

**PENDEKATAN
UNTUK PENGI**



**DIAN PENSUISAN
LS TAHAP RENDAH**

PADA IMEJ DIGITAL

oleh

MOHD HELMI BIN SUID

Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains

**PENDEKATAN BAHARU PENAPIS MEDIAN PENSUISAN UNTUK
PENGURANGAN HINGAR IMPULS TAHAP RENDAH PADA IMEJ
DIGITAL**

ABSTRAK

Penggunaan informasi visual berasaskan imej digital telah mendapat perhatian yang begitu meluas kerana ciri-cirinya yang fleksibel dan mudah untuk dimanipulasi. Namun, imej digital yang menjadi input asas kepada sesuatu sistem aplikasi sering dicemari oleh hingar. Antara jenis hingar yang lazimnya terdapat pada imej digital ialah hingar impuls. Oleh itu, dua jenis penapis baharu berasaskan skim pensuisan untuk penyingkiran hingar impuls pada imej digital telah diperkenalkan. Kedua-dua penapis ini yang dinamakan sebagai penapis Median Pensuisan Statistik Dwi-gelongsor (*Dual Sliding Statistics Switching Median filter (MPSDG)*) dan penapis Median Pensuisan Hibrid Mahir (*Adroit Hybrid Switching Median filter (MPHM)*) adalah penapis dua-peringkat yang terbahagi kepada peringkat pengesanan hingar serta penapisan hingar. Dalam kaedah MPSDG, pengesanan hingar dilaksanakan terlebih dahulu dengan memproses statistik tettingkap pengesanan setempat dalam susunan teratur dan tidak teratur secara serentak. Kemudian, median perbezaan mutlak yang diperolehi daripada statistik kedua-dua tettingkap akan digunakan bagi mengklasifikasikan piksel hingar yang wujud. Seterusnya pada peringkat penapisan, piksel-piksel yang telah diklasifikasikan sebagai hingar akan dipulihkan manakala piksel-piksel bebas hingar akan dikekalkan. Dalam teknik MPHM pula, statistik di dalam tettingkap pengesanan setempat akan disusun dalam kedudukan menaik dan perbezaan setiap data dengan nilai median akan dikira. Nilai-nilai perbezaan yang

diperolehi akan diproses pada langkah seterusnya dan nilai ambang akan digunakan bagi membezakan antara piksel hingar dan piksel bebas hingar. Sejurus sahaja selesai proses pengesanan hingar, kesemua piksel hingar akan digantikan dengan satu nilai median anggaran pada peringkat penapisan yang seterusnya. Dengan cara ini, penapis-penapis yang dicadangkan ini bukan sahaja mampu bagi menyingkirkan hingar impuls, malah ia juga mampu mengekalkan struktur dan bentuk objek dalam imej. Hasil daripada keputusan simulasi turut menunjukkan penapis MPSDG dan MPHM mampu mengatasi penapis-penapis konvensional lain yang wujud dalam kajian ilmiah, baik dari segi penilaian kualitatif mahupun kuantitatif.

NEW APPROACH OF SWITCHING MEDIAN FILTERS FOR LOW LEVEL IMPULSE NOISE REDUCTION IN DIGITAL IMAGES

ABSTRACT

The use of digital image-based visual information has gained a lot of attention due to its flexibility and easy to be manipulated. However, digital images that have been used as basic input to an application system are frequently contaminated by noise. One of the most common types of noise found in digital images is impulse noise. Therefore, two new types of filters based on switching scheme are proposed as impulse noise removal. Both filters namely Dual Sliding Statistics Switching Median filter (MPSDG) and Adroit Hybrid Switching Median filter (MPHM) are two-stage filters which consist of noise detection and noise filtering stages. In the MPSDG method, the filtering process begins with noise detection stage; whereby the statistics of a localized detection window of sorted and non-sorted orders are simultaneously processed. Subsequently, the median of absolute difference obtained from the statistics of both windows will be used to classify the existence of the noise pixel. Next in the filtering stage, the pixels that have been classified as noise will be restored while the noise-free pixels will be left unchanged. Meanwhile in the MPHM technique, the statistics in the local window detectors are arranged in ascending order and the difference of each data with the median value will be calculated. Then all of the obtained difference values will be processed in the next steps and threshold values will be used to distinguish between the noise pixels and noise-free pixels. Once the noise detection process is completed, all the noise pixels are replaced with the estimated median value in the next filtering stage. By using these processing

techniques, the proposed filters are not only able to remove the impulse noise, but are also able to maintain the structure and shape of the object in the image. The simulation results also show that the MPSDG and MPHM filters outperform other existing conventional filters in the literature, in terms of qualitative and quantitative assessments.

ISI KANDUNGAN

Penghargaan	ii
Isi Kandungan	iii
Senarai Jadual	vi
Senarai Rajah	vii
Senarai Singkatan Perkataan	ix
Senarai Simbol	xii
Abstrak	xv
Abstract	xvii

BAB 1– PENGENALAN

1.1	Pendahuluan	1
1.2	Penyingkiran Hingar Imej Digital	3
1.3	Pernyataan Masalah	5
1.4	Objektif Penyelidikan	7
1.5	Skop Penyelidikan	8
1.6	Garis Panduan Tesis	9

BAB 2– KAJIAN ILMIAH

2.1	Pendahuluan	11
2.2	Imej Digital dan Hingar	11
2.2.1	Perwakilan Imej Digital	12
2.2.2	Model Hingar Impuls	14
2.3	Penyingkiran Hingar Impuls	17

2.3.1	Penapis Hingar	18
2.3.2	Penapis Median Konvensional	20
2.3.3	Penapis Median Pensuisan Konvensional	23
2.4	Ulasan	33
2.5	Kesimpulan	35

BAB 3– METODOLOGI

3.1	Pendahuluan	37
3.2	Penapis Median Pensuisan Statistik Dwi-gelongsor (MPSDG)	38
3.2.1	Pengesanan Hingar Impuls Bernilai Rawak	39
3.2.2	Penapisan Hingar Impuls Bernilai Rawak	43
3.2.3	Pelarasan Parameter	46
3.3	Penapis Median Pensuisan Hibrid Mahir (MPHM)	47
3.3.1	Pengesanan Hingar Impuls Berasaskan Konsep Susunan Pangkat Peringkat Kedua	49
3.3.2	Pengesanan Hingar Impuls Berasaskan Konsep Korelasi Bergantung Pada Arah	52
3.3.3	Pemulihan Rekursif MPHM	55
3.3.4	Pelarasan Parameter	58
3.4	Analisis Prestasi	60
3.4.1	Sampel Imej Ujian	60
3.4.2	Analisis Kuantitatif	64
3.5	Ringkasan	65

BAB 4– KEPUTUSAN SIMULASI DAN PERBINCANGAN

4.1	Pendahuluan	67
4.2	Perbandingan Prestasi Penapis MPSDG dan Penapis Konvensional ...	68
4.2.1	Perbandingan Secara Pemeriksaan Visual	69
4.2.2	Perbandingan Secara Analisis Kuantitatif	77
4.2.3	Perbandingan Prestasi Dari Sudut Kecekapan Masa Pemrosesan	82
4.3	Perbandingan Prestasi Penapis MPHM dan Penapis Konvensional	83
4.3.1	Perbandingan Secara Pemeriksaan Visual	84
4.3.2	Perbandingan Secara Analisis Kuantitatif	91
4.3.3	Perbandingan Prestasi Dari Sudut Kecekapan Masa Pemrosesan	95
4.4	Kesimpulan	96

BAB 5– KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1	Kesimpulan	97
5.2	Cadangan Masa Hadapan	99

RUJUKAN	101
---------------	-----

Senarai Penerbitan	108
--------------------------	-----

SENARAI JADUAL

Jadual 2.1	Perbandingan prestasi pemulihan imej oleh penapis-penapis berasaskan purata dan median	20
Jadual 2.2	Perbandingan prestasi pemulihan imej oleh kelas-kelas penapis berasaskan median	22
Jadual 2.3	Perbandingan prestasi pemulihan imej oleh penapis-penapis dalam kelas median pensuisan	32
Jadual 4.1	Pelarasan parameter yang dicadangkan untuk setiap penapis konvensional	68
Jadual 4.2	Perbandingan nilai PSNR pada ketumpatan hingar yang berbeza untuk imej ' <i>Pepper</i> ', ' <i>Yacht</i> ' dan ' <i>Cameraman</i> '	78
Jadual 4.3	Perbandingan nilai MAE pada ketumpatan hingar yang berbeza untuk imej ' <i>Pepper</i> ', ' <i>Yacht</i> ' dan ' <i>Cameraman</i> '	79
Jadual 4.4	Perbandingan nilai PSNR pada ketumpatan hingar yang berbeza untuk imej ' <i>Goldhill</i> ', ' <i>Boat</i> ' dan ' <i>Pentagon</i> '	92
Jadual 4.5	Perbandingan nilai MAE pada ketumpatan hingar yang berbeza untuk imej ' <i>Goldhill</i> ', ' <i>Boat</i> ' dan ' <i>Pentagon</i> '	93

SENARAI RAJAH

Rajah 1.1	Domain kaedah pemulihan imej	2
Rajah 1.2	Gambar rajah blok mewakili proses degradasi dan pemulihan imej	3
Rajah 2.1	Gambar dengan 6×6 bahagian kecil	12
Rajah 2.2	Imej digital bersaiz $U \times V$	13
Rajah 2.3	Aras kelabu dalam imej skala kelabu 8-bit	13
Rajah 2.4	Jenis-jenis hingar impuls	14
Rajah 2.5	Imej ujian dan histogram	16
Rajah 2.6	Proses penjanaan imej yang tercemar oleh hingar impuls bernilai rawak	17
Rajah 2.7	Rangka kerja asas penapis pensuisan	23
Rajah 2.8	Kaedah-kaedah penapisan hingar impuls dalam domain pensuisan	23
Rajah 2.9	Set koordinat pengesanan hingar impuls penapis DWM	29
Rajah 2.10	Gambar rajah blok konsep penapisan TSM.	30
Rajah 2.11	Jenis-jenis penapis median pensuisan dalam kelas masing-masing	33
Rajah 3.1	Graf jaringan <i>diffMAD</i>	41
Rajah 3.2	Contoh ilustrasi operasi penapisan hingar oleh penapis MPSDG	45
Rajah 3.3	Carta alir proses penapis MPHMM	48
Rajah 3.4	Operator sensitif pinggir 2-Dimensi	53
Rajah 3.5	Contoh gambaran operasi penapis hingar MPHMM	56

Rajah 3.6	Graf purata PSNR dengan penggunaan saiz tettingkap yang berbeza	59
Rajah 3.7	Graf purata masa pemprosesan dengan penggunaan saiz tettingkap yang berbeza	59
Rajah 3.8	Imej-imej ujian piawai yang asal	61
Rajah 3.9	Profil imej berfrekuensi tinggi dalam domain ruang	62
Rajah 3.10	Profil imej berfrekuensi rendah dalam domain ruang	63
Rajah 4.1	Keputusan pemulihan imej ujian ' <i>Pepper</i> ' yang dicemari oleh hingar impuls	70
Rajah 4.2	Keputusan pemulihan imej ujian ' <i>Yacht</i> ' yang dicemari oleh hingar impuls	72
Rajah 4.3	Keputusan pemulihan imej ujian ' <i>Cameraman</i> ' yang dicemari oleh hingar impuls	74
Rajah 4.4	Graf purata PSNR berdasarkan 100 imej ujian	80
Rajah 4.5	Graf purata MAE berdasarkan 100 imej ujian	80
Rajah 4.6	Graf purata masa pemprosesan berdasarkan 100 imej ujian	82
Rajah 4.7	Keputusan pemulihan imej ujian ' <i>Goldhill</i> ' yang dicemari oleh hingar impuls	85
Rajah 4.8	Keputusan pemulihan imej ujian ' <i>Boat</i> ' yang dicemari oleh hingar impuls	87
Rajah 4.9	Keputusan pemulihan imej ujian ' <i>Pentagon</i> ' yang dicemari oleh hingar impuls	90
Rajah 4.10	Graf purata PSNR berdasarkan 100 imej ujian	94
Rajah 4.11	Graf purata MAE berdasarkan 100 imej ujian	94
Rajah 4.12	Graf purata masa pemprosesan berdasarkan 100 imej ujian	95

SENARAI SINGKATAN PERKATAAN

3-D	<i>3 Dimensional</i> (3 Dimensi)
AM	<i>Adaptive Median Filter</i> (Penapis Median Adaptif)
ACWM	<i>Adaptive Center Weighted Median Filter</i> (Penapis Median Pusat Berpemberat Adaptif)
AFS	<i>Adaptive Fuzzy Switching Filter</i> (Penapis Pensuisan Fuzi Adaptif)
AVM	<i>Adaptive Vector Median Filter</i> (Penapis Median Vektor Adaptif)
AWM	<i>Adaptive Weighted Median Filter</i> (Penapis Median Berpemberat Adaptif)
BF	<i>Binomial Filter</i> (Penapis Binomial)
BLF	<i>Bilateral Filter</i> (Penapis Dua Hala)
CCTV	<i>Closed-circuit Television</i> (Kamera Litar Tertutup)
CWM	<i>Center Weighted Median Filter</i> (Penapis Median Pusat Berpemberat)
dB	Desibel
DBA	<i>Decision-based Algorithm Filter</i> (Penapis Algoritma Berasaskan Keputusan)
DWM	<i>Directional Weighted Median Filter</i> (Penapis Median Berpemberat Arah)
EDPA	<i>Efficient Detail-preserving Approach</i> (Pendekatan Pemuliharaan Perincian yang Cepak)

FMEM	<i>Functional Minimization Effective Median Filter</i> (Penapis Median Pengurangan Fungsi yang Berkesan)
FSM	<i>Fuzzy Switching Median Filter</i> (Penapis Median Pensuisan Fuzi)
GF	<i>Gaussian Filter</i> (Penapis Gaussian)
IDE	<i>Integrated Design Environment</i> (Reka bentuk Bersepadu)
LRC	<i>Long Range Correllation Filter</i> (Penapis Korelasi Jarak Panjang)
MAE	<i>Mean Absoluet Error</i> (Ralat Min Mutlak)
MBLF	<i>Multiresolution Bilateral</i> (Penapis Dua Hala Multiresolusi)
MF	<i>Standard Mean Filter</i> (Penapis Purata Piawai)
MM	<i>Max/Median Filter</i> (Penapis Maksimum/Median)
MPHM	<i>Dual Sliding Statistics Switching Median filter</i> (Penapis Median Pensuisan Hibrid Mahir)
MPSDG	<i>Adroit Hybrid Switching Median filter</i> (Penapis Median Pensuisan Statistik Dwi-gelongsor)
MSE	<i>Mean Square Error</i> (Ralat Min Kuasa Dua)
MSF	<i>Mean Shift Filter</i> (Penapis Purata Berubah)
MSM	<i>Multi Stage Median</i> (Penapis Median Pelbagai Peringkat)
MSMF	<i>Multi-state Median</i> (Penapis Median Berbilang Keadaan)
MTBC	<i>Efficient Nonparametric Switching Median filter</i> (Penapis Median Pensuisan Tak Berparameter Cepak)
NLM	<i>Non Local Mean</i> (Penapis Purata Bukan Tempatan)
OCS	<i>Open-Close Sequence Filter</i> (Penapis Rangkaian Buka-Tutup)

PBM	<i>Partition Based Median Filter</i> (Penapis Median Berasaskan Bahagian)
PSF	<i>Point Spread Function</i> (Fungsi Titik Serakan)
PSM	<i>Progressive Switching Median Filter</i> (Penapis Median Pensuisan Progresif)
PSNR	<i>Peak Signal to Noise Ratio</i> (Nisbah Isyarat Puncak kepada Hingar)
PWMAD	<i>Pixel-wise MAD</i> (Penapis MAD Pikel Pintar)
RGB	<i>Red Green Blue</i> (Merah Hijau Biru)
RVI	<i>Random Value Impulse Noise</i> (Hingar Impuls Bernilai Rawak)
SAM	<i>Signal Adaptive Median Filter</i> (Penapis Median Isyarat Adaptif)
SAMF	<i>Simple Adaptive Median Filter</i> (Penapis Median Adaptif Mudah)
SM	<i>Standard Median Filter</i> (Penapis Median Piawai)
SWM-I	<i>Switching Median Filter I</i> (Penapis Median Pensuisan I)
SWM-II	<i>Switching Median Filter II</i> (Penapis Median Pensuisan II)
S&P	<i>Salt and Pepper Noise</i> (Hingar Garam dan Lada)
TEA	<i>Two-stages Efficient Algorithm Filter</i> (Penapis Algoritma Dua Peringkat yang Cepak)
TSM	<i>Tri-state Median Filter</i> (Penapis Median Tiga Keadaan)
WM	<i>Weighted Median Filter</i> (Penapis Median Berpemberat)

SENARAI SIMBOL

δ_k	Ambang untuk penapis FMEM dan ACWM dalam setiap lelaran
η	Terma hingar tambahan
$AbsDiff$	Perbezaan mutlak antara $m(i, j)$ dan $x(i, j)$
$AvgD$	Purata perbezaan mutlak untuk jajaran arah sekitar $x(i, j)$
d_1	Perbezaan mutlak peringkat pertama
d_2	Perbezaan mutlak peringkat kedua
$diffMAD$	Julat perbezaan antara MAD_{med} dan MAD_{pusat}
d_{med}	Perbezaan mutlak antara semua piksel di dalam tettingkap $W(i, j)$ dengan P_{med}
d_{pusat}	Perbezaan mutlak antara semua piksel di dalam tettingkap $W(i, j)$ dengan P_{pusat}
$f(i, j)$	Perwakilan umum keamatan piksel imej asal dengan amplitud f
F_l / F_2	Parameter telah ditetapkan untuk penjanaan penanda fuzi dalam penapis TEA
F_l / F_u	Parameter telah ditetapkan untuk penjanaan penanda fuzi dalam penapis EDPA
H	Fungsi degradasi
L_D	Pemboleh ubah saiz tettingkap dalam penapis TEA
MAD	Median perbezaan mutlak
MAD_{med}	Median perbezaan mutlak set tata susunan d_{med}
MAD_{pusat}	Median perbezaan mutlak set tata susunan d_{pusat}
$m(i, j)$	Piksel median
$M(i, j)$	Topeng hingar binari

N	Pemboleh ubah saiz tettingkap penapisan
N_i	Bilangan piksel di dalam $W(i, j)$ yang serupa dengan $x(i, j)$
N_{min}	Keamatan intensiti minimum
N_{maks}	Keamatan intensiti maksimum
\check{n}_D	Bilangan lelaran pengesanan dalam penapis PSM
\check{n}_{max}	Bilangan lelaran penapisan maksimum dalam penapis DWM
$P_{med}(i, j)$	Piksel median untuk set data di dalam $W(i, j)$ yang disusun
$P_{pusat}(i, j)$	Piksel pusat untuk set data di dalam $W(i, j)$
r	Tahap kepadatan atau ketumpatan hingar
r_{max}	Bilangan lelaran maksimum untuk penapis FMEM
s	Parameter penapisan hingar untuk penapis FMEM dan ACWM
s_i	Pemalar bagi menambah baik penanda fuzi dalam penapis EDPA
T	Ambang untuk penapis EDPA
T^1_{MPHM}	Ambang pengesanan hingar penapis MPHMM dalam mod 1
T^2_{MPHM}	Ambang pengesanan hingar penapis MPHMM dalam mod 2
$T_d^{(t)}$	Ambang untuk penapis MPHMM dalam setiap lelaran
T_1	Ambang untuk penapis PSM
T_0	Ambang permulaan untuk penapis DWM
T_{SWM-I}	Ambang untuk penapis SWM-I
T_{SWM-II}	Ambang untuk penapis SWM-II
$T^{(t)}_{MPSDG}$	Ambang untuk penapis MPSDG dalam setiap lelaran
u	Pemalar untuk proses pengklasifikasian piksel dalam penapis TEA
w	Pemberat piksel

w_c	Pemberat piksel pusat
w_m	Pemberat piksel untuk penapis DWM
W_D	Saiz tettingkap pengesanan untuk penapis PSM
W_F	Saiz tettingkap penapisan untuk penapis PSM
$W(i, j)$	Tettingkap pengesanan atau tettingkap penapisan
$x(i, j)$	Imej hingar masukan atau piksel pusat di dalam $W(i, j)$
$y(i, j)$	Imej keluaran atau piksel di dalam $W(i, j)$ yang ditapis

BAB 1

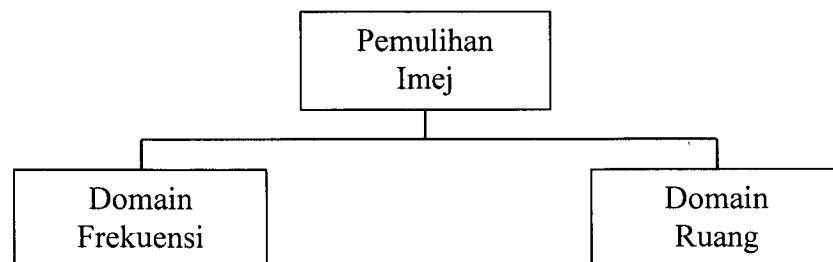
PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Pemrosesan imej digital boleh didefinisikan sebagai suatu bentuk pemrosesan isyarat berangka yang mana inputnya adalah imej dan outputnya pula adalah sama ada terdiri daripada imej ataupun set ciri-ciri yang berkaitan dengan imej. Secara teknikal, ianya adalah proses memanipulasi imej digital yang melibatkan penggunaan algoritma-algoritma komputer bagi memproses data pada imej digital untuk penambahbaikan imej mentah yang diterima dari kamera dan/atau sensor. Pemrosesan imej digital adalah satu bidang yang luas; merangkumi pelbagai aspek seperti fotografi, optik, elektronik, matematik dan teknologi komputer.

Kini, penggunaan sistem pemrosesan imej digital telah berkembang dengan begitu meluas hasil daripada dorongan beberapa aplikasi baharu yang menarik. Antara aplikasi yang amat sinonim dengan sistem pemrosesan imej digital ialah pengimejan geografi (Lee et al., 2008), pengimejan perubatan (Isa et al. 2008; Jusman et al., 2011), sistem penglihatan robot (Kubik & Sugisaka, 2003), pengimejan satelit dan pengecaman objek (Yu et al., 2003; Shotton et al., 2007, 2008). Seiring dengan kepesatan pembangunan teknologi yang semakin canggih, pemrosesan imej digital dijangka akan mengalami pertumbuhan yang luar biasa dan memainkan peranan yang cukup penting pada masa hadapan. Lazimnya, kebanyakan aplikasi teknologi moden tersebut akan turut melibatkan beberapa operasi pemrosesan imej seperti pengesanan pinggir, klasifikasi imej, segmentasi imej dan

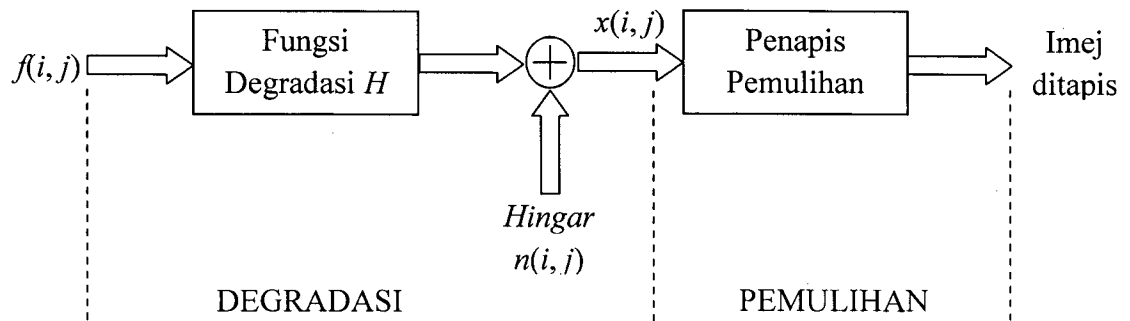
lain-lain yang sangat bergantung kepada kualiti imej yang digunakan. Namun, imej digital yang menjadi input asas kepada sesuatu sistem aplikasi sering dicemari oleh hingar. Pada dasarnya, kehadiran hingar dalam imej digital boleh mengganggu sesuatu sistem aplikasi pemprosesan imej kerana hingar akan mengubah atau merosakkan data asal yang terkandung dalam imej. Justeru, proses pemulihan imej perlu dilakukan bagi memastikan keberkesanan sesuatu sistem aplikasi pemprosesan imej dapat dicapai dengan prestasi yang terbaik. Pemulihan imej membawa maksud penyingkiran hingar atau pengurangan degradasi imej yang disebabkan oleh gangguan isyarat semasa proses pemerolehan, penghantaran atau penyimpanan imej. Pemulihan imej boleh dikategorikan kepada domain frekuensi dan domain ruang seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.1. Proses pemulihan imej dengan menggunakan kaedah domain frekuensi memerlukan transformasi imej digital daripada domain ruang kepada domain frekuensi terlebih dahulu sebelum ia diproses. Manakala dalam domain ruang pula, proses pemulihan imej dapat dilaksanakan terus kepada piksel.



Rajah 1.1: Domain kaedah pemulihan imej.

Dalam usaha bagi mengurangkan kerumitan proses pemulihan imej, rangka kerja penyelidikan ini telah dihadkan hanya kepada bahagian pemulihan imej dengan menggunakan kaedah domain ruang

1.2 Penyingkiran Hingar Imej Digital



Rajah 1.2: Gambar rajah blok mewakili proses degradasi dan pemulihan imej berdasarkan Gonzalez & Woods (2002).

Rajah 1.2 menunjukkan proses degradasi yang dimodelkan sebagai satu fungsi degradasi H bersama-sama hingar tambahan $n(i, j)$ beroperasi pada imej input $f(i, j)$ bagi menghasilkan imej yang terdegradasi $x(i, j)$. Objektif pemulihan imej adalah bagi mendapatkan anggaran imej ditapis yang menyerupai imej asal $f(i, j)$ dengan menggunakan $x(i, j)$ dan beberapa informasi berkenaan $n(i, j)$. Dalam kajian ini, H yang sering dirujuk sebagai fungsi titik serakan (*point spread function* (PSF)) yang boleh menyebabkan terjadinya masalah kekaburan dianggap sebagai operator identiti dan kerja-kerja penyelidikan hanya ditumpukan kepada degradasi yang disebabkan oleh hingar $n(i, j)$ sahaja. Antara cara yang paling berkesan dan mudah bagi mengurangkan kesan degradasi hingar dalam imej digital adalah dengan menggunakan algoritma-algoritma pengkomputeran.

Secara amnya, terdapat pelbagai jenis hingar yang sering diguna pakai dalam kajian-kajian bidang pemprosesan imej. Hingar-hingar ini boleh dikategorikan kepada dua kategori utama. Kategori yang pertama ialah hingar tambahan (*additive noise*). Dalam imej digital, hingar tambahan ini dimodelkan sebagai hingar *Gaussian* (*Gaussian noise*) dan hingar pengkuantuman (*quantization noise*). Lazimnya, hingar

tambahan seperti hingar Gaussian ini terhasil semasa proses perolehan imej (Garnett et al., 2005). Terdapat pelbagai penapis yang telah direka sebelum ini untuk tugas-tugas penyingkiran hingar tambahan dan kebanyakannya adalah penapis yang berasaskan purata. Antara penapis-penapis yang terkenal dalam bahagian penyingkiran hingar tambahan ini adalah seperti penapis Dua Hala (*Bilateral* (BLF)) (Tomasi & Manduchi, 1998), penapis Dua Hala Multiresolusi (*Multiresolution Bilateral* (MBLF)) (Zhang & Gunturk, 2008) dan penapis Purata Bukan Tempatan (*Non Local Mean* (NLM)) (Buades et al., 2005). Pada dasarnya, penapis-penapis hingar tambahan yang dinyatakan tersebut akan menggantikan setiap piksel dalam imej dengan satu nilai intensiti purata atau purata berpemberat berdasarkan kiraan piksel pusat dan piksel-piksel di sekelilingnya.

Satu lagi kategori hingar yang biasa terdapat dalam imej digital adalah hingar impuls (*impulse noise*). Hingar jenis ini sering mendapat perhatian yang meluas dalam kebanyakan penyelidikan kerana piksel yang dicemari oleh hingar impuls biasanya mempunyai kontras yang sangat tinggi berbanding piksel-piksel sekitarnya dan kehadirannya akan memberikan kesan degradasi yang ketara kepada kualiti imej (Wang & Lin, 1997a; Petrou & Bosdogianni, 2000; Deng et al., 2007). Secara amnya, hingar impuls boleh dikategorikan kepada dua jenis iaitu hingar impuls bernilai rawak (*random value impulse* (RVI)) dan hingar garam dan lada (*salt & pepper* (S&P)). Punca hingar impuls kemungkinan besar adalah disebabkan oleh ralat yang terjadi semasa proses penghantaran dalam talian dan kerosakan lokasi memori dalam perkakasan (Chan et al., 2005; Ramaraj & Kamaraj, 2010; Toh & Isa, 2010a). Untuk tujuan penapisan hingar impuls, penapis bukan linear boleh dianggap sebagai penapis yang efektif dan lebih baik berbanding penapis linear (Astola & Kuosmanen, (1997); Ng & Ma, 2006). Salah satu kaedah penapisan bukan linear

yang paling popular dan sering digunakan bagi mengurangkan kesan hingar impuls dalam imej adalah penapis berasaskan median. Ini adalah kerana, penapis berasaskan median mempunyai keseimbangan yang baik dari segi penyingkiran hingar dan pemuliharaan pinggir/butiran asal imej (Aizenberg, 2004). Antara contoh-contoh penapis berasaskan median yang terawal adalah seperti penapis Median Piawai (*Standard Median (SM)*) (Pratt (1975), penapis Median Berpemberat (*Weighted Median (WM)*) (Brownrigg, 1984) dan penapis Median Pusat Berpemberat (*Center Weighted Median (CWM)*) (Ko & Lee, 1991). Secara ringkasnya, penapis median ini akan mengeksploitasi maklumat kedudukan susunan intensiti piksel-piksel di dalam tettingkap penapisan dan menggantikan piksel pusat dengan nilai median piksel-piksel di dalam tettingkap tersebut.

1.3 Pernyataan Masalah

Walaupun penapis SM dan variasi-variasinya yang lain seperti penapis WM dan penapis CWM dilihat ideal untuk kerja-kerja penapisan hingar impuls, namun satu masalah dengan penapis-penapis ini adalah dalam kebanyakan keadaan ia cenderung bagi turut menyingkirkan perincian yang diinginkan ataupun mengekalkan hingar impuls yang terlalu banyak (Chen & Wu, 2001c). Masalah tersebut terjadi kerana penapis tersebut gagal membezakan antara piksel hingar dan piksel bebas hingar semasa proses penapisan dilakukan. Bagi mengatasi masalah tersebut, mekanisme pensuisan (iaitu pembuat keputusan) telah digabungkan ke dalam rangka kerja penapis median, seperti yang dicadangkan oleh Sun & Neuvo (1994). Dengan menggunakan teknik seperti ini, penapis median pensuisan telah menunjukkan peningkatan kualiti penapisan hingar dan pemuliharaan perincian imej yang agak

ketara jika dibandingkan dengan penapis median konvensional tanpa konsep pensuisan.

Oleh kerana keberkesanannya, evolusi dalam penyelidikan penapis median pensuisan terus berkembang pesat dari masa ke semasa dengan ramai penyelidik telah mula memberikan tumpuan bagi menghasilkan penapis yang berupaya menapis hingar impuls pada kadar ketumpatan yang tinggi. Sehingga kini, terdapat pelbagai penapis berasaskan median pensuisan telah dihasilkan dan ada di antara penapis-penapis tersebut yang mampu menapis hingar impuls sehingga 60% tahap ketumpatan hingar. Contohnya adalah seperti penapis Median Berpemberat Terarah (*Directional Weighted Median (DWM)*) (Dong & Xu, 2007) dan penapis Median Pengurangan Fungsi yang Berkesan (*Functional Minimization Effective Median (FMEM)*) (Zhang, 2010).

Walaupun kebanyakan artikel penyelidikan yang diterbitkan sebelum ini adalah tertumpu pada kes tahap pencemaran hingar yang tinggi (contohnya seperti penapis-penapis DWM dan FMEM), namun fokus penyelidikan seperti itu kelihatan tidak begitu relevan lagi untuk situasi masa kini. Ini adalah kerana selaras dengan kemajuan dalam teknologi pengimejan digital, tahap ketumpatan hingar impuls dalam imej digital kebelakangan ini telah menurun dengan ketara hingga ke tahap yang boleh dianggap sebagai kadar pencemaran hingar rendah (iaitu ketumpatan hingar yang kurang daripada 30%) (Toh & Isa, 2010b). Sebagai contoh, pada masa kini produk pengimejan seperti kamera CCTV (Closed-circuit television) tidak lagi terjejas oleh masalah tahap pencemaran hingar yang tinggi.

Oleh itu, dengan berpandukan kepada huraian di atas matlamat penyelidikan ini telah difokuskan kepada usaha-usaha bagi menghasilkan algoritma penapisan

median pensuisan untuk kes pencemaran hingar impuls tahap rendah yang mampu memberikan kualiti penapisan hingar yang lebih baik berbanding penapis-penapis median pensuisan yang sedia ada; tidak kira dari segi kualitatif mahupun kuantitatif. Penyelidikan dalam penapisan hingar tahap rendah juga adalah lebih menarik kerana kes ini khususnya memerlukan mekanisme pengesanan hingar yang lebih tepat (Aizenberg, 2004).

1.4 Objektif Penyelidikan

Berdasarkan pernyataan masalah yang diberikan dalam subseksyen sebelum ini, maka objektif penyelidikan ini adalah ditetapkan seperti berikut:

1. Menghasilkan satu kaedah penapisan median pensuisan bagi menghilangkan kesan hingar impuls bernilai rawak tahap rendah (iaitu kes ketumpatan hingar yang kurang daripada 30%) dalam imej digital.
2. Merekabentuk satu penapis median pensuisan bagi menyingkirkan hingar impuls bernilai rawak tahap amat rendah (iaitu kes ketumpatan hingar yang tidak lebih daripada 15%) dan pada masa yang sama mampu memelihara struktur serta butiran asal sesuatu imej input.

Kedua-dua penapis yang dicadangkan di atas akan direka dengan mengambil kira keseimbangan antara kecekapan penapisan dan kepantasan masa pemrosesan yang munasabah.