



TUGAS AKHIR - TF141581

**PERANCANGAN SISTEM *DEBLURRING* PADA CITRA
AKIBAT MOTION BLUR MENGGUNAKAN METODE
*IMAGE RESTORATION***

Ahmad Harwin Nugroho
NRP: 02311340000143

Dosen Pembimbing 1:
Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc

Dosen Pembimbing 2:
Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK FISIKA
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - TF141581

***DESIGN OF A DEBLURRING SYSTEM ON AN
IMAGE DUE TO MOTION BLUR USING IMAGE
RESTORATION***

Ahmad Harwin Nugroho
NRP: 02311340000143

First Supervisor:
Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc

Second Supervisor:
Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

*DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018*

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

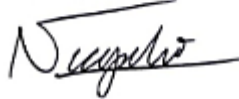
Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Harwin Nugroho
NRP : 02311340000143
Departemen : Teknik Fisika FTI – ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir Saya yang berjudul **PERANCANGAN SISTEM *DEBLURRING* PADA CITRA AKIBAT *MOTION BLUR* MENGGUNAKAN METODE *IMAGE RESTORATION*** adalah bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan saya ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian lembar pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, 30 Juni 2018
Penulis



Ahmad Harwin Nugroho
02311340000143

Halaman ini sengaja dikosongkan

**PERANCANGAN SISTEM *DEBLURRING* PADA CITRA
AKIBAT *MOTION BLUR* MENGGUNAKAN METODE
*IMAGE RESTORATION***

TUGAS AKHIR

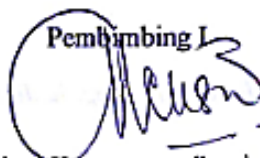
Oleh:

Ahmad Harwin Nugroho
NRP : 02311340000143

Surabaya, 7 Juni 2018

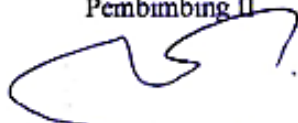
Mengetahui dan menyetujui,

Pembimbing I



Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc.
NIPN. 19530404 197901 2 001

Pembimbing II

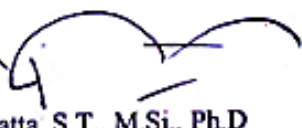


Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.
NIPN. 19790517 200312 1 002

Kepala Departemen Teknik Fisika



Agus Mahamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D
NIPN. 19780902 200312 1 002



Halaman ini sengaja dikosongkan

**PERANCANGAN SISTEM *DEBLURRING* PADA CITRA
AKIBAT *MOTION BLUR* MENGGUNAKAN METODE
*IMAGE RESTORATION***

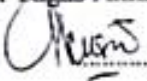




TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana teknik
pada
Bidang Minat Rekayasa Fotonika
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Ahmad Harwin Nugroho
NRP. 0231134000143

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc.  (Pembimbing 1)
2. Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.  (Pembimbing 2)
3. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.  (Ketua Penguji)
4. Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.  (Penguji 1)
5. Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.  (Penguji 2)

SURABAYA
Juli 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERANCANGAN SISTEM *DEBLURRING* PADA CITRA AKIBAT *MOTION BLUR* MENGGUNAKAN METODE *IMAGE RESTORATION*

Nama : Ahmad Harwin Nugroho
NRP : 02311340000143
Prodi : S1 Teknik Fisika
Pembimbing : Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc
Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

ABSTRAK

Peningkatan teknologi yang semakin cepat mengakibatkan proses perkembangan teknologi kamera yang semakin cepat pula. Data statistik dari tahun 2013 hingga 2017 menunjukkan peningkatan drastis akan booming fotografi akibat perkembangan teknologi kamera, baik kamera digital, kamera untuk tablet, dan kamera untuk smartphone, dengan didominasi pengguna kamera pada smartphone. Beberapa penyebab degradasi pada citra adalah distorsi atmosfer, out-of-focus blur, motion blur akibat pergerakan kamera atau objek. Motion deblurring adalah proses menghilangkan blur pada citra. Citra yang kabur bisa dihindari dengan menggunakan peralatan berkualitas tinggi, pencahayaan yang baik, atau benda diam yang tidak bergerak. Salah satu proses atau cara untuk menghilangkan faktor yang tidak diinginkan dari citra yang didapat adalah dengan menggunakan image restoration. Prinsip dari image restoration adalah metode dekonvolusi, dimana image asli tanpa degradasi merupakan hasil dekonvolusi antara image dengan degradasi dan kernel degradasi. Untuk mengevaluasi kualitas gambar secara objektif, nilai SNR akan digunakan. Dimana nilai SNR yang lebih tinggi berarti kualitas citra yang lebih baik daripada gambar dengan nilai SNR yang lebih rendah. Berdasarkan hasil simulasi, nilai SNR tertinggi adalah untuk kecepatan 10 km/jam dengan nilai 23,34 dB, dan nilai SNR terendah adalah untuk kecepatan 30 km/jam dengan nilai 21,05 dB. Berdasarkan hasil validasi, nilai SNR tertinggi adalah untuk citra

dengan kecepatan 10 km/jam dengan nilai rata-rata SNR adalah 23.54 dB, dan nilai terendah pada kecepatan 30 km/jam dengan nilai rata-rata SNR 21,076 dB. Semakin tinggi nilai SNR maka semakin bagus hasil restorasinya, dibuktikan dengan semakin cepat laju mobil, hasil SNR semakin rendah, dan semakin lambat laju mobil, hasil SNR semakin tinggi.

Kata Kunci : dekonvolusi, *image restoration*, *motion blur*, SNR

DESIGN OF A DEBLURRING SYSTEM ON AN IMAGE DUE TO MOTION BLUR USING IMAGE RESTORATION

Name : Ahmad Harwin Nugroho
ID : 0231134000143
Study Program : *Bachelor of Engineering Physics*
Supervisor : Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc
Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.

ABSTRACT

Increasingly faster technology development results in a more rapid development of camera technology. Statistics from 2013 to 2017 shows a dramatic increase in photography booms due to the development of camera technology, both in digital cameras, cameras for tablets, and cameras for smartphones, mostly dominated by users on smartphones. Some of the causes of degradation in an image are due to atmospheric distortion, out-of-focus blur, motion blur due to camera or object movement. A blurry image can be avoided by using high quality equipment, good lighting, or a stationary object. One of the processes to remove unwanted factors from the obtained image is by using image restoration. The principle of image restoration is the method of deconvolution, in which the original image without degradation is the result of deconvolution between the image with degradation and the degradation kernel. To evaluate the image quality objectively, the SNR value will be used. A higher SNR value means a better image quality than an image with a lower SNR value. Based on the simulation result, the highest SNR value for a speed variation of 10 km/h is 23,34 dB, and the lowest value is for a speed variation of 30 km/h with a value of 21,05 dB. Based on the validation results, the highest SNR value is for an image with speed of 10 km/h with average SNR of 23,54dB, and the lowest value is at a speed of 30 km/h with an average SNR of 21,076 dB. The higher the SNR value, the better the restoration results, as proved by the faster the car, the lower the SNR.

Keywords: *Deconvolution, Image Restoration, Motion Blur, SNR*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, karena rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam pengerjaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini. Tidak lupa juga penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada keluarga dan para sahabat. Oleh karena dukungan mereka, penulis mampu menyusun laporan tugas akhir yang berjudul:

“PERANCANGAN SISTEM *DEBLURRING* PADA CITRA AKIBAT *MOTION BLUR* MENGGUNAKAN METODE *IMAGE RESTORATION*”

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program Studi S-1 Teknik Fisika FTI-ITS. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T, M.Si, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Hendra Cordova, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Fisika.
3. Ibu Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc. dan Bapak Andi Rahmadiansah, S.T., M.T.selaku dosen pembimbing tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Fotonika yang telah memberi banyak ilmu pengetahuan, wawasan, dan bimbingan moral.
5. Bapak Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc. selaku dosen wali yang telah memberi banyak ilmu pengetahuan, wawasan, dan bimbingan moral.
6. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberi banyak ilmu pengetahuan, wawasan, dan bimbingan moral.
7. Segenap keluarga penulis yang telah memberikan dukungan penuh dan motivasi terhadap penyelesaian tugas akhir ini.

8. Teman-teman mahasiswa Teknik Fisika, F-48, yang senantiasa memberikan motivasi dan doanya.
9. Teman-teman dari Laboratorium Rekayasa Fotonika Teknik Fisika-ITS.
10. Teman-teman seperjuangan tugas akhir yang telah memotivasi dan memberikan bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran yang membangun akan penulis terima. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Image Processing</i>	5
2.2 <i>Image Restoration</i>	5
2.3 <i>Motion Blur</i>	7
2.4 <i>Point Spread Function</i>	10
2.5 <i>Grayscale Image</i>	12
2.6 Wiener Filter	13
2.7 Inverse Filter	14
2.8 <i>Signal to Noise Ratio</i>	14
BAB III METODOLOGI.....	17
3.1 Diagram Alir Penelitian	17
3.2 Tahap Persiapan	18
3.3 Pembuatan Program Sistem <i>Deblurring</i>	18
3.4 Pengambilan Data Citra	25
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Eksperimen	31

4.2 Pengaruh Variasi Kecepatan terhadap.....	
<i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR).....	33
4.3 Validasi Nilai SNR Data yang didapat dengan	
SNR yang didapat dari program MATLAB	37
4.4 Pembahasan	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	45
Lampiran A Script Program	47
Lampiran B Spesifikasi Kamera Canon EOS 70D.....	53
BIODATA PENULIS	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Model degradasi dan restorasi citra (Kadir, 2012) ..	6
Gambar 2. 2 Spektrum frekuensi citra	9
Gambar 2. 3 Hubungan panjang blur dan sudut blur	
(Wang et al., 2017)	10
Gambar 2. 4 Pembentukan citra pada mikroskop konfokal	
(Dobeš, MacHala, & Fürst, 2010).....	11
Gambar 2. 5 Derajat keabuan.....	12
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 3. 2 Diagram alir mendapatkan panjang blur	19
Gambar 3. 3 Pola garis gelap pada spektrum frekuensi citra	20
Gambar 3. 4 Estimasi Panjang Blur (Wang et al., 2017)	21
Gambar 3. 5 Diagram alir restorasi citra	23
Gambar 3. 6 Diagram alir pelaksanaan program	24
Gambar 3. 7 Penstabilan kamera menggunakan waterpass.....	26
Gambar 3. 8 Kamera diletakkan di atas tripod.....	27
Gambar 3. 9 Setup pengambilan gambar	28
Gambar 4. 1 Citra hasil eksperimen dengan variasi.....	
kecepatan 10km/jam dan hasil restorasinya.....	32
Gambar 4. 2 Citra hasil eksperimen dengan variasi kecepatan.....	
15km/jam dan hasil restorasinya.....	32
Gambar 4. 3 Citra hasil eksperimen dengan variasi kecepatan.....	
20km/jam dan hasil restorasinya.....	32
Gambar 4. 4 Citra hasil eksperimen dengan variasi kecepatan.....	
25km/jam dan hasil restorasinya.....	33
Gambar 4. 5 Citra hasil eksperimen dengan variasi kecepatan.....	
30km/jam dan hasil restorasinya.....	33
Gambar 4. 6 Grafik Kecepatan vs SNR	35
Gambar 4. 7 Grafik validasi kecepatan vs SNR.....	39

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil pengambilan data dan nilai SNR	34
Tabel 4. 2 Nilai SNR Validasi untuk Tiap Kecepatan	37

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan teknologi yang semakin cepat mengakibatkan proses perkembangan teknologi kamera yang semakin cepat pula. Data statistik dari tahun 2013 hingga 2017 menunjukkan peningkatan drastis akan *booming* fotografi akibat perkembangan teknologi kamera, baik kamera digital, kamera untuk *tablet*, dan kamera untuk *smartphone*, dengan didominasi pengguna kamera pada *smartphone* S(Statista, 2017). Tiap tahun produsen *smartphone* mengeluarkan *smartphone* andalannya dan dibanderol dengan resolusi kamera yang semakin meningkat atau fitur-fitur yang lebih baru dan canggih dari tahun sebelumnya. Hal ini dibuktikan dengan jumlah pengguna *smartphone* pada tahun 2017 yang mencapai 62,69 juta pengguna (Statista, 2018).

Semakin banyak pengguna kamera, maka banyaknya foto yang diambil juga akan semakin meningkat. Efek ini tidak lepas dari hasil foto yang kurang baik saat pengambilan gambar. Foto-foto yang mendapatkan hasil kurang baik tersebut dapat disebabkan oleh beberapa fenomena, seperti *motion blur* akibat objek yang bergerak atau kamera yang bergerak saat sedang menangkap objek, ISO yang rendah sehingga tingkat pencahayaan kurang optimal, *noise*, foto yang tidak fokus, dan sebagainya (Acoust et al., 2013).

Fenomena tersebut pasti pernah melanda dan merupakan masalah yang umum terjadi pada fotografer. Fenomena yang tidak diinginkan pada foto tersebut memerlukan proses untuk menghilangkannya. Salah satu proses atau cara untuk menghilangkan faktor yang tidak diinginkan adalah dengan menggunakan salah satu ilmu pemrosesan citra yaitu *image restoration*.

Proses restorasi pada sebuah citra akibat *motion blur* memiliki beberapa aplikasi, seperti identifikasi plat nomor yang telah dilakukan oleh (Yulida, Kusumawardhani, & Setijono, 2013), penggunaan aplikasi restorasi citra pada kamera CCTV untuk keamanan, mengetahui kecepatan mobil dari hasil foto yang didapatkan, dan

deteksi teks seperti yang telah dilakukan oleh (Liu, Su, Yi, & Hu, 2016).

Berbagai teknik pengolahan gambar bisa digunakan untuk merestorasi sebuah citra. Pada sebagian besar aplikasi restorasi citra, citra yang diamati adalah citra terdegradasi dari citra asli, sedangkan citra yang diinginkan adalah citra yang bebas dari adanya degradasi. Beberapa penyebab degradasi pada citra adalah distorsi atmosfer, *out-of-focus blur*, dan *motion blur* akibat pergerakan kamera atau objek (Rafael C.. Gonzalez & Woods, 2008).

Motion blur point spread function didefinisikan sebagai parameter panjang blur dan sudut blur. Untuk merestorasi sebuah citra, perlu diestimasi parameter PSF sistem dari citra terdegradasi (Kumar, 2017). Efektivitas proses restorasi bergantung pada tingkat dan keakuratan pengetahuan tentang proses degradasi. *Motion deblurring* sendiri adalah proses menghilangkan blur pada citra. Citra yang kabur bisa dihindari dengan menggunakan peralatan berkualitas tinggi, pencahayaan yang baik, atau benda diam yang tidak bergerak. Kondisi seperti ini tidak selalu hadir saat mengambil gambar, karena itulah teknik *deblurring* digunakan.

Teknik restorasi citra yang paling umum digunakan untuk mengembalikan citra yang terdegradasi adalah dengan menggunakan proses dekonvolusi. Citra yang memiliki degradasi merupakan hasil konvolusi antara citra yang bebas degradasi dengan kernel konvolusi atau yang sudah disebutkan sebagai *point spread function* (PSF). Sehingga untuk mendapatkan kembali atau merestorasi citra agar bebas dari degradasi digunakan proses dekonvolusi antara citra yang terdegradasi dengan kernel konvolusinya. Salah satu filter yang kerap digunakan untuk membantu dalam mendapatkan proses restorasi citra yang baik adalah filter Wiener dan invers (Kumar, 2017). PSF dari *motion blur* akan sangat mempengaruhi hasil restorasi, oleh karena itu diperlukan untuk menemukan estimasi parameter PSF dari sebuah citra yang mengalami *motion blur* (Dash & Majhi, 2014).

Evaluasi citra hasil restorasi dapat dilakukan dengan menggunakan mata telanjang, tetapi akan memberikan hasil yang subjektif. Untuk mengevaluasi kualitas gambar secara objektif, nilai

SNR akan digunakan. Dimana nilai SNR yang lebih tinggi berarti kualitas citra yang lebih baik daripada gambar dengan nilai SNR yang lebih rendah (Huynh-Thu, 2008).

Pada tugas akhir ini, akan dilakukan pembuatan algoritma untuk sistem deblurring dengan melakukan estimasi parameter PSF dari citra yang terdegradasi, dan dilakukan evaluasi hasil restorasi citra dengan menggunakan SNR.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, permasalahan yang diperoleh adalah bagaimana cara merancang sistem deblurring pada citra akibat *motion blur* menggunakan metode *image restoration*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan pemaparan latar belakang dan rumusan masalah diatas, tujuan pelaksanaan tugas akhir ini adalah merancang sistem deblurring pada citra akibat *motion blur* menggunakan metode *image restoration*.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada tugas akhir ini, diperlukan beberapa batasan masalah diantaranya:

1. Dimensi citra yang digunakan adalah 256 x 256 piksel.
2. Jenis citra yang digunakan adalah citra grayscale.
3. Citra yang digunakan adalah citra percobaan untuk *image processing* dan citra pribadi.
4. Pola *motion blur* yang diambil adalah *motion blur* dengan pola linear.
5. Pengambilan data digunakan kamera *Canon 70D* dengan shutter speed 1/10

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Image Processing*

Sebuah citra real dapat direpresentasikan sebagai fungsi dua dimensi $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial dari citra tersebut, dan amplitudo f untuk pasangan koordinat manapun (x,y) disebut sebagai intensitas atau *gray level* dari citra pada titik tersebut.

Saat semua parameter dari citra tersebut, dalam artian ini adalah nilai amplitudo dari f , dan koordinat x dan y bernilai terbatas, merupakan kuantitas diskrit, maka citra tersebut dapat disebut sebagai citra digital (R C Gonzalez, Woods, & Eddins, 2004).

Image processing merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk merubah citra dalam bentuk digital dan memberikan perlakuan khusus terhadap citra tersebut. Beberapa contoh proses yang memanipulasi atau memberikan perlakuan khusus ke citra digital adalah *image enhancement*, *image restoration*, *image compression*, *morphological image processing*, *image segmentation*, *object recognition*, dan sebagainya.

Contoh sub teknik dari *image processing* di atas memiliki banyak aplikasi, beberapa contoh diantaranya adalah kegunaan *image processing* untuk *gamma-ray imaging* ketika melakukan pemindaian untuk tulang, X-ray, analisa citra satelit, untuk analisa citra MRI, sebagai pembantu untuk komputer vision dalam bidang industri, dan masih banyak aplikasi lainnya.

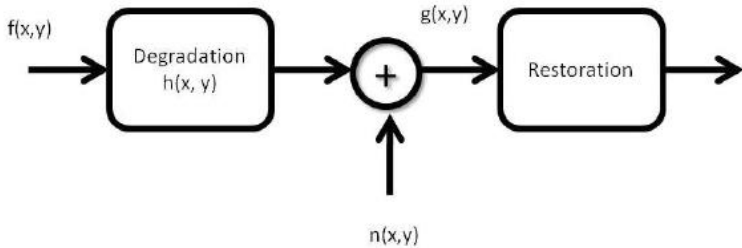
2.2 *Image Restoration*

Image restoration merupakan proses memperbaiki dan merekonstruksi citra. Proses *image restoration* ini mencoba untuk merekonstruksi dan melapisi kembali citra yang mengalami degradasi atau terkena noise. Dalam *image restoration*, citra dimodelkan kemudian diproses secara inverse untuk mendapatkan citra sebelum terkena noise (Rafael C.. Gonzalez & Woods, 2008).

Sama seperti pada *image enhancement*, tujuan utama dari teknik restorasi citra adalah untuk membuat citra menjadi lebih baik. Terdapat beberapa proses yang memiliki kesamaan antara *image*

enhancement dengan *image restoration*, tetapi *image enhancement* adalah proses yang subjektif teradap pengguna apakah peningkatan yang telah dilakukan sudah baik atau belum, sedangkan *image restoration* adalah proses yang objektif.

Restorasi ulang citra mencoba untuk melakukan rekonstruksi ulang atau mengembalikan sebuah citra yang telah mengalami degradasi atau noise kembali atau seperti dengan citra aslinya menggunakan pengetahuan terhadap fenomena degradasi yang telah terjadi pada citra tersebut (Jia & Wen, 2013). Model degradasi dan restorasi citra dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 2. 1 Model degradasi dan restorasi citra (Kadir, 2012)

Bagian terpenting dalam proses restorasi citra adalah bahwa proses ini menggunakan pendekatan berupa pendefinisian H dan η . Di mana, terdapat dua proses dalam restorasi citra, yaitu proses degradasi dan restorasi. Proses degradasi akan dimodelkan sebagai fungsi degradasi, yang dioperasikan kepada citra input $f(x,y)$ sehingga menghasilkan output citra terdegradasi $g(x,y)$ dengan tambahan noise $\eta(x,y)$. Sehingga $g(x,y)$ merupakan nilai dari fungsi H dan juga noise $\eta(x,y)$. Tujuan utama restorasi adalah untuk mendapatkan $f_1(x,y)$ dari citra sebenarnya. Semakin mendekati nilai dari H dan η semakin mendekati pula hasil berupa citra yang sebenarnya (Kadir, 2012).

Fungsi citra terdegradasi menggunakan domain spasial dapat dituliskan sebagai berikut:

$$g(x,y) = h(x,y)*f(x,y) + n(x,y) \quad (2.1)$$

Persamaan tersebut menggunakan operasi (*) yang merupakan konvolusi. Di mana konvolusi dalam domain spasial sama dengan perkalian dalam domain frekuensi. Sehingga dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut.

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v) + N(u,v) \quad (2.2)$$

Penyelesaian dapat dilakukan dalam dua pendekatan, yaitu pendekatan domain spasial dan domain frekuensi. Pendekatan dengan domain spasial bisa digunakan ketika hanya terdapat additive noise $\eta(x,y)$, sementara ketika terdapat proses degradasi tidak bisa hanya dengan pendekatan domain spasial tetapi frekuensi (Kadir, 2012).

Fungsi degradasi $H(u,v)$ disebut sebagai *optical transfer function* (OTF), dan merupakan istilah yang didapatkan dari analisa Fourier untuk sistem optik. Dalam domain spasial, $h(x,y)$ dinyatakan sebagai *point spread function*, dan merupakan istilah yang muncul akibat $h(x,y)$ yang beroperasi pada suatu titik cahaya untuk mendapatkan karakteristik degradasi untuk semua jenis citra.

Degradasi yang didapatkan merupakan fungsi degradasi *linear space-invariant*, H , dapat dimodelkan sebagai proses konvolusi. Sehingga proses degradasi disebut sebagai proses konvolusi citra dengan PSF atau OTF, sedangkan proses restorasinya disebut sebagai proses dekonvolusi.

2.3 Motion Blur

Motion blur merupakan salah satu fenomena yang sering terjadi ketika mengambil foto. Secara umum, *motion blur* dihasilkan karena terdapat sebuah gerak yang terjadi antara objek dan kamera saat waktu eksposur (Wang, Yao, & Wang, 2017). *Motion blur* merupakan salah satu penyebab utama dalam degradasi citra, dan hal ini berdampak serius pada kinerja sistem penglihatan dalam berbagai bidang, seperti pencitraan medis, pengendalian lalu lintas, dan lain-lain. Penyebab degradasi citra yang lain dapat berupa adanya noise karena kurangnya pencahayaan saat pengambilan citra, *out of focus blur* karena objek yang ingin diambil kurang fokus, dan sebagainya.

Saat mengambil gambar dengan sebuah kamera, terdapat kemungkinan dimana gambar yang dihasilkan oleh kamera akan terlihat kabur akibat gerak. Gerak tersebut bisa disebabkan oleh faktor ekstrinsik maupun intrinsik (Barber, Brown, Hogbin, & Cosker, 2015). Faktor ekstrinsik dapat berupa pergerakan kamera relatif terhadap koordinat atau pergerakan objek yang hendak diambil gambarnya. Faktor intrinsik dapat berupa perubahan yang terjadi di dalam kamera, seperti perubahan *focal length*.

Secara matematis, *motion blur* dimodelkan sebagai konvolusi citra asli tanpa degradasi dengan *point spread function* (PSF), yang disebut juga sebagai kernel blur. Degradasi citra yang dihasilkan oleh gerak dapat dimodelkan sebagai sebuah proses *linear shift invariant* (Wang et al., 2017), yang direpresentasikan oleh persamaan 1 diatas, dimana $g(x,y)$, $f(x,y)$, $h(x,y)$, dan $n(x,y)$ menyatakan citra dengan blur, citra asli, PSF, dan noise, secara berurutan. Simbol “*” menyatakan operasi konvolusi.

Dengan asumsi bahwa objek bergerak secara merata relatif terhadap kamera dibawah sudut θ ke sumbu horizontal selama waktu eksposur, PSF untuk *motion blur* dapat dimodelkan sebagai:

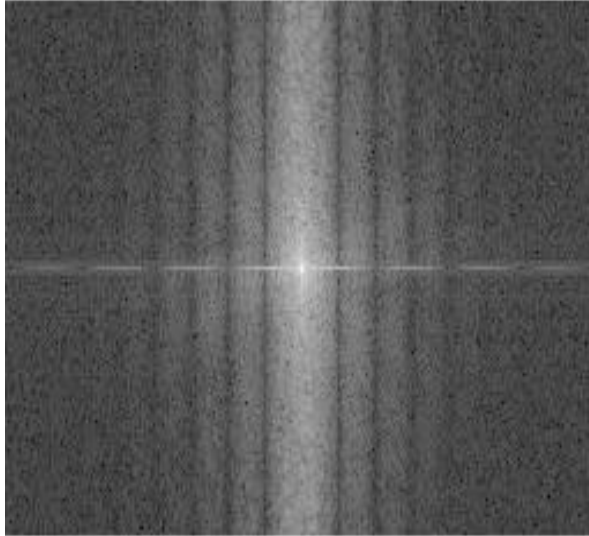
$$h(x,y) = \begin{cases} \frac{1}{L}, & \sqrt{x^2 + y^2} \leq \frac{L}{2}, y = x \tan \theta \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.3)$$

dimana L adalah panjang blur dan θ adalah sudut blur (Lee, Lee, Park, & Moon, 2013).

Saat gradien gambar yang kabur diubah ke dalam domain frekuensi, serangkaian garis sejajar gelap terang akan terkandung, seperti gambar dibawah, selain itu, diilustrasikan bahwa petunjuk untuk identifikasi PSF dari distribusi periodik garis gelap. Sehingga panjang blur sesuai dengan jarak antara garis gelap tetangga (Wang et al., 2017).

Pola garis gelap yang terdapat pada domain frekuensi yang dihasilkan oleh transformasi Fourier citra menunjukkan arah

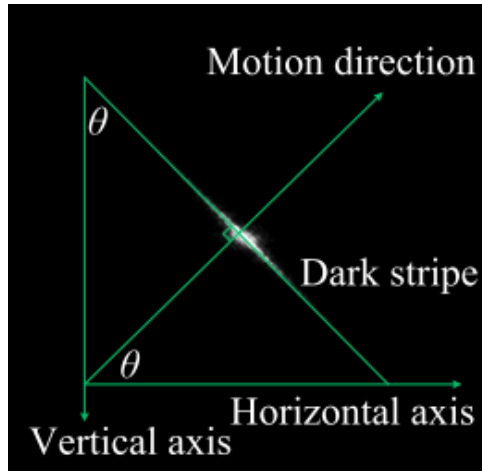
pergerakan citra. Gambar 2.2 menunjukkan bahwa arah gerak objek atau *motion direction* mengikuti sumbu horizontal.



Gambar 2. 2 Spektrum frekuensi citra

Apabila terdapat sebuah citra yang mengalami *motion blur* maka pola *blurring* yang terjadi akan bergerak sepanjang sumbu horizontal, untuk pola jenis linear. Sehingga panjang blur akan mempengaruhi seberapa banyak pergeseran pixel yang terjadi pada citra yang diambil.

Motion blur terkadang memiliki aplikasi yang tidak selalu negatif atau tidak menyebabkan sebuah degradasi dalam citra dan justru diharapkan adanya *motion blur*. Dalam fotografi, *motion blur* digunakan untuk memberikan kesan objek bergerak dan tidak statis merupakan teknik yang sering digunakan dalam fotografi olahraga dimana atlet atau objek akan diberikan *motion blur* agar terlihat bergerak, dalam bidang animasi terutama dalam industri game, *motion blur* digunakan untuk memberikan kesan realisme terhadap pemain.



Gambar 2. 3 Hubungan panjang blur dan sudut blur
(Wang et al., 2017)

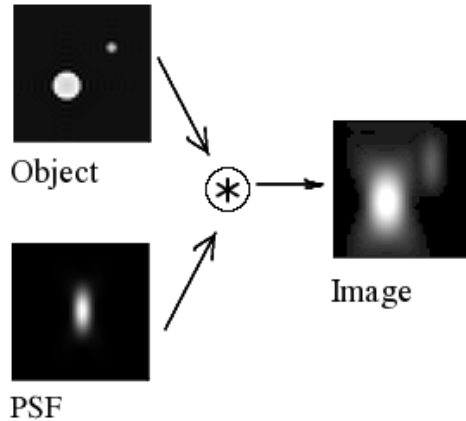
2.4 Point Spread Function

Point spread function (PSF) merupakan pengukuran fundamental yang mengkarakterisasi sistem pencitraan digital apapun, apakah itu dekonvolusi, konfokal, atau multiphoton. Resolusi sebuah sistem refraktif diatur oleh PSF-nya, dimana zona pusat PSF adalah sebuah *airy disk*, dan jarak ke minimum pertama adalah indeks bias untuk objek. PSF yang diukur dapat digunakan untuk memperbaiki perkiraan struktur objek yang disediakan oleh gambar yang diamati (Benham, 2002).

Gambar objek dalam mikroskop atau teleskop dapat dihitung dengan merepresentasikan medan bidang objek tersebut sebagai jumlah atas fungsi impuls 2D, dan kemudian merepresentasikan bidang gambar sebagai jumlah diatas gambar fungsi impuls ini.

PSF membantu dalam analisa degradasi yang terjadi pada citra, salah satu contohnya adalah kegunaan PSF sebagai fungsi degradasi untuk *motion blur*. Fungsi blur yang diperlukan untuk restorasi dari sebuah citra dengan blur dapat dijelaskan melalui PSF atau *optical*

transfer function (OTF) dari citra, yang merupakan transformasi Fourier dari PSF.



Gambar 2. 4 Pembentukan citra pada mikroskop konfokal
(Dobeš, MacHala, & Fürst, 2010)

Prinsip ini dikenal sebagai prinsip superposisi, berlaku untuk sistem linear. Gambaran fungsi impuls objek-objek individual disebut sebagai *point spread function*, yang mencerminkan fakta bahwa titik sebuah cahaya di bidang objek menyebar untuk membentuk daerah yang terbatas pada bidang gambar secara matematis.

Dalam pemrosesan citra, PSF merupakan kernel konvolusi, dan merupakan salah satu penyusun utama dalam citra. Kernel konvolusi sendiri merupakan sebuah matrix. Matrix tersebut digunakan untuk melakukan beberapa proses seperti *blurring*, *sharpening*, *edge detection*, *embossing*, dan sebagainya. Untuk proses restorasi sendiri, PSF dikenal dengan $H(x,y)$, dan merupakan proses yang mengakibatkan sebuah citra yang semula bebas dari degradasi akan mengalami degradasi.

2.5 Grayscale Image

Citra grayscale adalah citra yang nilai setiap pikselnya mewakili jumlah cahaya, yaitu informasi mengenai intensitas dari citra tersebut. Citra grayscale berbeda dengan citra RGB, dimana citra RGB memiliki 3 *channel* Red, Green, dan Blue, sedangkan grayscale menggunakan satu *channel*. Citra seperti ini terdiri dari beberapa derajat keabuan, dengan hitam pada intensitas paling rendah hingga putih pada intensitas paling tinggi. Derajat keabuan dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah.



Gambar 2. 5 Derajat keabuan

Pembacaan derajat keabuan tersebut dinyatakan dengan bit. Untuk derajat keabuan dengan 8 bit, terdapat 255 level, dengan nilai 0 adalah hitam, dan nilai 255 adalah putih. Sehingga dari gambar 2.6 tersebut, nilai 255 berada pada sisi kiri dan nilai 0 berada pada sisi kanan. Hal tersebut karena derajat keabuan direpresentasikan dengan tingkatan intensitas cahaya pada warna RGB. Dimana hitam direpresentasikan

dengan nilai $R=G=B = 0$, dan putih direpresentasikan dengan nilai $R=G=B = 1$ atau 255 karena 8 bit.

Keuntungan menggunakan citra grayscale adalah citra grayscale menampilkan informasi mengenai intensitas cahaya dari citra tersebut, sehingga *signal to noise ratio* akan lebih bagus. Informasi mengenai warna tidak terlalu membantu dalam menentukan tepi dari sebuah citra. Keuntungan kedua dalam menggunakan citra grayscale adalah tingkat kesulitan dari algoritma yang akan dibuat apabila menggunakan citra RGB, dan kecepatan komputasi citra grayscale lebih cepat dari citra RGB.

2.6 Wiener Filter

Filter *Wiener* yang diusulkan pertama kali oleh N. Wiener pada tahun 1942 dilaksanakan dengan meminimalkan kesalahan kuadrat rerata antara citra ideal dan citra terestorasi. Apabila f adalah citra ideal dan \hat{f} adalah citra terestorasi, maka kesalahan kuadrat reratanya adalah,

$$MSE = E[(f(i,j) - \hat{f}(i,j))^2] \approx \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f(i,j) - \hat{f}(i,j))^2 \quad (2.5)$$

dengan M adalah tinggi citra dan N adalah lebar citra. Persamaan 2.5 di atas dikenal dengan nama filter Wiener (Kadir, 2012). Dalam domain frekuensi, persamaan untuk filter Wiener adalah,

$$W(u, v) = \frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + K(u, v)} \quad (2.6)$$

dimana

$$K(u, v) = S_{\eta}(u, v) / S_f(u, v) \quad (2.7)$$

$H(u, v)$ adalah filter blurring, dan S_f adalah *power spectrum density* dari citra tanpa degradasi, dan S_{η} adalah *power spectrum density* dari noise. Wiener filter bekerja optimal untuk menentukan MSE, artinya, filter ini bekerja dengan cara meminimalisir MSE pada proses inverse dan *smoothing* untuk noise, sehingga hasil restorasi dari filter ini menghasilkan gambar yang terdapat *smoothing*.

2.7 Inverse Filter

Pendekatan paling mudah yang dapat dilakukan untuk melakukan restorasi pada sebuah citra adalah dengan membentuk persamaan berikut:

$$F(x, y) = \frac{G(x, y)}{H(x, y)} \quad (2.8)$$

Sesuai dengan persamaan 2.2, dimana $F(x, y)$ adalah citra tanpa restorasi, $G(x, y)$ adalah citra dengan degradasi, dan $H(x, y)$ adalah PSF atau penyusun degradasinya. Citra yang direstorasi didapatkan dengan cara melakukan transformasi Fourier inverse dari $F(x, y)$. Persamaan 7 akan menghasilkan filter inverse apabila nilai K adalah 0, atau tidak ada noise yang berakibat pada citra.

2.8 Signal to Noise Ratio

Pada semua jenis sistem transmisi data, *signal to noise ratio* (SNR) merupakan parameter yang harus diperhatikan. Dalam bidang sains dan *engineering*, SNR digunakan untuk menunjukkan seberapa banyak *noise* mengganggu sinyal yang ditransmisikan. Dengan kata lain, SNR membandingkan daya sinyal yang diinginkan terhadap *background noise*. SNR tidak dipengaruhi oleh format data, bentuk pulsa, atau bandwidth filter melainkan hanya bergantung pada daya rata-rata sinyal dan *noise*.

SNR didefinisikan sebagai rasio antara daya sinyal dengan noise, dimana:

$$SNR = 10 \log \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \quad (2.9)$$

Secara umum SNR digunakan untuk mengukur kualitas rekonstruksi kompresi, seperti kompresi gambar. Sinyal dalam kasus ini adalah data asli, dan noise adalah kesalahan yang terdapat dalam proses kompresi. Ketika membandingkan antar hasil kompresi, SNR merupakan pendekatan terhadap persepsi manusia akan kualitas rekonstruksi. Secara umum, nilai SNR yang lebih tinggi akan

menunjukkan hasil kualitas rekonstruksi yang lebih baik, tetapi dalam beberapa kasus tidak demikian (Huynh-Thu, 2008).

Terdapat standard dalam industri untuk mengukur SNR dan didefinisikan berdasarkan sensitifitas kecepatan ISO pada film, dengan SNR = 32,04 dB memiliki kualitas citra yang sangat bagus, dan SNR = 20 dB memiliki kualitas citra yang dapat diterima.

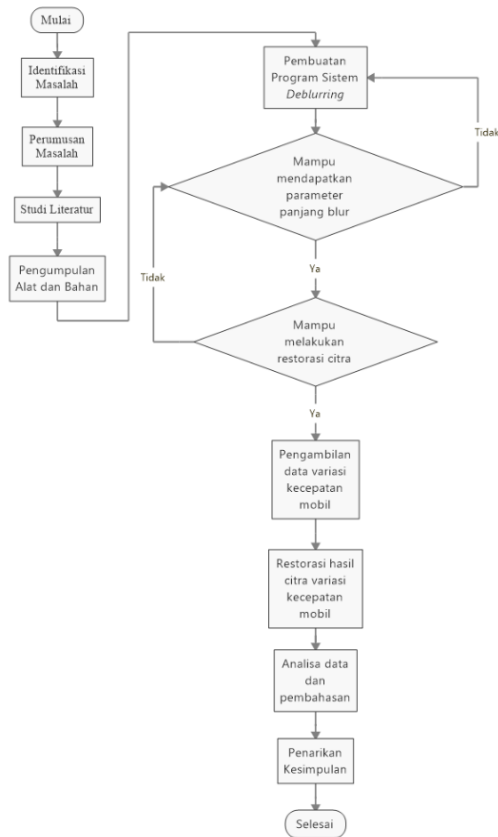
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir. Metodologi yang digunakan terdiri dari beberapa tahap hingga menghasilkan analisa data untuk sistem *deblurring*.

3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan tugas akhir ini digambarkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.2 Tahap Persiapan

Tahap persiapan mengacu pada identifikasi masalah, perumusan masalah, studi literatur, serta pengumpulan alat dan bahan. Tahapan ini akan disebut sebagai tahap persiapan karena menjadi landasan dasar dari pelaksanaan tugas akhir ini.

Pertama akan dilakukan identifikasi masalah dan perumusan masalah. Identifikasi masalah yang ada selama ini adalah bahwa hasil citra yang diambil terkadang memiliki degradasi, salah satu faktor degradasinya adalah *motion blur*, sehingga diperlukan sebuah sistem atau cara untuk menghilangkan degradasi tersebut yang dinamakan *deblurring*.

Studi literatur merupakan langkah awal pelaksanaan tugas akhir ini dengan merujuk pada penelitian sebelumnya, jurnal dan paper yang mengacu pada penelitian ini untuk menunjang pengerjaan. Studi literatur dilakukan untuk mengetahui konsep dasar sistem *deblurring* yang telah ada dan telah diusulkan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, filter yang paling tepat digunakan untuk proses *deblurring*, metode estimasi yang paling akurat untuk menentukan parameter dari *motion blur*, serta metode validasi kualitas hasil restorasi yang sesuai.

Tahap ketiga dalam tahap persiapan ini adalah pengumpulan alat dan bahan. Alat dan bahan yang digunakan berupa kamera, citra percobaan *image processing* untuk uji program sebelum melakukan pengambilan data, citra real dengan objek mobil dengan variasi kecepatan sebagai data, tripod, dan waterpass.

3.3 Pembuatan Program Sistem *Deblurring*

Langkah berikutnya setelah tahap persiapan telah selesai pada proses pengerjaan tugas akhir ini adalah pembuatan program untuk sistem *deblurring*.

Terdapat dua pokok bahasan dalam program ini, yaitu mendapatkan parameter panjang blur dari citra, serta melakukan restorasi citra. Pada tahap persiapan telah disebutkan bahwa sebelum melakukan pengambilan akan digunakan citra percobaan untuk *image processing* sebagai bahan uji untuk menentukan apakah program yang telah dibuat berhasil melakukan estimasi parameter panjang blur dari

citra yang diinput, jika telah berhasil maka dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu pengambilan citra real dan dilaksanakan proses deblurring.

3.3.1 Mendapatkan Parameter Panjang Blur

Langkah pertama dalam pembuatan program adalah mendapatkan parameter panjang blur. Parameter panjang blur ini akan menjadi $h(x,y)$ dalam persamaan 2.1 dan 2.3. Panjang blur $h(x,y)$ ini dikenal dengan faktor degradasi citra, atau disebut dengan *point spread function* (PSF). Faktor ini yang menyebabkan terjadinya *motion blur* pada citra. Gambar 3.2 dibawah akan memberikan diagram alir untuk mendapatkan parameter panjang blur.

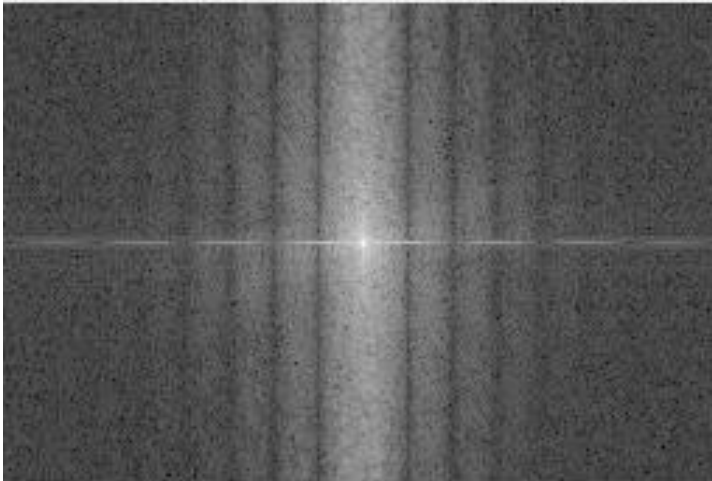


Gambar 3. 2 Diagram alir mendapatkan panjang blur

Proses awal dalam mendapatkan panjang blur adalah dengan menginput citra yang akan digunakan, tahap awal ini akan menggunakan citra percobaan untuk *image processing* sebelum menggunakan citra real. Citra tersebut apabila berada dalam sistem warna RGB akan dikonversi ke grayscale. Proses konversi ini dilakukan karena sistem warna grayscale lebih mudah dan ringan proses komputasinya daripada sistem warna RGB. Tahap kedua adalah *resize* ukuran citra menjadi 256x256 piksel, tujuan tahap ini juga untuk mempermudah proses komputasi program.

Setelah kedua tahap tersebut dilakukan, citra diproses dengan *fast fourier transform* (FFT) untuk merubah citra yang semula dalam domain spasial kedalam domain frekuensi, seperti yang terlihat pada persamaan 3.1, dimana persamaan untuk *image restoration* tersebut masih berada dalam domain spasial, sehingga diperlukan proses FFT untuk merubah kedalam domain frekuensi.

$$g(x,y) = h(x,y)*f(x,y) + n(x,y) \quad (3.1)$$

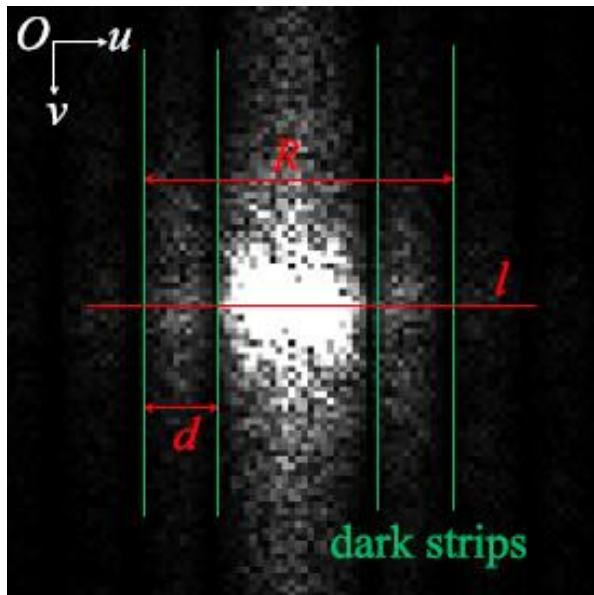


Gambar 3. 3 Pola garis gelap pada spektrum frekuensi citra

Proses ini dilakukan karena sesuai dengan persamaan 2.1 dan persamaan 2.2, operasi konvolusi akan berubah menjadi operasi

perkalian dalam domain frekuensi. Hasil dari proses ini akan terlihat pada gambar 3.3 berikut.

Hasil FFT dari citra yang diinput akan menghasilkan pola garis gelap seperti pada gambar 3.3 diatas. Pola garis gelap ini yang akan digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan panjang blur. Sebelum menentukan panjang blur, citra dirotasi sejauh theta. Theta yang digunakan adalah 0° , karena pola *motion blur* yang digunakan adalah jenis pola linear. Panjang blur didapatkan dengan bantuan persamaan 3.1. Dimana L adalah panjang blur yang didapatkan, k adalah nilai iterasi, N adalah lebar citra, dan R adalah jarak antar garis gelap. Nilai L ini akan digunakan sebagai panjang blur dan salah satu penyusun PSF yang disebut sebagai $h(x,y)$ pada persamaan 2.1.



Gambar 3. 4 Estimasi Panjang Blur (Wang et al., 2017)

Persamaan 4 memberikan model degradasi $H(x,y)$ untuk motion blur, dimana L adalah panjang blur. Panjang blur dapat ditemukan

setelah mendapatkan sudut blur. Dalam pola *motion blur* linear, sudut blur adalah 0° , dan akan memberikan hasil seperti pada gambar 2.2 apabila diubah kedalam domain frekuensi.

Dengan merujuk pada penelitian yang telah dikerjakan oleh (Wang et al., 2017), estimasi panjang blur dideskripsikan sebagai:

$$L = \frac{kN}{d} = \frac{4kN}{R} \quad (3.2)$$

Dimana N adalah lebar citra, k menyatakan nilai iterasi, dan R adalah jarak total antar pola gelap bagian tengah. Gambar 3.4 memberikan ilustrasi mengenai proses estimasi panjang blur, dimana citra yang berada dalam domain frekuensi diambil *region of interest* pada bagian tengah yang fokus, kemudian antar empat buah garis gelap digunakan sebagai acuan untuk menghitung panjang blur. L adalah nilai panjang blur, d adalah jarak antar pola garis gelap, dan R adalah total jarak antar keempat pola garis gelap.

Sehingga dengan didapatkan nilai parameter panjang blur, PSF atau kernel dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.

3.3.2 Restorasi Citra

Proses deblurring atau tahap restorasi citra dilaksanakan setelah mendapatkan hasil data citra real yang diambil menggunakan kamera. Citra yang didapat akan diestimasi panjang blurnya, sehingga mendapatkan parameter *motion blur* dan akan dilaksanakan restorasi dengan menggunakan filter Wiener dan parameter *motion blur* yang telah ditentukan.

Proses *deblurring* dilakukan dengan menggunakan program yang telah dibuat menggunakan *software* MATLAB. Proses ini bertujuan untuk melakukan restorasi dari *motion blur* yang terdapat pada citra yang telah diambil. Adapun rancangan dari proses program deblurring yang dibuat ditunjukkan pada gambar 3.5 berikut.

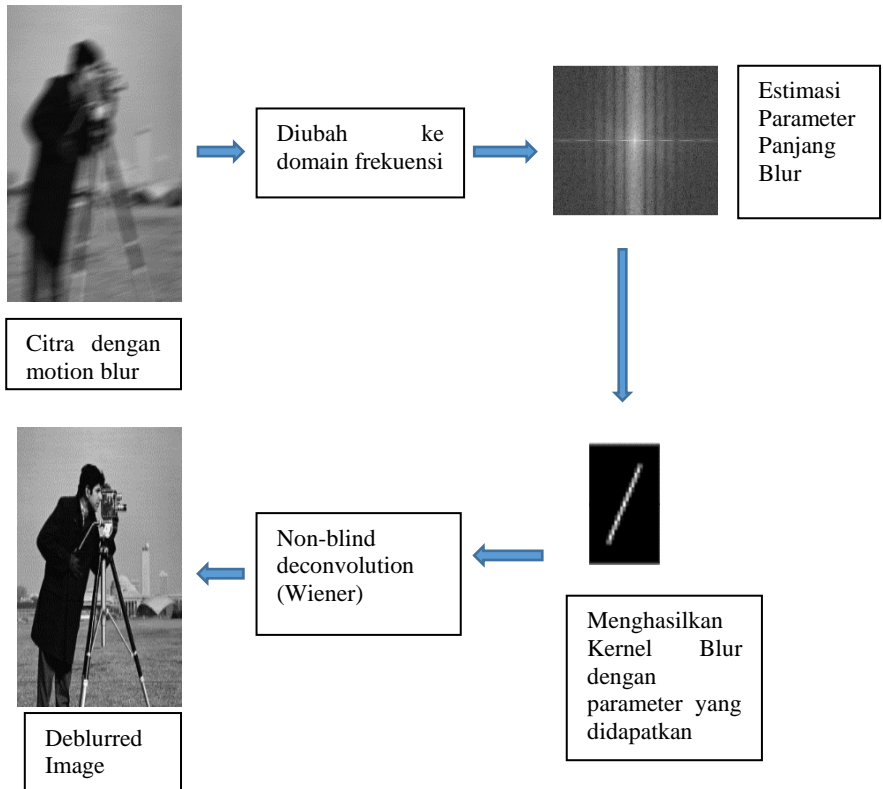


Gambar 3. 5 Diagram alir restorasi citra

Dalam pelaksanaan program, digunakan citra standar untuk *image processing* sebagai acuan apakah program berhasil melakukan estimasi atau tidak. Setelah program berhasil melakukan estimasi parameter *motion blur*, maka citra yang diinput pada program adalah citra real yang didapatkan dari pengambilan data.

$$F(x, y) = \frac{G(x, y)}{H(x, y)} \quad (3.3)$$

Persamaan diatas merupakan persamaan untuk inverse filter yang akan digunakan dalam proses restorasi citra.



Gambar 3. 6 Diagram alir pelaksanaan program

Citra real dengan motion blur diinputkan pada program dan dilakukan estimasi parameter sudut dan panjang blur. Pertama akan dilakukan estimasi sudut blur, tetapi karena *motion blur* yang digunakan memiliki pola yang linear maka diasumsikan nilai sudut blur adalah 0° .

Proses kedua adalah estimasi panjang blur, berapa pixel pergeseran yang terjadi akibat *motion blur*. Setelah didapatkan kedua parameter dari *motion blur*, dilakukan proses *non-blind deconvolution* dan diberikan filter Wiener sebagai filter untuk smoothing. Proses ini ditunjukkan oleh persamaan 3.3.

Telah diketahui sebelumnya bahwa $g(x,y)$ adalah citra dengan degradasi *motion blur*, dan $h(x,y)$ adalah faktor degradasi *motion blur* yang telah didapatkan di sub-sub bab 3.3.1, sehingga dalam proses ini yang dicari adalah $f(x,y)$.

Tahap terakhir adalah menghitung nilai SNR dari citra yang sudah direstorasi dengan program yang telah dibuat dan divalidasi dengan program deblurring yang terdapat pada MATLAB. Proses validasi berupa citra dengan objek mobil yang diam, tetapi diberikan parameter panjang blur yang sama dengan citra yang terkena *motion blur*. Pada proses validasi, objek dilakukan proses deblurring tetapi menggunakan program yang terdapat pada MATLAB, bukan program yang telah dirancang dalam tugas akhir ini. Nilai SNR yang didapatkan dari citra restorasi dengan program yang diusulkan dibandingkan dengan nilai SNR yang didapatkan dari citra restorasi dari MATLAB.

$$SNR = 10 \log \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \quad (3.4)$$

3.4 Pengambilan Data Citra

Langkah ketiga dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah pengambilan data citra. Pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan objek berupa mobil yang bergerak dengan variasi kecepatan 10km/jam, 15km/jam, 20km/jam, 25km/jam, dan 30km/jam. Data tersebut diambil sebanyak lima kali untuk setiap variannya agar dapat dihasilkan rata-rata SNR untuk tiap variasi kecepatan.

Data citra diambil dengan menggunakan kamera Cannon EOS 70D dengan *shutter speed* 1/10 detik yang terletak diatas sebuah tripod. Pengambilan data menggunakan objek mobil bergerak karena ingin

mensimulasi terjadinya *motion blur*. Setup dari pengambilan data ditunjukkan pada gambar 3.2, 3.3 dan 3.4.



Gambar 3.7 Penstabilan kamera menggunakan waterpass

Citra diambil dengan menggunakan kamera yang terletak pada sebuah tripod agar tidak terjadi goyang terhadap kamera saat pengambilan gambar dan agar dapat distabilkan letak ketinggian

sumbu horizontal dari kamera agar tiap pengambilan gambar seragam dan tidak menimbulkan efek kemiringan pada gambar.



Gambar 3. 8 Kamera diletakkan di atas tripod

Pola *motion blur* yang digunakan adalah *motion blur* dengan pola linear, oleh karena itu, mobil akan bergerak dengan kecepatan yang

bervariasi dan melewati kamera dari arah kanan ke kiri, sehingga menghasilkan pola yang linear. Untuk menghindari terjadinya perubahan sudut, digunakan *waterpass* untuk menstabilkan kamera dan tripod.



Gambar 3. 9 Setup pengambilan gambar

Gambar 3.2 dan 3.3 menunjukkan peletakan kamera dan tripod yang sudah distabilkan menggunakan *waterpass*. Sedangkan pada gambar 3.4 ditunjukkan tampak keseluruhan dari letak kamera dan tripod serta mobil sebagai objek yang bergerak.

Salah satu aspek dari *motion blur* adalah keterlambatan kamera dalam melakukan eksposur, atau akibat objek yang bergerak. Dari proses pengambilan data ini, terdapat aspek objek yang bergerak berupa mobil, dan kamera yang terlambat dalam melakukan eksposur dengan dipilihnya *shutter speed* 1/10 detik. Apabila digunakan *shutter*

speed lebih cepat dari 1/10 detik, maka hasil yang didapat akan lebih fokus dan tidak terlalu menampakkan proses *motion blur*. Artinya, semakin kecil nilai *shutter speed* maka gambar akan semakin fokus dan objek akan terlihat diam.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai data-data hasil pengukuran dan simulasi yang telah dilakukan sesuai dengan metodologi penelitian pada bab III.

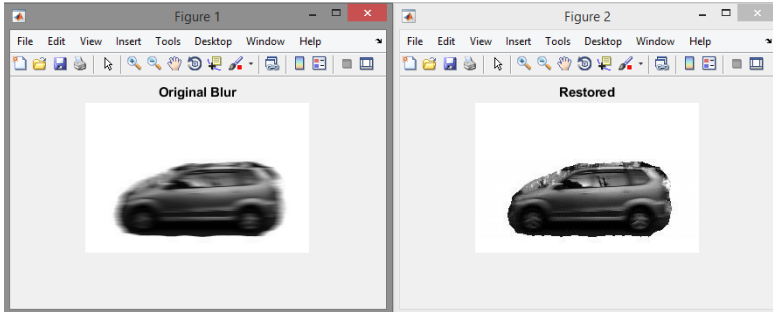
4.1 Hasil Eksperimen

Hasil eksperimen yang didapat mengacu pada metodologi pengambilan data, yaitu berupa citra real yang menggunakan objek berupa mobil yang bergerak dengan variasi kecepatan 10km/jam, 15km/jam, 20km/jam, 25km/jam, dan 30km/jam. Data citra diambil dengan menggunakan kamera Cannon EOS 70D dengan *shutter speed* 1/10 detik yang terletak diatas sebuah tripod dan digunakan sebuah *waterpass* agar posisi kamera dan tripod stabil.

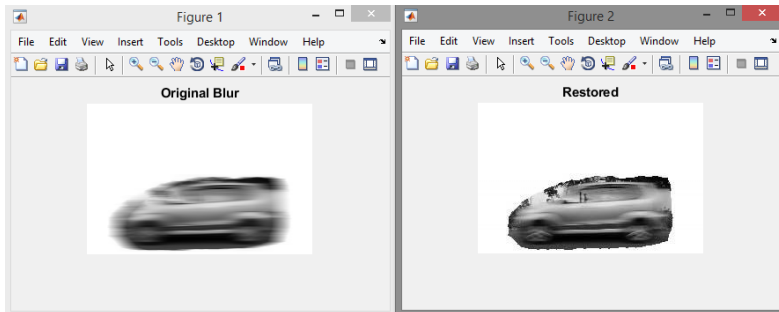
Pengambilan data citra untuk satu variasi kecepatan mobil dilakukan sebanyak lima kali, sehingga bisa didapatkan nilai rata-rata dari nilai SNR untuk tiap variasi kecepatan. Gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 menunjukkan citra hasil eksperimen dan restorasinya.

Setelah dilakukan pengambilan data, sebelum citra yang didapat dimasukkan ke program, dilakukan *pre-processing* terlebih dahulu. Citra yang telah diambil datanya dihilangkan backgroundnya untuk mempermudah proses komputasi dan diposisikan ditengah-tengah frame. Citra yang semula berada dalam sistem warna RGB di konversikan menjadi sistem warna grayscale. Selain dihilangkan background, mengkonversi sistem warna RGB menjadi grayscale, dan melakukan pemindahan posisi agar objek berada ditengah-tengah frame, dilakukan juga proses *resizing* citra yang semula berukuran besar menjadi ukuran 256x256 pixel.

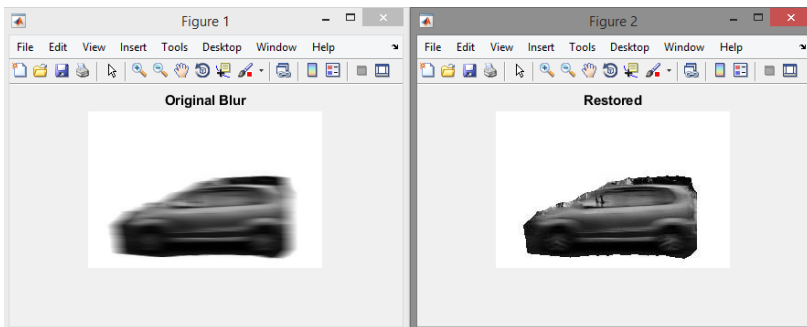
Proses *editing* dari citra yang didapat saat pengambilan data ini menggunakan bantuan program Adobe Photoshop. Pengambilan data yang dilakukan sebanyak lima kali untuk tiap variasi kecepatan menghasilkan total 25 data dan pada tiap variasi data kecepatan dilakukan pencarian rata-rata nilai SNRnya.



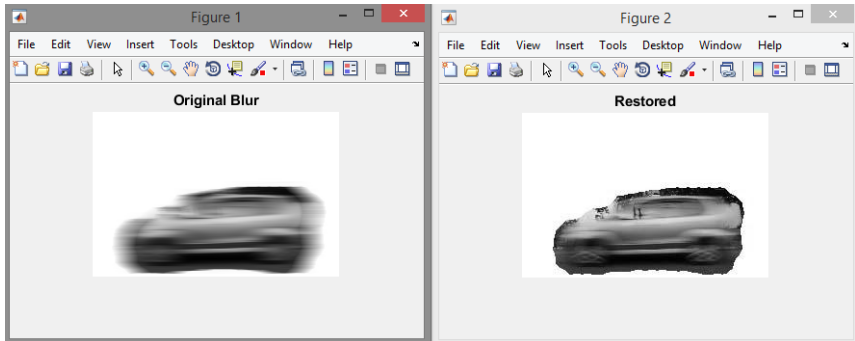
Gambar 4. 1 Citra hasil eksperimen dengan variasi kecepatan 10km/jam dan hasil restorasinya



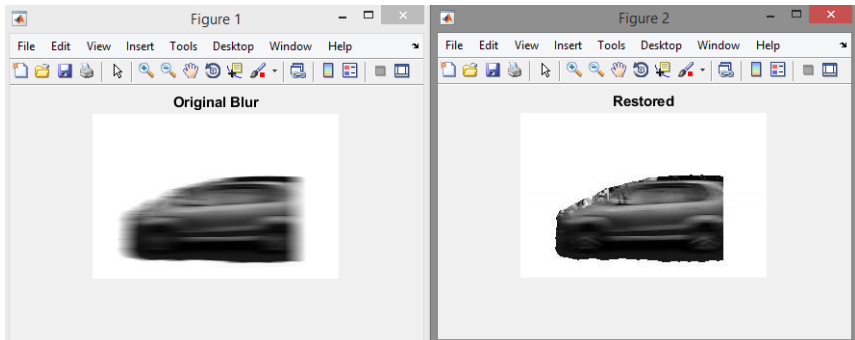
Gambar 4. 2 Citra hasil eksperimen dengan variasi kecepatan 15km/jam dan hasil restorasinya



Gambar 4. 3 Citra hasil eksperimen dengan variasi kecepatan 20km/jam dan hasil restorasinya



Gambar 4. 4 Citra hasil eksperimen dengan variasi kecepatan 25km/jam dan hasil restorasinya



Gambar 4. 5 Citra hasil eksperimen dengan variasi kecepatan 30km/jam dan hasil restorasinya

4.2 Pengaruh Variasi Kecepatan terhadap *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Analisis *Signal to Noise Ratio* (SNR) berkaitan erat dengan daya/power dari citra yang menjadi referensi atau acuan tanpa adanya *motion blur*, dengan besarnya *noise* atau gangguan yang terjadi akibat citra yang terkena *motion blur*. Semakin besar nilai SNR, maka semakin baik hasil restorasi citra yang dihasilkan.

Dalam tugas akhir ini, sinyal didefinisikan sebagai citra dengan objek mobil yang diam dan tanpa adanya *motion blur*, sedangkan

noise didefinisikan sebagai citra dengan objek diam dikurangi dengan citra hasil restorasi pada pengambilan data.

Analisa SNR dilakukan dengan menghitung tiap SNR dari pengambilan data, sehingga didapatkan rerata SNR untuk satu variasi kecepatan, dengan total lima rerata SNR untuk lima variasi data

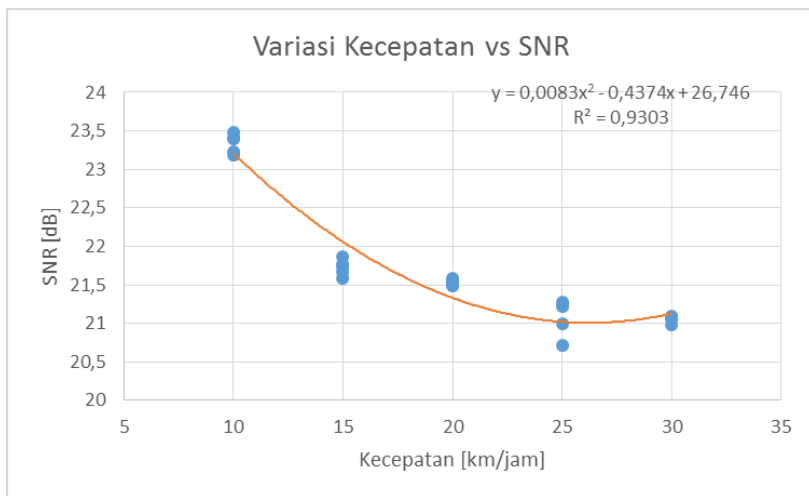
Tabel 4. 1 Hasil pengambilan data dan nilai SNR

Kecepatan [km/jam]	Data ke-	SNR [dB]	Rata-rata SNR [dB]
10	1	23,41	23,34
	2	23,23	
	3	23,48	
	4	23,19	
	5	23,39	
15	1	21,58	21,724
	2	21,67	
	3	21,86	
	4	21,74	
	5	21,77	
20	1	21,58	21,532
	2	21,51	
	3	21,52	
	4	21,49	
	5	21,56	
25	1	20,72	21,09
	2	21	
	3	21,24	
	4	21,22	
	5	21,27	
30	1	21,06	21,058
	2	21,1	
	3	20,98	
	4	21,08	
	5	21,07	

. Tabel 4.1 berikut menunjukkan hasil nilai SNR untuk tiap pengambilan data dan rerata SNR.

4.2.1 Analisa Pengaruh Variasi Kecepatan Terhadap SNR

Pada subbab ini akan diketahui efek variasi kecepatan yang dihasilkan mobil dengan perubahan nilai pada SNR. Apabila dilihat dari tabel 4.1, maka terjadi penurunan nilai rata-rata SNR dengan bertambahnya kecepatan mobil. Hasil ini diringkas dan disajikan dalam grafik kecepatan vs SNR berikut.



Gambar 4. 6 Grafik Kecepatan vs SNR

$$SNR = 10 \log \frac{(Image\ asli\ tanpa\ blur)}{(Image\ asli\ tanpa\ blur) - (Image\ hasil\ restorasi)} \quad (4.1)$$

Pada simulasi yang dilakukan, data yang digunakan adalah citra hasil pengambilan data, yaitu citra dengan objek bergerak dan menghasilkan citra dengan *motion blur*. Nilai panjang blur yang didapatkan bisa dilihat pada lampiran C, dimana pada lampiran tersebut termuat nilai panjang blur untuk tiap variasi kecepatan. Persamaan 3.2 digunakan untuk membantu dalam mencari nilai

panjang blur, dan setelah mendapatkan nilai panjang blur akan didefinisikan sebagai $h(x,y)$, sehingga dapat digunakan untuk proses restorasi sebagaimana yang terdapat pada persamaan 3.3.

Nilai SNR dicari dengan menggunakan persamaan 3.4, dimana seperti yang telah dituliskan pada sub-bab 4.2, sinyal didefinisikan sebagai citra dengan objek mobil yang diam dan tanpa adanya *motion blur*, sedangkan noise didefinisikan sebagai citra dengan objek diam dikurangi dengan citra hasil restorasi pada pengambilan data, sebagaimana yang tertulis pada persamaan 4.1. Mengacu pada persamaan tersebut, diharapkan noise yang didapat adalah noise asli karena apabila hanya menggunakan citra hasil restorasi saja, masih terdapat sinyal yang bercampur dengan noise, maka untuk mendapatkan noise sinyal berupa citra dengan objek diam dikurangi dengan citra hasil restorasi.

Dengan melakukan perhitungan yang didapatkan dari persamaan 2.9, maka didapatkan nilai SNR dan rata-rata nilai SNR untuk tiap variasi kecepatan seperti yang terdapat pada tabel 4.1.

Hasil dari tabel 4.1 disajikan pada gambar 4.6, dapat dilihat bahwa hasil simulasi yang didapat menunjukkan bahwa terdapat perubahan yang menurun dari nilai SNR dengan bertambahnya kecepatan mobil.

Pola ini memiliki pola polinomial dengan orde dua, dan dapat dibuktikan bahwa semakin tinggi nilai SNR maka semakin bagus hasil restorasinya, karena mobil dengan kecepatan 10 km/jam akan lebih jelas tertangkap oleh kamera dibandingkan dengan mobil dengan kecepatan 30 km/jam untuk kecepatan *shutter speed* 1/10 detik.

Nilai yang didapatkan untuk kecepatan 15 km/jam dan 20 km/jam memiliki sedikit kemiripan. Kemiripan nilai ini dapat disebabkan karena proses pengambilan data kecepatan mobil yang kurang tepat untuk variasi kecepatan tersebut karena speedometer mobil yang tidak menunjukkan angka 15 km/jam dan hanya diwakili oleh garis saja, sedangkan angka 20 km/jam diwakili oleh tulisan dan garis dan lebih memudahkan untuk melihat batas kecepatannya.

Kemiripan nilai tersebut juga ditunjukkan oleh kecepatan 25 km/jam dan 30 km/jam, dimana hal serupa juga terjadi karena untuk

kecepatan 25 km/jam, speedometer mobil hanya menampilkan garis saja, dan untuk kecepatan 30 km/jam diwakili oleh angka dan garis.

4.3 Validasi Nilai SNR Data yang didapat dengan SNR yang didapat dari program MATLAB

Hasil simulasi pengambilan data yang telah didapat dengan menggunakan citra dengan objek bergerak dan *motion blur* akan divalidasi dengan membandingkan nilai SNR dan rata-rata nilai SNR yang didapat oleh citra tersebut dengan nilai SNR dan rata-rata nilai SNR sebuah citra dengan objek diam dan tanpa *motion blur* dengan bantuan MATLAB. Pada bagian ini akan diuraikan hasil simulasi nilai SNR yang didapat dari program deblurring MATLAB.

Tabel 4. 2 Nilai SNR Validasi untuk Tiap Kecepatan

Kecepatan [km/jam]	Data ke-	SNR [dB]	Rata-rata SNR [dB]
10	1	23,57	23,54
	2	23,48	
	3	23,58	
	4	23,52	
	5	23,55	
15	1	22,11	22,126
	2	22,1	
	3	22,13	
	4	22,17	
	5	22,12	
20	1	21,97	21,944
	2	21,93	
	3	21,94	
	4	21,92	
	5	21,96	
25	1	21,15	21,138
	2	21,14	
	3	21,12	
	4	21,16	
	5	21,12	
30	1	21,12	21,076
	2	21,11	
	3	20,95	
	4	21,09	
	5	21,11	

Validasi menggunakan citra dengan objek berupa mobil diam dan diberikan parameter panjang blur yang sama dengan yang didapatkan untuk citra dengan objek bergerak dan terdapat *motion blur*, atau sesuai dengan panjang blur yang dapat dilihat pada lampiran C. Lampiran C memuat nilai panjang blur untuk tiap variasi kecepatan. Nilai panjang blur tersebut akan diberikan sebagai input untuk citra dengan objek diam, sehingga bisa dibandingkan nilai SNR untuk citra dengan objek bergerak dengan adanya *motion blur* asli, dengan citra dengan objek diam dan diberikan *motion blur* melalui program MATLAB. Validasi pertama dilakukan dengan citra dengan mobil diam dan diberikan panjang blur yang sama dengan panjang blur yang terdapat pada data kecepatan 10 km/jam, demikian seterusnya untuk tiap variasi yang lain. Setelah didapatkan semua nilai SNR dan rata-rata SNR untuk tiap data validasi dengan MATLAB, data tersebut dituliskan dalam bentuk tabel.

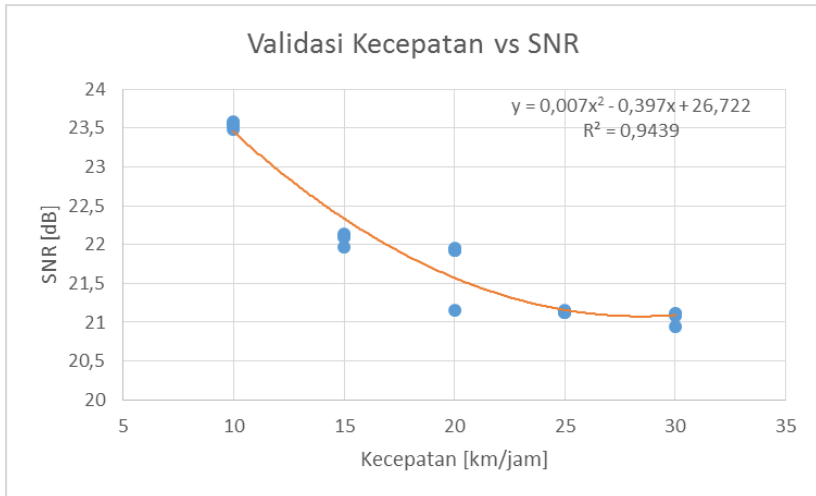
Tabel 4.2 memuat nilai SNR dan rata-rata nilai SNR validasi untuk tiap kecepatan.

4.3.1 Analisa Pengaruh Variasi Kecepatan Terhadap SNR Validasi

Pada subbab ini akan diketahui hasil dari pengaruh variasi kecepatan mobil terhadap nilai SNR yang digunakan untuk validasi. Pada subbab 4.3, data validasi yang digunakan berupa citra mobil diam yang diberikan parameter panjang blur sesuai dengan data yang didapat pada subbab 4.2. Sehingga pada nilai SNR validasi ini tiap variasi akan memiliki parameter panjang blur yang sama dengan variasi yang terdapat pada subbab 4.2, dimana hasil SNR masing-masing pengambilan data validasi akan dicari rata-rata nilai SNRnya.

Hasil dari tabel 4.2 disajikan pada gambar 4.7, dapat dilihat bahwa hasil simulasi yang didapat menunjukkan bahwa terdapat perubahan yang menurun dari nilai SNR dengan bertambahnya kecepatan mobil, sama seperti yang terlihat pada gambar 4.6. Akan tetapi pola yang dimiliki oleh gambar 4.12 ini merupakan pola polinomial dengan orde dua, dan memiliki bentuk yang mulai mendekati linear. Dapat

dibuktikan bahwa semakin tinggi nilai SNR maka semakin bagus hasil restorasinya, dan hasil restorasi untuk citra validasi memiliki nilai SNR yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai SNR yang terdapat pada citra dengan *motion blur*.



Gambar 4. 7 Grafik validasi kecepatan vs SNR

Nilai yang didapatkan untuk kecepatan 15 km/jam dan 20 km/jam untuk hasil validasi memiliki nilai yang sedikit berbeda daripada nilai yang didapatkan pada tabel 4.1 untuk hasil pengambilan data. Perbedaan nilai ini dapat disebabkan oleh perbedaan citra yang digunakan, citra hasil pengambilan data ada citra dengan objek bergerak dan terdapat degradasi berupa *motion blur*, sedangkan citra yang digunakan untuk validasi adalah citra dengan objek diam dan tidak terdapat degradasi, sehingga dapat mempengaruhi kualitas hasil citra serta nilai SNR yang didapatkan. Selain itu, dapat pula disebabkan oleh nilai panjang blur yang didapatkan pada hasil pengambilan data yang kurang akurat, sehingga menyebabkan adanya perbedaan nilai antara pengambilan data dan validasi.

4.4 Pembahasan

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai SNR pada tiap variasi kecepatan mobil. Semakin cepat mobil bergerak, maka semakin kecil nilai SNR yang didapatkan. Hal ini dibuktikan pada gambar 4.6 dan 4.7 dimana grafik menunjukkan trend yang menurun. Pada hasil yang didapatkan, terdapat kemiripan nilai untuk variasi kecepatan mobil 15 km/jam dan 20 km/jam, seperti yang terlihat pada subbab 4.2.2 dan 4.2.3, serta kemiripan nilai SNR untuk variasi kecepatan mobil 25 km/jam dan 30 km/jam. Hal ini dapat disebabkan ketika proses pengambilan data, kecepatan mobil yang kurang konstan pada variasi kecepatan tersebut, karena mobil menggunakan *speedometer* analog dan garis angka yang menonjol adalah pada kecepatan 10 km/jam, 20 km/jam, dan 30 km/jam, sehingga kecepatan mobil saat melewati kamera mungkin kurang akurat dan sedikit menginjak kecepatan di atasnya. Oleh karena itu menyebabkan terjadinya kemiripan nilai SNR untuk beberapa varian kecepatan.

Penurunan nilai SNR ini disebabkan oleh tingkat blur yang dihasilkan oleh *motion blur* pada objek. Semakin cepat mobil bergerak, semakin tinggi nilai blurnya, sehingga meningkatkan nilai noise dan menghasilkan nilai SNR yang lebih rendah. Selain itu, *shutter speed* untuk kelima variasi kecepatan tidak dirubah dan tetap 1/10 detik, sehingga saat penangkapan citra mobil yang bergerak dengan kecepatan 30 km/jam akan mengalami tingkat blur yang lebih tinggi dari kecepatan yang lain.

Dari hasil yang didapatkan dapat dibuktikan bahwa nilai SNR yang tinggi akan menunjukkan hasil restorasi yang tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh parameter panjang blur yang dihasilkan, dimana mobil dengan kecepatan 10 km/jam akan memiliki panjang blur atau pergeseran pixel yang lebih sedikit dibandingkan dengan mobil dengan kecepatan 30 km/jam.

Sesuai dengan persamaan 4.1, apabila hanya digunakan citra tanpa degradasi sebagai sinyal dan citra hasil restorasi sebagai noise, maka tidak akan memberikan hasil optimal. Hal ini menjadi masalah karena citra hasil restorasi tidak bisa sepenuhnya dianggap sebagai noise,

karena juga masih memiliki sinyal berupa gambar. Oleh karena itu, untuk mendapatkan noise yang diinginkan maka dilakukan pengurangan dari citra tanpa degradasi *motion blur* terhadap citra hasil restorasi dengan *motion blur* dan didapatkan noise. Noise ini yang akan menjadi nilai dalam perhitungan untuk mendapatkan SNR.

Fenomena lain yang dapat mempengaruhi hasil SNR yang didapatkan adalah proses estimasi panjang blur pada algoritma yang dibuat. Apabila estimasi akurat maka hasil restorasi yang didapatkan juga akan akurat. Pre-processing sebelum melakukan input citra pada software menggunakan Adobe Photoshop juga dapat mempengaruhi hasil SNR yang didapat, dimana terdapat kemungkinan background yang tidak dihilangkan secara sempurna sehingga menghasilkan noise pada hasil restorasi yang didapat.

Pengambilan data yang paling optimal dapat dilakukan saat kecepatan mobil 15 km/jam dan 20 km/jam, dikarenakan cahaya yang didapat seragam dan tidak terlalu bervariasi nilai SNR yang dihasilkan. Lain halnya dengan data pada kecepatan 10 km/jam dan 30 km/jam yang terdapat variasi yang beragam, ini disebabkan karena saat pengambilan data cuaca menjadi sedikit berawan sehingga harus dikompensasi dari setting kamera dan menyebabkan perbedaan nilai.

Secara umum SNR tidak banyak terpengaruhi oleh cahaya maupun cuaca, kecuali satu atau dua foto pada kecepatan 30 km/jam untuk pengambilan data ketiga, dan kecepatan 10 km/jam untuk pengambilan data keempat.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun hal yang dapat disimpulkan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Telah dapat dirancang sistem deblurring pada citra akibat *motion blur* dengan menggunakan metode *image restoration*.
2. Berdasarkan hasil simulasi, nilai SNR tertinggi adalah untuk kecepatan 10 km/jam dengan nilai 23,34 dB, dan nilai SNR terendah adalah untuk kecepatan 30 km/jam dengan nilai 21,05 dB.
3. Semakin tinggi nilai SNR maka semakin bagus hasil restorasinya, dibuktikan dengan semakin cepat laju mobil, hasil SNR semakin rendah, dan semakin lambat laju mobil, hasil SNR semakin tinggi.
4. Validasi data dilakukan dengan perbandingan data hasil eksperimen yang dilakukan dengan citra tanpa *motion blur* yang diolah dengan MATLAB dan diberikan parameter yang sama untuk kelima variasi kecepatan.
5. Berdasarkan hasil validasi, nilai SNR tertinggi adalah untuk citra dengan kecepatan 10 km/jam dengan nilai rata-rata SNR adalah 23.54 dB, dan nilai terendah pada kecepatan 30 km/jam dengan nilai rata-rata SNR 21,076 dB

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan terkait pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Melakukan pengambilan data yang lebih banyak agar dapat melihat variasi SNR yang lebih jelas mengenai pengaruh hasil foto akibat cahaya dan cuaca terhadap nilai restorasi.

2. Melakukan proses deblurring tidak hanya untuk pola linear, tetapi melakukan proses deblurring dengan variasi pola.
3. Mencoba menggunakan jenis filter selain Wiener filter dan mencoba menbandingkan hasil filter mana yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Acoust, T., Arashloo, S. R., Ahmadyfard, A., Brusius, F., Schwanecke, U., Barth, P., ... Rekleitis, I. M. (2013). Comparison of motion de-blur algorithms and real world deployment. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2(2), 4–7. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.01.012>
- Barber, A., Brown, M., Hogbin, P., & Cosker, D. (2015). Inferring changes in intrinsic parameters from motion blur. *Computers and Graphics (Pergamon)*, 52, 155–170. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2015.05.022>
- Benham, G. S. (2002). Practical aspects of objective lens selection for confocal and multiphoton digital imaging techniques. *Methods in Cell Biology*, 70, 245–99. [https://doi.org/10.1016/S0091-679X\(02\)70007-1](https://doi.org/10.1016/S0091-679X(02)70007-1)
- Dash, R., & Majhi, B. (2014). Motion blur parameters estimation for image restoration. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 125(5), 1634–1640. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2013.09.026>
- Dobeš, M., MacHala, L., & Fürst, T. (2010). Blurred image restoration: A fast method of finding the motion length and angle. *Digital Signal Processing: A Review Journal*, 20(6), 1677–1686. <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2010.03.012>
- Gonzalez, R. C. ., & Woods, R. E. (2008). *Digital image processing. Nueva Jersey*. <https://doi.org/10.1049/ep.1978.0474>
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2004). Digital Image Processing Using Matlab - Gonzalez Woods & Eddins.pdf. *Education*. <https://doi.org/10.1117/1.31115362>
- Huynh-Thu, Q. (2008). Scope of validity of PSNR in image/video quality assessment. *Electronics Letters*, 44(13). <https://doi.org/10.1049/el>
- Jia, S., & Wen, J. (2013). Motion blurred image restoration. *Proceedings of the 2013 6th International Congress on Image and Signal Processing, CISP 2013, 1(Cisp)*, 384–389. <https://doi.org/10.1109/CISP.2013.6744024>

- Kadir, A. (2012). *Pengolahan Citra Digital*. (E. M. Komputindo, Ed.). Yogyakarta.
- Kumar, A. (2017). Deblurring of motion blurred images using histogram of oriented gradients and geometric moments. *Signal Processing: Image Communication*, 55, 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.image.2017.03.016>
- Lee, J. M., Lee, J. H., Park, K. T., & Moon, Y. S. (2013). Image deblurring based on the estimation of PSF parameters and the post-processing. *Optik*, 124(15), 2224–2228. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2012.06.067>
- Liu, J., Su, H., Yi, Y., & Hu, W. (2016). Robust text detection via multi-degree of sharpening and blurring. *Signal Processing*, 124, 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2015.06.025>
- Statista. (2017). Smartphones Cause Photography Boom. Retrieved from <https://www.statista.com/chart/10913/number-of-photos-taken-worldwide/>
- Statista. (2018). Number of Smartphone Users in Indonesia From 2011 to 2022. Retrieved January 18, 2018, from <https://www.statista.com/statistics/266729/smartphone-users-in-indonesia/>
- Wang, Z., Yao, Z., & Wang, Q. (2017). Improved scheme of estimating motion blur parameters for image restoration. *Digital Signal Processing: A Review Journal*, 65, 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2017.02.010>
- Yulida, S., Kusumawardhan, A., & Setijono, H. (2013). Perancangan Sistem Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode Principal Component Analysis. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(1), 177–182.

Lampiran A Script Program

```
function LEN = EstLen(Image, THETA, ~)

%Preprocessing
%Melakukan Median Filter sebelum merestorasi gambar
Image = medfilt2(abs(Image));

%Rubah image ke dalam domain Cepstrum
%Cep(g(x,y)) = invFT{log(FT(g(x,y)))}

%Konversi gambar ke domain Fourier
fin = fft2(Image);

%Melakukan transformasi log
lgfin = abs(log(1 + abs(fin)));

%Melakukan inverse transformasi Fourier untuk
mendapatkan gambar dalam domain Cepstrum
cin = ifft2(lgfin);

%Merotasi gambar sejauh Theta
cinrot = imrotate(cin, -THETA);

%Melakukan rata-rata terhadap pola garis gelap tiap
kolom
for i=1:size(cinrot, 2)
    avg(i) = 0;
    for j=1:size(cinrot, 1)
        avg(i) = avg(i) + cinrot(j, i);
    end
end
```

```

    avg(i) = avg(i)/size(cinrot, 1);
end
avgr = real(avg);

%Menghitung blur dengan menggunakan nilai negatif
pertama
index = 0;
for i = 1:round(size(avg,2)),
    if real(avg(i))<0,
        index = i;
        break;
    end
end

%Jika terdapat zero crossing, akan dipakai sebagai
panjang blur
if index~=0,
    LEN = index;
else

    index = 1;
    startval = avg(index);
    for i = 1 : round(size(avg, 2)/2),
        if startval>avg(i),
            startval = avg(i);
            index = i;
        end
    end

    LEN = index;
end

clc;
clear;
I = im2double(imread('IMG_graynoby.jpg')); %Insert
Image

```

```

THETA = 0;
LEN = EstLen(I, THETA, 0); %Estimasi Parameter
Panjang Blur
PSF = fspecial('motion', LEN, THETA); %Definisikan
PSF
blurred = imfilter(I, PSF, 'conv', 'circular');
figure;
imshow(blurred);
title('Original Blur');

% Compute the Wiener restoration filter:
%
%
%
% 
$$G(k,l) = \frac{H^*(k,l)}{|H(k,l)|^2 + S_u(k,l)/S_x(k,l)}$$

%
% where  $S_x$  is the signal power spectrum and  $S_u$  is
the noise power
% spectrum.
%
% To minimize issues associated with divisions, the
equation form actually
% implemented here is this:
%
%
% 
$$G(k,l) = \frac{H^*(k,l) S_x(k,l)}{|H(k,l)|^2 S_x(k,l) + S_u(k,l)}$$

%
%
% Compute H so that it has the same size as I.
H = psf2otf(PSF, sizeI);

if isempty(icorr)
    % noise-to-signal power ratio is given
    S_u = ncorr;
    S_x = 1;

else

```

```

    % noise & signal frequency characteristics are
    given
    NSD = length(numNSdim);

    S_u = powerSpectrumFromACF(ncorr, NSD,
    numNSdim, sizePSF, sizeI);
    S_x = powerSpectrumFromACF(icorr, NSD,
    numNSdim, sizePSF, sizeI);

end

% Compute the denominator of G in pieces.

denom = abs(H).^2;
denom = denom .* S_x;
denom = denom + S_u;
clear S_u

denom = max(denom, sqrt(eps));

G = conj(H) .* S_x;
clear H S_x
G = G ./ denom;
clear denom

% Apply the filter G in the frequency domain.
J = ifftn(G .* fftn(I));
clear G

% If I and PSF are both real, then any nonzero
imaginary part of J is due to
% floating-point round-off error.
if isreal(I) && isreal(PSF)
    J = real(J);
end

% Convert to the original class
if ~strcmp(classI, 'double')
```



```
J = images.internal.changeClass(classI, J);  
end;  
  
wnr1 = deconvwnr(blurred, PSF); %Proses Dekonvolusi  
figure;  
imshow(wnr1);  
title('Restored');  
  
ref = I;  
A = wnr1;  
[peaksnr, snr] = psnr(A, ref);  
fprintf('\n The SNR value is %0.4f', snr);
```

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran B Spesifikasi Kamera Canon EOS 70D



IMAGE SENSOR

Type	22.5mm x 15.0mm CMOS
Effective Pixels	Approx. 20.20 megapixels
Total Pixels	Approx. 20.90 megapixels
Aspect Ratio	3:2
Low-Pass Filter	Built-in/Fixed with fluorine coating
Sensor Cleaning	EOS integrated cleaning system
Colour Filter Type	Primary Colour

IMAGE PROCESSOR

Type DIGIC 5+

LENS

Lens Mount EF/EF-S

Focal Length Equivalent to 1.6x the focal length of the lens

FOCUSING

Type TTL-CT-SIR with a CMOS sensor

AF System/ Points 19 cross-type AF points (extra sensitivity at f/2.8 at centre)¹

AF Working Range EV -0.5 - 18 (at 23°C & ISO100)

AF Modes AI Focus
One Shot
AI Servo

AF Point Selection Automatic selection: 19 point AF
Manual selection: Single point AF
Manual selection: Zone AF
AF points can be selected separately for vertical and horizontal shooting

Selected AF Point Display Indicated by a transmissive LCD in viewfinder and on top LCD panel and Quick Control screen

Predictive AF Yes, up to 8m¹

AF Lock Locked when shutter button is pressed half way in One Shot AF mode or AF-ON button is pressed.

AF Assist Beam Intermittent firing of built-in flash or emitted by optional dedicated Speedlite

Manual Focus Selected on lens

EXPOSURE CONTROL

Metering Modes	TTL full aperture metering with 63 zone Dual Layer SPC (1) Evaluative metering (linked to all AF points) (2) Partial metering (approx. 7.7% of viewfinder at centre) (3) Spot metering (approx. 3.0% viewfinder at centre) (4) Centre weighted average metering
Metering Range	EV 1-20 (at 23°C with 50mm f/1.4 lens ISO100)
AE Lock	Auto: In One-shot AF mode with evaluative metering exposure is locked when focus is achieved. Manual: By AE lock button in creative zone modes.
Exposure Compensation	+/-5 EV in 1/3 or 1/2 stop increments (can be combined with AEB).
AEB	2, 3, 5 or 7 Shots +/-3 EV 1/3 or 1/2 stop increments
ISO Sensitivity*	Auto (100-12800), 100-12800 (in 1/3-stop or whole stop increments) ISO can be expanded to H: 25600 During Movie shooting: Auto (100-6400), 100-6400 (in 1/3-stop or whole stop increments) ISO can be expanded to H: 12800

SHUTTER

Type	Electronically-controlled focal-plane shutter
Speed	30-1/8000 sec (1/2 or 1/3 stop increments), Bulb (Total shutter speed range. Available range varies by shooting mode)

WHITE BALANCE

Type	Auto white balance with the imaging sensor
Settings	AWB, Daylight, Shade, Cloudy, Tungsten, White Fluorescent light, Flash, Custom, Colour Temperature Setting. White balance compensation: 1. Blue/Amber +/-9 2. Magenta/ Green +/-9.
Custom White Balance	Yes, 1 setting can be registered
WB Bracketing	+/-3 levels in single level increments 3 bracketed images per shutter release. Selectable Blue/Amber bias or Magenta/ Green bias.

VIEWFINDER

Type	Pentaprism
Coverage (Vertical/Horizontal)	Approx. 98%
Magnification	Approx. 0.95x*
Eyepoint	Approx. 22mm (from eyepiece lens centre)
Dioptre Correction	-3 to +1 m-1 (dioptre)
Focusing Screen	Fixed (Transmissive LCD screen)
Mirror	Quick-return half mirror (Transmission: reflection ratio of 40:60, no mirror cut-off with EF 600mm f/4 IS USM or shorter)
Viewfinder information	AF information: AF points, focus confirmation ¹ , AF area selection mode Exposure information: Shutter speed, aperture value, ISO speed (always displayed), AE lock, exposure level/compensation, spot metering circle, exposure warning, AEB. Flash information: Flash ready, high-speed sync, FE lock, flash exposure compensation, red-eye reduction light. Image information: Card information, maximum burst (2 digit display), Highlight tone priority (D+). Composition information: Grid, Electronic level (2 methods) Other information: Battery check, Alert symbol
Depth of Field Preview	Yes, with Depth of Field preview button.

LCD MONITOR

Type	Vari angle 7.7cm (3.0") 3:2 Clear View II TFT, approx. 1040K dots
Coverage	Approx. 100%
Viewing Angle (Horizontally/Vertically)	Approx 170°
Coating	Anti-reflection, Solid Structure and Anti smudge
Brightness Adjustment	Adjustable to one of seven levels
Display Options	(1) Quick Control Screen (2) Camera settings (3) Electronic Level

FLASH

Built-in Flash GN (ISO 100, meters)	12
Built-in Flash Coverage	up to 17mm focal length (35mm equivalent: 28mm)
Built-in Flash Recycle Time	Approx. 3 seconds
Modes	Auto, Manual flash, Integrated Speedlite Transmitter
Red-Eye Reduction	Yes - with red-eye reduction lamp
X-Sync	1/250sec
Flash Exposure Compensation	+/- 3EV in 1/2 or 1/3 increments
Flash Exposure Bracketing	Yes, with compatible External Flash
Flash Exposure Lock	Yes
Second Curtain Synchronisation	Yes
HotShoe/ PC Terminal	Yes/ No
External Flash Compatibility	E-TTL II with EX series Speedlites, wireless multi-flash support
External Flash Control	via camera menu screen

SHOOTING

Modes	Scene Intelligent Auto (Stills and Movie), No Flash, Creative Auto, SCN(Portrait, Landscape, Close-up, Sports, Night Portrait, Handheld Night Scene, HDR Backlight Control), Program AE, Shutter priority AE, Aperture priority AE, Manual (Stills and Movie), Bulb, Custom
Picture Styles	Auto, Standard, Portrait, Landscape, Neutral, Faithful, Monochrome, User Defined (x3)
Colour Space	sRGB and Adobe RGB
Image Processing	Highlight Tone Priority Auto Lighting Optimizer (4 settings) Long exposure noise reduction High ISO speed noise reduction (4 settings) Multi Shot Noise Reduction Auto Correction of Lens Peripheral illumination and Chromatic aberration correction Basic+ (Shoot by ambient selection, Shoot by lighting or scene type) Creative filters (Art Bold, Water painting, Grainy B/W, Soft focus, Toy camera, Miniature effect, Fish-eye) RAW image processing - during image Playback only Resize to M or S1, S2, S3
Drive Modes	Single, Continuous L, Continuous H, Self timer (2s+remote, 10s +remote), Silent single shooting, Silent continuous shooting
Continuous Shooting	Max. Approx. 7fps. (speed maintained for up to 65 images (JPEG) TM (with UHS-I card), 16 images (RAW)) TM

LIVE VIEW MODE

Type	Electronic viewfinder with image sensor
Coverage	Approx. 100% (horizontally and vertically)
Frame Rate	30 fps
Focusing	Manual Focus (Magnify the image 5x or 10x at any point on screen) Autofocus: Dual Pixel CMOS AF (Face detection and Tracking AF, FlexiZone-Multi, FlexiZone-Single), Phase detection AF (Quick mode)
Metering	Real-time evaluative metering with image sensor. Evaluative metering, partial metering, spot metering, center-weighted average metering.
Display Options	Grid overlay (x3), Histogram, Multi aspect ratios

POWER SOURCE

Batteries	Rechargeable Li-ion Battery LP-E6 (supplied), built in for date & settings
Battery Life	Approx. 920 (at 23°C, AE 50%, FE 50%)* Approx. 850 (at 0°C, AE 50%, FE 50%)
Battery Indicator	6 levels + percentage
Power Saving	Power turns off after 1, 2, 4, 8, 15 or 30mins.
Power Supply & Battery Chargers	AC Adapter Kit ACK-E6, Battery charger LC-E6, Car Battery charger CBC-E6

PHYSICAL SPECIFICATIONS

Body Materials	Aluminium and polycarbonate resin with glass and conductive fibre
Operating Environment	0 - 40 °C, 85% or less humidity
Dimensions (WxHxD)	139.0 x 104.3 x 78.5mm
Weight (Body Only)	Approx. 755g (CIPA testing standard, including battery and memory card)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Sidoarjo, 11 Maret 1995, merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu Centennial Public School pada tahun 1999 hingga 2003 di Kingston, Canada, kemudian melanjutkan ke SDN Pucang 3 Sidoarjo dari tahun 2003 hingga 2007, SMPN 1 Sidoarjo pada tahun 2008 hingga 2010, SMAN 3 Sidoarjo pada tahun 2010 hingga 2013, dan melanjutkan pendidikan sarjana pada program studi S1 Teknik Fisika, Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2013. Selama menjalani proses pendidikan di perguruan tinggi penulis aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan, organisasi, dan keilmiahan. Di dunia kepanitiaan, penulis banyak aktif di beberapa *event* di tingkat departemen (*Engineering Physics Week 2014 – 2017*), (*International Seminar on Photonics, Optics, and Its Applications (ISPhOA) 2014, 2016*). Di dunia organisasi, penulis aktif di beberapa organisasi, yaitu di UKM Kendo ITS, Departemen External Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika ITS, OSA ITS Student Chapter, dan Engineering Physics English Club. Selain itu, pada tahun 2015 Penulis terpilih untuk menjadi wakil ITS dalam acara *Indonesia-Korea Friendship and Cultural Exchange Program* yang diadakan oleh Tim Muda Menginspirasi dan menjadi ambassador untuk Tim Muda Menginspirasi Branch Surabaya. Penulis aktif sebagai asisten Laboratorium Rekayasa Fotonika Teknik Fisika ITS. Penulis mendapatkan kesempatan melakukan kerja praktik di PT. Dirgantara Indonesia (Iae). Penulis dapat dihubungi melalui E-mail ahmadnug11@gmail.com.