

L A P O R A N
PENELITIAN



Deteksi Tepi Citra Digital Menggunakan Ant Colony Optimization
Berdasarkan Neutrosophic Gradient Magnitude

Disusun oleh:

Ketua Tim	:	Gulpi Qorik Oktagalu Pratamasunu, S.Pd, M.Kom	NIDN. 0730109002
Anggota	:	Olif Imandira Ratu Farisi , S.Pd., M.Si.	NIDN. 0725108902

Lembaga Penerbitan, Penelitian, dan
Pengabdian Kepada Masyarakat (LP3M)
Universitas Nurul Jadid
Paiton Probolinggo
Tahun 2019



YAYASAN NURUL JADID PAITON

**LEMBAGA PENERBITAN, PENELITIAN, &
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NURUL JADID
PROBOLINGGO JAWA TIMUR**

PP. Nurul Jadid
Karanganyar Paiton
Probolinggo 67291
☎ 0888-3077-077
e: lp3m@unuja.ac.id
w: <https://lp3m.unuja.ac.id>

SURAT TUGAS

Nomor: NJ-T06/LP3M/0027/A.1/03.2019

Assalamualaikum Wr. Wb.

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : ACHMAD FAWAID, M.A., M.A.
NIDN : 2123098702
Jabatan : Kepala LP3M
Nama PT : Universitas Nurul Jadid
Alamat PT : PO BOX 1 Karanganyar Paiton Probolinggo 67291

Menerangkan bahwa

Nama : GULPI QORIK OKTAGALU PRATAMASUNU, S.PD, M.KOM
NIDN : 0730109002
Jabatan : Dosen Tetap Universitas Nurul Jadid
Prodi : Informatika (S2)
Fakultas : Teknik

Diberi tanggung jawab bersama mahasiswa sebagaimana terlampir untuk melakukan Penelitian dengan judul “**Deteksi Tepi Citra Digital Menggunakan Ant Colony Optimization Berdasarkan Neutrosophic Gradient Magnitude**)” pada tanggal 15 Maret s.d. 30 Desember 2019

Demikian Surat Tugas ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Paiton, 15 Maret 2019



Kepala LP3M,

ACHMAD FAWAID, M.A., M.A.
NIDN.212309870

Lampiran Nomor: NJ-T06/LP3M/0027/A.1/03.2019

Daftar Anggota Pelaksana Penelitian
Universitas Nurul Jadid Tahun 2019

NO	NIDN/NIM	NAMA	FAKULTAS	JURUSAN
1.	0730109002	Gulpi Qorik Oktagalu Pratamasunu, S.Pd, M.Kom	Teknik	Informatika
2.	0725108902	Olif Ilmandira Ratu Farisi , S.Pd., M.Si.	Sosial Dan Humaniora	Pendidikan Matematika

Paiton, 15 Maret 2019



Kepala LP3M,

ACHMAD FAWAID, M.A., M.A.
NIDN. 21230987

HALAMAN PENGESAHAN

1	Judul	:	Deteksi tepi citra digital Menggunakan ant colony optimization berdasarkan neutrosophic gradient magnitude
2	Ketua Tim	:	Gulpi Qorik Oktagalu Pratamasunu, S.Pd, M.Kom
	a. NIDN	:	0730109002
	b. Program Studi	:	Teknik Informatika
	c. Alamat Email	:	gulpi.qorik.com
3	Anggota 1	:	Olief ilmandira ratu farisi, S.Pd., M.Si.
	a. NIDN / NIM	:	0725108902
	b. Program Studi	:	Pendidikan Matematika
4	Lokasi Mitra (jika ada)	:	Universitas Nurul Jadid
	a. Kabupaten	:	Probolinggo
	b. Provinsi	:	Jawa Timur
5	Luaran yang Dihasilkan	:	a. Jurnal Penelitian
			b.
			c.

Probolinggo, 25 Desember 2019

Mengetahui,
Kepala LP3M,

Ketua Tim,

ACHMAD FAWAID, M.A., M.A.
NIDN. 2123098702

(.....)
NIDN. 0730109002

Deteksi Tepi Citra Digital Menggunakan Ant Colony Optimization Berdasarkan Neutrosophic Gradient Magnitude

Abstrak, *Deteksi tepi dengan pendekatan metode Ant Colony Optimization (ACO) menghasilkan tepi yang terputus lebih sedikit dari metode deteksi tepi dengan pendekatan convolution mask seperti Sobel dan Prewitt. Tetapi metode ini lebih rentan terhadap derau sehingga menghasilkan tepi yang kurang optimal jika diterapkan pada citra berderau. Pada penelitian ini diusulkan suatu metode Deteksi Tepi Citra Digital menggunakan ACO berdasarkan neutrosophic gradient magnitude dengan mengintegrasikan pendekatan ACO dalam deteksi tepi menggunakan gradient dan teori neutrosophy. Tambahan informasi berupa neutrosophic gradient magnitude digunakan untuk membantu semut menemukan tepi dari suatu citra, khususnya citra yang memiliki derau dengan meminimalisasi pemilihan tepi yang sulit ditentukan keanggotaannya. Uji coba dilakukan menggunakan citra tanpa derau dan citra berderau. Hasil uji coba menunjukkan bahwa metode yang diusulkan memiliki performa yang lebih baik dibandingkan metode ACO standar dan ACO berdasarkan gradient pada semua uji coba berdasarkan nilai figure of merit.*

Kata Kunci: *citra digital; deteksi tepi; neutrosophic set, gradient magnitude, ant colony optimization*

Abstrac. Edge detection using the Ant Colony Optimization (ACO) approach results in fewer broken edges than edge detection methods with a convolution mask approach such as Sobel and Prewitt. But this method is more susceptible to noise so that edge detection results are not optimal. In this paper, we propose a Digital Image Edge Detection method using ACO based on neutrosophic gradient magnitude by integrating the ACO approach for edge detection using gradients and neutrosophy theory. Additional information in the form of neutrosophic gradient magnitude is used to help ants to find the edge of an image, especially images that have noise by minimizing the selection of edges that are difficult to determine its membership. The experiments were conducted using images without noises and noisy images. The experimental results show that the proposed method has better performance than the standard ACO and ACO methods based on gradient magnitude in all experiments based on the value of the figure of merit.

Keywords: digital image; edge detection; neutrosophic set, gradient magnitude, ant colony optimization.

BAB I PENDAHULUAN

A. Pendahuluan

DETEKSI tepi merupakan proses pencarian batas-batas dari suatu objek pada citra. Deteksi tepi digunakan dalam segmentasi citra dan ekstraksi data di berbagai bidang seperti pengolahan citra, visi komputer, dan visi mesin. Dalam bidang medis (deteksi tumor otak dan kanker), hasil deteksi tepi merupakan dasar dalam penentuan keputusan dari suatu masalah. Hal ini menuntut akurasi yang tinggi dari algoritma deteksi tepi yang digunakan. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian untuk menghasilkan algoritma deteksi tepi dengan akurasi yang tinggi.

Selama ini, deteksi tepi yang biasa digunakan adalah algoritma deteksi tepi menggunakan pendekatan convolution mask, seperti deteksi tepi Sobel atau deteksi tepi Prewitt. Algoritma deteksi tepi seperti ini dapat mendeteksi tepi dengan cepat, tetapi mudah sekali menghasilkan tepi yang patah. Tepi yang patah sangat menyulitkan proses segmentasi citra. Dengan adanya patahan pada tepi objek, citra objek tidak bisa dipisahkan secara sempurna dari citra background. Untuk itu dibutuhkan pendekatan lain dalam mendeteksi tepi yang terdapat pada suatu citra.

Pendekatan lain yang bisa digunakan adalah menggunakan metode heuristik. Tian dkk[1] mengembangkan ACO untuk mendeteksi tepi pada suatu citra digital. Hasil menunjukkan bahwa metode ACO mendeteksi tepi lebih baik dibandingkan dengan pendekatan convolution mask. ACO memiliki komputasi yang terdistribusi sehingga dapat mencegah konvergensi dini. Sayangnya, konsep pencarian ACO adalah dengan mengandalkan informasi dari setiap semut yang bersifat lokal. Hal ini mengakibatkan adanya suatu kondisi dimana semut dapat terjebak pada situasi lokal optima. Lokal optima terjadi ketika semut manapun dalam koloni tidak pernah mengunjungi piksel tepi yang menghasilkan tepi yang terputus.

Beberapa peneliti mencoba memperbaiki masalah yang dimiliki oleh ACO tersebut dengan menambahkan informasi tambahan yang harus diproses oleh semut. Baskan dkk[2] menggabungkan ACO dengan algoritma genetika. Zhang dkk[3] mengusulkan pembobotan arah berdasarkan perhitungan statistika. Verma dan Sharma[4] mengusulkan kombinasi ACO dengan hukum gravitasi universal.

Liantonie dkk[5] mengusulkan penggunaan gradien dalam menentukan keberadaan suatu tepi. Besaran gradien digunakan untuk memberikan rekomendasi pergerakan semut. Sayangnya, nilai gradien yang didapatkan dari nilai pixel dalam citra menyebabkan metode-metode tersebut akan kesulitan menemukan solusi yang optimal ketika terdapat derau pada citra.

Guo dan Cheng[6] menggunakan neutrosophic set untuk menghilangkan derau pada citra. Neutrosophy, suatu cabang dari teori filosofi, adalah teori yang mempelajari tentang kenetralan. Teori ini telah banyak digunakan dalam memecahkan permasalahan yang melibatkan ketidakpastian dalam pengolahan citra digital, khususnya dalam menangani masalah citra yang memiliki derau. Dari hasil penelitiannya, didapatkan

bahwa neutrosophy set dapat menghilangkan derau secara akurat dan efektif pada berbagai citra dengan level derau yang berbeda-beda.

Berdasarkan penelitian tersebut, neutrosophic set dapat digunakan untuk memperbaiki kelemahan metode gradient magnitude ACO yang memiliki kesulitan dalam menemukan tepi ketika citra yang diproses memiliki derau. Sehingga, pada penelitian ini diusulkan suatu metode Deteksi Tepi Citra Digital menggunakan Ant Colony Optimization berdasarkan Neutrosophic Gradient Magnitude.

B. STUDI LITERATUR

1. Himpunan Neutrosophy

Neutrosophy merupakan generalisasi dari beberapa dialektika dan mempelajari tentang asal, alam, dan kenetralan. Neutrosophy mempertimbangkan tentang proposisi, teori, kejadian, konsep, atau entitas A , dan lawannya anti A , serta kenetralan net A yang bukan A maupun anti A .

Neutrosophic set merupakan alat yang bagus untuk mengatasi permasalahan ketidaktentuan yang dideskripsikan secara kuantitatif dengan keanggotaan. Pada neutrosophic set, suatu himpunan A dibagi menjadi tiga himpunan bagian: A , anti A , dan net A yang merepresentasikan himpunan benar, himpunan salah, dan himpunan tak-tentu. Pada teori neutrosophic set, suatu himpunan bagian tak-tentu I dapat merepresentasikan ketaktentuan pada suatu citra.

2. Gradient Magnitude

Gradien merupakan suatu vektor yang memiliki besaran (magnitude) dan arah[7]. Dalam suatu citra, gradien terbentuk oleh perubahan warna secara gradual. Untuk citra dua dimensi, penerapan gradien dilakukan dengan menggunakan turunan spasial.

$$\begin{bmatrix} f_x & f_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{df}{dx} & \frac{df}{dy} \end{bmatrix} \quad (1)$$

dimana $f_x = \frac{df}{dx}$ adalah turunan f terhadap x dan $f_y = \frac{df}{dy}$

adalah turunan f terhadap y . Gradient magnitude adalah laju maksimum perubahan intensitas pada titik (x, y) . Semakin besar nilai gradient magnitude, semakin besar pula peluang untuk menemukan tepi citra. Gradient magnitude f didapat dari

$$\|\Delta f\| = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (2)$$

3. Ant Colony Optimization

Ant Colony Optimization (ACO) merupakan algoritma heuristik yang diperkenalkan oleh Marco Dorigo[8] untuk mencari lintasan terpendek. Algoritma ini mengadopsi perilaku koloni semut dalam mencari sumber makanan. Dalam mencari makanan, semut meninggalkan suatu zat kimia yang disebut dengan feromon. Feromon ini sebagai bentuk komunikasi dengan koloninya. Semut cenderung memilih jalan dengan feromon yang lebih banyak. Feromon mengalami penguapan karena udara. Ide dasar ini kemudian dikembangkan untuk memecahkan masalah numerik yang lebih luas, seperti penyelesaian Travelling Salesman Problem, Vehicle Routing Problem, dan permasalahan masalah np-hard lainnya[9].

Untuk mendeteksi tepi suatu citra, pixel diasumsikan sebagai titik. Semut bergerak dari titik pixel menuju pixel-pixel tepi. Pixel-pixel tepi merupakan jalan yang harus dilewati oleh semut. Dalam proses pemilihan pixel, semut mempertimbangkan beberapa hal, yaitu informasi heuristik (η) berupa variasi selisih warna yang dapat diekstrak pada pixel kelompok lokal dan jejak feromon (τ).

Probabilitas semut dalam memilih pixel dihitung dari aturan proposional pseudorandom. Jika probabilitas distribusi (q) kurang dari sama dengan probabilitas distribusi sebelumnya ($0 < q$), maka probabilitas semut k memilih pixel J sama dengan 1. Sebaliknya jika $0 < q < q$, maka

$$P_j^k = \frac{\tau_j^\alpha \eta_j^\beta}{\sum \tau_j^\alpha \eta_j^\beta} \quad (3)$$

Dengan α adalah faktor yang mempengaruhi feromon dan β adalah faktor yang mempengaruhi informasi heuristik.

Setelah semut berpindah dari satu pixel dan pixel lain, dilakukan update lokal feromon. Update feromon ini bertujuan untuk mengurangi konsentrasi feromon di tepi yang dilalui. Fungsi update lokal pada feromon ditunjukkan oleh

$$\tau_j(\text{baru}) = (1 - \varphi)\tau_j(\text{lama}) + \varphi\tau_0 \quad (4)$$

dengan τ_j merupakan feromon pada rute ke- J , $0 < \tau$ merupakan feromon awal, φ koefisien kerusakan feromon dimana $0 < 1 < \varphi$.

Setelah semua semut telah melewati satu iterasi, dilakukan update feromon global. Pembaruan ini dilakukan untuk mengetahui banyak feromon setelah mengalami penguapan. Fungsi untuk update feromon global ditunjukkan oleh

$$\tau_j(\text{baru}) = (1 - \rho)\tau_j(\text{lama}) + \rho\Delta\tau_j \quad (5)$$

dengan ρ adalah koefisien penguapan feromon dimana $0 < \rho < 1$ dan $\Delta\tau_j$ merupakan tambahan feromon pada pixel J . Tambahan feromon ini dihitung berdasarkan

$$\Delta\tau_j = \begin{cases} \frac{1}{L}, & \text{jika semut melewati piksel } J \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (6)$$

Dalam hal ini, L merupakan banyaknya semut yang melewati piksel J pada satu iterasi.

BAB II METODE PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1. Pada tahap ini, citra diubah menjadi citra neutrosophy. Setiap pixel dalam citra neutrosophy memiliki tiga himpunan keanggotaan, yaitu keanggotaan tepi T, keanggotaan bukan-tepi F,



Gambar 1. Metode Neutrosophic Gradient Magnitude ACO

dan keanggotaan tak-tentu I. Untuk menentukan apakah suatu pixel adalah tepi atau bukan tepi, dilakukan perhitungan gradient magnitude pada citra sebagai dasar perhitungan nilai T, I, dan F. Tingginya nilai gradient magnitude suatu pixel menunjukkan tingginya perbedaan intensitas pada suatu pixel. Sehingga, probabilitas pixel tersebut merupakan pixel tepi akan semakin besar, dan sebaliknya. Sedangkan untuk menentukan probabilitas pixel tak tentu, didapat berdasarkan selisih antara gradient magnitude citra asli dan gradient magnitude citra yang telah diterapkan filter rata-rata. Hal ini dilakukan untuk mengidentifikasi adanya pixel derau yang ditandai dengan tingginya selisih pada nilai tersebut. Perhitungan gradient magnitude pada penelitian ini menggunakan operator Sobel.

Pixel $P_{i,j}$, pada domain citra ditransformasi menjadi domain neutrosophic set dan dinotasikan dengan PNS $I, j, T, I, j, I, I, j, F, I, j$ yang masing-masing mewakili himpunan pixel tepi, himpunan pixel tak-tentu, dan himpunan pixel bukantepi yang didefinisikan sebagai berikut.

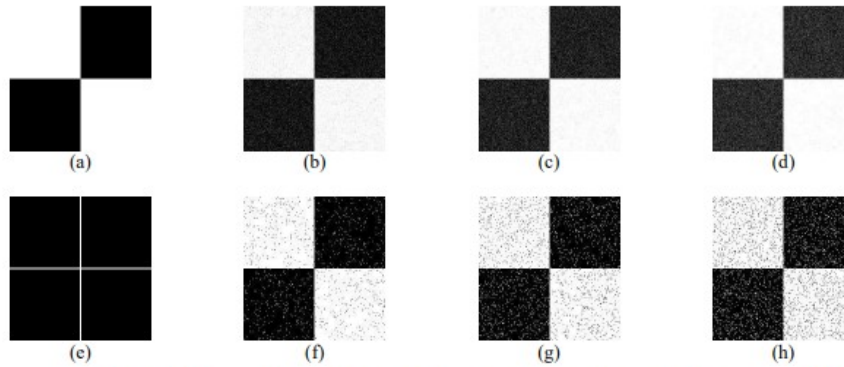
$$T(i, j) = \frac{\nabla f(i, j) - \nabla f_{\min}}{\nabla f_{\max} - \nabla f_{\min}} \quad (7)$$

$$I(i, j) = \frac{\delta(i, j) - \delta_{\min}}{\delta_{\max} - \delta_{\min}} \quad (8)$$

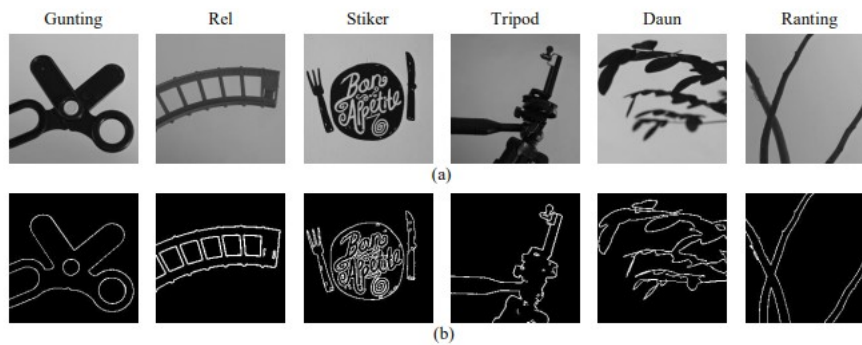
$$\delta(i, j) = |\nabla f(i, j) - \nabla \bar{f}(i, j)| \quad (9)$$

$$F(i, j) = 1 - T(i, j) \quad (10)$$

dimana f adalah gradient magnitude dan i, j adalah nilai mutlak dari selisih antara *gradient*.



Gambar 2. Citra Uji Sintesis (a) Citra asli (b) Gaussian (0.05) (c) Gaussian (0.10) (d) Gaussian (0.15) (e) Citra ground truth (f) Salt & Pepper (0.05) (g) Salt & Pepper (0.10) (h) Salt & Pepper (0.15)



Gambar 3. (a) Citra Nyata dan (b) Citra Tepi *Ground Truth*

magnitude dari citra asli pada pixel $\square_{i, j}$, \square dengan nilai gradient magnitude pada pixel $\square_{i, j}$, \square setelah proses filter rata-rata.

Nilai T , I , dan F tersebut digunakan sebagai informasi tambahan semut dalam mendeteksi tepi. Untuk meminimalisasi ketidakpastian pada proses penentuan tepi, informasi tambahan tersebut berupa nilai neutrosophic gradient magnitude λ dihitung dengan

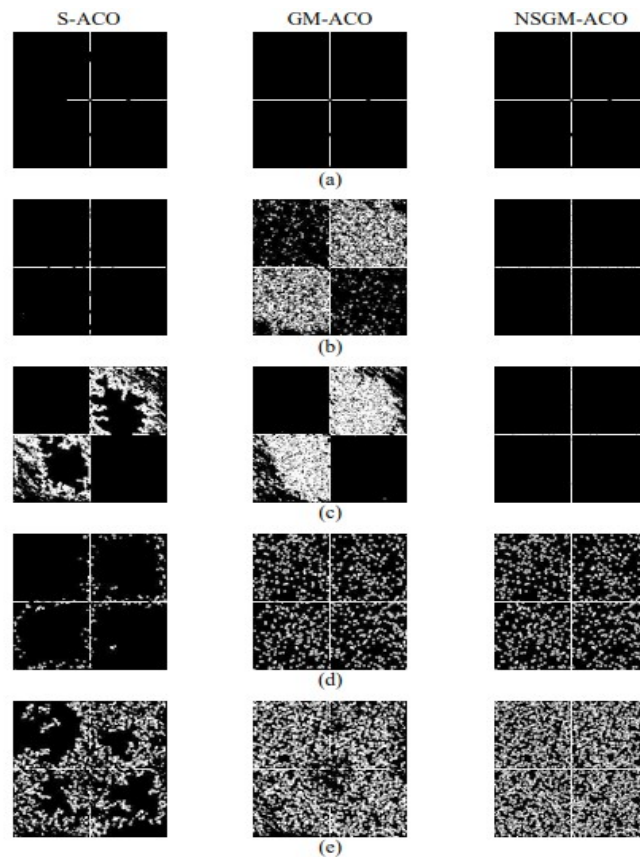
$$\lambda = + \quad (11)$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan inisialisasi parameter, antara lain banyak semut, feromon awal β , γ , dan ρ yang diperlukan untuk menjalankan ACO. Sebanyak k -semut akan ditempatkan pada suatu sarang. Sebanyak n -sarang akan ditempatkan di beberapa pixel yang memiliki probabilitas dengan tepi yang tinggi. Pada tahap ini, setiap semut akan berjalan dari sarang mencari tepi pada citra. Setiap pergerakan semut dari pixel awal menuju pixel selanjutnya, dipengaruhi oleh besarnya probabilitas dari pixel tersebut akan dikunjungi. Probabilitas ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu

feromon yang ditinggalkan oleh semut, informasi heuristik, gradient direction, dan gradient magnitude. Probabilitas semut-k untuk mengunjungi suatu pixel J ditentukan oleh

$$P_j^k = \frac{\tau_j^\alpha \eta_j^\beta \lambda_j^\gamma}{\sum \tau_j^\alpha \eta_j^\beta \lambda_j^\gamma} \quad (12)$$

Setiap semut berpindah pixel, feromon akan diupdate. Pembaruan feromon ini bertujuan untuk mengurangi konsentrasi feromon yang dihasilkan semut. Setelah semua semut menyelesaikan pencariannya dalam satu iterasi, dilakukan pembaruan feromon global. Dalam proses ini, feromon diupdate secara global untuk semua sarang. Pada tahap ini, dihitung hasil feromon akhir yang merupakan feromon yang dihasilkan semut ditambah dengan penguapan feromon. Pada tahap ini,



Gambar 4. Perbandingan Metode Deteksi Tepi pada Citra Uji Sintesis
(a) Tanpa derau, (b) Gaussian (0.05), (c) Gaussian (0.15), (d) Salt & Pepper (0.05), (e) Salt & Pepper (0.15)

dilakukan pengambilan keputusan apakah setiap pixel merupakan tepi atau bukan berdasarkan nilai fitness.

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengevaluasi performa dan ketahanan dari metode yang diusulkan terhadap derau, digunakan satu citra sintesis dan enam citra nyata dengan beberapa tingkat derau yang berbeda. Setiap citra berukuran 200x200 piksel dengan citra hasil tepi gold-standard-nya. Untuk membandingkan performa metode yang diusulkan (NSGM-ACO), hasil uji dibandingkan dengan ACO standar (S-ACO) dan ACO dengan gradient magnitude (GM-ACO).

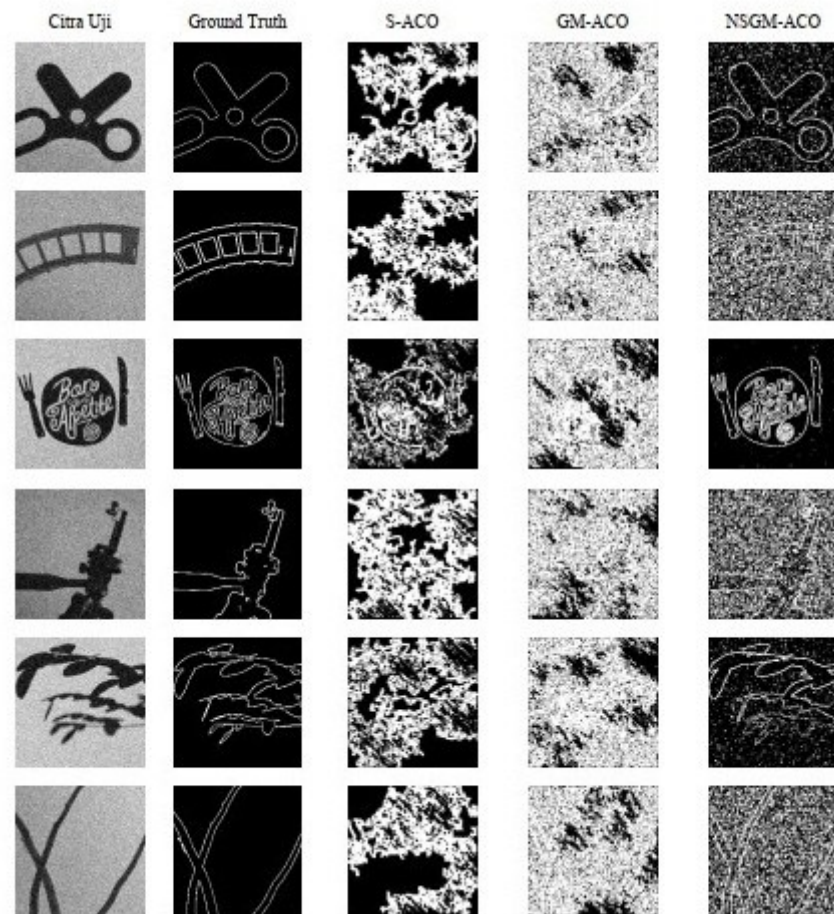
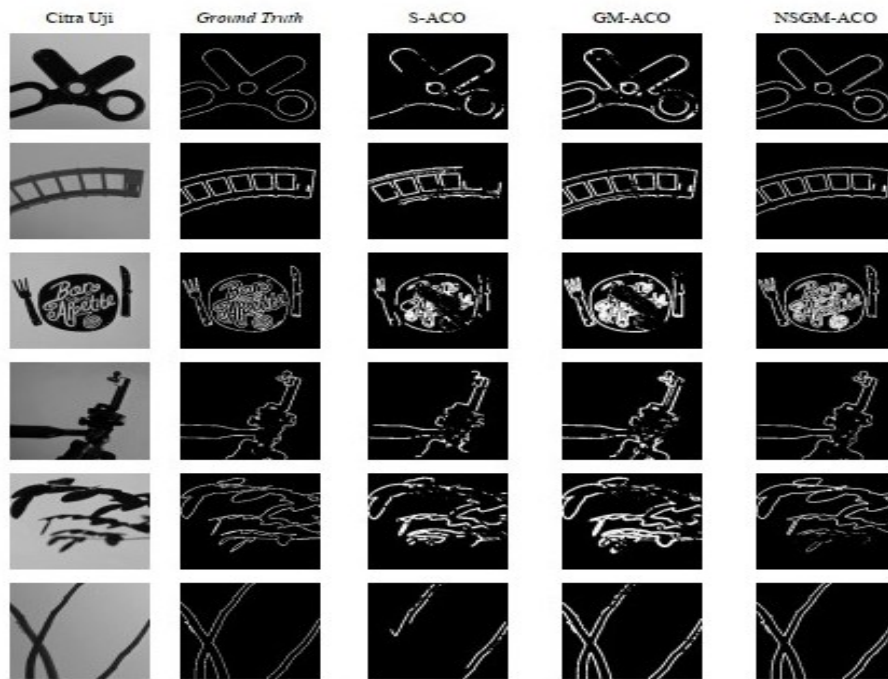
Nilai figure of merit FOM yang diusulkan oleh Pratt digunakan sebagai ukuran performa, yang didefinisikan sebagai dimana N_1 dan N_A adalah jumlah tepi hasil deteksi dan jumlah tepi yang sebenarnya, secara berurutan. Jarak d_k adalah jarak antara titik tepi ke- k yang sebenarnya dengan titik poin terdekat hasil deteksi. Konstanta adalah konstanta penskalaan dengan nilai 19 [10]. Nilai FOM ini menentukan kualitas deteksi tepi, semakin besar nilai FOM menandakan semakin baik hasil deteksi tepi.

Untuk mengevaluasi dan membandingkan ketahanan NSGM-ACO terhadap berbagai macam tingkatan derau, uji coba dilakukan menggunakan citra sintesis dengan derau Gaussian dan derau Salt & Pepper dengan tiga tingkatan yang berbeda (0.05, 0.10, 0.15). Gambar 2 menunjukkan variasi derau pada citra sintesis yang digunakan pada uji coba.

Sedangkan untuk melakukan validasi hasil uji coba, beberapa jenis citra digunakan sebagai citra uji. Pada uji coba ini, digunakan enam citra objek nyata (Gunting, Rel, Stiker, Tripod, Daun, dan Ranting) untuk menguji performa metode yang diusulkan terhadap citra nyata. Citra-citra tersebut dipilih karena memiliki perbedaan warna yang mencolok tetapi memiliki variasi tingkat kejelasan garis batas antara objek dan latar yang berbeda. Gambar 3 menunjukkan citra uji coba tersebut beserta citra tepi ground truth-nya.

Berdasarkan hasil uji coba yang ditunjukkan pada Gambar 4, NSGM-ACO menghasilkan deteksi tepi yang lebih baik dari metode yang lain, terutama untuk citra dengan jenis derau gaussian. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya tepi terdeteksi dengan tepat dan sedikitnya tepi palsu pada hasil deteksi tepi. Sedangkan pada citra dengan derau Salt & Pepper, NSGM-ACO menghasilkan deteksi tepi yang kurang optimal.

$$FOM = \frac{1}{\max(N_1, N_A)} \sum_{k=1}^{N_d} \frac{1}{1 + \alpha d^2(k)} \quad (13)$$



GM-ACO terbukti sangat rentan sekali terhadap kedua jenis derau. Sedangkan S-ACO terbukti lebih tahan terhadap derau gaussian tingkat rendah dan semua derau Salt & Pepper. Sayangnya, S-ACO menghasilkan deteksi tepi yang kurang optimal untuk citra tanpa derau jika dibandingkan dengan kedua metode lainnya. Tabel 1 menunjukkan bahwa NSGM-ACO memiliki rata-rata FOM lebih tinggi dari kedua metode lainnya yaitu 0.61.

Pertama, NSGM-ACO dibandingkan dengan S-ACO dan GM-ACO pada citra uji tanpa derau. Gambar 5 menunjukkan bahwa NSGM-ACO dan GM-ACO menghasilkan tepi yang lebih utuh daripada S-ACO dimana terdapat banyak tepi yang terputus. Kemudian, ketiga metode tersebut dibandingkan pada citra uji yang telah ditambah derau Gaussian (0.05). Dari Gambar 6 dapat terlihat bahwa metode yang diusulkan menghasilkan citra tepi yang lebih jelas dibandingkan dengan metode lainnya. Selain itu, metode yang diusulkan juga menghasilkan tepi palsu yang lebih sedikit daripada metode lainnya. Hasil perbandingan FOM pada uji coba tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.

BAB IV PENUTUP

Pada penelitian ini diusulkan metode deteksi tepi baru menggunakan ant colony optimization (ACO) berdasarkan teori neutrosophic set dan gradient magnitude pada citra. Penelitian ini memperbaiki kelemahan metode ACO untuk deteksi tepi sebelumnya

yang menghasilkan tepi kurang optimal jika diterapkan pada citra berderau. Dengan menggunakan konsep neutrosophic set, setiap pixel dalam citra memiliki tiga keanggotaan, yaitu pixel tepi, pixel bukan tepi, dan pixel tak-tentu. Dengan meminimalisasi pemilihan kandidat tepi pada pixel tak-tentu, tepi yang dihasilkan dapat terhindar dari tepi palsu yang disebabkan oleh adanya derau. Untuk mengevaluasi performa, hasil deteksi tepi metode yang diusulkan dibandingkan dengan metode ACO standar dan metode ACO berdasarkan gradient magnitude saja pada citra sintesis, citra objek nyata, dan citra berderau. Hasil uji coba menunjukkan bahwa metode yang diusulkan memiliki performa yang lebih baik dibandingkan metode lainnya pada semua uji coba berdasarkan nilai figure of merit.

TABEL 1
HASIL UJI CITRA SINTESIS TERHADAP BERBAGAI MACAM TINGKATAN DERAU

Citra Uji	Metode Deteksi Tepi		
	S-ACO	GM-ACO	NSGM-ACO
Citra Sintesis	0.73	0.95	0.95
Derau Gaussian(0.05)	0.86	0.14	0.95
Derau Gaussian(0.10)	0.90	0.14	0.97
Derau Gaussian(0.15)	0.20	0.14	0.98
Derau Salt & Pepper(0.05)	0.54	0.17	0.17
Derau Salt & Pepper(0.10)	0.23	0.12	0.13
Derau Salt & Pepper(0.15)	0.16	0.10	0.12
Rata-rata	0.52	0.25	0.61

TABEL 2
HASIL UJI CITRA BENDA NYATA TANPA DAN DENGAN DERAU

Citra Uji	Tanpa Derau			Dengan Derau Gaussian(0.05)		
	S-ACO	GM-ACO	NSGM-ACO	S-ACO	GM-ACO	NSGM-ACO
Ganting	0.91	0.88	0.94	0.35	0.28	0.49
Rel	0.89	0.95	0.91	0.30	0.26	0.29
Stiker	0.94	0.93	0.95	0.57	0.37	0.94
Tripod	0.88	0.85	0.93	0.44	0.34	0.67
Daan	0.80	0.94	0.96	0.25	0.23	0.26
Ranting	0.94	0.89	0.96	0.24	0.20	0.24
Rata-rata	0.89	0.91	0.94	0.36	0.28	0.48

DAFTAR PUSTAKA

- Baskan, Ozgur., Haldenbilen, Soner., Ceylan, Huseyin., and Ceylan, Halim. 2009. A New Solution Algorithm for Improving Performance of Ant Colony Optimization. Elsevier, Vol.211, Page.75-84.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., dan Coloni, A. (1996), "The Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents", IEEE Transactions on System, Man, And Cybernetics-Part B: Cybernetics, Vol. 26, No. 1, hal. 29-41.
- Farisi, O.I.R., Setiyono, B., Danandjojo, R.I., (2016), "A Hybrid Firefly Algorithm-Ant Colony Optimization for Traveling Salesman Problem", Jurnal Buana Informatika, Vol. 7, No. 1, hal. 55-64. [10] Pratt, W.K., (1978), Digital image processing, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Guo, Y., Cheng, H.D., dan Zhang, Y. (2009), "A New Neutrosophic Approach to Image Denoising", New Mathematics and Natural Computation, Vol. 5, No. 3, hal. 653-662.
- Liantoni, F., Kirana, K.C., dan Muliawati, T.H. (2014), "Adaptive Ant Colony Optimization based Gradien for Edge Detection", Journal of Computer Science, Vol. 7, No. 2, hal. 78-84.
- Mlsna, P.A. dan Rodríguez, J.J., (2009), The Essential Guide to Image Processing, Academic Press, Inc. Orlando, FL, USA.
- Tian, J., Yu, W., dan Xie, S (2008), "An Ant Colony Optimization Algorithm for Image Edge Detection", 2008 IEEE Congress on Evolutionary Computation (IEEE World Congress on Computational Intelligence), 1-6 Juni 2008.
- Verma, Om P., & R. Sharma. "An Optimal edge Detection Using Universal Law of Gravity and Ant Colony Algorithm" in World Congress on. IEEE, pp. 507-511, 2011.
- Zhang, J., He, Kun., Zheng, Xiuqing., and Zhou, Jiliu., (2010), "An Ant Colony Optimization Algorithm for Image Edge Detection", 2010 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence, 23-24 Oktober 2010.