

Studi Performansi *Image Denoising* Menggunakan Persamaan Turunan Parsial

Regina Lionnie, Mudrik Alaydrus

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta
 *reginalionnie@gmail.com

Abstrak—Pengurangan derau merupakan salah satu tantangan yang terus berlangsung dan merupakan salah satu dari tantangan terbesar pada riset di area analisis citra digital, khususnya pada topik *denoising image*. Terlebih, mengurangi derau sambil tetap mempertahankan fitur penting dari citra seperti detail tepian, garis dan sudut serta fitur penting lainnya pada proses *denoising image* masih merupakan suatu masalah pada riset di topik ini yang belum ditemukan suatu solusi yang memberikan hasil yang memuaskan. Penelitian ini menggunakan metode persamaan turunan parsial Perona-Malik *anisotropic diffusion* dengan total iterasi 10,15 dan 20 menggunakan dua variasi derau yaitu derau *salt and pepper* dan derau *poisson*. Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa Perona-Malik *anisotropic diffusion* dapat menghilangkan derau dan masih dapat mempertahankan fitur citra akan tetapi beberapa fitur pada citra masih ikut terblur karena proses *smoothing* ini.

Kata Kunci— *anisotropic diffusion, image denoising, perona-malik, smoothing, turunan parsial.*

DOI: 10.22441/jte.2020.v11i3.005

I. PENDAHULUAN

Pengurangan derau (*noise*) merupakan salah satu tantangan yang terus berlangsung dan merupakan salah satu dari tantangan terbesar pada riset di area analisis citra digital, khususnya pada topik *denoising image*. Terlebih, mengurangi noise sambil tetap mempertahankan fitur penting dari image seperti detail tepian (*edge*) dan sudut (*corner*) pada proses *denoising image* masih merupakan suatu masalah pada riset di topik ini yang belum ditemukan suatu solusi yang memberikan hasil yang memuaskan [1].

Sebuah proses *denoising image* yang ideal adalah dengan melakukan penapisan (*filtering*) derau pada citra dan tetap mempertahankan detail lain dan tidak merubah detail tersebut. Penapisan citra adalah operasi dasar pada area proses analisis citra dan digunakan secara luas pada aplikasi-aplikasi seperti *smoothing, sharpening, noise removal*, peningkatan resolusi, ekstraksi fitur dan deteksi tepi [2]. Untuk mengurangi efek buruk dari tapis ini berbagai macam teknik preservasi tepian pada proses *denoising image* telah diusulkan dan diteliti. Berbagai metode teknik *denoising image* dibagi dalam berbagai kelompok besar seperti *LTI filtering methods, non-linear filtering methods, transform domain (wavelet domain, domain frekuensi)* dan juga menggunakan metode seperti *diffusion based with partial differential equation (PDE) methods* [2,3].

Tapis linear dan non-linear bervariasi dalam memberikan kualitas hasil *denoised image, mean/averaging filtering*

contohnya, memberikan proses yang cepat akan tetapi tidak dapat menghilangkan seluruh *noise, gaussian filtering* dapat menghilangkan noise akan tetapi ikut *blurring* fitur penting citra [2-4]. Metode seperti *diffusion based with partial differential equation (PDE)* yang berdasarkan gradien dari citra akan menghasilkan *drawback* berupa efek *staircase* pada *ramp region* [5]. Selain itu metode deteksi tepi yang umumnya dipakai sebagai salah satu langkah dalam *denoising image* yang berbasis gradien citra tidak dapat membedakan dengan baik bagian fitur *edge dan ramp region* [6].

Pada [7], digunakan metode *mean curvature diffusion* untuk *denoising image* dan merepresentasikan *image* sebagai permukaan berbasis metode *diffusion based on PDE. Diffusion based mean curvature* tidak dapat membedakan tepian dan noise sehingga hasil *denoising* dengan menggunakan metode ini, tidak dapat melakukan preservasi tepian (*edge*). Pada [8], digunakan *Gaussian curvature diffusion*. Dengan menggunakan *Gaussian curvature diffusion*, metode ini dapat membedakan *noise* dari tepian, *flat* dan *ramp regions*, akan tetapi ketika *noise* yang diberikan memiliki densitas yang tinggi, metode ini tidak memberikan hasil yang baik dalam menghilangkan noise. Pada [9] juga menggunakan *Gaussian curvature*, dan didapatkan bahwa pada penggunaan *curvature* ini, nilai di sudut (*corner*) sangat besar dan sama besarnya dengan *noise* sehingga tidak dapat preservasi sudut (*corner*). Pada [3,6] *difference curvature* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan *mean curvature* maupun *Gaussian curvature*. Pada *ramp region*, gradien citra didapatkan lebih besar dibandingkan ketiga *curvature* dan pada *noisy image, difference curvature* memberikan hasil yang lebih baik dan lebih *robust* terhadap *noise* dibandingkan *mean dan Gaussian*. Selain itu, tepian dapat dibedakan dari *flat* dan *ramp region* menggunakan *difference Gaussian* ini [10]. Pada penggunaan gradien citra [5,6] perbedaan *edge* dan *ramp* tidak dapat terlihat jelas sehingga *diffusion based* dengan gradien citra memberikan hasil efek *staircase* pada *ramp region*. Pada [11] *difference eigen value based diffusion method* memberikan hasil PSNR dan SSIM yang lebih baik dibandingkan *mean curvature, fourth-order PDE* dan *difference curvature methods*.

Pada penelitian ini akan dilakukan proses *denoising image* menggunakan persamaan turunan parsial *anisotropic diffusion* berdasarkan pengembangan proses dari *heat diffusion* yang dideskripsikan dari Perona dan Malik pada [12]. Variasi derau (*noise*) akan ditambahkan pada gambar input dan hasil dari proses *denoising image* ini akan dibandingkan menggunakan filter lainnya.

II. DESAIN SISTEM

A. Perona-Malik Anisotropic Diffusion

Anisotropic diffusion atau disebut juga dengan Perona-Malik *diffusion* adalah metode yang dapat menghilangkan derau tanpa menghilangkan bagian dari citra atau fitur penting seperti tepian, garis dan detil lain yang krusial dalam menginterpretasikan sebuah citra digital. Metode yang merupakan pengembangan dari persamaan awal partial differential equation (PDE) atau didasarkan pada persamaan turunan parsial dari sebuah *isotropic diffusion* pada *heat transfer* ini merupakan metode pengulangan (iterasi) yang membangun ruang skala atau *scale space* yang mengandung hasil gambar input yang diperhalus $u(x,y,t)$ atau *blurred images* dalam domain $\Omega \subset \mathbb{R} \times \mathbb{R}$ yang dapat diperoleh dari turunan persamaan parsial pada (1) [12]. Proses difusi dari Perona-Malik ini bersifat non-linear dan *space variant* terhadap gambar input.

$$\frac{\partial I(x,y,t)}{\partial t} = \text{div} [g(|\nabla I|)\nabla I] \quad (1)$$

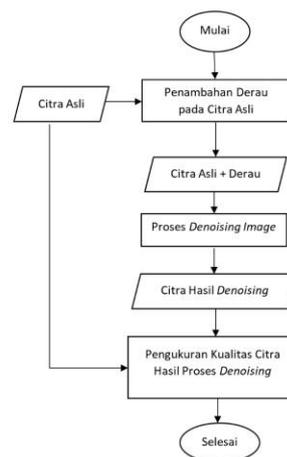
dengan I adalah gambar input. Koefisien difusi $g(\cdot)$ adalah sebuah fungsi *non-negative* pada magnitude dari gradien lokal sebuah gambar ∇I . Persamaan (1) memperlihatkan jika *Laplacian* dari sebuah gambar input (ΔI) adalah hasil dari divergensi (*div*) dari gradien sebuah gambar input (∇I), maka jika diberi sebuah ‘kondisi’ yaitu $|\nabla I|$ magnitude dari sebuah gradien gambar input, maka proses difusi ini akan menerapkan kondisi dimana jika tidak ada nilai gradien yang kuat atau besar maka, proses difusi terjadi dan jika ada nilai gradien yang kuat atau besar, maka reduksi atau tidak ada proses difusi sama sekali. Proses difusi ini adalah proses peleburan piksel-piksel berdekatan menjadi ‘sama’ atau disebut proses *smoothing* atau *blurring*.

Perbedaan dari tapis *smoothing* atau *blurring* pada *isotropic diffusion* dan *anisotropic diffusion* adalah pada *isotropic diffusion smoothing* terjadi pada dua daerah berbeda tanpa memperhatikan batas atau *boundaries* sedangkan pada *anisotropic diffusion smoothing* terjadi dengan memperhatikan batas atau *boundaries* sehingga *smoothing* hanya terjadi pada batas area lokal suatu gambar saja dan tidak melebur (difusi) pada area yang lain, sehingga tepian, garis dan fitur penting citra tidak ikut *blurred* pada saat proses terjadi *smoothing* untuk menghilangkan derau.

B. Diagram Alir Sistem Denoising Image

Citra digital dapat terkorupsi oleh derau selama mengalami proses akuisisi citra dan proses transmisi citra yang menghasilkan kualitas citra yang didapat tidak sebaik yang diinginkan. *Image denoising* merupakan salah satu permasalahan dasar dari riset analisis citra digital dengan tujuan mendapatkan citra hasil dengan kualitas yang baik dari proses pengurangan/penghapusan derau. Terkadang untuk mengetahui apakah kualitas citra hasil proses *image denoising* baik atau

tidak, perlu dilakukan penambahan derau pada citra asli dan proses *denoising image* pada citra yang sudah ditambahkan derau ini. Hasil proses *image denoising* dinilai dari perbandingan citra asli dan citra hasil proses *image denoising*, apakah citra hasil proses *denoising image* sebgus citra asli yang belum ditambahkan derau. Tantangan utama dari proses *denoising image* ini selain menghilangkan derau adalah tetap menjaga kualitas citra sebaik mungkin dengan artian tetap menjaga fitur penting dari sebuah citra seperti tepian (*edge*), sudut (*corner*) dan struktur penting lainnya. Proses *image denoising* ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut. Penambahan derau akan menggunakan variasi salt and pepper dan etc, sedangkan perhitungan kualitas citra akan menggunakan parameter MSE (*mean square error*) dan PSNR (*peak signal to noise ratio*).



Gambar 1. Diagram Alir Proses *Denoising Image*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

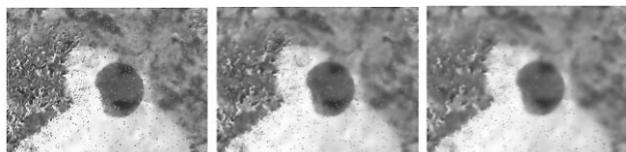
Hasil proses *smoothing* atau *blurring* menggunakan Perona-Malik *anisotropic diffusion* dapat dilihat pada Gambar 2 hingga Gambar 7. Sedangkan nilai MSR dan PSNR dapat dilihat pada Tabel 1. Semua simulasi proses *denoising image* dilakukan menggunakan software Matlab dengan RAM 16Gb menggunakan fungsi Perona-Malik *anisotropic diffusion* [12] implementasi dari [13].



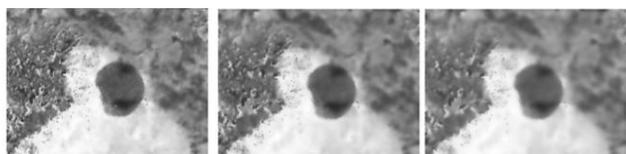
Gambar 2. Gambar A (kiri) asli, (tengah) *salt pepper noise*, (kanan) *poisson noise*



Gambar 3. Gambar B (kiri) asli, (tengah) *salt pepper noise*, (kanan) *poisson noise*



Gambar 4. Gambar A (kiri) hasil iterasi 10, (tengah) hasil iterasi 15, (kanan) hasil iterasi 20 dari proses Perona-Malik *anisotropic diffusion* dengan *salt pepper noise*



Gambar 5. Gambar A (kiri) hasil iterasi 10, (tengah) hasil iterasi 15, (kanan) hasil iterasi 20 dari proses Perona-Malik *anisotropic diffusion* dengan *poisson noise*



Gambar 6. Gambar B (kiri) hasil iterasi 10, (tengah) hasil iterasi 15, (kanan) hasil iterasi 20 dari proses Perona-Malik *anisotropic diffusion* dengan *salt pepper noise*



Gambar 7. Gambar B (kiri) hasil iterasi 10, (tengah) hasil iterasi 15, (kanan) hasil iterasi 20 dari proses Perona-Malik *anisotropic diffusion* dengan *poisson noise*

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kualitas Citra

Gambar	Variasi	Parameter Kualitas Citra	
		MSR	PSNR
Gambar A	Noise salt pepper iterasi 10	1049,8	17,9198
	Noise salt pepper iterasi 15	1444,9	16,5323
	Noise salt pepper iterasi 20	1706,3	15,8103
	Noise poisson iterasi 10	1098	17,7249
	Noise poisson iterasi 15	1420	16,6078
	Noise poisson iterasi 20	1628,3	16,0136
Gambar B	Noise salt pepper iterasi 10	166,2073	25,9243
	Noise salt pepper iterasi 15	336,7867	22,8573
	Noise salt pepper iterasi 20	370,0610	22,4481
	Noise poisson iterasi 10	163,4139	25,9979
	Noise poisson iterasi 15	184,7484	25,4650
	Noise poisson iterasi 20	204,0903	25,0326

Variasi derau yang dipakai pada penelitian ini adalah derau *salt and pepper* dan derau *poisson*. Gambar asli yang digunakan adalah Gambar A dan Gambar B yang berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Hasil *smoothing* untuk Gambar A dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 untuk derau *salt and pepper* dan derau *poisson*. Total iterasi yang digunakan adalah 10, 15 dan 20 iterasi untuk masing-masing percobaan. Sedangkan, hasil untuk Gambar B dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

Pada Gambar 4, menggunakan derau *salt and pepper*, dapat disimak bahwa jika menggunakan total iterasi 10, fitur citra masih dapat dilihat tetapi derau belum dapat dihilangkan, pada iterasi 15, derau masih tampak terlihat dan fitur citra beberapa mulai ikut terblur. Sedangkan pada total iterasi 20, derau sudah hilang dan fitur citra beberapa juga sudah ikut terblur. Pada Gambar 5, dapat dilihat pada iterasi 10 sudah dapat menghilangkan derau *poisson* tanpa menghilangkan fitur penting citra dengan banyak, semakin besar total iterasi, maka terlihat gambar makin halus dan beberapa fitur penting citra mulai terblur. Pada Gambar 6, dapat dilihat untuk derau *salt and pepper*, iterasi 10 belum dapat menghilangkan derau dan iterasi 15 dan 20 dapat menghilangkan derau pada area *cell* akan tetapi pada latar belakang gambar derau masih tampak terlihat. Pada Gambar 7, iterasi 10 sudah dapat menghilangkan derau *poisson* pada area *cell* akan tetapi pada latar belakang masih dapat terlihat derau tersebut. Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa semakin besar nilai iterasi maka nilai MSR akan semakin besar, menandakan bahwa total rata-rata *error* diantara gambar asli dan gambar hasil proses semakin jauh berbeda. Sedangkan untuk nilai PSNR, semakin besar nilai iterasi, nilai PSNR akan semakin kecil.

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, telah dibangun sistem image denoising menggunakan Perona-Malik *anisotropic diffusion* dengan total iterasi 10,15 dan 20 menggunakan dua variasi derau yaitu derau *salt and pepper* dan derau *poisson*. Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa Perona-Malik *anisotropic diffusion* dapat menghilangkan derau dan masih dapat mempertahankan fitur citra akan tetapi beberapa fitur pada citra masih ikut terblur karena proses *smoothing* ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mercu Buana dan Pusat Penelitian Universitas Mercu Buana atas dana penelitian internal skema dosen muda dengan no kontrak 02-5/403/B-SPK/III/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Priya, et al., "Image Denoising Technique Using Various Filters Models: A Survey," *International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON) IEEE*, pp. 919-923, 2018.
- [2] P. Jain, and V. Tyagi. "A survey of edge-preserving image denoising methods." *Information Systems Frontiers*, Vol. 18, No. 1, pp. 159-170, 2016.
- [3] M. Mafi, et al. "A comprehensive survey on impulse and Gaussian denoising filters for digital images," *Signal Processing*, Vol. 157, pp. 236-260, 2018.
- [4] S. Vishaga and S. L. Das, "A survey on switching median filters for impulse noise removal," *2015 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies [ICCPCT-2015]*, Nagercoil, pp. 1-6, 2015.
- [5] H. R. Shahdoosti, and Z. Rahemi, "Edge-preserving image denoising using a deep convolutional neural network," *Signal Processing*, Vol. 159, pp. 20-32, 2019.
- [6] T. Barbu, and A. Favini, "Rigorous mathematical investigation of a nonlinear anisotropic diffusion-based image restoration model," *Electronic Journal of Differential Equations*, Vol. 129, pp. 1-9, 2014.
- [7] W. Zhu, "A numerical study of a mean curvature denoising model using a novel augmented Lagrangian method," *Inverse Problems & Imaging*, Vol. 11, No.6, pp. 975-996, 2017.
- [8] C. Brito-Loeza, K. Chen, and V. Uc-Cetina, "Image denoising using the Gaussian curvature of the image surface." *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, Vol. 32, No. 3, pp. 1066-1089, 2016.
- [9] F. Ren, and R.R. Zhou. "Optimization model for multiplicative noise and blur removal based on Gaussian curvature regularization." *JOSA*, Vol. 35, No. 5, pp. 798-812, 2018.
- [10] Y. Li, et al, "A survey of recent advances in visual feature detection." *Neurocomputing*, Vol. 149, pp. 736-751, 2015.
- [11] V. Kamalaveni, R. Anitha Rajalakshmi, and K. A. Narayanankutty, "Image denoising using variations of Perona-Malik model with different edge stopping functions," *Procedia Computer Science*, Vol. 58, pp. 673-682, 2015.
- [12] P. Perona and J. Malik, "Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 12, no.7, pp. 629-638, 1990.
- [13] D. Lopes "Anisotropic Diffusion (Perona & Malik)" (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/14995-anisotropic-diffusion-perona-malik>), *MATLAB Central File Exchange*. Retrieved June 11, 2020.