

# Implementasi Kombinasi Metode AFF dan FBET Untuk Peningkatan Kualitas Citra

Pahala Sirait<sup>1</sup>, Irpan Adiputra Pardosi<sup>2</sup>, Apriyanto Halim<sup>3</sup>, Tommy<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Informatika, STMIK Mikroskil

<sup>1</sup>pahala@mikroskil.ac.id, <sup>2</sup>irpan@mikroskil.ac.id, <sup>3</sup>apriyanto.halim@mikroskil.ac.id,

<sup>4</sup>tommy95lim@yahoo.com

## Abstrak

Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) merupakan salah satu topik penelitian yang populer saat ini khususnya dalam bidang pengolahan citra. Seringkali citra mempunyai kualitas yang buruk yang diakibatkan oleh berbagai faktor seperti faktor pencahayaan, faktor lingkungan atau rendahnya kualitas kamera, dan lainnya. Sejumlah gangguan tersebut sering menjadi penghalang dalam memperbaiki kualitas citra dimana penanganannya ini menjadi tujuan utama penelitian ini dilakukan berupa metodologi yang berdasarkan pada hasil kombinasi dari algoritma AFF dan FBET. Hasil pengujian pada metodologi yang diajukan menunjukkan bahwa dalam proses penghilangan derau dilanjutkan dengan proses penajaman citra memperoleh nilai PSNR = 18.56 dB yang lebih optimal dibandingkan dengan lebih dulu dilakukan proses penajaman citra dengan nilai PSNR = 18.10 dB.

**Kata Kunci :** perbaikan kualitas citra, noise, mempertajam citra, AFF, FBET

## Abstract

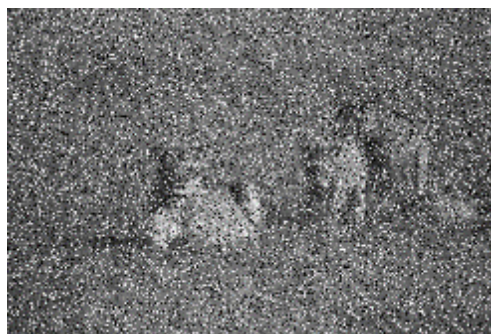
*Image enhancement is one of the most popular research topics currently in the field of image processing. Often image has poor quality caused by various factors such as lighting factor, enviromental factor or low quality of camera, and others. A number of these disturbances often become a barrier in improving the image quality where handling is the main objective of this research is done in the form of methodology base on the combination of AFF dan FBET algorithm. The result of the test on the proposed methodology show that in the process of noise loss continued with the image sharpening process obtained the value of PSNR = 18.56 dB is more optimal than the first done image sharpening process with the value of PSNR = 18.10 dB.*

**Keyword :** image enhancement, noise, image sharpening, AFF, FBET

## 1. PENDAHULUAN

Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) merupakan proses awal dalam pengolahan citra. Perbaikan kualitas citra diperlukan karena seringkali citra mempunyai kualitas yang buruk yang diakibatkan oleh berbagai faktor seperti pencahayaan, faktor lingkungan yang menyebabkan munculnya noise atau rendahnya kualitas kamera, dan lainnya [1]. Hal tersebut dapat mengakibatkan citra mengalami derau (*noise*), citra terlalu gelap/terang, citra kurang tajam, kabur, dan sebagainya [2]. Oleh karena itu, sering dilakukan pada citra adalah penajaman citra. Operasi ini diperlukan dengan tujuan membuat citra menjadi lebih tajam [3]. Sebelum menajamkan citra, terlebih dahulu melakukan proses penghilangan derau (*noise*). Derau sesungguhnya tidak dikehendaki. Dalam praktik, kehadiran derau tidak dapat dihindari. *Salt and papper noise* adalah jenis derau yang mengganti nilai RGB putih menjadi hitam dan mengganti nilai RGB hitam menjadi putih [4].

Berbagai riset telah dilakukan untuk mengatasi berkurangnya kualitas citra seperti yang dilakukan oleh Pitchammal, dkk pada tahun 2016 membandingkan 2 algoritma terhadap *Adaptive fuzzy filter* (AFF), yaitu: *Wiener Filter* dan *Vector Median Filter* memberikan hasil *Adaptive Fuzzy Filter* (AFF) memiliki nilai PSNR yang lebih baik sekitar 19.27 dB untuk noise variance sekitar 0.03. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Dung, dkk tahun 2009 membandingkan *Adaptive Fuzzy Filter* (AFF) dengan algoritma lain seperti: *Chen's Method*, *Liu's Method*, *Conventional Fuzzy Filter* dan *Directional Fuzzy Filter* memberikan hasil *Adaptive Fuzzy Filter* (AFF) memiliki nilai PSNR sekitar 34 dB(decibel) dengan bit rate 180 Kbps. Berdasarkan penelitian Gupta, dkk pada tahun 2016 membandingkan *Fuzzy Base Enhancement Technique* (FBET) dengan beberapa algoritma lainnya, seperti: *Fuzzy Set Enhancement*, *NINT*, *Pal-King*, *Fuzzy Rule – Based*, *Fuzzy Quantitative Measure* dan *Fuzzy Local Enhancement*, memberikan hasil penajaman sekitar 70,715 dan PSNR sekitar 34.23 dB.



**Gambar 1 Dampak munculnya noise salt and pepper pada citra**



**Gambar 2 Hasil proses penghilangan derau dan penajaman kontras pada citra**

Dalam hal menangani sejumlah permasalahan di atas, maka diusulkan pengembangan pada algoritma *Adaptive Fuzzy Filter* (AFF) untuk mengatasi derau dan *Fuzzy Base Enhancement Technique* (FBET) untuk meningkatkan kontras. Sebagai langkah awal dalam mendapatkan hasil yang optimal pada penelitian ini, maka sejumlah poin ruang lingkup penelitian ditetapkan sebagai berikut :

- Citra frame yang digunakan berasal dari gambar yang diambil melalui kamera digital.
- Format citra *input* (.png) dan format citra *output* (.bmp).
- Penelitian ini akan mengambil *dataset* citra dari *Berkeley Segmentation Dataset* [5]: Image dengan persentase *noise* 5%, 25%, 45%, 65%, dan 75% dengan jumlah citra untuk masing – masing persentase noise sebanyak 5 citra.
- Jenis citra yang digunakan adalah citra grayscale.

Dengan demikian, fokus utama tujuan penelitian ini adalah pengajuan metodologi peningkatan kualitas citra berupa penghilangan derau dan peningkatan kontras yang diwujudkan melalui sistem/aplikasi yang diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam

berbagai bidang kehidupan nyata, seperti : keamanan komputer, pencitraan satelit, medis, dan sebagainya, serta dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut di bidang pengolahan citra.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Metode AFF (Adaptive Fuzzy Filter)

Metode AFF (*Adaptive Fuzzy Filter*) adalah sebuah teknik fuzzy yang di terapkan dalam masalah restorasi citra. Terdapat 4 bagian utama dalam AFF, yaitu fuzzy rank selection, fuzzy weighted, fuzzy network (FNN) dan softswitching. FNN Filter terbagi menjadi dua, yaitu : Neuro-Fuzzy Filter dan Selection Type FNN Filter. Untuk mencari *selection type FNN filter* yang optimal, itu sudah cukup untuk merancang algoritma pembelajaran untuk masing – masing parameter dari *selection type FNN* dan *inference type FNN*. Algoritma pembelajaran untuk *selection type FNN* bertujuan untuk menentukan partisi dari himpunan tingkat abu – abu  $[0, L - 1]$ , yaitu menentukan nilai  $k_0$ , bilangan fuzzy  $\tilde{G}_1, \dots, \tilde{G}_{k_0}$  di partisi fuzzy. Algoritma dapat digambarkan sebagai berikut [6]:

- Untuk  $n$ -bit citra digital, variasi tidak melebihi  $2^{n-4}$  di tingkat abu - abu citra tidak akan menyebabkan perubahan visual yang jelas [7]. Jadi partisi  $[0, L - 1]$  menjadi  $2^{n-4}$  bagian – bagian yang identik.
- Carilah daerah konsentrasi tinggi dari tingkat abu – abu citra F: Hitung jumlah  $\Gamma_k$  dari F milik  $I_k \triangleq [(k - 1)L/(2^{n-4}), (kL/(2^{n-4}))]$  ( $k = 1, \dots, 2^{n-4}$ ). Dan membedakan  $\Gamma_k \geq \eta$ ? Jika ya,  $I_k$  disebut daerah konsentrasi tingkat abu – abu F, dimana  $\eta$  adalah konstan yang diberikan sesuai dengan citra F.
- Tentukan partisi fuzzy  $[0, L - 1]$ . Biarkan  $k_0$  menjadi sejumlah daerah konsentrasi tingkat abu – abu. Dan mereka adalah  $I_{i_1}, \dots, I_{i_{k_0}}$ . Jadi, bilangan fuzzy  $\tilde{G}_1, \dots, \tilde{G}_{k_0}$  dapat dibangun.

### 2.2 Metode FBET (Fuzzy Base Enhancement Technique)

Langkah - langkah dalam metode *Fuzzy Base Enhancement Technique* (FBET), sebagai berikut :

- Representasi citra dalam *fuzzy set notation*

Sebuah citra dengan ukuran  $M \times N$  mempunyai rentang tingkat abu – abu dari  $L_{\min}$  sampai  $L_{\max}$  bisa dimodelkan sebagai sebuah *array of fuzzy singletons*. Setiap elemen didalam *array* adalah nilai keanggotaan merepresentasikan derajat kecerahan dari *gray level* 1 ( $1 = L_{\min}, L_{\min+1}, \dots, L_{\max}$ ). Di *fuzzy set notation*, dapat ditulis :

$$\mu_{ij} = (X_{ij} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (1)$$

Dimana  $\mu_{ij}$  mewakili derajat kecerahan yang dimiliki oleh intensitas *gray level* dari  $X_{ij}$  pada *pixel* ke  $(i, j)$ .

- Modifikasi pada Membership Function

Tujuan dari metode ini adalah untuk mengurus sifat kabur dari suatu citra dan ketidakjelasan dalam definisi kontras untuk membuat peningkatan kontras yang lebih adaptif dan lebih efektif dan untuk menghindari *over-enhancement/under-enhancement* tambahan. Jadi untuk *adaptive fuzzy contrast enhancement fuzzification* diterapkan oleh modifikasi fungsi keanggotaan  $\mu_{ij} \rightarrow \mu'_{ij}$  dengan menggunakan PAL and KING transformasi berikut atau operator intensifikasi (INT).

$$\mu'_{ij} = T(\mu_{ij}) \quad (2)$$

$$\mu'_{ij} = \begin{cases} 2 * [\mu_{ij}]^2, & 0 \leq \mu_{ij} \leq \mu_c \\ 1 - 2 * [1 - \mu_{ij}]^2, & \mu_c < \mu_{ij} \leq 1 \end{cases} \quad (3)$$

Itu mengubah nilai – nilai keanggotaan yang berada di atas 0,5 (nilai *default*) dengan nilai – nilai yang jauh lebih tinggi dan nilai – nilai keanggotaan yang lebih rendah dari 0,5 ke nilai yang jauh lebih rendah dengan cara *nonlinier* untuk mendapatkan citra perbaikan yang baik jika tidak itu akan menunjukkan citra yang tidak diperbaiki.

- *Adaptive fuzzy contrast enhancement* menggunakan *defuzzification*

*Defuzzification* untuk generasi tingkat abu-abu yang baru di  $X'_{ij}$  oleh transformasi *inverse*  $G^{-1}$ .

$$X'_{ij} = G^{-1}(\mu'_{ij}) \quad (4)$$

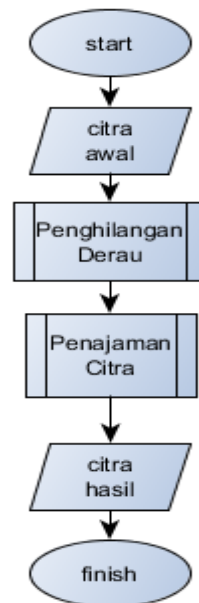
$$X'_{ij} = X_{\min} + \mu'_{ij} * (X_{\max} - X_{\min})$$

(5)

Dengan demikian, citra akhir yang diperoleh dengan proses *defuzzification* adalah citra perbaikan yang diperlukan untuk *input* citra  $X'$  [8].

### 2.3 Implementasi

Secara garis besar, diagram alur kerja dari metodologi penghilangan derau beserta peningkatan kontras dapat dimodelkan sebagai berikut :

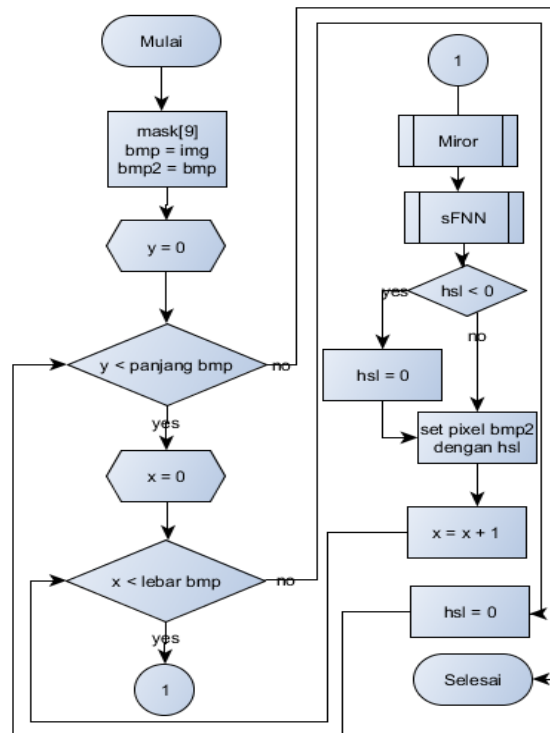


**Gambar 3 Skema umum penghilangan derau dan penajaman citra**

Pada Gambar 3 menjelaskan mengenai proses yang dilakukan oleh aplikasi dalam menghilangkan derau pada citra dengan menggunakan algoritma Adaptive Fuzzy Filter (AFF) dan mempertajam citra dengan menggunakan algoritma Fuzzy Base Enhancement Technique (FBET).

#### 2.3.1 Penghilangan Derau

Pada proses penghilangan derau terdapat beberapa tahapan, yaitu : inisialisasi, *mirror*, inisialisasi sFNN, pencarian nilai rata-rata, pencarian *Mean Fuzzy Set*, pencarian *Gray Level Fuzzy Set*, dan pencarian nilai minimum *Gray Level Fuzzy Set* dengan *Mean Fuzzy Set*.



Gambar 4 Skema umum penghilangan derau

- Tahapan inialisasi nilai *masking* dan citra  
Inialisasi merupakan tahapan paling awal dalam metodologi. Pada tahapan ini, sistem akan melakukan inialisasi *array integer* satu dimensi yang akan menyimpan sembilan nilai sebagai *mask* untuk melakukan proses penghilangan derau. Selain itu, citra awal akan dimasukkan kedalam variabel *bmp* dan nilai *bmp* ke *bmp2*.
- Tahapan *Mirror*  
Pada tahapan ini, sistem akan melakukan *mirroring* terdapat tepi-tepi citra, sehingga tepi-tepi citra tersebut juga dapat diproses. Contoh *mirroring* :

Table 1 Masking 3 x 3 Citra

|     |     |    |
|-----|-----|----|
| 0   | 0   | 10 |
| 0   | 0   | 10 |
| 255 | 255 | 0  |

Keterangan Tabel : Yang diarsir warna kuning merupakan piksel asli dari citra, sedangkan yang tidak di arsir, merupakan piksel hasil *mirroring*.

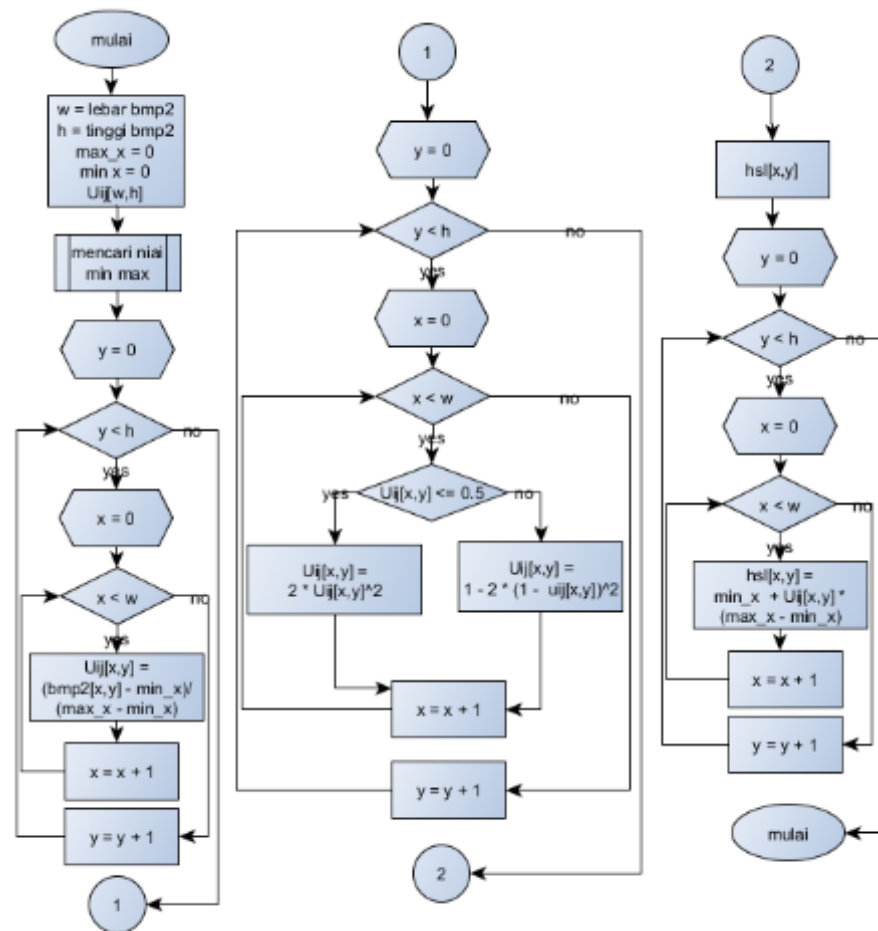
- Tahapan sFNN  
Tahapan inialisasi sFNN akan dilakukan pada awal setiap piksel dimasukkan kedalam fungsi sFNN, tahapan ini akan melakukan inialisasi terhadap nilai-nilai yang akan dipakai pada tahapan selanjutnya, diantaranya :  $X_p$  (nilai tengah *masking*),  $ttl1=0$ ,  $ttl2=0$ ,  $rata=0$ , dan  $mX=0$ . Selain itu, *array integer* dengan nama variabel *Trap* dengan panjang array sembilan juga diinialisasi.
- Tahapan pencarian nilai rata-rata

Pada tahapan ini, akan dilakukan pencarian nilai rata-rata dari *array integer (mask)* yang akan dijadikan penetapan nilai yang sesuai dengan keluaran.

- Tahapan pencarian *Mean Fuzzy Set*  
Tahapan pencarian *Mean Fuzzy Set* menggunakan sebuah fungsi keanggotaan trapesium dimana hasil dari tahapan ini akan dibandingkan dengan nilai *Gray Level Fuzzy Set*. Nilai *ttl1* untuk menyimpan jumlah nilai hasil kali piksel dengan *mean fuzzy* dan nilai *ttl2* untuk menyimpan jumlah hasil *mean fuzzy*.
- Tahapan pencarian *Gray Level Fuzzy Set*  
Tahapan pencarian *Gray Level Fuzzy Set* menggunakan 15 buah fungsi keanggotaan trapesium dimana hasil dari tahapan ini berupa 15 nilai *output* yang mendekati nilai hasil *mean fuzzy set*.
- Tahapan pencarian nilai minimum *Gray Level Fuzzy Set* dengan *Mean Fuzzy Set*  
Pada tahapan ini, akan dilakukan pencarian nilai minimum tiap *Gray Level Fuzzy Set* dari  $i = 0$  sampai  $i = 15$ . Dimana, hasil dari tahapan ini akan disimpan dalam variabel *Af*. Setelah itu, melakukan pengecekan terhadap nilai  $temp = |rata - mX|$  apakah lebih kecil dari 128? Jika ya, maka nilai  $Bf = mX$ , sebaliknya maka nilai  $Bf = Af$ .

### 2.3.2 Penajaman Citra

Pada proses penajaman citra terdapat beberapa tahapan, yaitu : inisialisasi, pencarian nilai min-max, pencarian nilai *fuzzy set notation*, modifikasi fungsi keanggotaan, dan *adaptive fuzzy contrast enhancement* menggunakan *defuzzification*.



Gambar 5 Skema umum penajaman kontras

- Tahapan inialisasi nilai *masking* dan citra  
Pada tahapan ini, citra awal dimasukkan ke dalam variabel *img* dan dilakukan inialisasi *array* 2 dimensi dengan sesuai dengan panjang kolom dan baris pada citra awal,  $\max\_x = 0$ ,  $\min\_x = 0$ .
- Tahapan pencarian nilai min-max  
Pada tahapan ini, akan dilakukan pencarian nilai minimum dan maksimum untuk semua nilai piksel yang ada pada *array* dengan nama variabel *imgarr*. Dimana hasil *output* pada tahapan ini, akan digunakan untuk tahapan *Fuzzy Set Notation*.
- Tahapan pencarian nilai *fuzzy set notation*  
Pada tahapan ini, akan dilakukan pencarian nilai *Fuzzy Set Notation* dengan Rumus  $U_{ij} = (\text{imgarr}[x,y] - \min\_x) / (\max\_x - \min\_x)$ . Dimana hasil dari nilai  $U_{ij}$  akan diolah pada tahapan selanjutnya.
- Tahapan modifikasi fungsi keanggotaan  
Pada tahapan ini, akan dilakukan modifikasi fungsi keanggotaan terhadap nilai  $U_{ij}$  sebelumnya dengan menggunakan *PAL and KING* transformasi atau operator intensifikasi (*INT*). Dimana, tahapan ini bertujuan untuk menjaga sifat *fuzzy* pada citra dan ketidakjelasan dalam definisi kontras.
- Tahapan *adaptive fuzzy contrast enhancement* menggunakan *defuzzification*.

Pada tahapan ini, akan dilakukan tahapan defuzifikasi terhadap nilai Uij yang baru. Dimana, hasil dari tahapan ini akan menggantikan nilai piksel awal dengan nilai *output* pada tahapan ini.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

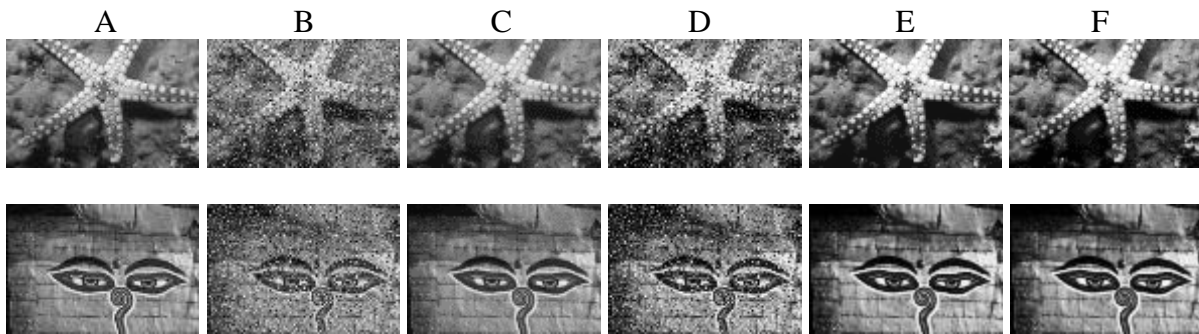
Kualitas citra diukur melalui perolehan nilai *Mean Square Error* (MSE) [9], *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) [9], dan *Shannon Entropy* (SE) [10]. Ketiga pengukuran kualitas citra tersebut dapat diperoleh melalui persamaan berikut ini :

$$MSE = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f(i,j) - g(i,j))^2 / M * N \quad (6)$$

$$PSNR = 10 * \log_{10} \left( \frac{L^2}{MSE} \right) \quad (7)$$

$$H(X) = - \sum_{i=0}^{N-1} p_i \log_2 p_i \quad (8)$$

Hasil pengembangan sistem peningkatan kualitas citra berupa penghilangan derau dan penajaman kontras dapat disajikan sebagai berikut :



**Gambar 6** Hasil visualisasi pengujian pada sejumlah citra

Keterangan :

A = Citra Original

B = Citra dengan *noise* 25%






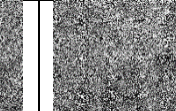
C = Citra hasil penerapan metode AFF

D = Citra hasil penerapan metode FBET

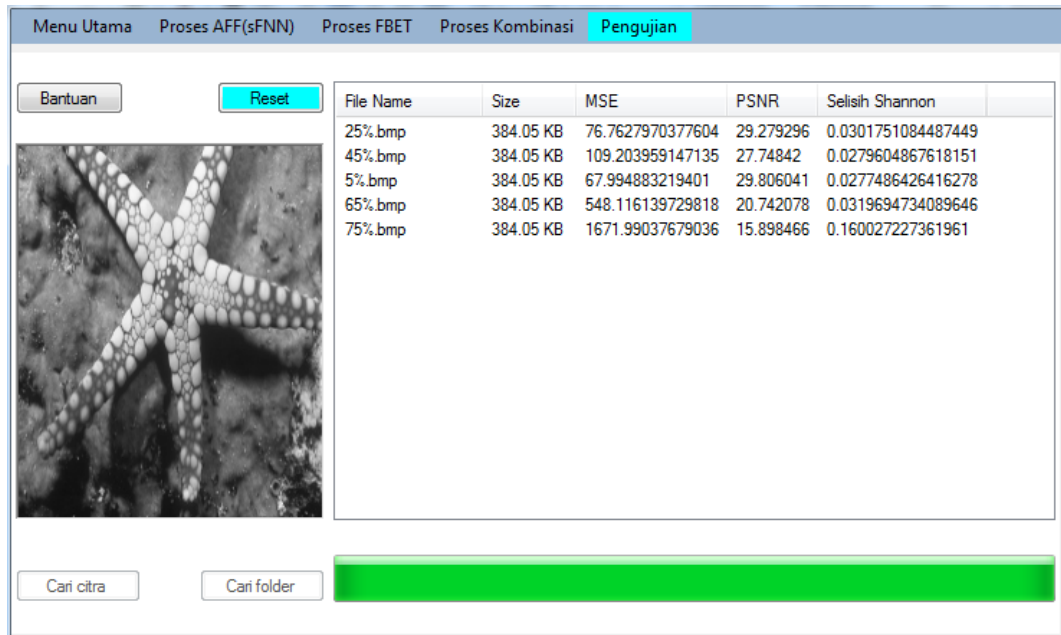
E = Citra hasil penerapan metode AFF + FBET

F = Citra hasil penerapan metode FBET + AFF

**Table 2** Tampilan gambar original dan *noise*

| Citra Asli  | Persentase Derau  |   |   |  |   |
|---|---|---|---|--|---|
|   | 5%  | 25%   | 45%   | 65%  | 75%   |
|  |  |  |  |  |  |





| File Name | Size      | MSE              | PSNR      | Selisih Shannon    |
|-----------|-----------|------------------|-----------|--------------------|
| 25%.bmp   | 384.05 KB | 76.7627970377604 | 29.279296 | 0.0301751084487449 |
| 45%.bmp   | 384.05 KB | 109.203959147135 | 27.74842  | 0.0279604867618151 |
| 5%.bmp    | 384.05 KB | 67.994883219401  | 29.806041 | 0.0277486426416278 |
| 65%.bmp   | 384.05 KB | 548.116139729818 | 20.742078 | 0.0319694734089646 |
| 75%.bmp   | 384.05 KB | 1671.99037679036 | 15.898466 | 0.160027227361961  |

**Gambar 7** Tampilan hasil pengujian dengan persentase *noise* yang berbeda

Pada Gambar 7, terdapat sebuah citra pada bagian kiri aplikasi yang merupakan citra asli yang belum ditambahkan derau. Sedangkan, pada bagian kanan terdapat sejumlah nilai yang merupakan nilai dari MSE, PSNR dan Selisih *Shannon Entropy* yang dilakukan perhitungan terhadap citra asli dengan citra hasil penghilangan derau dan penajaman citra.

#### 4. KESIMPULAN

Sepanjang hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap keempat proses yaitu penghilangan derau, penajaman citra, kombinasi penghilangan derau dan penajaman citra, serta kombinasi penajaman citra dan penghilangan derau pada semua persentase derau dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kualitas hasil pengujian lebih optimal ketika hanya dilakukan penghilangan derau dengan nilai PSNR mencapai 28.37 dB.
2. Kualitas hasil penajaman citra dengan nilai PSNR mencapai 16.20 dB.
3. Kualitas hasil pengujian lebih optimal ketika didahulukan penghilangan derau dilanjutkan dengan proses penajaman citra (nilai PSNR = 18.56 dB) dibandingkan dengan lebih dulu melakukan proses penajaman citra (nilai PSNR = 18.10 dB).
4. Peningkatan PSNR terjadi pada pengujian citra dengan objek – objek (region – region) terdistribusi merata.
5. Untuk persentase distribusi derau lebih dari 25% menunjukkan metode yang digunakan tidak mampu membersihkan derau secara keseluruhan.

#### 5. SARAN

Adapun saran yang dapat disampaikan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Untuk persentase distribusi derau lebih dari 25% menunjukkan bahwa metode yang digunakan tidak mampu membersihkan derau secara keseluruhan. Untuk itu perlu dilakukan kajian yang lebih mendalam untuk penentuan nilai *threshold* dalam proses pengecekan derau atau metode lain yang secara kinerja lebih optimal misalnya chan method [11].

2. Perlu dikaji jumlah iterasi pengujian terhadap metode yang sama akan meningkatkan atau menurunkan kualitas hasil pengujian.
3. Perlu dikaji untuk pengujian terhadap derau yang lain selain daripada derau *salt & papper* seperti *Gaussian Noise*, *Poisson Noise*, dan *Localvar Noise*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Munir, *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Bandung: Informatika Bandung, 2004.
- [2] M. Teja, "Perbaikan Kualitas Citra (image enhancement)," 20 January 2010. [Online]. Available: <http://maxteja.blogspot.co.id/2010/01/perbaikan-kualitas-citra-image.html>. [Diakses 23 November 2016].
- [3] F. A. Hernawati, *Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta: Penerbit Andi, 2013.
- [4] A. C. Bovik, "Handbook of Image and Video Processing," *Academic Press*, 2005.
- [5] B. "Berkeley Segmentation Dataset," 31 October 2003. [Online]. Available: <http://www.fit.vutbr.cz/~vasicek/imagdb/?lev=55&knd=original>. [Diakses 19 September 2016].
- [6] F.-Y. Liu dan H.-X. Li, "Fuzzy Techniques in Image Restoration Research," *International Journal of Computational Cognition*, 2003.
- [7] Y. H. Kuo, C. S. Lee dan C. L. Chen, "High-stability AWFm filters for signal restoration and its hardware design," *Fuzzy Sets and Systems*, 114, pp. 185 - 202, 2000.
- [8] A. K. Gupta, S. S. Chauhan dan M. Shrivastava, "Low Contrast Image Enhancement Technique By Using Fuzzy Method," *International Journal of Engineering Research and General Science Volume 4, Issue 2*, pp. 518-526, 2016.
- [9] L. Por, D. Beh, T. Ang dan S. Ong, "An Enhanced Mechanism for Image Steganografi Using Squentia Color Cycle Algorithm," *The Internasional Arab Journal of Information Technology*, pp. 51 - 60, 2013.
- [10] I. Kaplan, "Shannon Entropy," 2 8 2002. [Online]. Available: [http://www.bearcave.com/misl/misl\\_tech/wavelets/compression/shannon.html](http://www.bearcave.com/misl/misl_tech/wavelets/compression/shannon.html).
- [11] R. H. Chan, C. W. Ho dan M. Nikolova, "Salt-and-Pepper Noise Removal by Median-type Noise Detectors and Detail-preserving Regularization," *IEEE Transaction on Image Processing*, vol. II, no. 14, pp. 1497-1485, 2005.
- [12] R. H. Chan, C.-W. Ho dan M. Nikolova, "Salt-and-Pepper Noise Removal by Median-type Noise Detectors and Detail-preserving Regularization," *IEEE Transactions on Image Processing* 14, pp. 1479-1485, 2005.