

PERBAIKAN CITRA DENGAN MENGGUNAKAN *MEDIAN FILTER* dan METODE *HISTOGRAM EQUALIZATION*

Ricky Aprias Sholihin , Bambang Hari Purwoto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

ABSTRAKS

Seringkali citra yang kita miliki mengalami penurunan mutu atau kualitas, misalnya karena mengandung cacat atau derau (noise), warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur (blurring), dan sebagainya. Dalam kondisi demikian diperlukan perbaikan citra (image enhancement) yang bertujuan untuk mendapatkan tampilan citra dengan bentuk visualisasi yang lebih baik. Banyak teknik atau metode yang digunakan dalam perbaikan citra (image enhancement). Antara lain menggunakan metode penapis median (median filtering) dan perataan histogram citra (histogram equalization). Median filter merupakan suatu metode yang menitik beratkan pada nilai median atau nilai tengah dari jumlah total nilai keseluruhan pixel yang ada di sekelilingnya. Histogram equalization adalah suatu metode yang mana terjadi perataan histogram citra, dimana distribusi nilai derajat warna pada suatu citra dibuat rata. Dengan histogram equalization ini sebuah citra akan memiliki kontras yang seragam dan derajat atau tingkat warna yang merata. Penerapan median filter dan metode histogram equalization dalam image enhancement (perbaikan citra) mampu memperbaiki citra yang telah diujikan. Pemrosesan citra menggunakan median filter mampu mengurangi derau atau noise pada citra. Dari pengujian citra diperoleh nilai PSNR dan MSE. Nilai PSNR yang paling tinggi yaitu 40.5904 dB dan nilai terendah adalah 25.9874 dB. Nilai MSE diperoleh nilai tertinggi yaitu 163.8085 dan terendah adalah 74.634. Berdasarkan penilaian subjektif yang diambil dari sejumlah responden, citra yang dihasilkan dalam penelitian ini yaitu masuk dalam kategori cukup (citra masih dapat dikenali, tetapi masih terdapat kerusakan (noise) dan kategori baik (citra terinterpretasi baik, tidak ada kerusakan (noise) dengan nilai rata-rata terendah 3,2 dan nilai rata-rata paling tinggi yaitu 4,8).

Kata Kunci : *Citra, Image Enhancement, Median filter, Noise, PSNR, MSE*

1. Pendahuluan

Citra (*image*) sebagai salah satu komponen multimedia memegang satu peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra memiliki karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi. Meskipun sebuah citra kaya akan informasi, namun seringkali citra yang kita miliki mengalami penurunan mutu (degradasi) citra yaitu penurunan kualitas citra, misalnya karena mengandung cacat atau derau (*noise*), warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur (*blurring*), dan sebagainya. Tentu saja citra semacam ini menjadi lebih sulit diinterpretasikan karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut kurang jelas. Derau atau *noise* ini akan menyebabkan citra yang kita miliki bisa menjadi terlalu kontras, kabur, kurang tajam dan lain sebagainya. Oleh karena itu perlu suatu proses perbaikan mutu citra terhadap citra yang mengalami derau atau *noise* tersebut sehingga citra dapat dengan mudah diinterpretasikan baik oleh manusia ataupun mesin.

Perbaikan citra (*image enhancement*) bertujuan untuk mendapatkan tampilan citra

dengan bentuk visualisasi yang lebih baik, dengan cara memaksimalkan kandungan informasi di dalam citra masukan. Teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain. Inputan pada proses ini adalah citra dan keluarannya juga berupa citra dengan kualitas lebih baik daripada citra inputan sebelumnya.

1.1 Pengertian Citra

Secara harfiah, citra (*image*) adalah gambar pada bidang dwimatra (2 dimensi). Ditinjau dari sudut pandang sistematis, citra merupakan fungsi *continue* dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra (2D). Ada 2 jenis citra yaitu : citra diam dan citra bergerak. Citra diam adalah citra tunggal yang tidak bergerak, sedangkan citra bergerak adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara sekuensial. Sedangkan citra digital merupakan citra yang tersusun dalam bentuk raster (*grid /kisi*). Setiap kotak (*tile*) yang terbentuk disebut pixel (*picture element*) dan memiliki koordinat (x,y). Sumbu x (*horizontal*) : kolom (*column*), sample sedangkan sumbu y (*vertikal*) : baris (*row,line*). Setiap pixel memiliki nilai (*value* atau *number*) yang

menunjukkan intensitas keabuan pada pixel tersebut. Derajat keabuan dimana merepresentasikan *grey level* atau kode warna. Kisaran nilai ditentukan oleh bit yang dipakai dan akan menunjukkan resolusi aras abu-abu (*grey level resolution*).

1 bit - 2 warna: [0,1]

4 bit - 16 warna: [0,15]

8 bit - 256 warna: [0,255]

24 bit - 16.777.216 warna (*true color*)

Kanal Merah - *Red* (R): [0,255]

Kanal Hijau - *Green* (G): [0,255]

Kanal Biru - *Blue* (B): [0,255]

1.2 Citra Digital

Citra digital adalah hasil penangkapan suatu objek fisik menggunakan peralatan pencitraan digital, dimana setiap bagian dari gambar tersebut direpresentasikan dalam bentuk *pixel* (*picture elements*). Suatu citra digital dapat diedit, dimanipulasi, dikirim, dihapus, di-copy atau dimasukkan ke berkas komputer lainnya atau ke halaman *web*.

Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan dalam pita magnetik. Komputer hanya dapat bekerja dengan bilangan numerik yang berhingga, sehingga gambar harus diubah ke dalam bentuk bilangan numerik berhingga (gambar digital) sebelum diproses dalam suatu komputer. Untuk mengubah gambar yang bersifat kontinu menjadi gambar digital diperlukan proses pembuatan kisi-kisi arah horizontal dan vertikal, sehingga diperoleh gambar dalam bentuk *array* dua dimensi. Proses tersebut dikenal sebagai proses digitalisasi atau *sampling*.

Gambar dapat direpresentasikan dengan *array* dua dimensi, dimana setiap elemen *array* dikenal sebagai elemen gambar (*pixel*). Pembagian suatu gambar menjadi sejumlah *pixel* dengan ukuran tertentu ini akan menentukan resolusi *spatial* (derajat kehalusan) yang diperoleh. Semakin kecil ukuran *pixel*nya, maka akan semakin halus gambar yang diperoleh, karena informasi yang hilang akibat pengelompokan tingkat keabuan pada proses pembuatan kisi-kisi akan semakin

kecil. Angka pada gambar digital menggambarkan bagaimana setiap *pixel* menggambarkan kecerahan (*brightness*) gambar tersebut pada titik yang bersangkutan.

1.3 Konsep Warna

Warna pokok dalam pengelolaan gambar terdiri dari 3 (tiga) unsur, yaitu merah (R), hijau (H), dan biru (B). Jika warna-warna pokok tersebut digabungkan, maka akan menghasilkan warna lain. Konsep ruang warna adalah setiap pixel mempunyai warna yang dinyatakan dalam RGB, sehingga merupakan gabungan nilai R, nilai G, dan nilai B yang tidak bisa dipisahkan satu dengan lainnya.

Warna yang dideskripsikan dengan RGB adalah pemetaan yang mengacu pada panjang gelombang dari RGB. Pemetaan menghasilkan nuansa warna untuk masing-masing R, G, dan B. Masing-masing R, G, dan B didiskritkan dalam skala 256, sehingga RGB akan memiliki indeks antara 0 sampai 255. Dengan pemetaan RGB color cube maka 3 warna dasar dapat dicampurkan sehingga mendapatkan warna yang baru.

1.4 Kontras Citra

Kontras menyatakan sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness*) di dalam sebuah gambar. Citra dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori kontras : citra kontras-rendah (*low contrast*), citra kontras-bagus (*good contrast* atau *normal contrast*), dan citra kontras-tinggi (*high contrast*). Ketiga kategori ini umumnya dibedakan secara intuitif.

Citra kontras-rendah dicirikan dengan sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian besar gelap. Dari histogramnya terlihat sebagian besar derajat keabuannya terkelompok (*clustered*) bersama atau hanya menempati sebagian kecil dari rentang nilai-nilai keabuan yang mungkin.

Citra kontras-bagus memperlihatkan jangkauan nilai keabuan yang lebar tanpa ada suatu nilai keabuan yang mendominasi. Histogram citranya memperlihatkan sebaran nilai keabuan yang relatif seragam.

Citra kontras-tinggi, seperti halnya citra kontras bagus, memiliki jangkauan nilai keabuan yang lebar, tetapi terdapat area yang lebar yang didominasi oleh warna gelap

dan area yang lebar yang didominasi oleh warna terang. Gambar dengan langit terang dengan latar depan yang gelap adalah contoh citra kontras-tinggi. Pada histogramnya terlihat dua puncak, satu pada area nilai keabuan yang rendah dan satu lagi pada area nilai keabuan yang tinggi.

1.5 Derau (Noise)

Derau (Noise) adalah gambar atau piksel yang mengganggu kualitas citra. Derau dapat disebabkan oleh gangguan fisis(optik) pada alat akuisisi maupun secara disengaja akibat proses pengolahan yang tidak sesuai. Contohnya adalah bintik hitam atau putih yang muncul secara acak yang tidak diinginkan di dalam citra. bintik acak ini disebut dengan derau *salt & pepper*. Noise juga bisa disebabkan karena menyimpangnya data digital yang diterima oleh alat penerima data gambar yang mana dapat mengganggu kualitas citra. Selain itu derau juga dapat disebabkan oleh gangguan fisis (optik) pada alat penangkap citra misalnya kotoran debu yang menempel pada lensa foto maupun akibat proses pengolahan yang tidak sesuai. Ada tiga jenis noise yang sering digunakan dalam pengolahan citra yaitu *gaussian noise*, *localvar noise*, dan *salt and pepper noise*.

1.6 Image Enhancement

Image Enhancement adalah proses mendapatkan citra yang lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia. Pada proses ini, ciri-ciri tertentu yang terdapat di dalam citra lebih diperjelas kemunculannya. Secara matematis *image enhancement* dapat diartikan sebagai proses mengubah citra $f(x, y)$ menjadi $f'(x, y)$ sehingga ciri -ciri yang dilihat pada $f(x, y)$ lebih ditonjolkan. Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (*image preprocessing*). Perbaikan kualitas diperlukan karena seringkali citra yang dijadikan objek pembahasan mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (*noise*) pada saat pengiriman melalui saluran transmisi, citra terlalu terang/gelap, citra kurang tajam, kabur, dan sebagainya.

1.7 Penapisan Citra Secara Spasial

Pengolahan citra (*image processing*) untuk mereduksi suatu *noise* atau derau pada citra digunakan metode *filtering* yaitu suatu cara untuk ekstraksi bagian data tertentu dari suatu himpunan data, dengan menghilangkan bagian-bagian data yang tidak diinginkan. Ada beberapa jenis *filtering* yang digunakan dalam pengolahan citra salah satunya adalah *spacial filtering*. Spatial filter disebut juga *Discrete Convolution Filter* atau filter yang mengkonvolusi suatu citra dengan citra lain. Ukuran filter citra ini biasanya kecil, relatif terhadap citra dan disebut *Convolution Mask*. Operasi ini menyalin suatu citra pada suatu pixel sehingga menimbulkan efek yang berbeda. Dengan spatial filter, komputasi yang dilakukan hanya akan berakibat pada nilai dari pixel dan pixel-pixel tetangganya. (Hal ini berbeda dengan *spatial frequency*. Pada *spatial frequency*, nilai dari pixel dikombinasikan membentuk suatu nilai pixel tunggal). Pemakaian teknik spatial filtering pada citra, umumnya titik yang akan diproses beserta titik-titik disekitarnya dimasukkan ke dalam sebuah matrix yang berukuran $N \times N$. Matrix ini dinamakan matrix *neighbor* (matrix tetangga), dimana N ini besarnya tergantung dari kebutuhan, tetapi pada umumnya N ini selalu kelipatan ganjil karena titik yang akan diproses diletakkan di tengah dari matrix.

Contoh matrix ketetangaan 3×3 :

1	2	3
4	T	5
6	7	8

T = Titik yang akan diproses

Selain digunakannya matrix tetangga, teknik *spatial filtering* menggunakan sebuah matrix lagi yaitu matrix *convolution (mask)* yang ukurannya sama dengan matrix tetangga. Salah satu jenis filter yang termasuk dalam filter spasial yaitu *Median Spacial Filtering*. *Median filter* bekerja dengan mengevaluasi tingkat *brightness* dari suatu *pixel* dan menentukan *pixel* mana yang tingkat *brightness-nya* adalah nilai *median* (nilai tengah) dari semua *pixel*. Nilai *median* ditentukan dan menempatkan *brightness pixel* pada urutan yang bertingkat dan memilih nilai tengah. sehingga angka yang didapat dari

brightness pixel yang ada menjadi kurang dari dan lebih dari nilai tengah yang didapat.

Median spatial filtering, tidak langsung dihitung dari convolution mask, tapi terlebih dahulu akan diurutkan menurut nilai intensitas lalu nilai tengahnya akan dipilih.

Contoh → pixel citra sebagai berikut :

7	7	7
7	16	7
7	7	7

→ akan diurutkan : 7 7 7 7 7 7 7 16

→ lalu diambil nilai mediannya yaitu : 7

Median filter ini akan menghilangkan nilai pixel yang amat berbeda dengan tetangga-tetangganya.

1.8 Histogram Equalization

Equalisasi Histogram adalah suatu proses perataan histogram, dimana distribusi nilai derajat keabuan pada suatu citra dibuat rata. Yang dimaksud dengan perataan histogram di sini adalah mengubah derajat keabuan suatu piksel (r) dengan derajat keabuan yang baru (s) dengan suatu fungsi transformasi T , yang dalam hal ini $s = T(r)$. Untuk dapat melakukan *histogram equalization* ini diperlukan suatu fungsi distribusi kumulatif yang merupakan kumulatif dari histogram. Histogram citra memberikan informasi tentang penyebaran intensitas pixel-pixel di dalam citra. Misalnya, citra yang terlalu terang atau terlalu gelap memiliki histogram yang sempit. Agar kita memperoleh citra yang baik, maka penyebaran nilai intensitas harus diubah. Teknik yang lazim dipakai adalah perataan histogram (*histogram equalization*). Tujuan dari perataan histogram adalah untuk memperoleh penyebaran histogram yang merata, sedemikian sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah pixel yang relatif sama. Persamaan Histogram Citra ditunjukkan pada persamaan 1

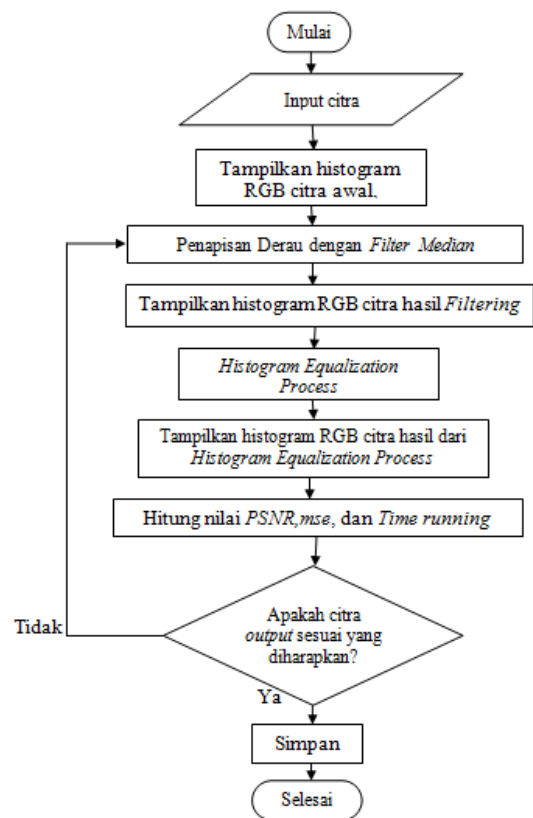
$$h_i = \frac{n_i}{n}, i = 0, 1, \dots, L-1 \quad (1)$$

dengan : L = Derajat keabuan,
 n_i = jumlah *pixel* yang memiliki derajat keabuan i ,

n = jumlah seluruh *pixel* di dalam citra.

2. Metode Penelitian

Proses kerja dalam sistem perbaikan citra (*image enhancement*) ini dengan cara memasukkan (menginputkan) sebuah citra yang kualitasnya kurang bagus, kemudian akan diproses menggunakan *filtering median* dan metode *histogram equalization* untuk mengurangi noise yang terdapat pada citra inputan dan juga memperbaiki kontras pada citra yang telah diinputkan, seperti yang tertera pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Perancangan Sistem

3. Pengujian

Hasil pengujian perbaikan citra dengan menggunakan median filter dan metoda histogram equalization ditunjukkan dalam tabel-tabel daibawah ini. Citra uji yang dipakai menggunakan 9 buah citra dengan ukuran pixel yang berbeda-beda dalam format jpg. Tabel 1. Citra yang digunakan dalam pengujian

No	Nama Gambar	Ukuran File (Kb)	Ukuran dimensi (pixel)	No	File Citra Uji	Penilaian	Kualitas Citra menurut rata-rata Penilaian Responden
1	Watch.jpg	201	1024x768	1	Watch.jpg	4,8	Biak
2	Foto_SMA.jpg	348	1498x1180	2	Foto_SMA.jpg	4,5	Baik
3	Cat.jpg	121	490x733	3	Cat.jpg	3,8	Cukup
4	Girl.jpg	75	600x375	4	Girl.jpg	3,8	Cukup
5	di_bawah_pohon.jpg	160	1036x944	5	di_bawah_pohon.jpg	4,7	Baik
6	Lena.jpg	81.1	512x512	6	Lena.jpg	4,4	Baik
7	Foto_bareng.jpg	367	2892x201	7	Foto_bareng.jpg	4,2	Baik
8	Borobudur.jpg	469	1280x1024	8	Borobudur.jpg	3,5	Cukup
9	Masa kecil.jpg	272	1452x1032	9	Masa kecil.jpg	3,2	Cukup

Tabel 2. Nilai MSE, PSNR dan Time citra hasil uji

Nama Gambar	PSNR (dB)	MSE	Time (s)
Watch.jpg	39.6231	7.092	2.1793
Foto_SMA.jpg	25.9874	163.8083	3.9481
Cat.jpg	26.7869	136.2673	1.4245
Girl.jpg	40.5904	5.675	1.2051
di_bawah_pohon.jpg	30.0198	64.7289	3.7087
Lena.jpg	28.1388	99.8153	1.2526
Foto_bareng.jpg	28.8913	83.9367	11.3077
Borobudur.jpg	32.5987	35.7448	3.1078
Masa kecil.jpg	27.5993	113.0184	3.3987

Tabel 3. Skala penilaian MOS

Skala Penilaian	Kualitas	Persepsi Citra
5	Sangat Baik	Citra Terinterpretasi dengan Sangat Baik
4	Baik	Citra Terinterpretasi baik, tidak ada kerusakan Citra masih dapat dikenali,
3	Cukup	tetapi masih terdapat kerusakan (noise) Citra Kurang dimengerti, Kerusakan cukup berarti
2	Kurang	(masih terdapat noise) Citra tidak dapat diinterpretasi
1	Buruk	

Tabel 4. Penilaian sejumlah responden terhadap citra uji

*Dihitung berdasar total penilaian sepuluh responden dibagi dengan jumlah responden (nilai rata-rata penilaian)

Dari hasil perhitungan nilai MSE, dan PSNR pada tabel 2 membuktikan bahwa dalam proses *enhancement* tersebut terjadi perubahan yang terjadi pada citra inputan dan citra hasil (citra *output*). Semakin besar nilai MSE dan PSNR dari sebuah proses *enhancement* citra berarti perubahan yang terjadi antara citra input dan citra hasil juga semakin besar. Perubahan tersebut dalam artian mengubah sebuah citra yang awalnya berkualitas kurang bagus menjadi citra yang lebih baik dari citra sebelumnya (citra input). Waktu pemrosesan (*Time*) untuk masing-masing citra berbeda-beda sesuai dengan ukuran dimensi dari sebuah citra yang diujikan.

Untuk penilaian terhadap kualitas citra yang dihasilkan dalam proses perbaikan citra ini menggunakan metode MOS (*Mean Opinion Score*). MOS merupakan sebuah metode dalam mengukur kualitas suara berdasarkan deskripsi kualitatif dari apa yang kita dengar, misalnya “sangat bagus” atau “sangat buruk”. MOS memberikan indikasi numerik tentang kualitas citra yang didapatkan setelah proses perbaikan citra (*image enhancement*). Dikarenakan penilaian ini berdasarkan dari pengamatan manusia, maka hasilnya akan sangat subjektif karena baik buruknya citra hasil perbaikan ini tergantung pada penilaian masing-masing koresponden.

Tabel 4 adalah hasil kuesioner dari sejumlah responden untuk penilaian terhadap kualitas citra hasil perbaikan dengan *median*

filter dan *histogram equalization*. Berdasarkan hasil kuesioner yang didapat dari sejumlah responden, dalam memberikan penilaian untuk kualitas perbaikan citra maka dapat dilihat bahwa nilai rata-rata nilai tertinggi yang diberikan oleh responden yaitu 4,8 untuk dan rata-rata nilai terendah yaitu 3,2. Jadi semua citra yang dihasilkan dalam program perbaikan citra ini termasuk dalam katagori ‘cukup’ (citra masih dapat dikenali, tetapi masih terdapat kerusakan (*noise*)) dan katagori baik (citra terinterpretasi baik, tidak ada kerusakan(*noise*)). Dengan demikian penerapan *filtering median* dan metode *histogram equalization* dapat meningkatkan kualitas citra yang diujikan menggunakan program tersebut.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan analisa terhadap hasil citra yang dihasilkan oleh program yang telah dibangun. Maka beberapa hal yang dapat disimpulkan antara lain sebagai berikut :

- Penerapan *median filter* dan metode *histogram equalization* dalam *image enhancement* (perbaikan citra), mampu memperbaiki citra yang telah diujikan.
- Dari rata-rata nilai tertinggi yang diberikan oleh responden terhadap masing-masing citra uji yaitu 4,8 untuk dan rata-rata nilai terendah yaitu 3,2. Jadi semua citra yang dihasilkan dalam program perbaikan citra ini termasuk dalam katagori ‘cukup’ (citra masih dapat dikenali, tetapi masih terdapat kerusakan (*noise*)) dan katagori baik (citra terinterpretasi baik, tidak ada kerusakan (*noise*)).
- Kelemahan dari sistem ini yaitu bila kapasitas *noise* terlalu banyak serta merata pada seluruh bagian citra, filter ini akan kesulitan untuk menghilangkan noise tersebut. Kelebihan dari program ini yaitu dapat diterapkan *grayscale*, *black and white* dan *true color*.
- Semakin besar ukuran dimensi gambar yang diproses, semakin lama juga waktu prosesnya. Hal ini disebabkan untuk mendeteksi dan memproses gambar yang memiliki *noise* ini, setiap pixel akan

diperiksa mulai dari pixel awal sampai pada pixel akhir gambar, sehingga menyebabkan semakin besar ukuran gambar yang berarti semakin banyak juga pixel yang terkandung.

PUSTAKA

- Ahmad Saikhu, Nanik Suciati, dan Widhiantantri S. 2009. *Perbaikan Citra Ber-Noise Menggunakan Switching Median Filter dan Boundary Discriminative Noise Detection*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Andreswari, Desi. *Proses Peningkatan Mutu Citra Menggunakan Delphi*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.
- Iqbal, M. 2009. “*Dasar Pengolahan Citra Menggunakan MATLAB*”. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Bogor: Institut Pertanian
- Prasetyo, Cahyo Hendi. 2013. *Kompresi Citra Dengan Metode Arithmetic Coding Dalam Kawasan Entropy Coding*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Priyawati, Diah. 2010. *Aplikasi Teknik Pengolahan Citra Digital Pada Domain Spasial Untuk Peningkatan Kualitas Citra Sinar-X*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Resa, Riskiana. 2011. *Histogram dan Perataan Histogram*. <http://resariski.wordpress.com/2011/12/04/histogram-dan-perataan-histogram/>. Diakses pada 28 Maret 2013 Pukul 09.16 WIB.
- Satulihnan. 2011. *Operasi-Operasi Perbaikan Citra*. <http://saatulihsan.wordpress.com/operasi-operasi-perbaikan-citra.html> Diakses pada 20 Maret 2013
- Sri Handayani. 2007. *Pembuatan GUI dengan Matlab*. <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pengabdian/sri-andayani-ssi-mkom/pembuatan-gui-dengan-matlab.pdf>. Di akses 10 Juni 2013 pukul 11.02 WIB
- T. Sutoyo, Mulyanto, Edy. 2009. *Teori Pengolahan Citra Digital*. Semarang : C.V. Andi Offset.

Widiarsono, Teguh. 2005. *Tutorial Praktis Belajar Matlab.pdf*. Jakarta
Yuwono, Bambang. 2010. *Image Smoothing Menggunakan Mean Filtering, Median*

Filtering, Modus Filtering dan Gaussian Filtering. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional.