dengan cara mengubah ukuran gambar berdasarkan nilai *eidht*, *height*, dan mengembalikan nilai pada ukuran semula. Kemudian diproses kembali untuk mencari nilai minimal dari nilai RGB sampai menghasilkan gambar seperti di atas (citra *grayscale*).

```
%% Proses 2
% kernal = floor(max([3, w*kenlRatio, h*kenlRatio]))
% set(handles.mse_r,'String',kernal);

% dc2 = minfilt2(dc, [kernal,kernal]);
r = 3;
dc2 = minfilt2(dc, [r,r]);

dc2(h,w)=0;

%figure,imshow(uint8(dc2)), title('After filter ');
imwrite(uint8(dc2),fullfile('hasil','proses2_unity.jpg'));
%axes(handles.gambar3);
%imshow(uint8(dc2));
% set(handles.gambar3,'HandleVisibility','ON');
% set(handles.gambar3,'XTickLabel','','YTickLabel','');
```

Gambar 3. 6 Implementasi Proses *Atmospheric Light Estimation*

Proses dari *atmospheric light estimation* ditunjukkan pada Gambar 3.6 di atas. Dimana, hasil dari implentasi proses *dark channeling* tersebut akan ditentukan sumber atau pantulan dari cahaya citra berdasarkan nilai *patch size* yang di *input*. Berikutnya merupakan hasil dari peta transmisi (*transmission map*)



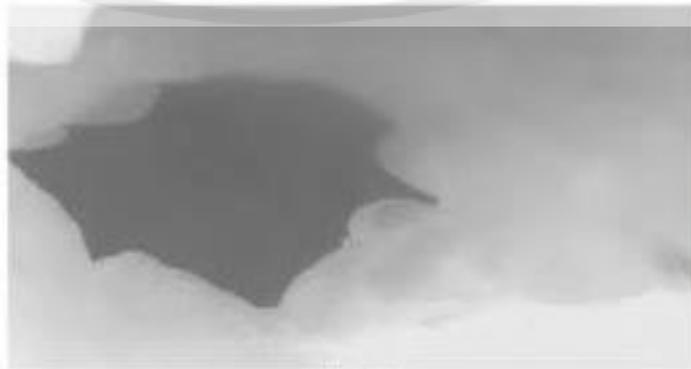
Gambar 3. 7 Hasil Proses Estimasi Cahaya Atmosfer

Berdasarkan Gambar 3.7 di atas, perkiraan dari cahaya atmosfer (*atmospheric light*) yang merupakan proses yang dapat digunakan untuk menentukan tata letak sumber cahaya atau letak pantulan cahaya berdasarkan jarak antara objek dan penampil. Masukkan nilai *patch size* agar dapat diukur, dan menghasilkan citra dalam proses *atmospheric light estimation* tersebut. Berikutnya merupakan proses dari peta transmisi (*transmission map*)

```
%% Proses 3
t = 255 - dc2;
% figure, imshow(uint8(t)), title('t');
imwrite(uint8(t), fullfile('hasil', 'proses3_unity.jpg'));
axes(handles.axes12) ;
imshow(uint8(t));
set(handles.axes12, 'HandleVisibility', 'ON') ;
set(handles.axes12, 'XTickLabel', '', 'YTickLabel', '');
%axes(handles.gambar4) ;
%imshow(uint8(t));
%set(handles.gambar4, 'HandleVisibility', 'ON') ;
%set(handles.gambar4, 'XTickLabel', '', 'YTickLabel', '');
```

Gambar 3. 8 Implementasi Proses *Transmission Map*

Proses *transmission map* memiliki nilai yang berkebalikan dengan *atmospheric light estimation* dalam kategori warna, yaitu warna terang hasil dari *atmospheric light estimation* diproses menjadi warna gelap dalam proses *transmission map*. Proses tersebut diimplementasikan dalam sistem dan dijelaskan pada *code* gambar 3.8.



Gambar 3. 9 Hasil Proses Peta Transmisi

Gambar 3.9 hasil proses estimasi *transmission map* yang merupakan estimasi kedalaman jarak yang tak terbatas dari setiap *pixel*, mengelola dan menangkap tepi citra yang terputus dengan baik, dan garis kontur objek. Proses *transmission map* memiliki hasil warna terang menjadi gelap dan tetap berupa citra *grayscale*.



Gambar 3. 10 Citra Keluaran

Melakukan operasi pemulihan cahaya dalam citra yang diproses dengan *scene radiance recovery*. Dimana hasil dari proses tersebut, dapat dilihat pada Gambar 3.10 di atas setelah mendapatkan hasil *scene radiance recovery*, maka akan mendapatkan citra keluaran tanpa kabut.

```
%% Proses 4
t_d=double(t)/255;

hoi = sum(sum(t_d))/(h*w)

A = min([minAtomsLight, max(max(dc2))])

J = zeros(h,w,3);

img_d = double(img);

J(:, :, 1) = (img_d(:, :, 1) - (1-t_d)*A)./t_d;

J(:, :, 2) = (img_d(:, :, 2) - (1-t_d)*A)./t_d;

J(:, :, 3) = (img_d(:, :, 3) - (1-t_d)*A)./t_d;

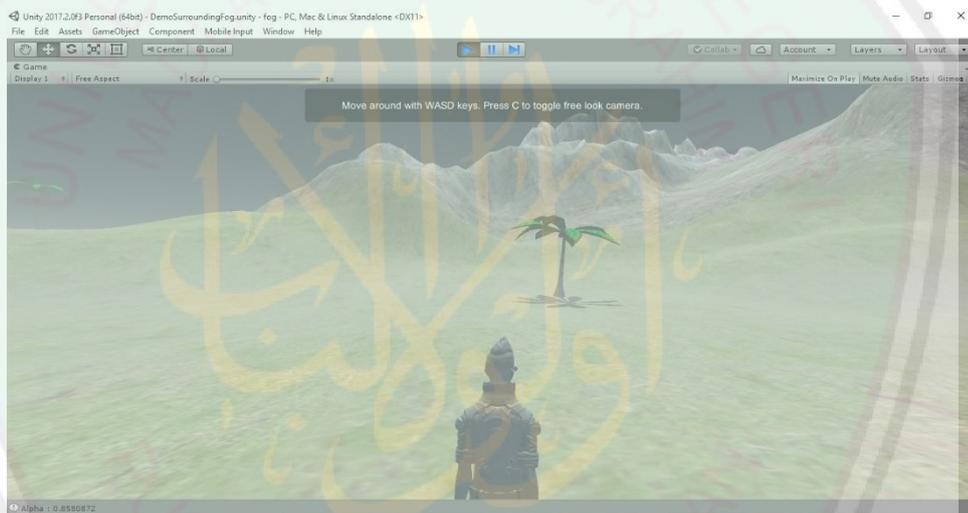
%figure, imshow(uint8(J), 'title('J');
imwrite(uint8(J), fullfile('hasil', 'proses4_unity.jpg'));
%axes(handles.gambar5);
imshow(uint8(J));
%set(handles.gambar5, 'HandleVisibility', 'ON');
%set(handles.gambar5, 'XTickLabel', '', 'YTickLabel', '');
```

Gambar 3. 11 Implementasi Proses Scane Radle Recovery

Proses *scene radle recovery* merupakan proses perbaikan wana kabut setelah diproses *transmission map*, dan diproses sebelum keluaran atau *output*. Apabila di impelentasikan, proses tersebut akan ditunjukkan pada gambar di atas.

3.5 User Interface

Desain *interface* pada penelitian ini akan dijelaskan dalam gambar berikut. Dimana, hasil dari proses citra kabut yang diproses pada unity tools akan diukur pada matlab tools. Dan masing – masing desain *interface* pada tools tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini, yaitu :



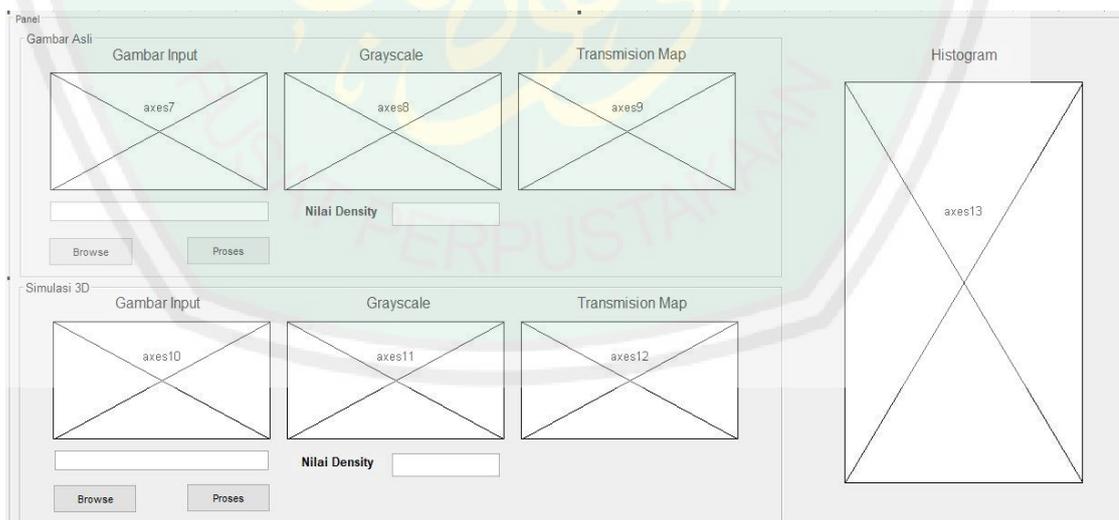
Gambar 3. 12 Tampilan Awal (*home*)

Pada Gambar 3.12 tampilan awal atau *home* merupakan tampilan *User Interface* menggunakan Unity 2017.2.f03 untuk proses DCP. Pada tampilan ini berfungsi untuk melihat titik kabut terang, sedang dan tebal dengan arah yang ditempuh oleh user yang dijalankan.



Gambar 3. 13 Tampilan Simulasi Kabut 3D

Pada Gambar 3.13 tersebut di atas merupakan tampilan dari simulasi kabut 3D yang akan diproses menggunakan metode DCP (*dark channel prior*) untuk dilihat perbandingannya berdasarkan gambar kabut asli dengan gambar simulasi kabut. Hasil perbandingan tersebut dapat ditunjukkan dalam sebuah tampilan *interface* pada matlab tools.



Gambar 3. 14 Tampilan Utama

Gambar 3.14 di atas menggambarkan tentang tampilan atau halaman utama untuk pengujian hasil simulasi kabut 3D dengan menggunakan tools matlab. Terdapat beberapa fungsi pada tampilan tersebut, yaitu tombol “browse” digunakan untuk melakukan pencarian file citra kabut dari komputer atau mengambil gambar citra kabut dari file komputer *user*. Terdapat juga tombol “proses”, dimana sistem akan memproses citra *input* atau citra masukan dari “axes7” dan “axes10”. Proses yang dilakukan oleh sistem merupakan proses berdasarkan pengolahan citra dengan menggunakan metode *dark channel prior*. Sedangkan keluaran atau *output* yang akan muncul pada nilai *density* adalah hasil dari proses *atmospheric light estimation*. Citra hasil kabut asli dengan kabut simulasi 3D akan ditampilkan pada *figure* “axes8” dan “axes11”. Begitu juga dengan hasil dari proses *transmission map* yang akan muncul pada *figure* “axes9” dan “axes12”. Sedangkan untuk “axes13”, digunakan untuk memunculkan hasil histogram berdasarkan *input* citra asli dengan *input* citra simulasi 3D.

BAB IV

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Uji

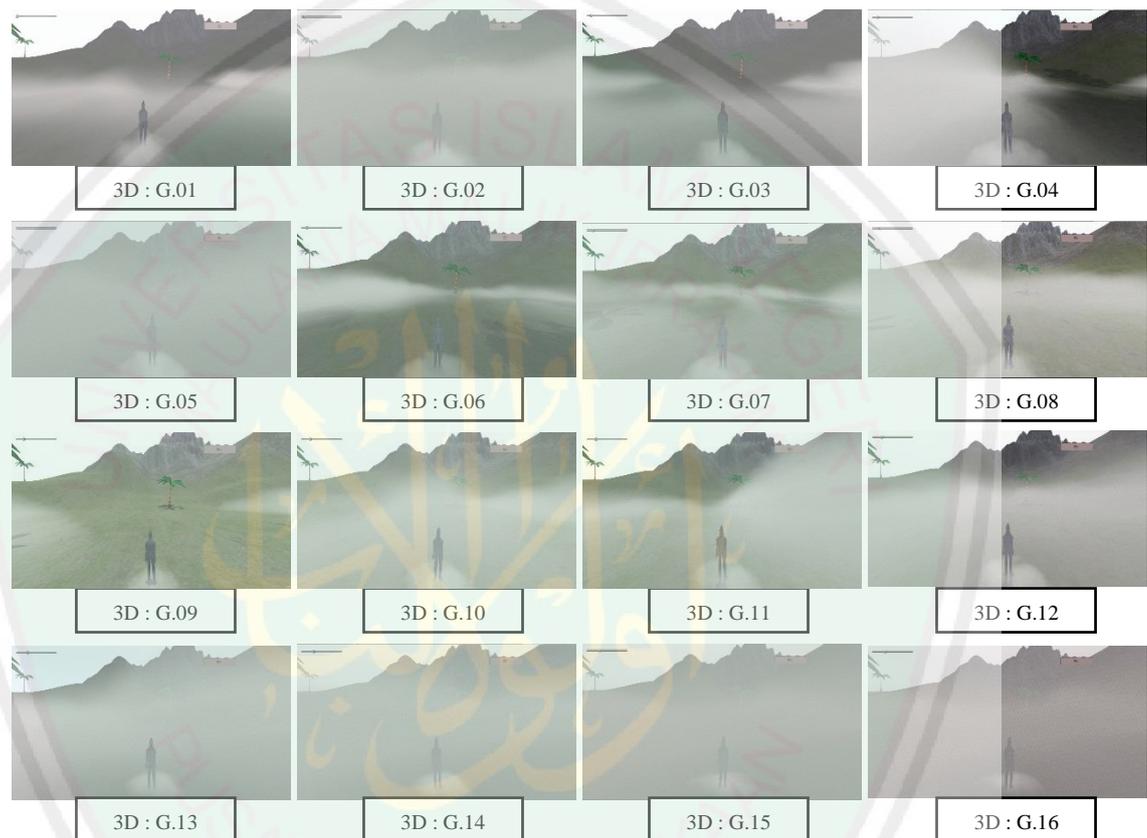
Data Uji pada penelitian ini adalah citra kawah gunung kelud yang diperoleh berdasarkan hasil CCTV dari BMKG. Penelitian ini menggunakan 16 gambar kabut asli untuk dilakukan pengujian dan melihat perbandingan gambar citra kabut asli tersebut dengan hasil simulasi 3D.



Gambar 4. 1 Data Uji CCTV (Citra Asli Kabut)

Gambar 4.1 data uji CCTV terdapat 16 gambar asli kabut. Diketahui bahwa gambar “CCTV : G.01” sampai “CCTV : G.16” merupakan kode atau istilah penomoran untuk masing masing gambar data uji CCTV tersebut di atas. Dan data

yang dihasilkan diambil saat pukul 06.30 – 14.00 dalam Waktu Indonesia bagian Barat (WIB). Karena pengujian dilakukan untuk mencari hasil perbandingan dengan simulasi kabut 3D, maka masukan gambar untuk pengujian menggunakan metode *Dark Channel Prior* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. 2 Data Uji Simulasi (Citra Kabut 3D)

Gambar 4.2 merupakan simulasi citra kabut 3D yang digunakan sebagai data uji dalam uji coba penelitian ini. Keterangan untuk “3D : G.01” sampai “3D : G.16” merupakan istilah untuk penomoran 16 data uji citra kabut 3D.

4.2 Uji Coba Kabut

Pengujian citra kabut disini menerapkan 2 pengujian, yaitu berdasarkan data uji CCTV, dengan data uji masukan gambar citra hasil simulasi kabut 3D.

Berdasarkan metode *Dark Channel Prior* yang digunakan untuk memproses hasil citra digital. Maka hasil uji coba dalam penelitian ini yaitu :

4.2.1 Proses *Dark Channeling*

Mengubah ukuran berdasarkan nilai *weight*, *hight*, dan mengembalikan nilainya pada ukuran awal, kemudian mencari nilai minimal RGB merupakan proses dari *dark channeling*. Hasil pengujian dari *dark chaneling* tersebut dapat dikatakan juga dengan citra *greyscale* adalah sebagai berikut :

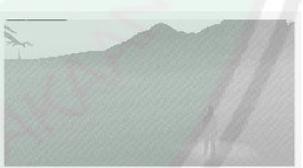
Tabel 4. 1 Hasil *Dark Channeling*

No.	Citra Kabut Asli (CCTV)	Citra Kabut Simulasi 3D
1	 CCTV : G.01	 3D : G.01
2	 CCTV : G.02	 3D : G.02
3	 CCTV : G.03	 3D : G.03
4	 CCTV : G.04	 3D : G.04
5	 CCTV : G.05	 3D : G.05

Tabel 4. 2 Lanjutan

No.	Citra Kabut Asli (CCTV)	Citra Kabut Simulasi 3D
6	 <p data-bbox="600 584 746 613">CCTV : G.06</p>	 <p data-bbox="1027 573 1136 602">3D : G.06</p>
7	 <p data-bbox="600 815 746 844">CCTV : G.07</p>	 <p data-bbox="1027 815 1136 844">3D : G.07</p>
8	 <p data-bbox="600 1048 746 1077">CCTV : G.08</p>	 <p data-bbox="1027 1048 1136 1077">3D : G.08</p>
9	 <p data-bbox="600 1281 746 1310">CCTV : G.09</p>	 <p data-bbox="1027 1281 1136 1310">3D : G.09</p>
10	 <p data-bbox="600 1514 746 1543">CCTV : G.10</p>	 <p data-bbox="1027 1514 1136 1543">3D : G.10</p>
11	 <p data-bbox="600 1756 746 1785">CCTV : G.11</p>	 <p data-bbox="1027 1756 1136 1785">3D : G.11</p>

Tabel 4. 3 Lanjutan

No.	Citra Kabut Asli (CCTV)	Citra Kabut Simulasi 3D
12	 CCTV : G.12	 3D : G.12
13	 CCTV : G.13	 3D : G.13
14	 CCTV : G.14	 3D : G.14
15	 CCTV : G.15	 3D : G.15
16	 CCTV : G.16	 3D : G.16

4.2.2 Nilai *Density*

Nilai *density* merupakan hasil dari proses *atmospheric light estimation* untuk menentukan letak sumber cahaya atau letak pantulan cahaya dengan cara memasukkan nilai *patch size*. Maka hasil pengujian berdasarkan data uji adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Nilai *Density* Citra Kabut Asli

No. Gambar	Nilai <i>Density</i>
CCTV : G.01	2.31678
CCTV : G.02	1.81326
CCTV : G.03	1.66494
CCTV : G.04	1.66301
CCTV : G.05	2.11927
CCTV : G.06	2.00534
CCTV : G.07	2.15487
CCTV : G.08	2.26482
CCTV : G.09	2.70587
CCTV : G.10	2.8712
CCTV : G.11	3.13907
CCTV : G.12	3.07778
CCTV : G.13	2.62576
CCTV : G.14	2.50407
CCTV : G.15	2.64586
CCTV : G.16	2.7764

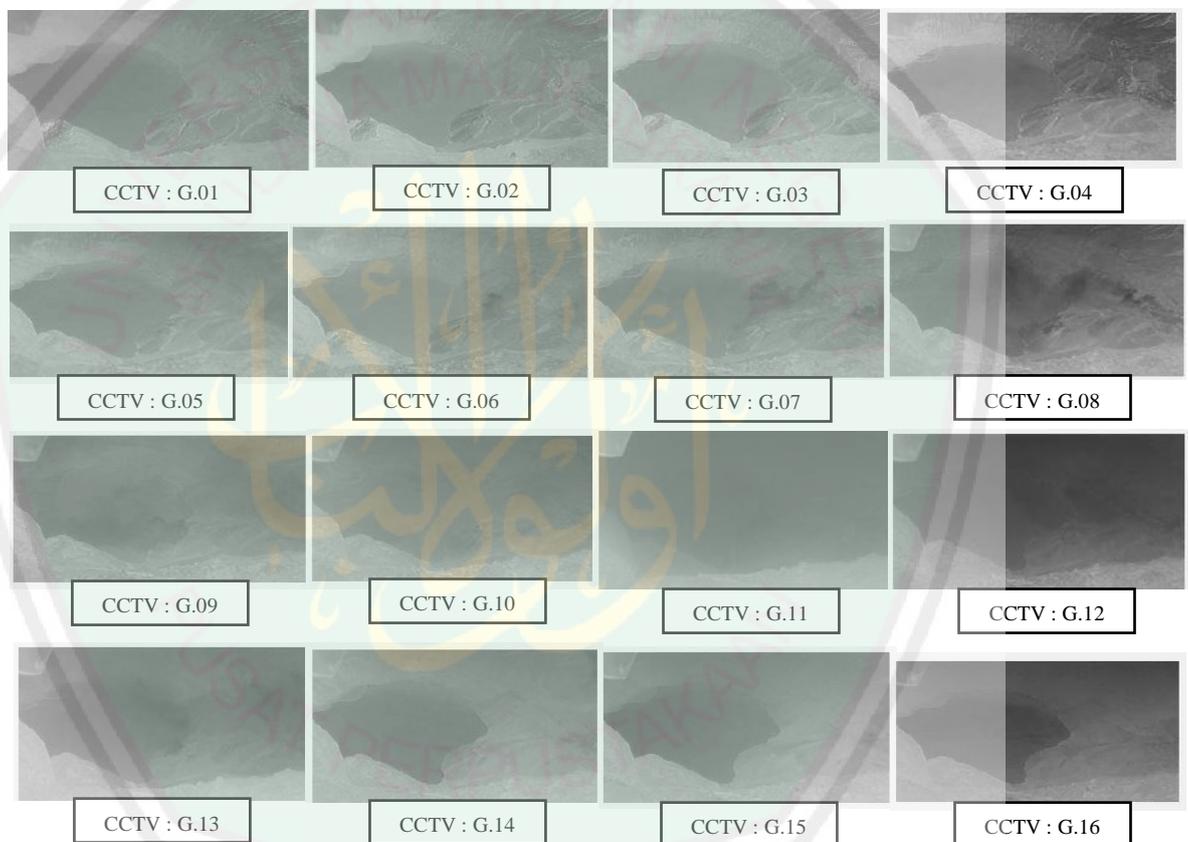
Tabel 4.4 nilai *density* citra kabut asli menggunakan *patch size* 3 x 3. Begitu juga dengan citra simulasi kabut 3D pada tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4. 5 Nilai *Density* Simulasi Kabut 3D

No. Gambar	Nilai <i>Density</i>
3D : G.01	1.78994
3D : G.02	1.80233
3D : G.03	1.72958
3D : G.04	1.90642
3D : G.05	2.23604
3D : G.06	1.49864
3D : G.07	1.96637
3D : G.08	2.22811
3D : G.09	1.16252
3D : G.10	2.23735
3D : G.11	1.91516
3D : G.12	2.19516
3D : G.13	1.75326
3D : G.14	2.17856
3D : G.15	2.3655
3D : G.16	1.40547

4.2.3 *Transmission Map*

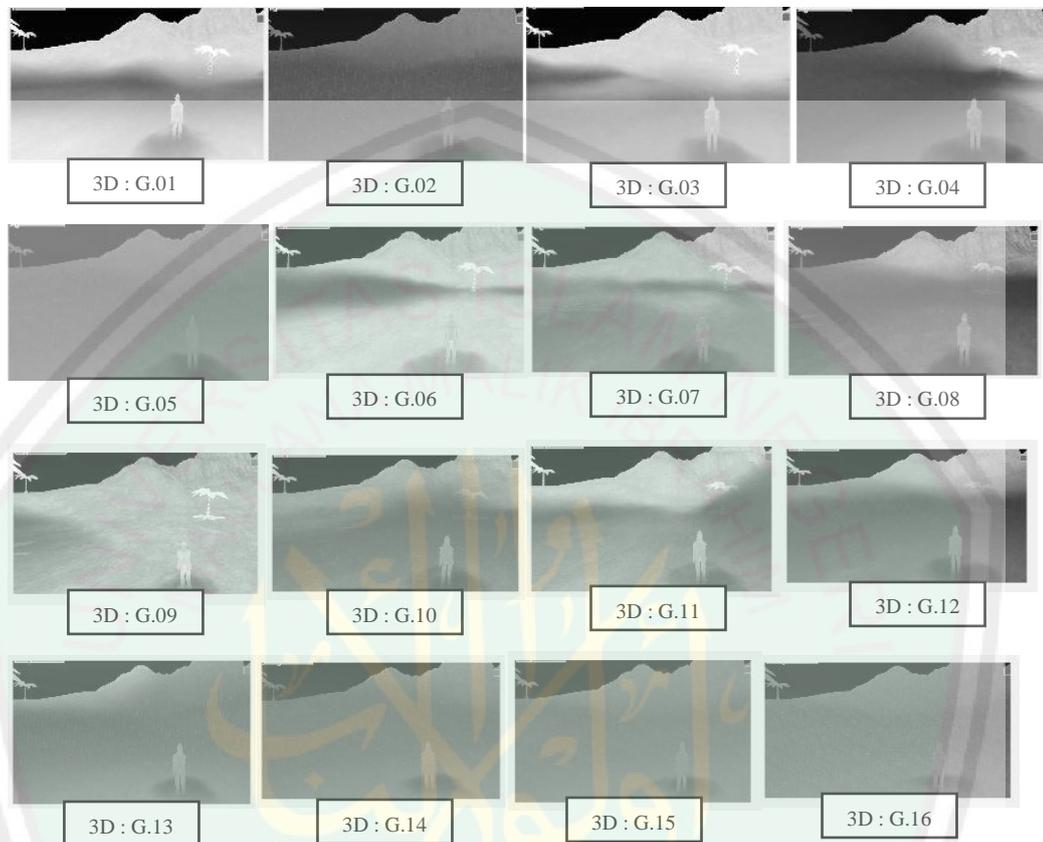
Proses *transmission map* memiliki nilai yang berkebalikan dengan *atmospheric light estimation* dalam kategori warna, yaitu warna terang hasil dari *atmospheric light estimation* diproses menjadi warna gelap dalam proses *transmission map*. Proses *transmission map* akan dimunculkan pada tampilan “axes9” yaitu citra kabut asli dan “axes12” citra kabut hasil simulasi 3D.



Gambar 4. 3 Hasil *Transmission Map* (Citra Kabut Asli)

Gambar 4.3 yaitu hasil dari pengolahan citra kabut asli melalui proses *transmission map*. Penjelasan untuk “CCTV : G.01” sampai dengan “CCTV : G.16” merupakan penomoran dengan urutan masing – masing gambar. Dimana “CCTV”

berarti menunjukkan bahwa citra tersebut diambil dari gambar CCTV, sedangkan “G” merupakan istilah untuk gambar ke 1 sampai gambar ke-16.



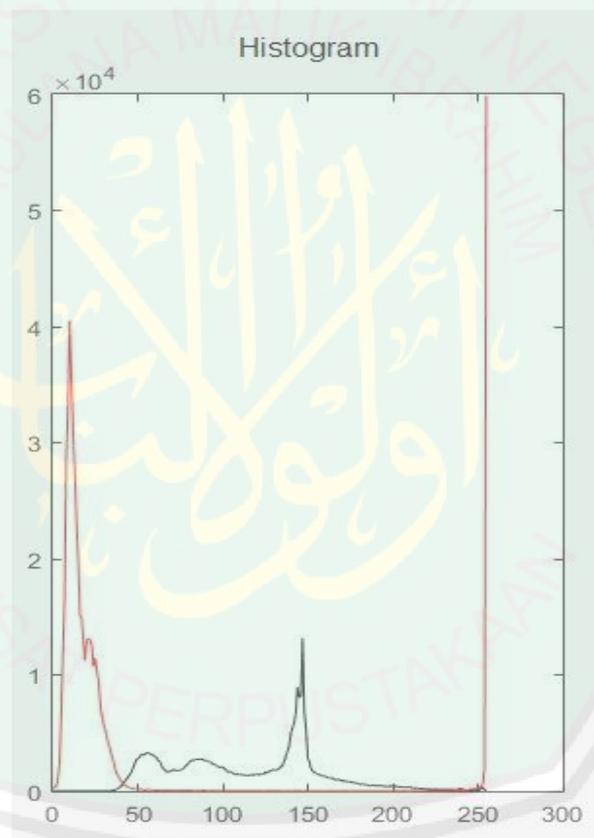
Gambar 4. 4 Hasil *Transmission Map* (Citra Kabut Simulasi 3D)

Hasil *transmission map* ditunjukkan pada Gambar 4.4 yang merupakan citra kabut simulasi 3D. Berdasarkan gambar tersebut di atas, keterangan untuk simbol “3D” yaitu menunjukkan jika gambar atau citra kabut tersebut hasil simulasi 3D. sedangkan “G.” merupakan simbol yang menunjukkan sebuah gambar berdasarkan urutan “G.01” sampai gambar citra kabut simulasi 3D yang ke-16.

4.2.4 Histogram

Citra hasil kabut dalam penelitian ini akan digambarkan dalam bentuk histogram. Histogram menunjukkan suatu nilai yang digambarkan dalam bentuk grafik dengan nilai frekuensi pada titik x , y .

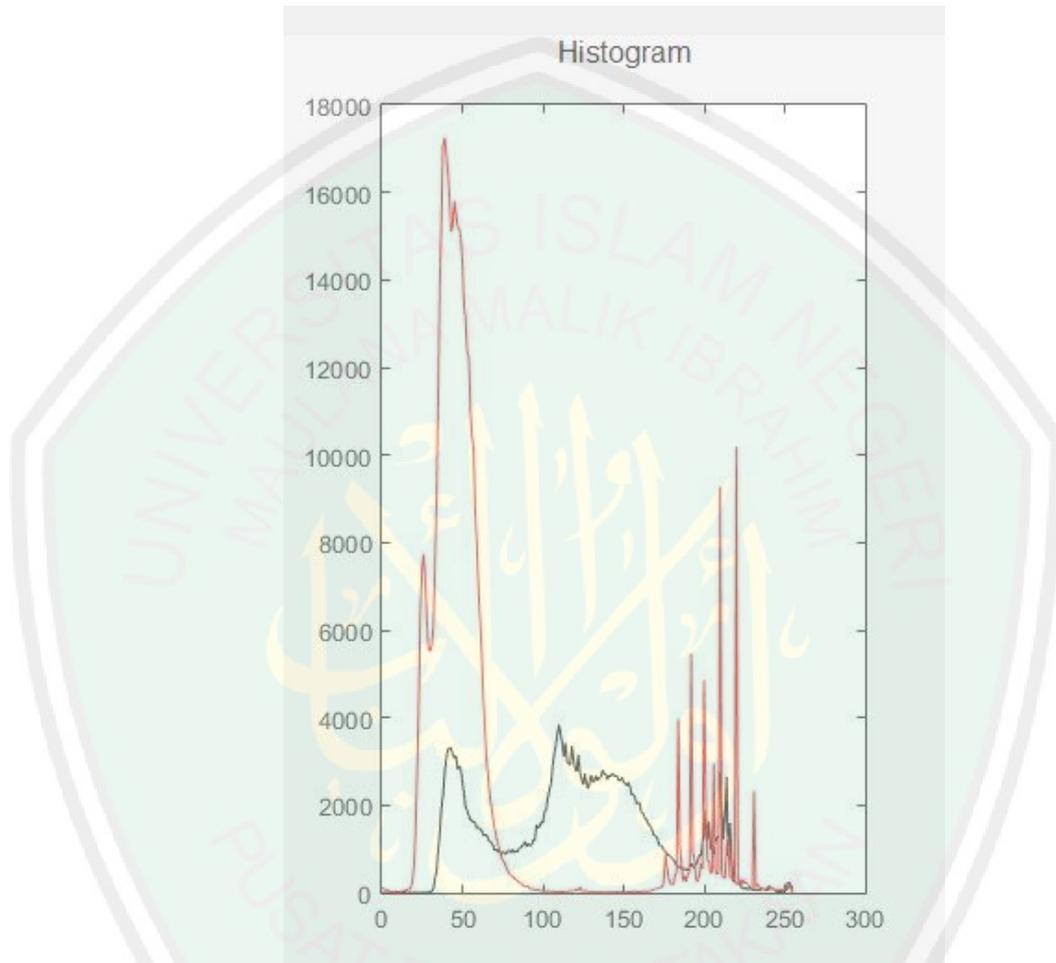
Penggunaan histogram dalam penelitian ini digunakan untuk menampilkan nilai *density* dari hasil gambar kabut asli dengan nilai *density* dari citra hasil simulasi 3D. Citra hasil dari kabut tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 5 Histogram Hasil CCTV : G.01 Dengan Hasil 3D : G.01

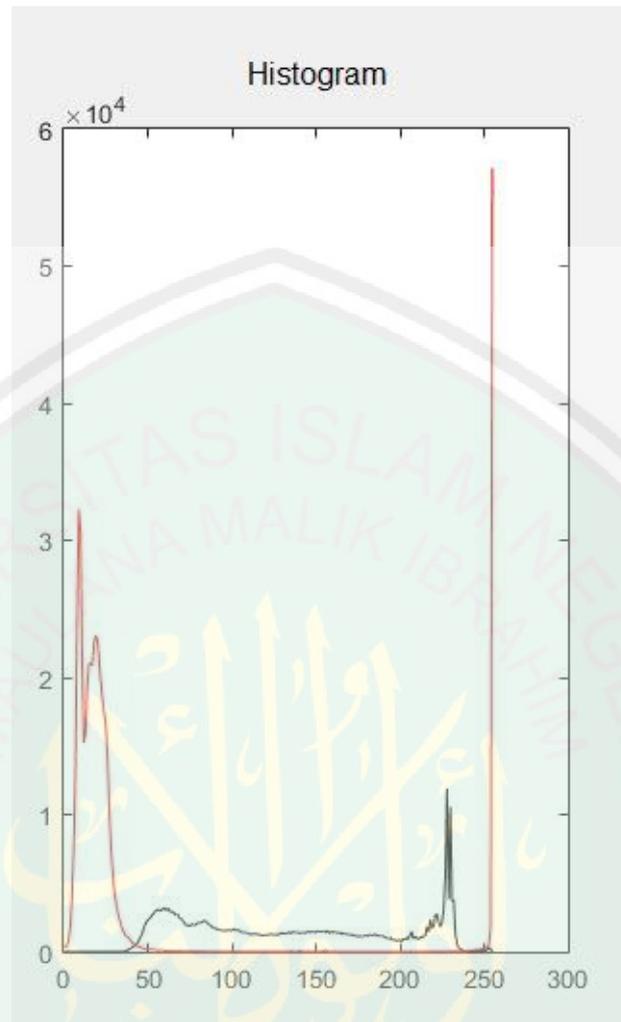
Penjelasan histogram dari Gambar 4.5 yaitu warna merah menunjukkan citra asli CCTV, sedangkan warna hitam merupakan hasil citra simulasi 3D. Pada citra asli kabut menunjukkan di titik x mempunyai nilai 255 dengan rentang nilai antara 0 – 255, dan frekuensi di titik y memiliki nilai tertinggi 6×10^4 pada *density*

2.31678. Sedangkan citra hasil simulasi 3D dengan nilai *density* 1.78994 tersebut memiliki nilai 140 pada titik x antara nilai 0 – 255, dan di titik y mempunyai nilai frekuensi $1,5 \times 10^4$.



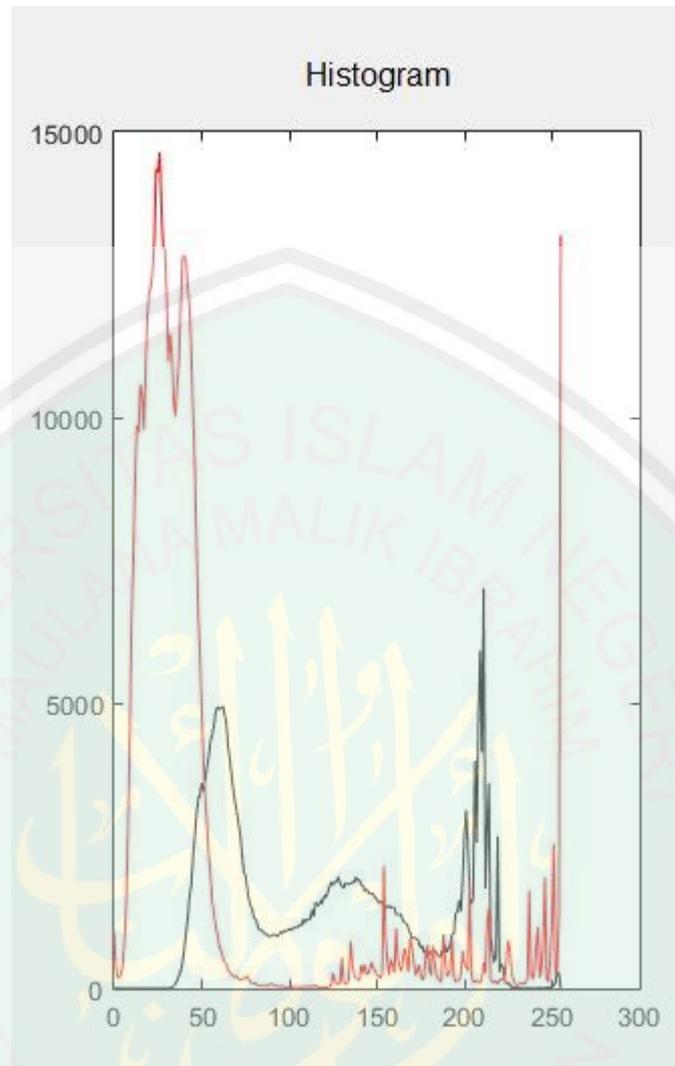
Gambar 4. 6 Histogram Hasil CCTV : G.02 Dengan 3D : G.02

Pada Gambar 4.6 histogram hasil CCTV : G.02 yang diambil pukul 07.03 tersebut memiliki nilai 45 pada titik x dengan rentang nilai 0 – 255, dan nilai frekuensi di titik y sebesar 17×10^3 yang ditunjukkan pada grafik garis merah dengan nilai *density* 1.81326. Sedangkan grafik garis warna hitam yang memiliki nilai *density* 1.80233 merupakan citra kabut hasil simulasi 3D yang memiliki nilai 115 antara nilai 0 – 255 titik x , dan pada titik y mempunyai nilai frekuensi sebesar 4×10^3 .



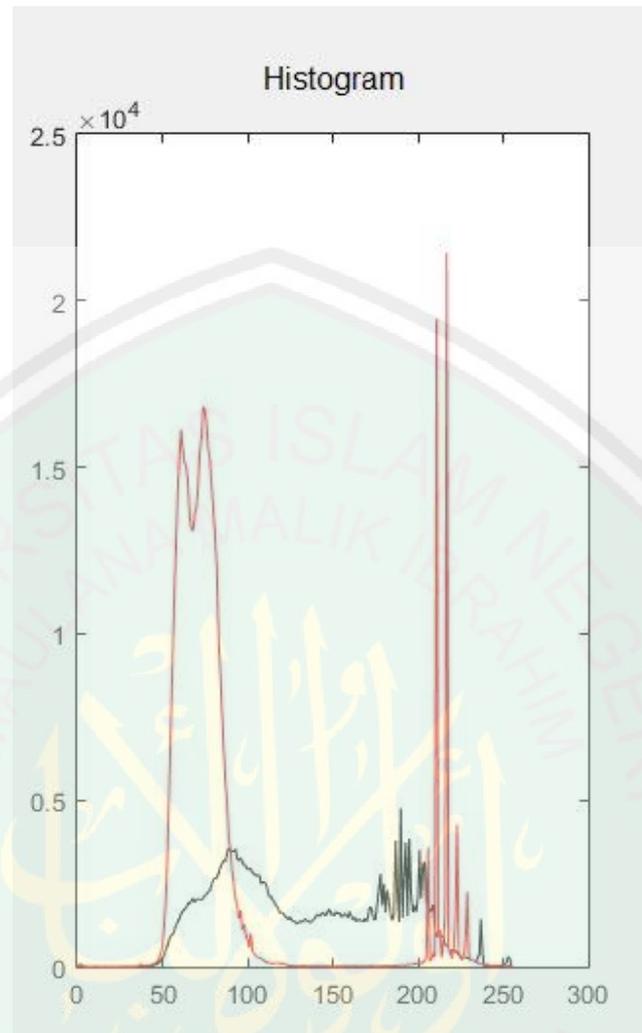
Gambar 4. 7 Histogram CCTV : G.03 Dengan 3D : G.03

Gambar 4.7 menunjukkan histogram grafik warna merah dari citra asli CCTV yang diambil pukul 07.38 dan memiliki nilai *density* 1.66494 dengan nilai 255 di titik x pada rentang nilai 0 – 255, dan pada titik y memiliki frekuensi dengan nilai $5,8 \times 10^4$. Sedangkan grafik warna hitam menunjukkan citra hasil simulasi 3D pada gambar ke-3 yang memiliki nilai *density* 1.72958. Grafik tersebut menunjukkan nilai 225 pada titik x , dan di titik y memiliki nilai frekuensi sebesar $1,3 \times 10^4$.



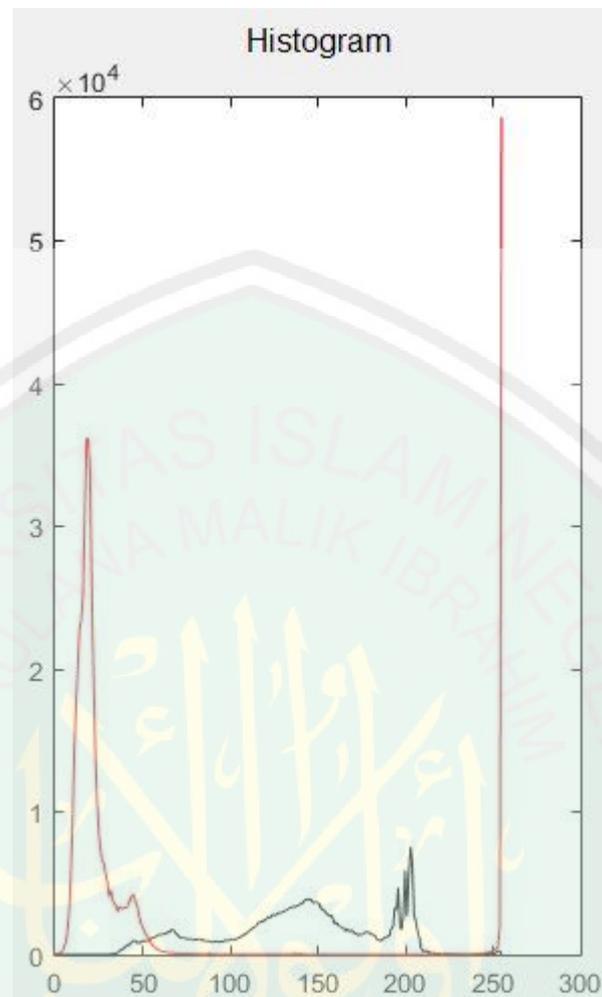
Gambar 4. 8 Histogram CCTV : G.04 Dengan 3D : G.04

Histogram yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 dengan grafik warna merah yaitu CCTV gambar ke-4 yang diambil pukul 08.00 WIB, memiliki nilai *density* 1.66301 dan nilai titik x sebesar 25, dan pada titik y nilai frekuensinya yaitu $14,5 \times 10^3$. Sedangkan nilai *density* 1.90642 hasil citra simulasi 3D ditunjukkan dengan grafik warna hitam yang memiliki nilai 215 pada titik x , dan nilai frekuensi pada titik y sebesar 7×10^3 .



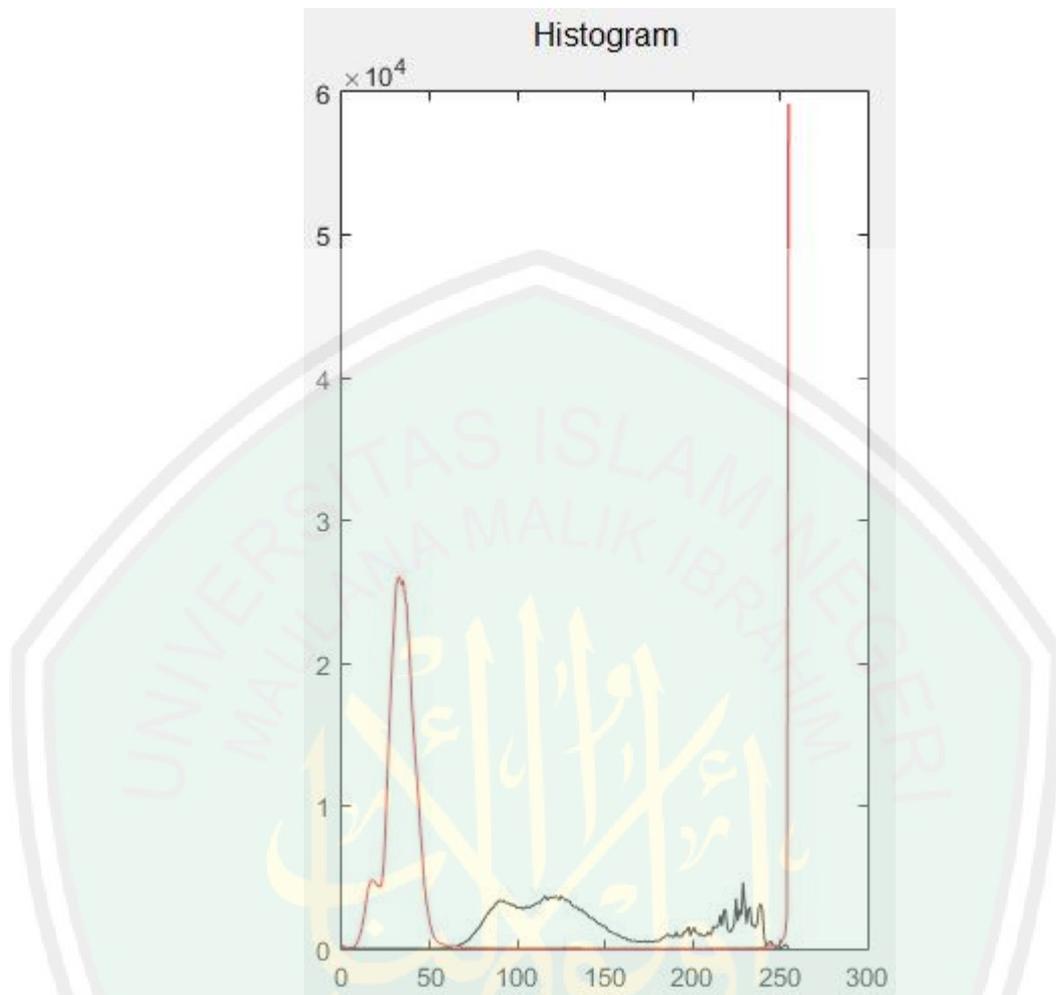
Gambar 4. 9 Histogram CCTV : G.05 Dengan 3D : G.05

Gambar 4.9 menggambarkan grafik merah CCTV yang diambil pukul 08.30 WIB dengan hasil *density* 2.11927. Grafik dari histogram tersebut menunjukkan citra asli memiliki nilai 215 pada titik x , dan pada titik y memiliki nilai frekuensi sebesar $2,3 \times 10^4$. Sedangkan grafik warna hitam dengan nilai *density* 2.23604 merupakan hasil dari citra kabut simulasi 3D yang memiliki nilai 180 pada titik x , dan nilai frekuensi sebesar $0,5 \times 10^4$ pada titik y .



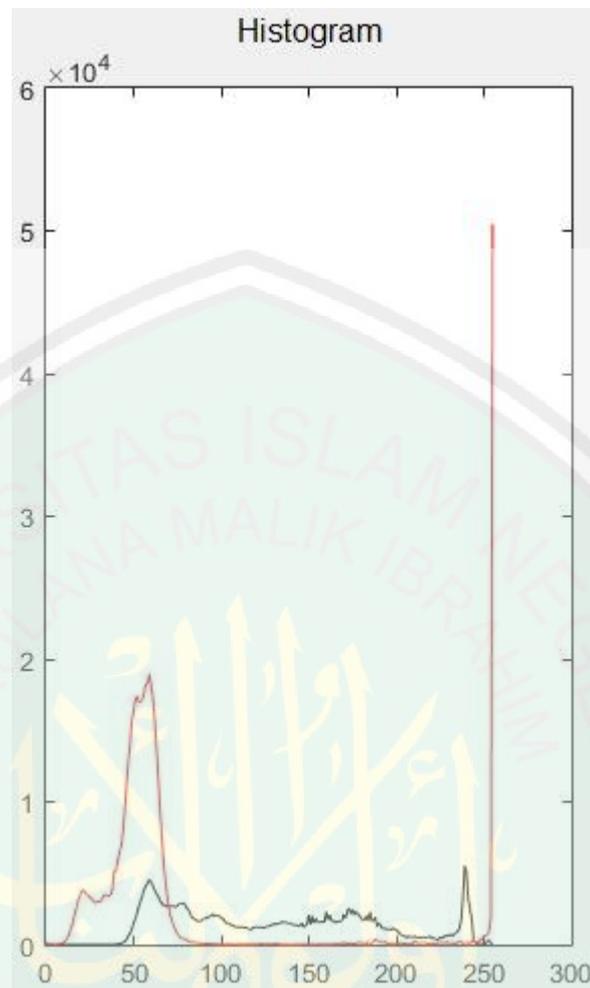
Gambar 4. 10 Histogram CCTV : G.06 Dengan 3D : G.06

Pada Gambar 4.10 histogram citra asli CCTV diambil pukul 09.00 WIB dengan hasil nilai *density* 2.00534 memiliki grafik titik x sebesar 255 dan $5,8 \times 10^4$ berdasarkan grafik warna merah. Sedangkan gambar ke-6 citra hasil simulasi 3D ditunjukkan pada grafik histogram warna hitam. Berdasarkan nilai *density* dari hasil simulasi citra 3D yaitu 1.49864 tersebut, menunjukkan nilai 200 pada titik x , dan pada titik y nilai frekuensinya sebesar $0,8 \times 10^4$.



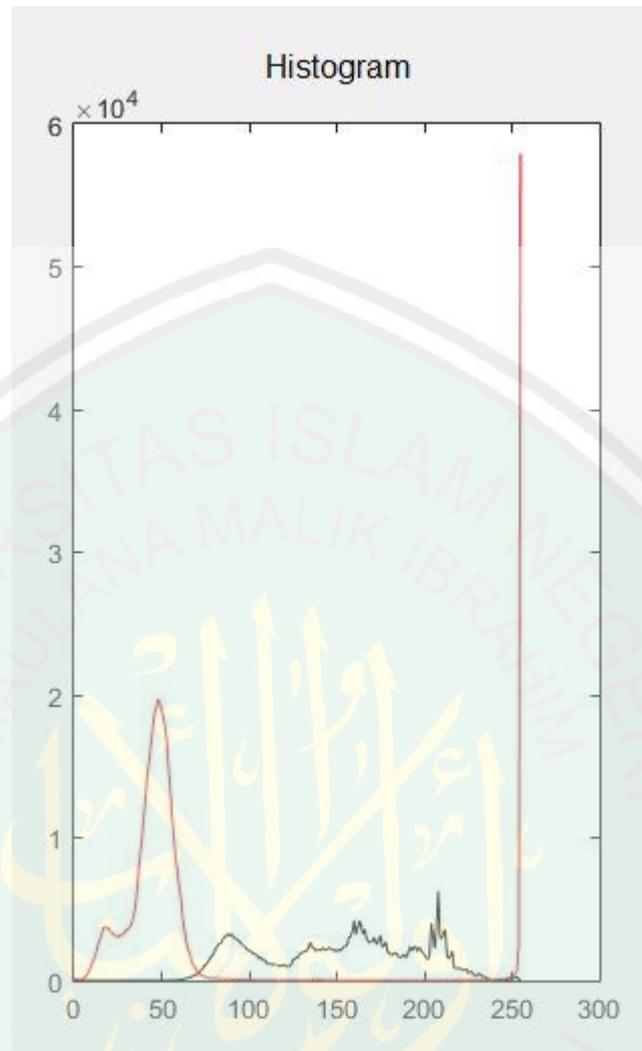
Gambar 4. 11 Histogram CCTV : G.07 Dengan 3D : G.07

Citra CCTV yang diambil pukul 09.38 memiliki nilai *density* sebesar 2.15487. Dan berdasarkan Gambar 4.11 yang ditunjukkan dengan histogram grafik warna merah tersebut memiliki nilai 255 pada titik x , dan pada titik y frekuensinya sebesar $5,8 \times 10^4$. Sedangkan citra hasil simulasi gambar ke-07 yang memiliki nilai *density* sebesar 1.96637 ditunjukkan dengan histogram pada Gambar 4.11 di atas dengan grafik warna hitam. Dimana grafik tersebut memiliki nilai 225 pada titik x , dan nilai sebesar $0,4 \times 10^4$ pada frekuensi titik y .



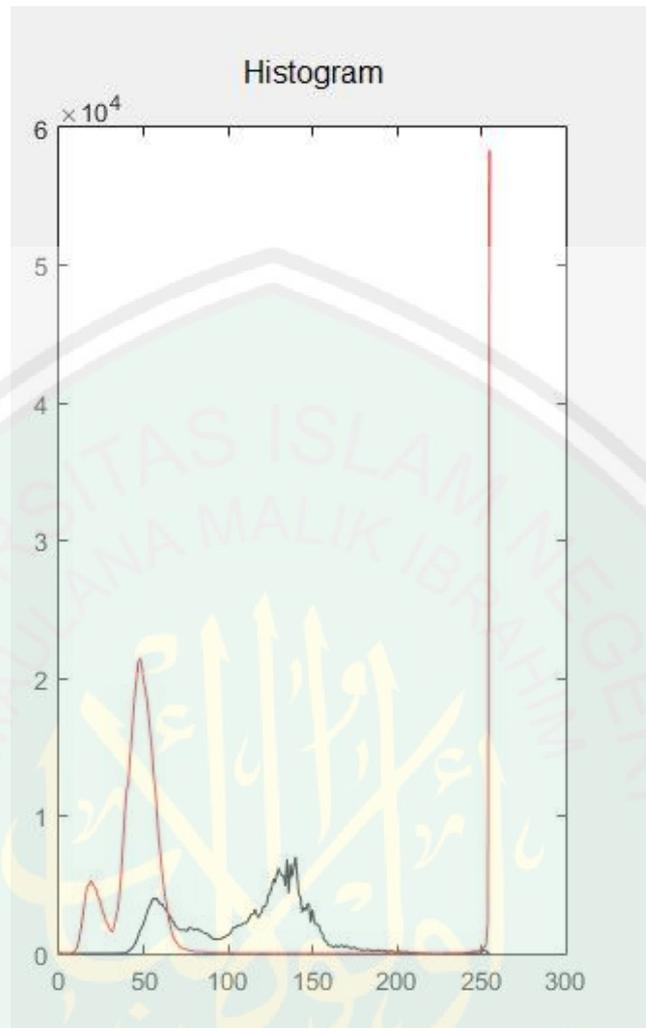
Gambar 4. 12 Histogram CCTV : G.08 Dengan 3D : G.08

Gambar 4.12 menggambarkan grafik merah CCTV yang diambil pukul 10.00 WIB dengan hasil *density* 2.26482. Grafik dari histogram tersebut menunjukkan citra asli memiliki nilai 255 pada titik x , dan pada titik y memiliki nilai frekuensi sebesar 5×10^4 . Sedangkan grafik warna hitam dengan nilai *density* 2.22811 merupakan hasil dari citra kabut simulasi 3D yang memiliki nilai 245 pada titik x , dan nilai frekuensi sebesar $0,5 \times 10^4$ pada titik y .



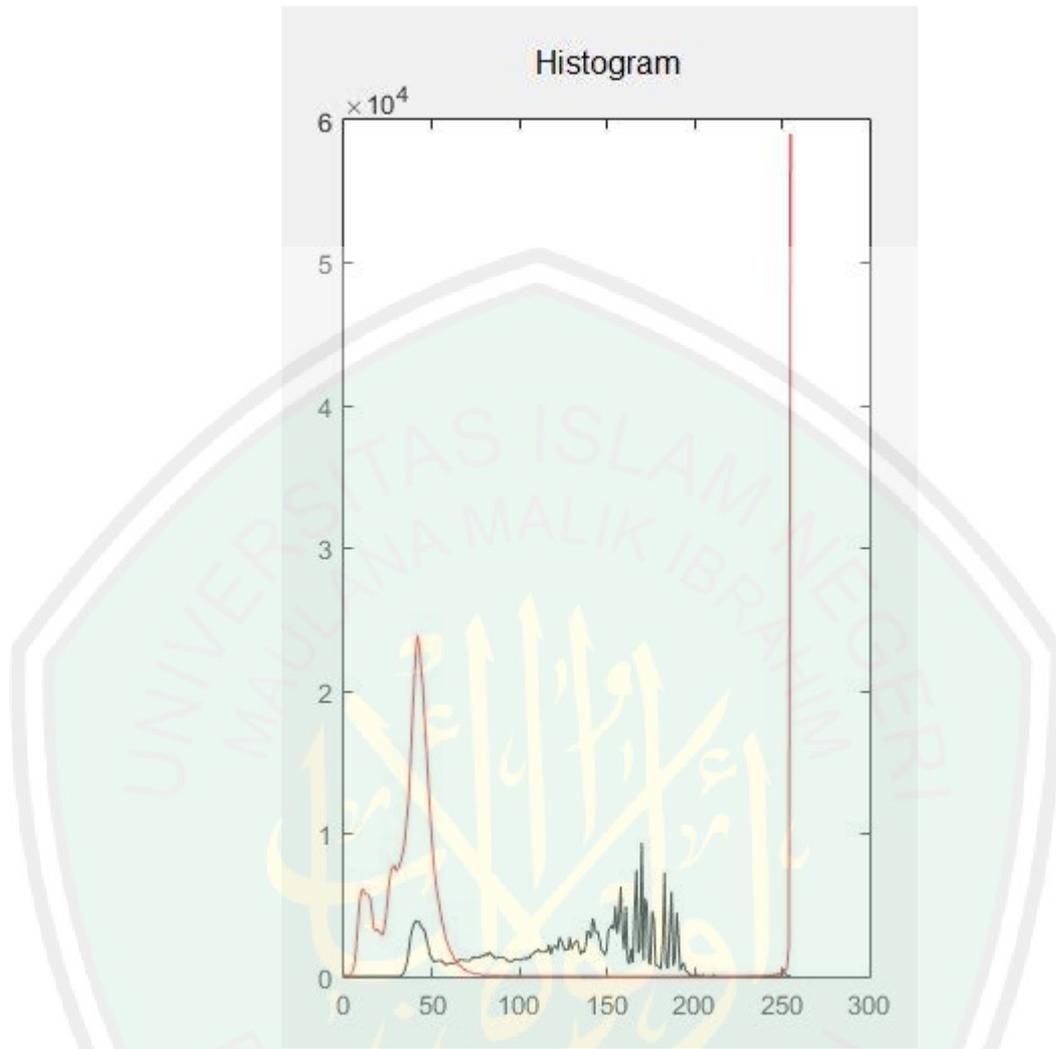
Gambar 4. 13 Histogram CCTV : G.09 Dengan 3D : G.09

Pada Gambar 4.13 histogram citra asli CCTV diambil pukul 10.38 WIB dengan hasil nilai *density* 2.70587 memiliki grafik titik x sebesar 255 dan $5,8 \times 10^4$ berdasarkan grafik warna merah. Sedangkan gambar ke-6 citra hasil simulasi 3D ditunjukkan pada grafik histogram warna hitam. Berdasarkan nilai *density* dari hasil simulasi citra 3D yaitu 1.16252 tersebut, menunjukkan nilai 215 pada titik x , dan pada titik y nilai frekuensinya sebesar $0,5 \times 10^4$.



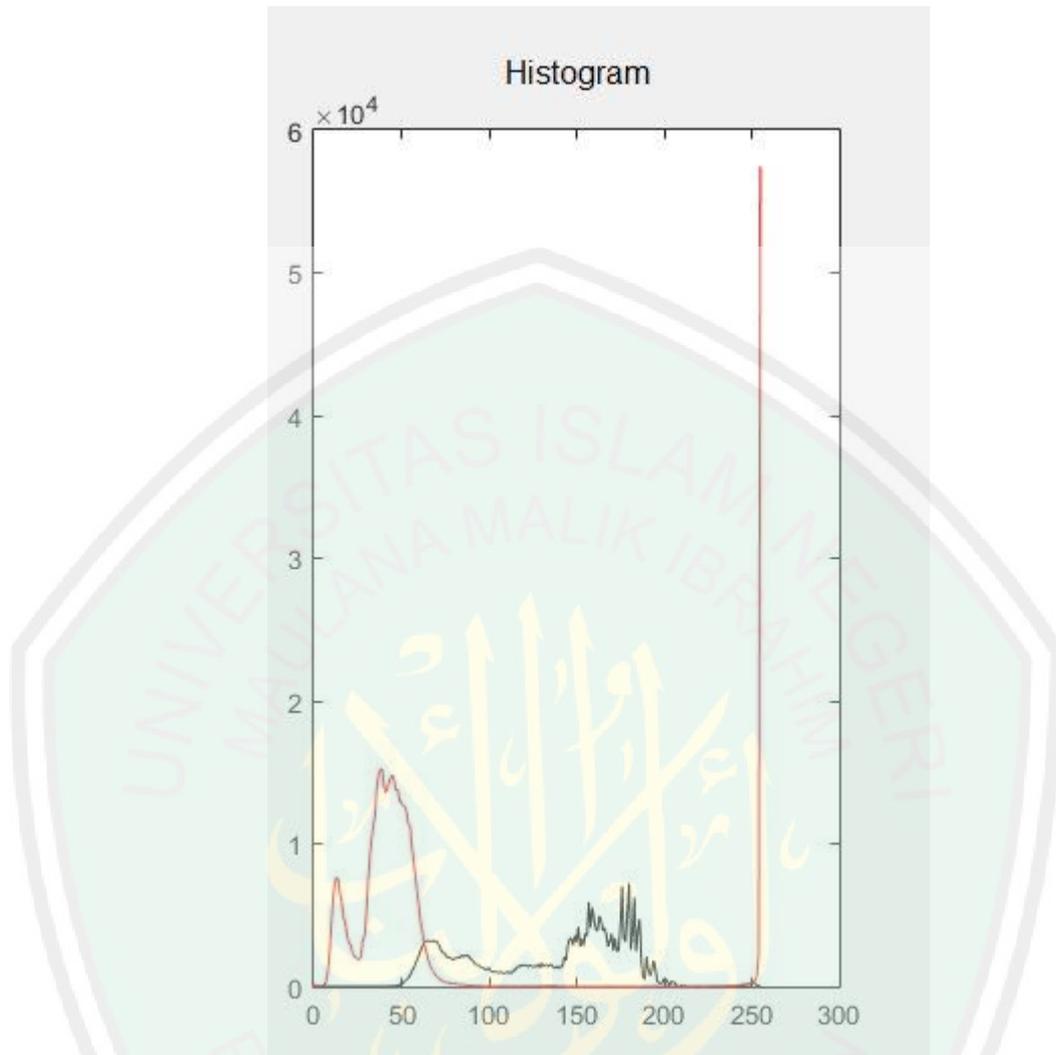
Gambar 4. 14 Histogram CCTV : G.10 Dengan 3D : G.10

Pada Gambar 4.14 histogram hasil CCTV : G.10 yang diambil pukul 11.03 tersebut memiliki nilai 255 pada titik x dengan rentang nilai 0 – 255, dan nilai frekuensi di titik y sebesar $5,8 \times 10^4$ yang ditunjukkan pada grafik garis merah dengan nilai *density* 2.8712. Sedangkan grafik garis warna hitam yang memiliki nilai *density* 2.23735 merupakan citra kabut hasil simulasi 3D yang memiliki nilai 145 antara nilai 0 – 255 titik x , dan pada titik y mempunyai nilai frekuensi sebesar $0,5 \times 10^4$.



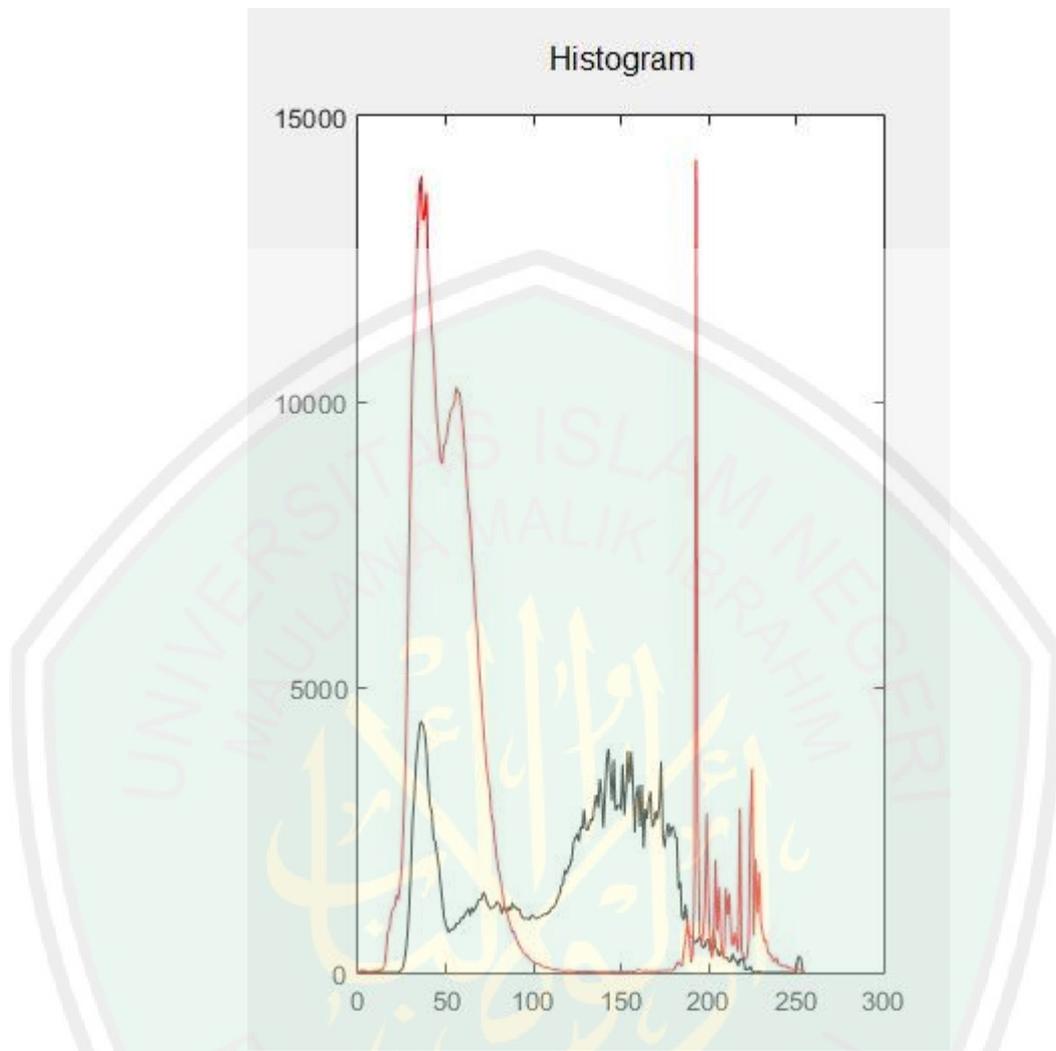
Gambar 4. 15 Histogram CCTV : G.11 Dengan 3D : G.11

Citra CCTV yang diambil pukul 11.38 memiliki nilai *density* sebesar 3.13907. Dan berdasarkan Gambar 4.15 yang ditunjukkan dengan histogram grafik warna merah tersebut memiliki nilai 255 pada titik x , dan pada titik y frekuensinya sebesar $5,8 \times 10^4$. Sedangkan citra hasil simulasi gambar ke-07 yang memiliki nilai *density* sebesar 1.91516 ditunjukkan dengan histogram pada Gambar 4.15 di atas dengan grafik warna hitam. Dimana grafik tersebut memiliki nilai 170 pada titik x , dan nilai sebesar 1×10^4 pada frekuensi titik y .



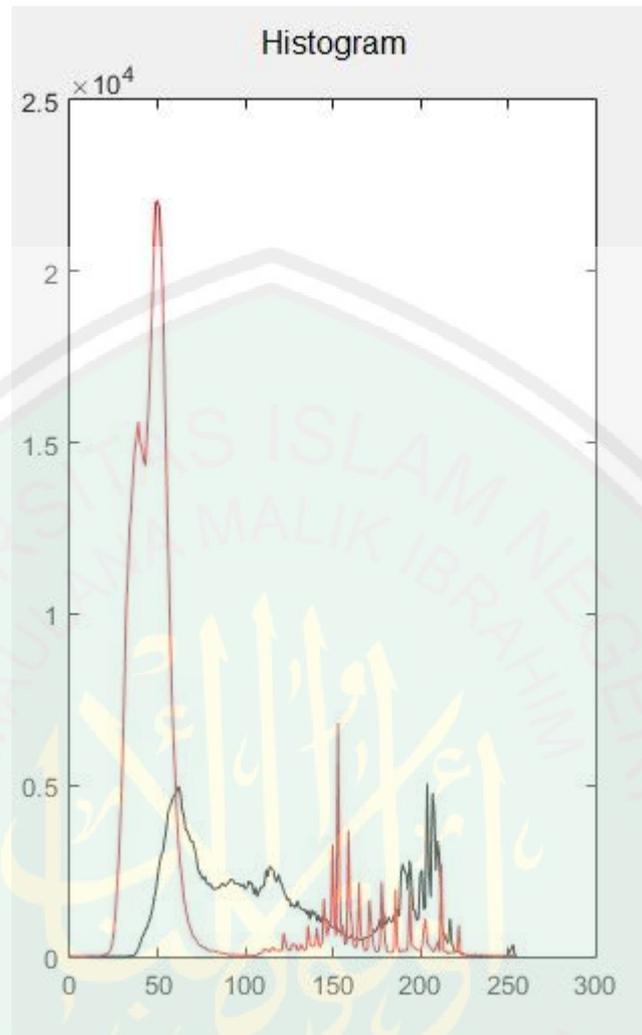
Gambar 4. 16 Histogram CCTV : G.12 Dengan 3D : G.12

Gambar 4.16 menggambarkan grafik merah CCTV yang diambil pukul 12.00 WIB dengan hasil *density* 3.07778. Grafik dari histogram tersebut menunjukkan citra asli memiliki nilai 255 pada titik x , dan pada titik y memiliki nilai frekuensi sebesar $5,8 \times 10^4$. Sedangkan grafik warna hitam dengan nilai *density* 2.19516 merupakan hasil dari citra kabut simulasi 3D yang memiliki nilai 175 pada titik x , dan nilai frekuensi sebesar $0,8 \times 10^4$ pada titik y .



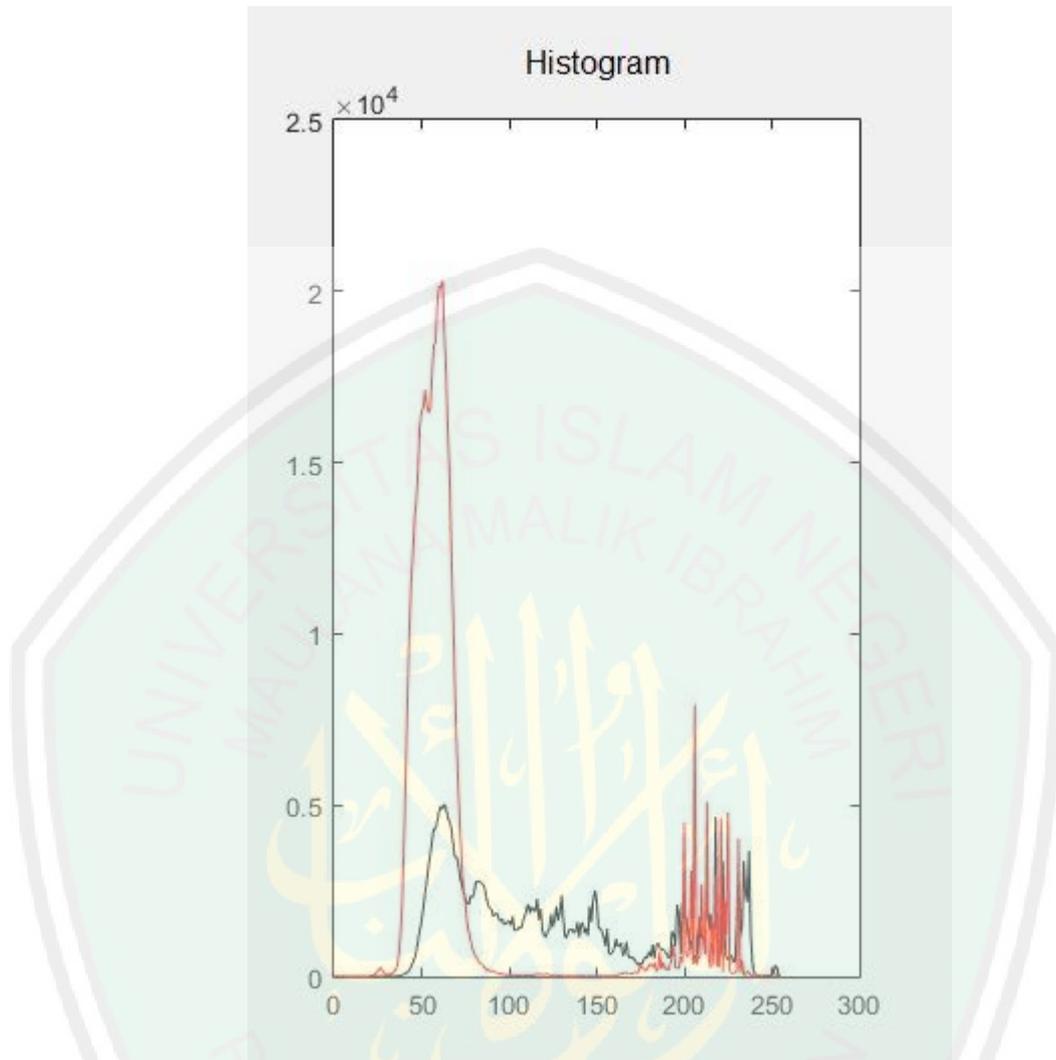
Gambar 4. 17 Histogram CCTV : G.13 Dengan 3D : G.13

Pada Gambar 4.17 histogram citra asli CCTV diambil pukul 12.38 WIB dengan hasil nilai *density* 2.62576 memiliki grafik titik x sebesar 195 dan $14,5 \times 10^3$ berdasarkan grafik warna merah. Sedangkan gambar ke-13 citra hasil simulasi 3D ditunjukkan pada grafik histogram warna hitam. Berdasarkan nilai *density* dari hasil simulasi citra 3D yaitu 1.75326 tersebut, menunjukkan nilai 145 pada titik x , dan pada titik y nilai frekuensinya sebesar $4,5 \times 10^3$.



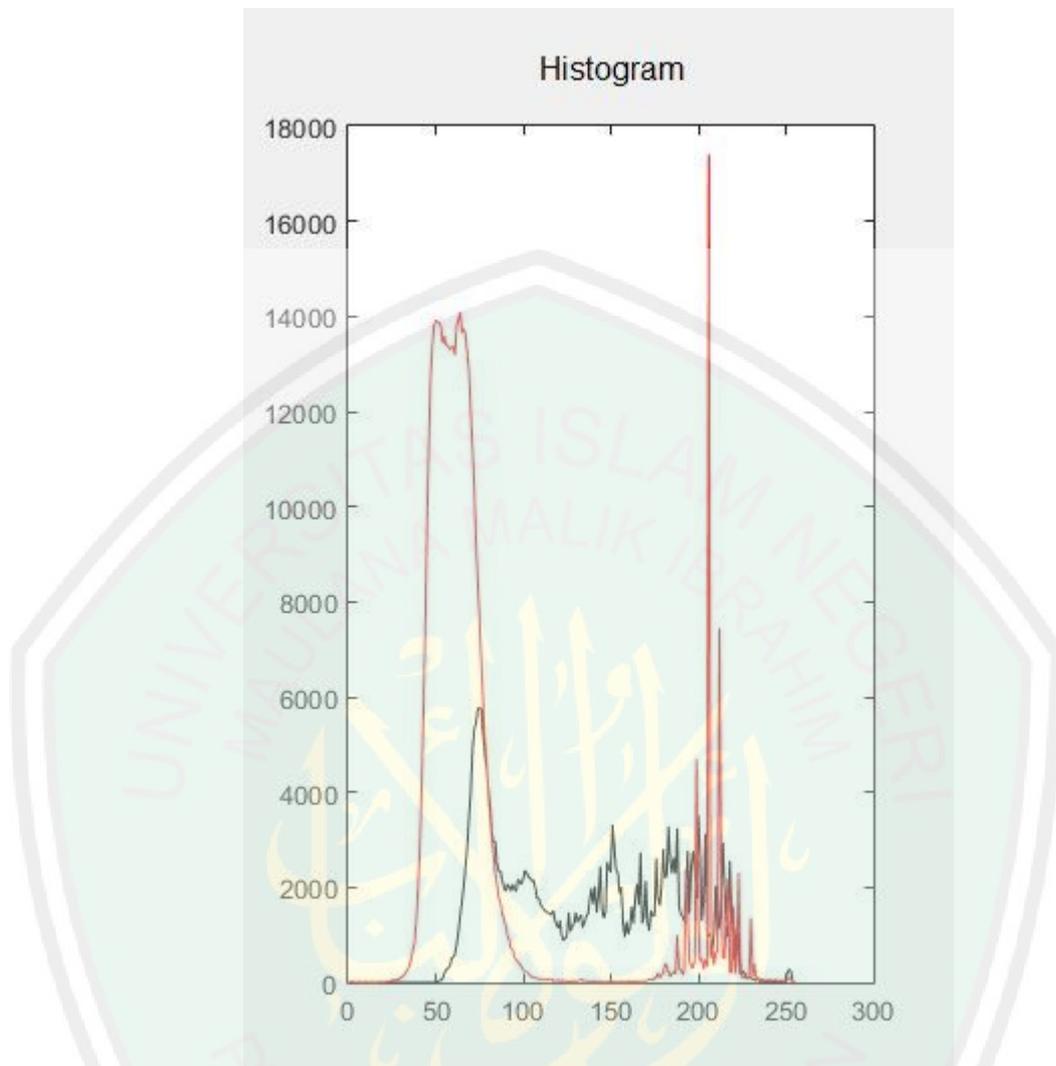
Gambar 4. 18 Histogram CCTV : G.14 Dengan 3D : G.14

Gambar 4.18 menggambarkan grafik merah CCTV yang diambil pukul 13.00 WIB dengan hasil *density* 2.50407. Grafik dari histogram tersebut menunjukkan citra asli memiliki nilai 50 pada titik x , dan pada titik y memiliki nilai frekuensi sebesar $2,3 \times 10^4$. Sedangkan grafik warna hitam dengan nilai *density* 2.17856 merupakan hasil dari citra kabut simulasi 3D yang memiliki nilai 200 pada titik x , dan nilai frekuensi sebesar $0,5 \times 10^4$ pada titik y .



Gambar 4. 19 Histogram CCTV : G.15 Dengan 3D : G.15

Citra CCTV yang diambil pukul 13.38 memiliki nilai *density* sebesar 2.64586. Dan berdasarkan Gambar 4.19 yang ditunjukkan dengan histogram grafik warna merah tersebut memiliki nilai 60 pada titik x , dan pada titik y frekuensinya sebesar $2,1 \times 10^4$. Sedangkan citra hasil simulasi gambar ke-15 yang memiliki nilai *density* sebesar 2.3655 ditunjukkan dengan histogram pada Gambar 4.19 di atas dengan grafik warna hitam. Dimana grafik tersebut memiliki nilai 60 pada titik x , dan nilai sebesar $0,5 \times 10^4$ pada frekuensi titik y .



Gambar 4. 20 Histogram CCTV : G.16 Dengan 3D : G.16

Citra CCTV yang diambil pukul 14.00 memiliki nilai *density* sebesar 2.7764. Dan berdasarkan Gambar 4.20 yang ditunjukkan dengan histogram grafik warna merah tersebut memiliki nilai 200,5 rasio 0 – 255 pada titik x , dan pada titik y frekuensinya sebesar $17,5 \times 10^3$. Sedangkan citra hasil simulasi gambar ke-15 yang memiliki nilai *density* sebesar 1.40547 ditunjukkan dengan histogram pada Gambar 4.25 di atas dengan grafik warna hitam. Dimana grafik tersebut memiliki nilai 80 pada titik x , dan nilai sebesar 6×10^3 pada frekuensi titik y .

4.3 Pembahasan Penelitian Dengan Integrasi Islam

Penelitian ini membahas tentang gambar atau citra kabut hasil dari CCTV gunung kelud, dengan citra hasil simulasi 3D visual efek menggunakan metode *dark channel prior*.

وَيَوْمَ تَشَقَّقُ السَّمَاءُ بِالْعَمَامِ وَنُزِّلَ الْمَلَائِكَةُ تَنْزِيلًا

Artinya : “Dan (ingatlah) hari (ketika) langit pecah belah mengeluarkan kabut putih dan diturunkanlah malaikan bergelombang – gelombang ” (Q.S Al-Furqan : 25).

Ayat di atas juga dapat menggambarkan ketika gunung meletus atau terpecah belah, kabut akan terlihat semakin tebal atau tipis. Dan untuk mengetahui hal tersebut (ketebalan kabut), maka peneliti harus melakukan pengujian. Sebagaimana dalam ayat berikut ini, Allah ﷻ menguji umat-Nya dengan ujian yang nyata untuk mengetahui ketebalan iman manusia.

إِنَّ هَذَا هُوَ الْبَلَاءُ الْمُبِينُ

Artinya : “sungguhny ini benar – benar suatu ujian yang nyata” (Q.S As-Saffat : 106).

خَافِضَةً رَافِعَةً

Artinya : “(kejadian itu) merendahkan (satu golongan) dan meninggikan (golongan lain) (Q.S Al-Waaqi’ah : 03)”.

Tafsiran surat Al-Waaqi’ah ayat 3 di atas menjelaskan tentang “(merendahkan dan meninggikan) artinya, kejadian hari kiamat itu menampakkan siapa di antara mereka yang terhina karena dimasukkan ke dalam neraka, dan siapa di antara mereka ditinggikan derajatnya karena dimasukkan ke dalam surga”. Berdasarkan tafsir jalalain tersebut, maka hasil pengujian dalam penelitian ini juga dapat dikategorikan berdasarkan nilai *density*, dimana jika semakin tinggi nilai

density, maka dimasukkan dalam kategori kabut tebal, dan apabila nilai *density* rendah, maka akan ditempatkan dalam kategori kabut tipis.

Hasil pengujian menyatakan bahwa pada citra asli CCTV yang diambil dari gunung kelud mulai pukul 06.30 WIB sampai pukul 14.00 WIB menunjukkan nilai *density* dari yang terendah sampai dengan yang tertinggi. Nilai tertinggi dapat dikatakan bahwa kabut tersebut masuk dalam kategori kabut tebal dengan nilai *density* sebesar 3.13907 yang berada pada grafik titik $x = 255$, dan letak titik y berada pada nilai frekuensi $5,8 \times 10^4$ yang diambil pada pukul 11.38 WIB. Sedangkan nilai terendah dapat dikategorikan dalam kabut tipis yang memiliki nilai *density* sebesar 1.66301 yang berada pada titik $x = 25$, dan nilai frekuensi di titik $y = 14,5 \times 10^3$ yang terlihat pada pukul 08.00.

Berbeda dengan hasil citra asli yang diambil dari CCTV gunung kelud, hasil yang didapatkan dari pengujian visual efek yaitu citra simulasi 3D mendapatkan nilai *density* atau ketebalan kabut dengan nilai tertinggi yaitu pada “3D : G.10” yang memiliki nilai *density* 2.23735 dikategorikan dalam kabut tebal. Citra tersebut berada pada grafik histogram dengan titik $x = 145$, dan titik $y = 0,5 \times 10^4$. Sedangkan nilai ketebalan yang rendah dengan nilai *density* 1.16252 berada pada grafik nilai titik $x = 215$, dan grafik frekuensi titik $y = 0,5 \times 10^4$, maka citra “3D : G.09” tersebut masuk dalam kategori kabut tipis.

يُقَلِّبُ اللَّهُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَعِبْرَةً لِّأُولِي الْأَبْصَارِ

Artinya : “Allah mempergantikan malam dan siang. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat pelajaran yang besar bagi orang – orang yang mempunyai penglihatan” (Q.S An-Nuur : 44)

Adanya siang dan malam berdasarkan surat An-Nuur tersebut dapat juga menjelaskan bahwa dari hasil citra ketika hari semakin malam (terlihat pada citra asli kabut pukul 11.38) kemungkinan kabut akan semakin tebal, dan ketika pagi (hasil citra asli kabut pukul 08.00) kabut tersebut masih terlihat lebih tipis. Ketebalan kabut juga dapat membuat penglihatan akan semakin berkurang jika kabut tersebut semakin tebal.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan beberapa uji coba simulasi 3D dengan menggunakan metode DCP (*Dark Channel Prior*) dapat ditarik dari hasil penelitian sebagai berikut :

- a. Penerapan metode DCP (*Dark Channel Prior*) pada simulasi 3D ini mendapatkan hasil percobaan ketebalan kabut pada Unity 3D yaitu perbedaan nilai yang cukup signifikan dengan citra asli yang dihitung ketebalan kabutnya dengan menggunakan matlab.
- b. Nilai yang dihasilkan dari citra asli ataupun dari simulasi 3D ketebalan kabut ini yaitu 1.81326 untuk nilai yang dihasilkan kabut tipis dari citra asli sedangkan dari simulasi 3D 1.80233. Sedangkan nilai yang dihasilkan untuk kabut sedang yaitu 2.7764 dari citra asli dan 1.40547 dari simulasi kabut 3D. Dan untuk kabut tebal dari citra asli bernilai 3.13907 sedangkan untuk simulasi 3D bernilai 1.91516.

Berdasarkan hasil diatas maka dapat disimpulkan bahwa, pembuatan kabut pada game 3 dimensi dengan data yang diambil menggunakan metode *dark channel prior* pada gambar gunung Kelud yang berkabut, mempunyai hasil yang kurang maksimal. Hal ini berdasarkan ukuran dari nilai density atau ketebalan kabut dari

dua gambar yang dibandingkan (gambar asli dan gambar visual efek pada game 3D) yang memiliki perbedaan nilai yang cukup signifikan.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian pada simulasi kabut 3D menggunakan metode DCP (*Dark Channel Prior*) yang telah dilakukan diatas, disarankan untuk mengembangkan simulasi yang lebih baik lagi untuk penelitian selanjutnya dan simulasi dapat bermanfaat untuk kemajuan dunia virtual khususnya pada pembuatan game 3 dimensi.



DAFTAR PUSTAKA

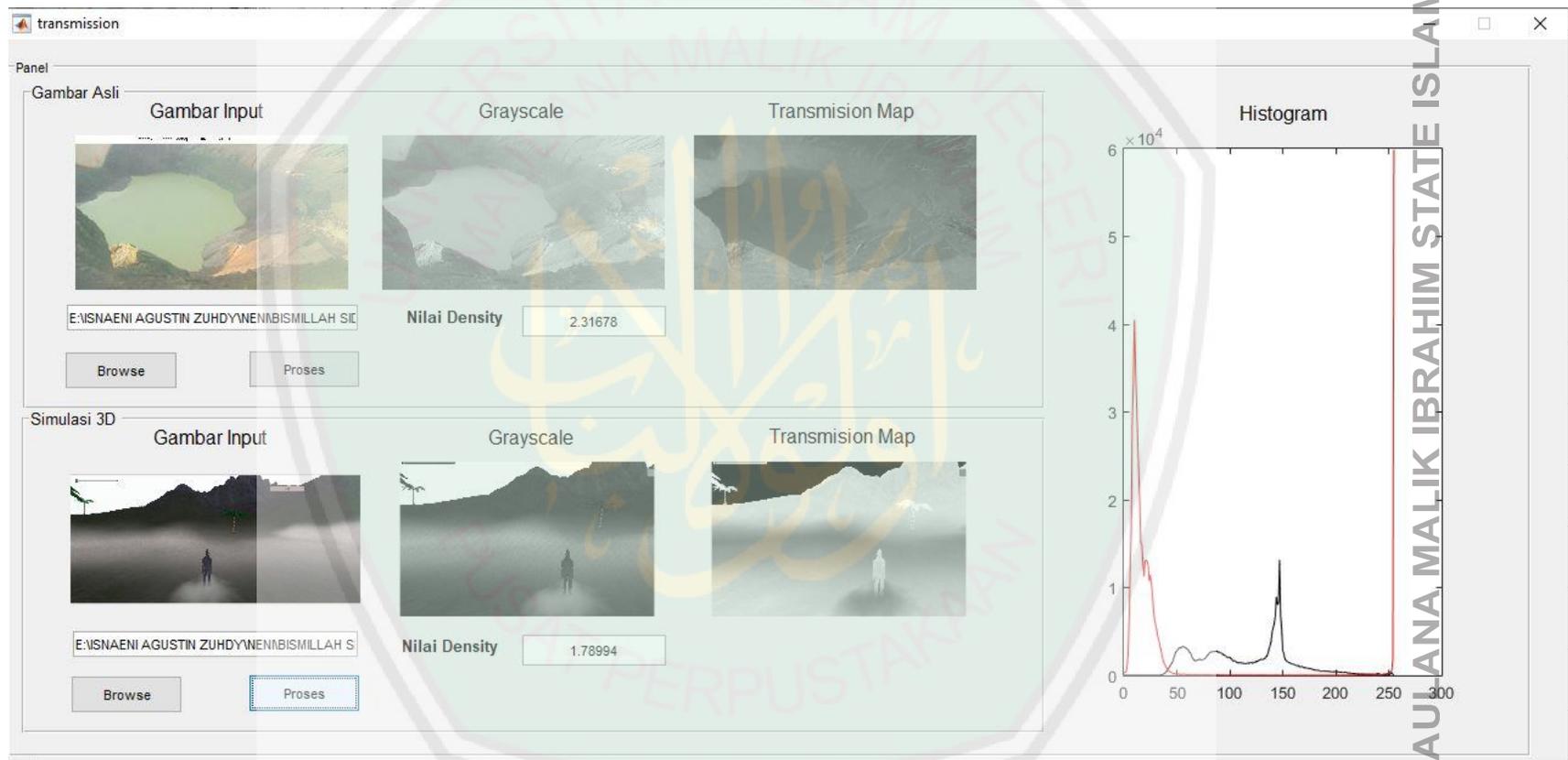
- Atikah L. 2018. *Simulasi Kabut Realistis Berdasarkan Kerapatan Kabut Pada Unity 3D Menggunakan Fade*. Malang.
- Dumont E, V.V. 2004. *Extended Photometric Model Of Fog Effects On Road Vision*.
- Guo Fan, J.T, X.X. 2014. *Foggy Scene Rendering Based On Transmission Map Estimation*. International Jurnal Of Computer Games Technology. Vol.2014. Hal 13.
- He Kaiming, S.J, X.T. 2009. *Single Image Haze Rremoval Using Dark Channel Prior*. IEEE.
- Hu Xiaoyan, *et.al*, Wu Yunfeng. 2009. *A Simple Real-Time Method For Modeling And Rendering Clouds*. IEEE.
- Jiang Yutong, *et.al*. 2017. *Fog Density Estimation And Image Defoging Based On Surrogate Modeling For Optical Depth*. IEEE : 1057 – 7149.
- Lee Sungmin, *et.al*. 2016. *A Review On Dark Channel Prior Based Image Dehazing Algorithms*. EURASIP Journal On Image And Video Processing. Hal. 1 – 23.
- Putra O.V. 2017. *Redukasi Kabut Pada Citra Kawah Gunung Berapi Kelud Berbasis Dark Channel Prior*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Putri Asti Riani. 2016. *Pengolahan Citra Dengan Menggunakan Web Cam Pada Kendaraan Bergerak Di jalan Raya*. JIPI. Vol 1. No. 1 – 6.
- Rao Dan, Y.L. 2010. *Real-Time Rendering Of Multi-Source Scene Based On Principal Components Analysis*. IEEE.
- Riyanto Sigit. 2005. *Step By Step Pengolahan Citra Digital*. Surabaya.
- Syarifuddin A. 2017. *Implementasi Bilateral Filter Pada Dark Channel Priors Untuk Menghilangkan Kabut Pada Citra Gunung Kelud*. Malang.



LAMPIRAN

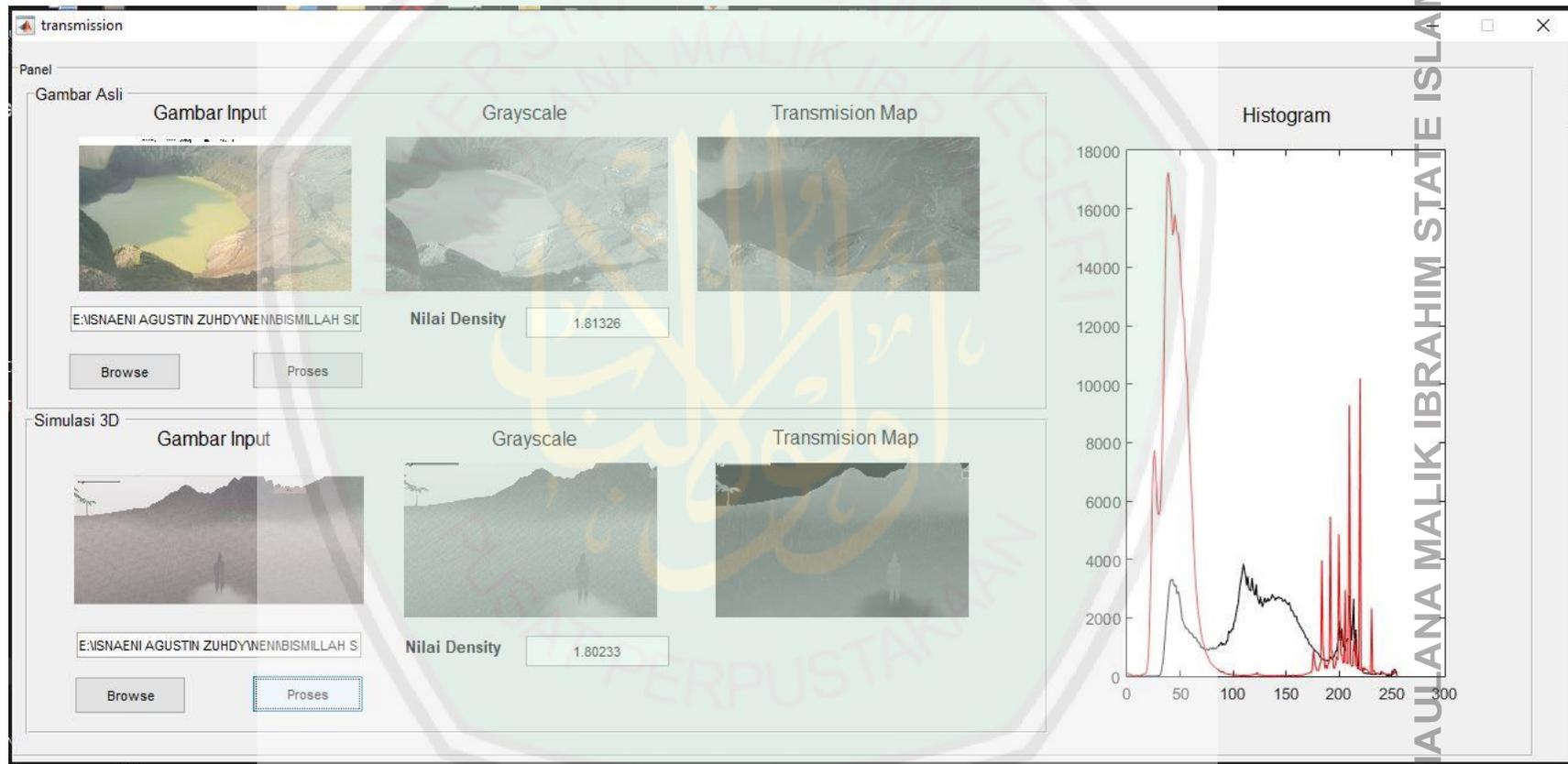
LAMPIRAN 1

Hasil Pengujian 1



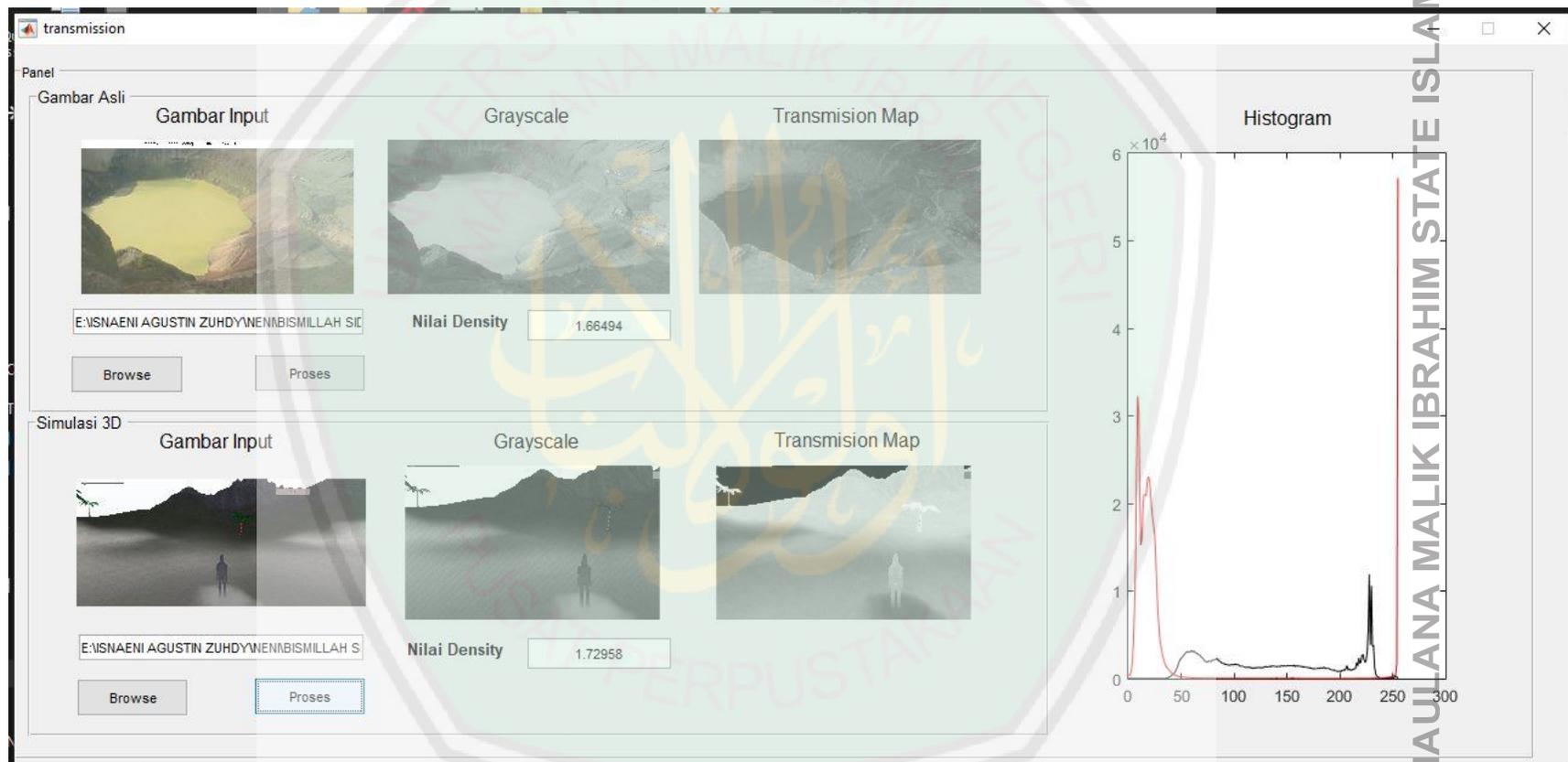
LAMPIRAN 2

Hasil Pengujian 2



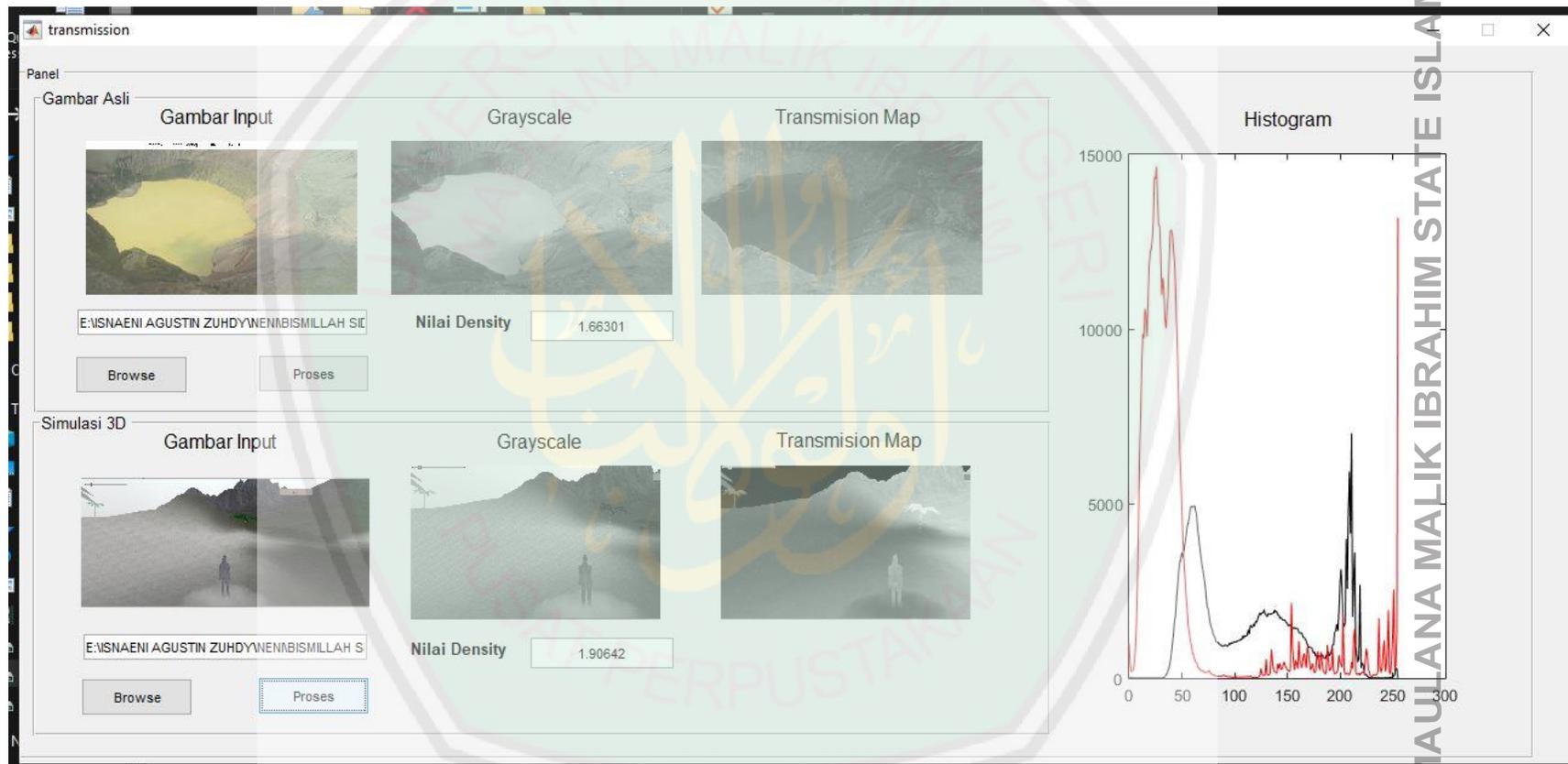
LAMPIRAN 3

Hasil Pengujian 3



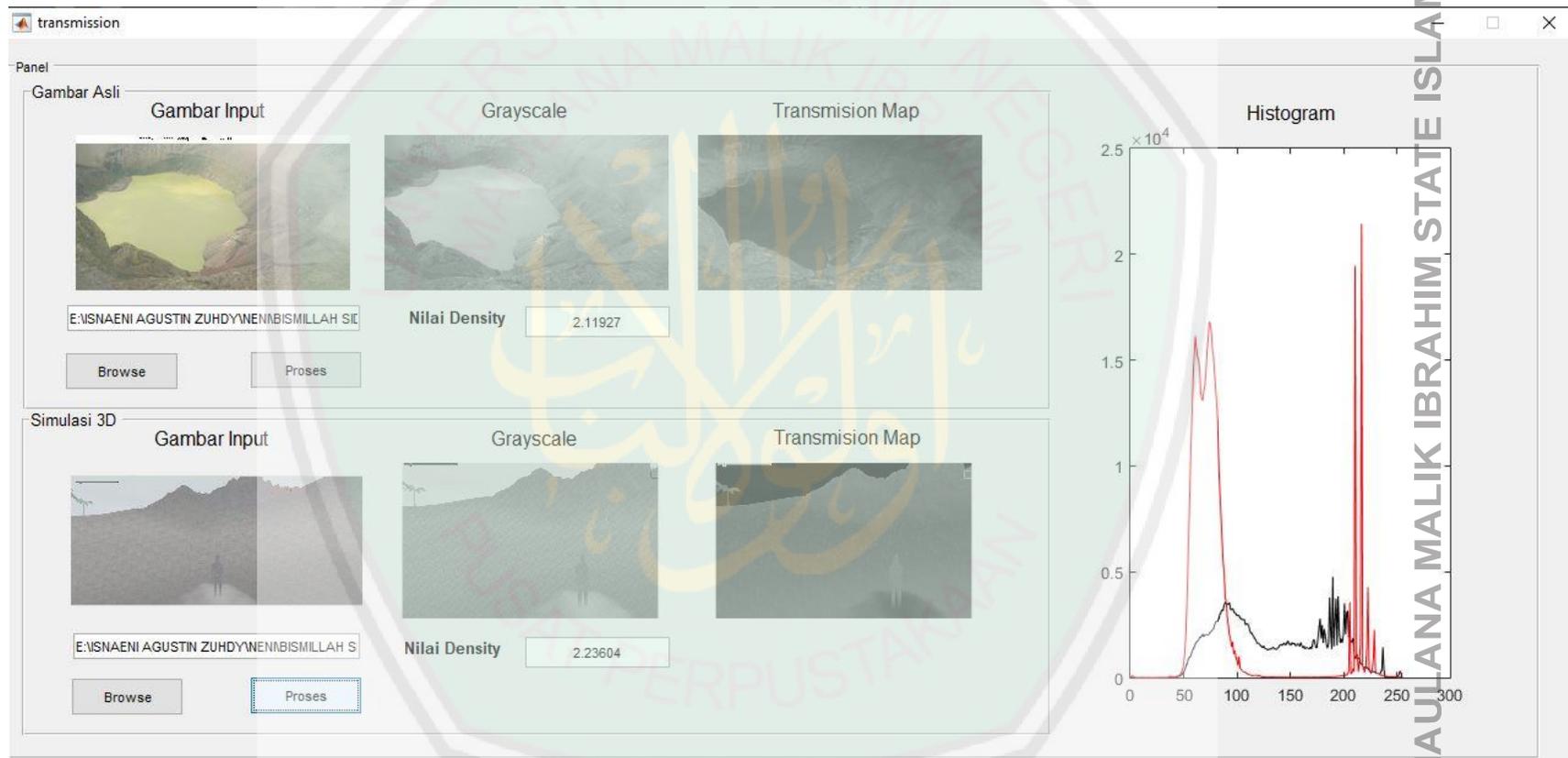
LAMPIRAN 4

Hasil Pengujian 4



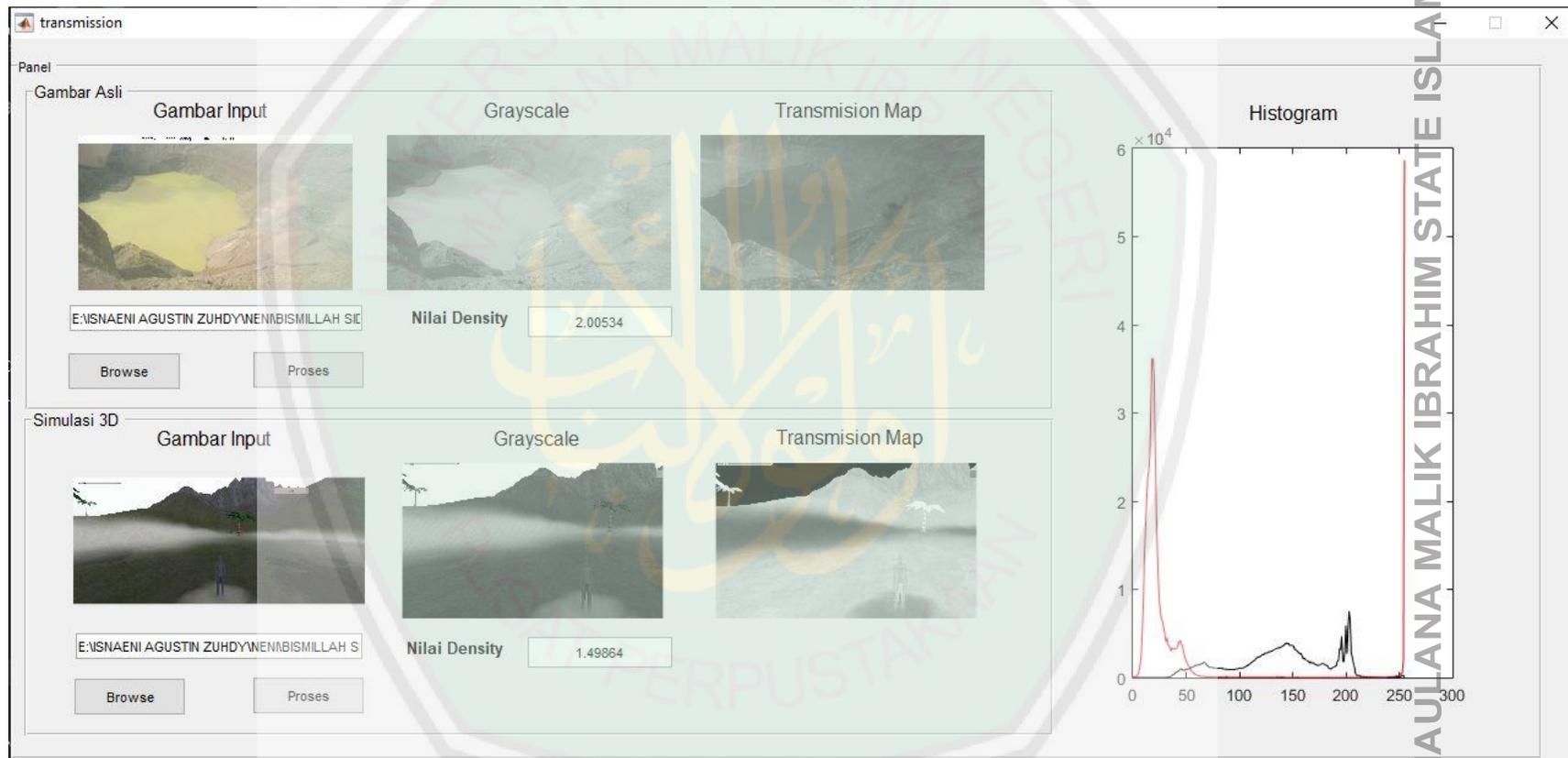
LAMPIRAN 5

Hasil Pengujian 5



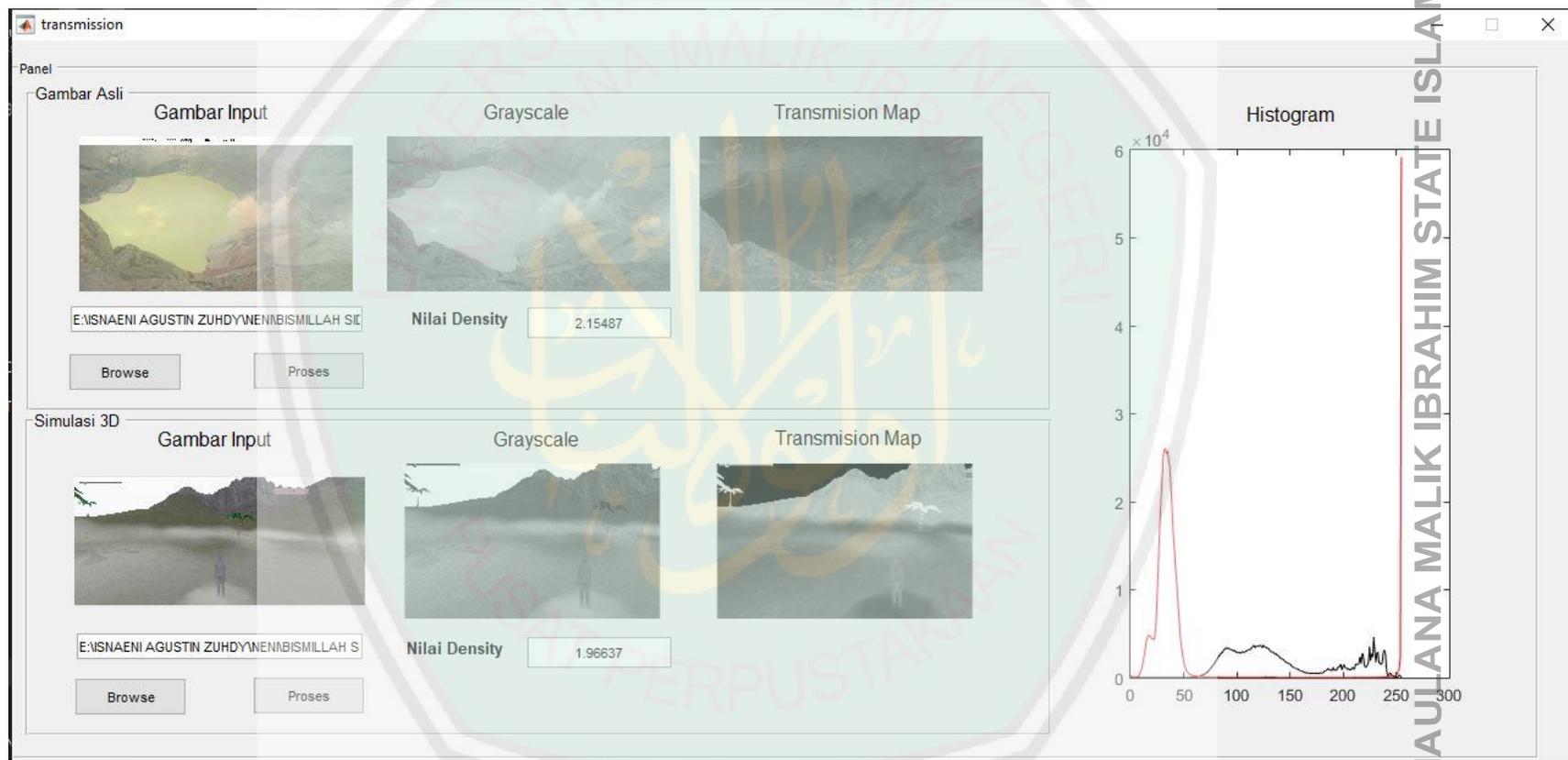
LAMPIRAN 6

Hasil Pengujian 6



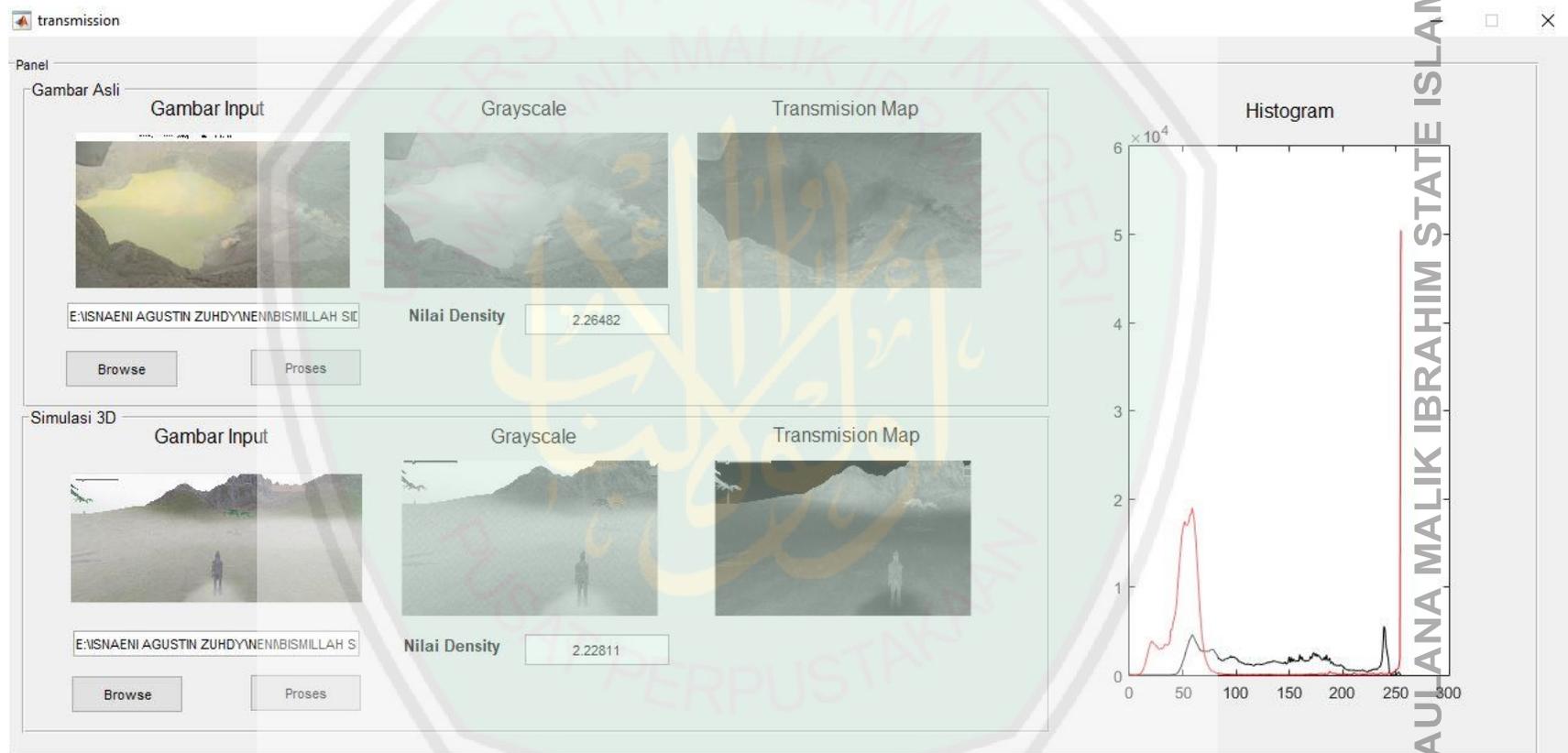
LAMPIRAN 7

Hasil Pengujian 7



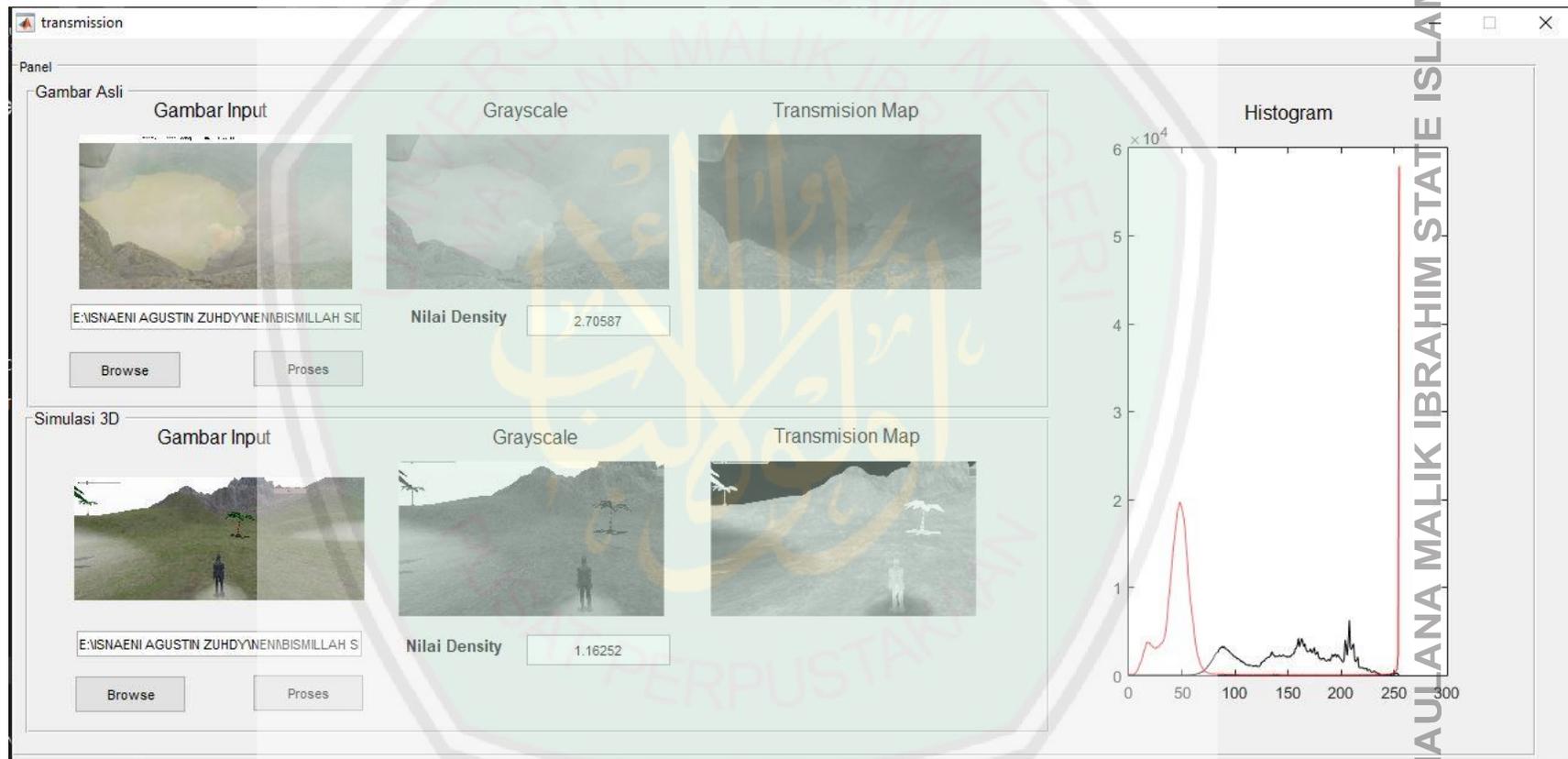
LAMPIRAN 8

Hasil Pengujian 8



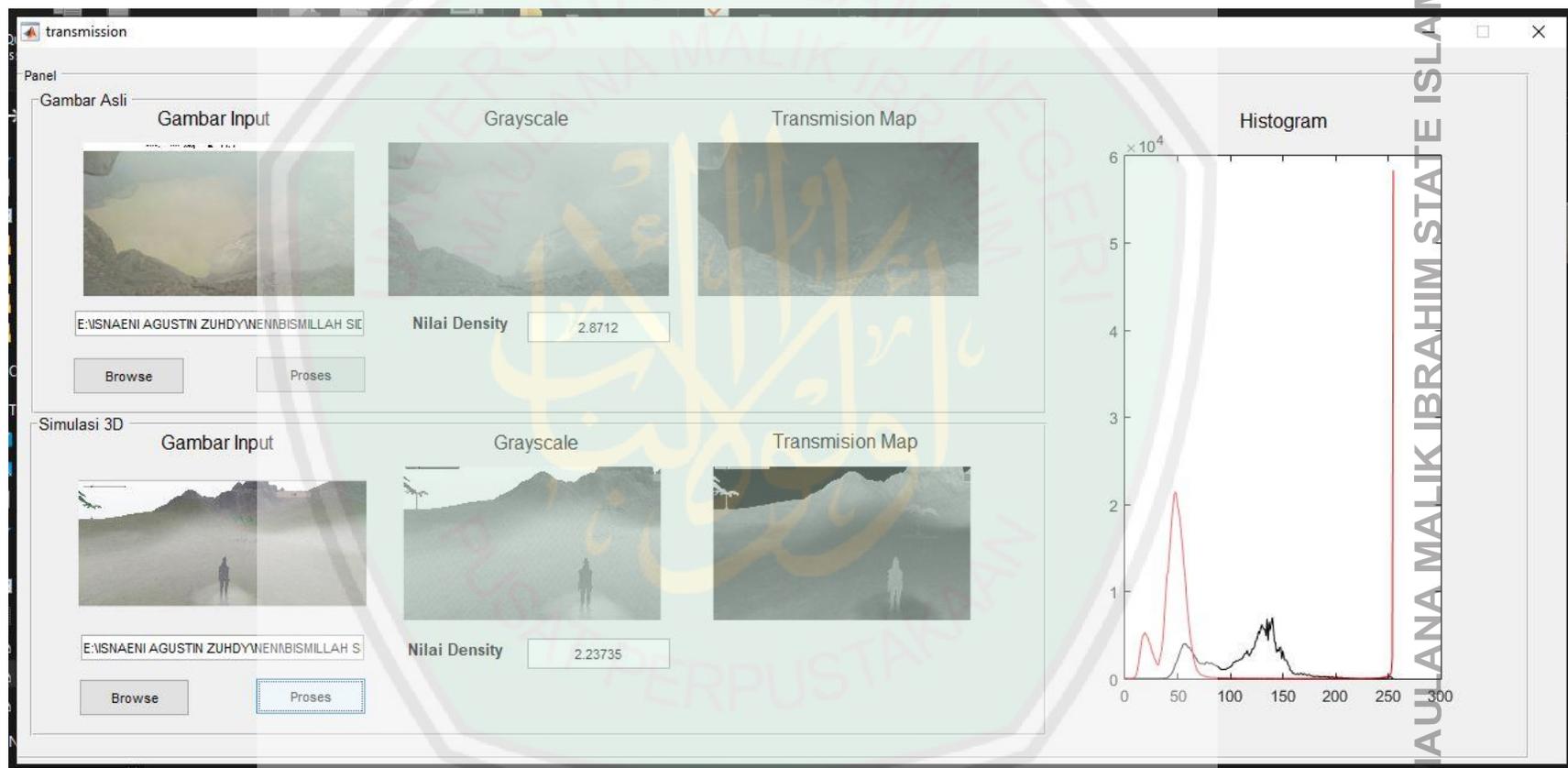
LAMPIRAN 9

Hasil Pengujian 9



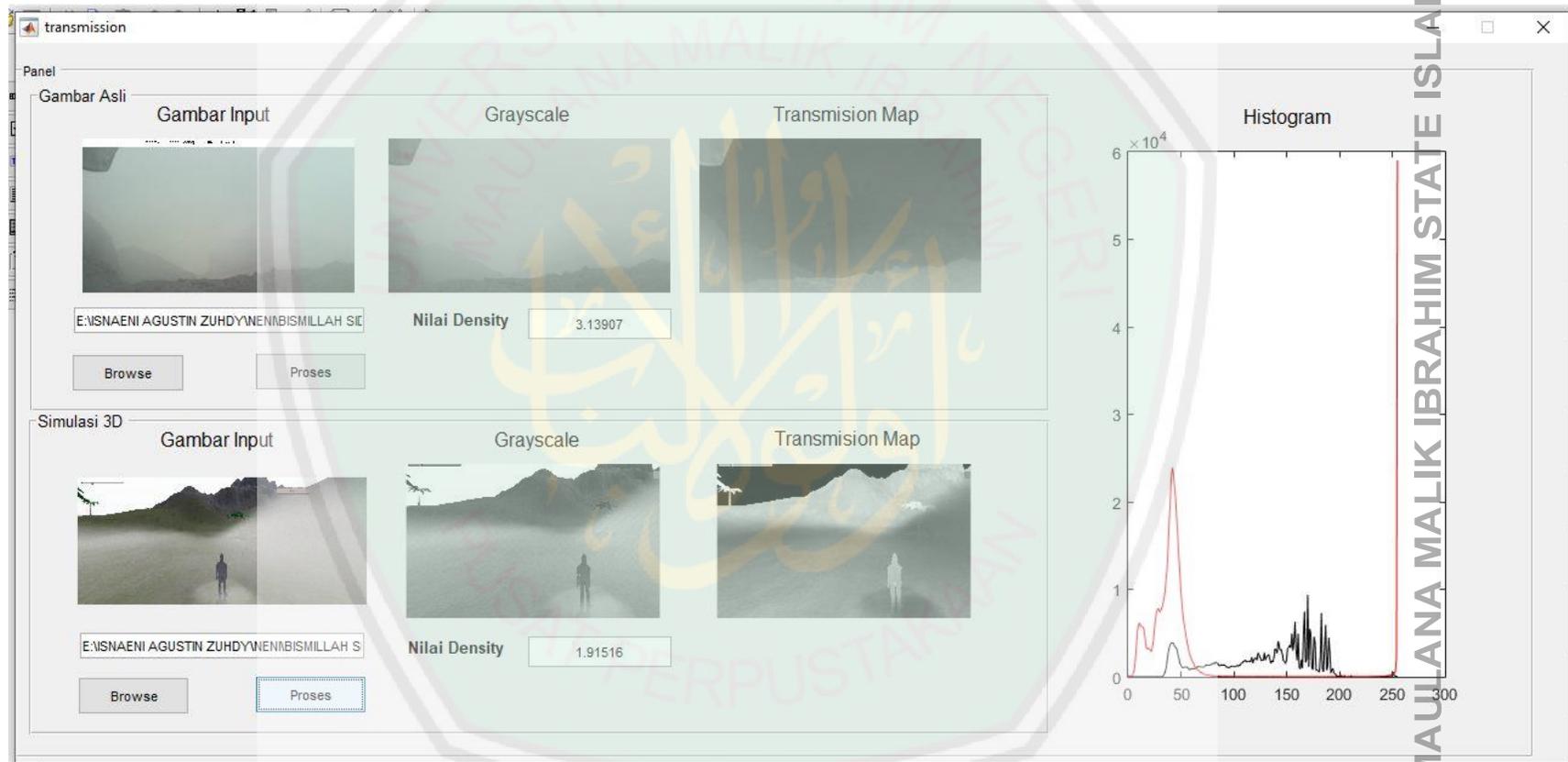
LAMPIRAN 10

Hasil Pengujian 10



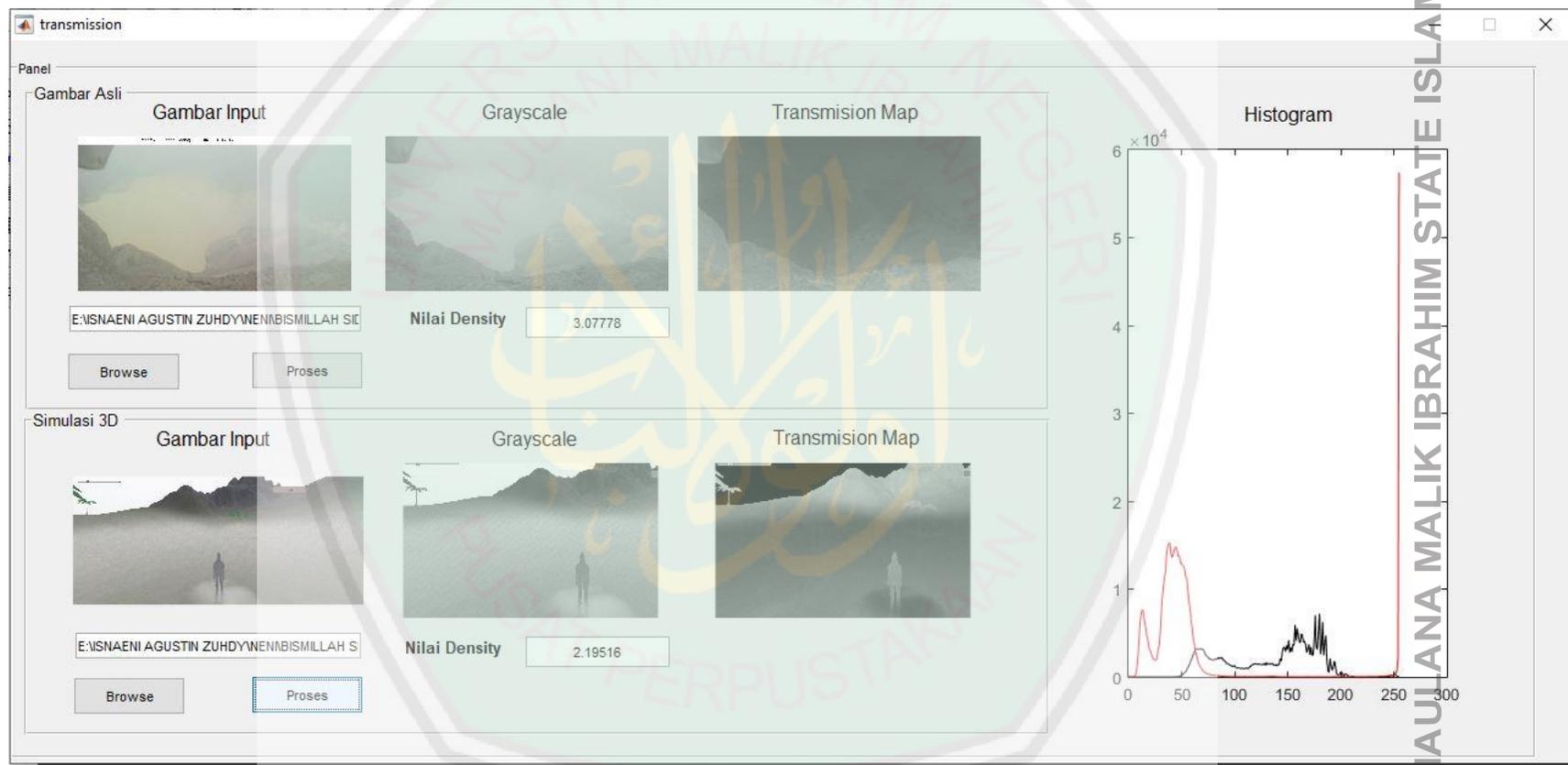
LAMPIRAN 11

Hasil Pengujian 11



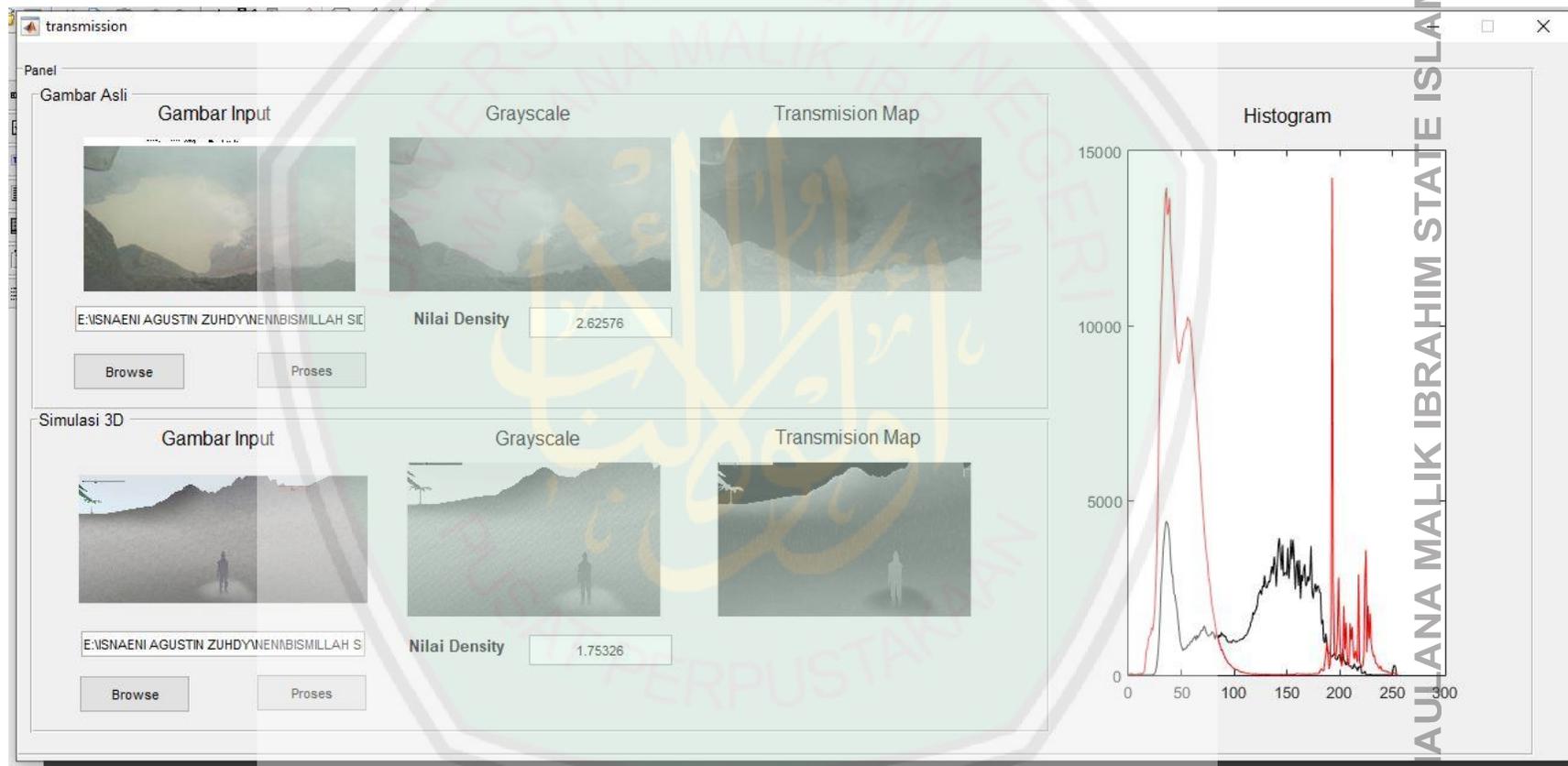
LAMPIRAN 12

Hasil Pengujian 12



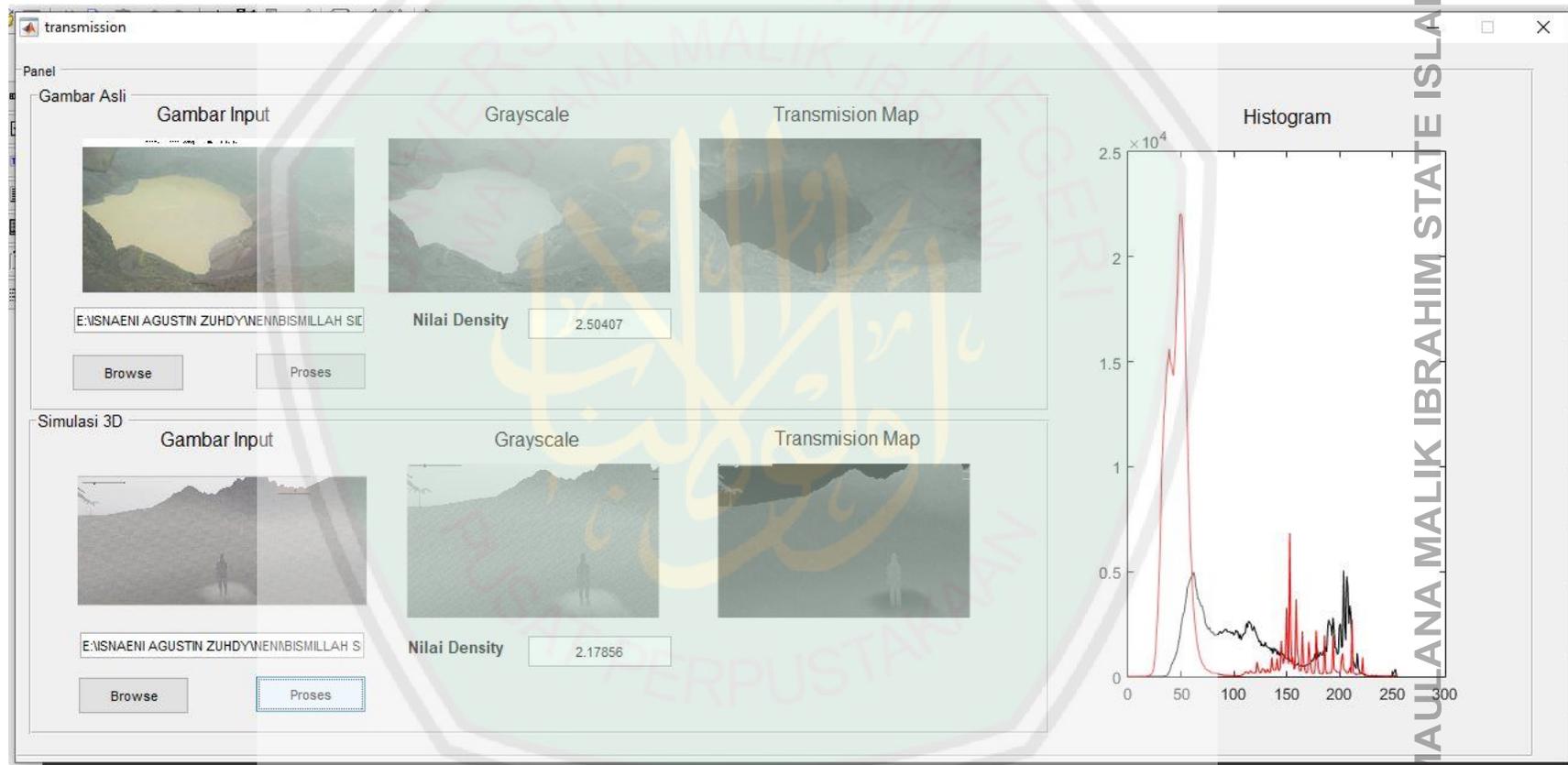
LAMPIRAN 13

Hasil Pengujian 13



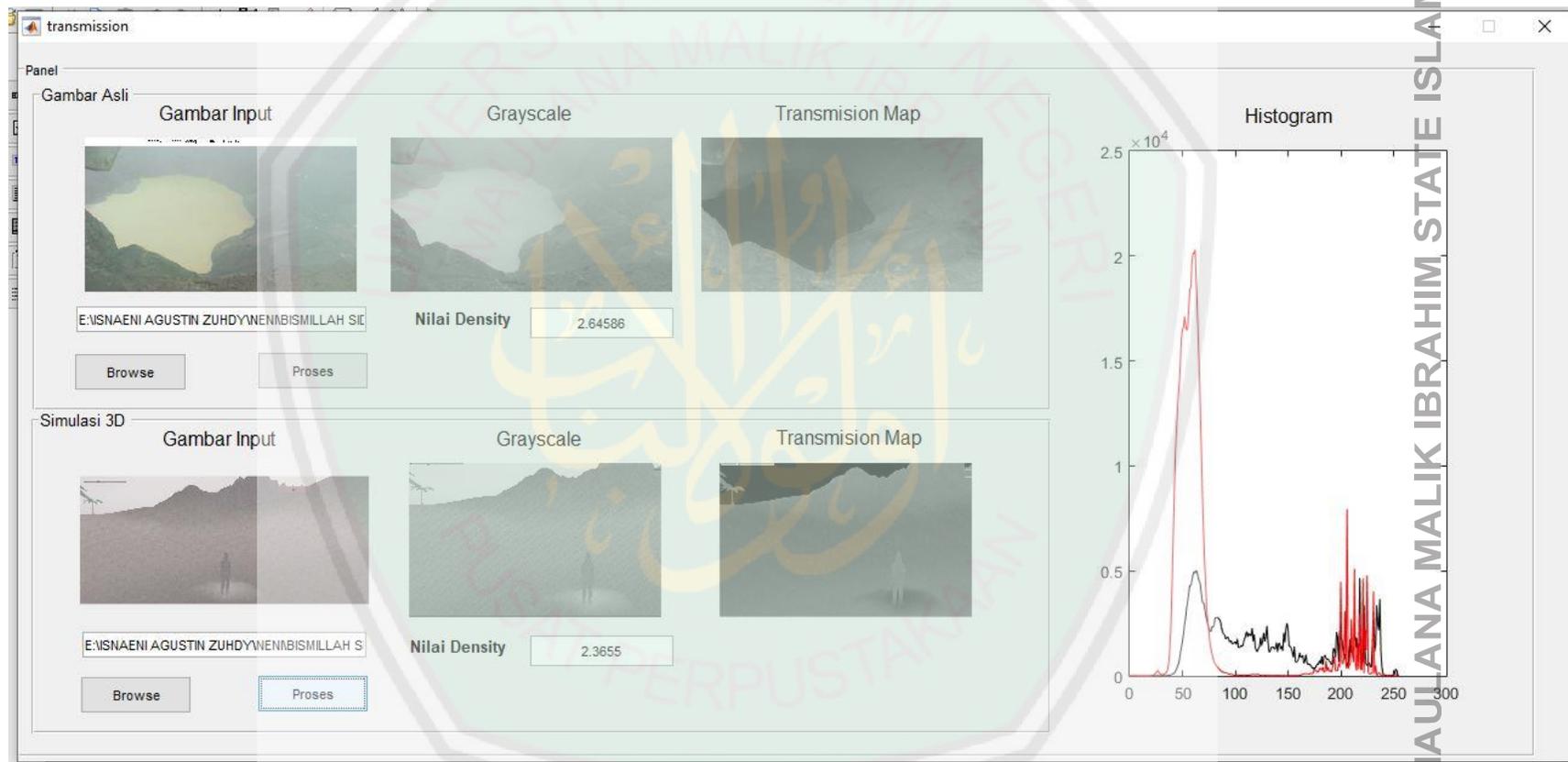
LAMPIRAN 14

Hasil Pengujian 14



LAMPIRAN 15

Hasil Pengujian 15



LAMPIRAN 16

Hasil Pengujian 16

