

Penerapan Kombinasi Algoritma Sobel dan Canny (SoCan) dalam Identifikasi Citra Inversi Albatros Laysan

Riki Winanjaya^{1*}, Achmad Daengs GS², Fitri Angraini³

¹ STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, Indonesia

² Universitas 45 Surabaya, Surabaya, Indonesia

³ Universitas Putra Indonesia YPTK, Padang, Indonesia

Email: ^{1*}riki@amiktunasbangsa.ac.id, ²adaengsgs@univ45sby.ac.id, ³fitriangraini@stikomtb.ac.id

Email Penulis Korespondensi: riki@amiktunasbangsa.ac.id

Submitted: 09/06/2022; Accepted: 29/06/2022; Published: 30/06/2022

Abstrak—Pemanfaatan algoritma deteksi tepi pada suatu citra akan menghasilkan tepi-tepi objek citra. Tujuannya adalah untuk menandai bagian yang menjadi detail citra dan memperbaiki titik kaburnya penglihatan yang terjadi karena kesalahan atau efek dari proses akuisisi citra. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kemampuan dari kombinasi algoritma deteksi tepi Sobel dan Canny (SoCan) dalam mendeteksi citra yang di inversi. Dataset citra yang digunakan adalah citra Albatros Laysan yang terdiri dari 10 citra asli, dan 10 citra yang telah dilakukan inversi berdasarkan dataset citra standar. Albatros Laysan merupakan spesies burung laut berukuran besar yang ditemukan di Pasifik Utara. 99,7% dari keseluruhan populasi ditemukan di Kepulauan Hawaii Barat Laut. Dataset penelitian diperoleh dari website Caltech Vision Lab http://www.vision.caltech.edu/datasets/cub_200_2011/ dengan dimensi 500 x 271 piksel. Berdasarkan analisis dari 10 percobaan yang telah dilakukan, kombinasi algoritma Sobel dan Canny (SoCan) kurang baik dalam melakukan deteksi tepi, karena hanya memiliki rata-rata akurasi 47,79% saja dengan tingkat kesalahan 52,21%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk kasus ini, kombinasi dari algoritma Sobel dan Canny (SoCan) tidak mampu untuk mengidentifikasi Citra Inversi.

Kata Kunci: Deteksi Tepi; Inversi; Identifikasi Citra; Albatros Laysan

Abstract—Utilizing an edge detection algorithm in an image will produce the edges of the image object. The aim is to mark the part that becomes the image's detail and correct the point of blurring of vision that occurs due to errors or the effects of the image acquisition process. This study aims to see the ability of the combination of Sobel and Canny edge detection algorithms (SoCan) to detect the inverted image. The image dataset used is the image of the Laysan Albatross, which consists of 10 original images and ten images that have been inverted based on the standard image dataset. The Laysan albatross is a large species of seabird found in the North Pacific. 99.7% of the total population is found in the Northwest Hawaiian Islands. The research dataset was obtained from the Caltech Vision Lab website http://www.vision.caltech.edu/datasets/cub_200_2011/ with dimensions of 500 x 271 pixels. Based on the analysis of 10 experiments carried out, the combination of the Sobel and Canny algorithm (SoCan) is not good at performing edge detection because it only has an average accuracy of 47.79% with an average accuracy error rate of 52.21%. Thus, in this case, the combination of the Sobel and Canny algorithms (SoCan) is not able to identify the Inversion Image.

Keywords: Edge Detection; Inversion; Image Identification; Laysan Albatross

1. PENDAHULUAN

Kajian mengenai citra atau image dalam beberapa dekade terakhir ini merupakan hal yang banyak diminati untuk dilakukan penelitian oleh para ilmuwan dan akademisi, salah satunya adalah mendeteksi tepi suatu citra untuk tujuan mengidentifikasi objek dan mencari informasi tepi dari suatu citra [1]. Digital Image Processing (DIP) merupakan teknologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas citra dan proses identifikasi citra untuk memperkaya informasi yang berasal dari citra [2]. Gambar merupakan salah satu fitur penting multimedia yang memiliki peran penting sebagai bentuk informasi visual [3]. Citra memiliki karakteristik yang kaya akan informasi dan tidak dimiliki oleh data teks. Gambar dapat memberikan lebih banyak detail daripada informasi yang disajikan dalam bentuk teks [4]. Metode deteksi tepi merupakan salah satu operasi yang paling populer dalam analisis citra [5]. Penggunaan metode deteksi tepi pada suatu citra akan menghasilkan tepi objek citra [6], tujuannya untuk menandai bagian yang menjadi detail citra dan memperbaiki titik kaburnya penglihatan yang terjadi karena suatu kesalahan. atau efek dari proses akuisisi citra [7]. Oleh karena itu, pemilihan metode pendeteksian tepi citra harus tepat, sehingga manipulasi citra lebih mudah dilakukan [8]. Deteksi tepi dibagi menjadi dua bagian, yaitu deteksi tepi orde pertama dan deteksi tepi orde kedua [9]. Beberapa metode orde pertama antara lain Sobel [10], Prewitt [11], Roberts [12], dan Canny [13]. Sedangkan deteksi tepi orde kedua seperti Laplacian of Gaussian (LoG) [14].

Pada makalah ini akan membahas tentang kemampuan kombinasi metode deteksi tepi menggunakan algoritma Sobel dan Canny atau disingkat SoCan. Sejauh mana kombinasi algoritma ini mampu melakukan identifikasi Citra Inversi Albatros Laysan. Albatros Laysan merupakan spesies burung laut berukuran besar yang ditemukan di Pasifik Utara. 99,7% dari keseluruhan populasi ditemukan di Kepulauan Hawaii Barat Laut.

Banyak penelitian telah dilakukan dengan menggunakan metode deteksi tepi untuk menyelesaikan banyak masalah identifikasi citra, terbukti dari semakin luasnya penelitian terkait hal tersebut. Rahmawati, et al (2021) melakukan penelitian untuk identifikasi deteksi tepi citra tanaman hias bonsai menggunakan kombinasi metode Prewitt dan Canny. Citra penelitian yang digunakan memiliki dimensi 200 x 300 piksel. Berdasarkan analisis dari 10 percobaan yang telah dilakukan, kombinasi metode Prewitt dan Canny dapat melakukan deteksi tepi dengan cukup baik dengan rata-rata akurasi 78,90% dan tingkat kesalahan 21,10% [15]. D N Lohare, et al (2021) dengan

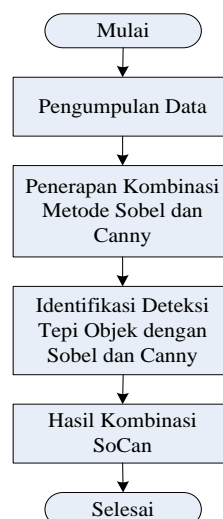
menggunakan teknik pengolahan citra, melakukan analisis perbandingan antara metode Prewitt dan Canny. Operator Prewitt dan Canny dibandingkan dengan gambar yang berbeda untuk mengekstrak tepi objek gambar dalam makalah ini. Metode Prewitt memiliki kelemahan utama karena sangat sensitif terhadap noise sedangkan metode deteksi tepi Canny sangat bergantung pada parameter variabel sigma. Secara komputasi, metode Canny lebih eksklusif tetapi metode deteksi tepi Canny mencapai peningkatan dibandingkan operator Prewitt di semua negara bagian. Canny memberikan gambar paling tajam dan kontinuitas tepi setinggi mungkin dalam perbandingan detektor tepi ini. Temuan juga menunjukkan bahwa pendekatan Canny menawarkan tepi yang paling substansial dan paling tepat dibandingkan dengan metode Prewitt [16]. B K Shah, et al (2020) melakukan analisis teknik deteksi tepi Laplacian dan berbasis gradien yang dibahas dalam artikel penelitiannya. Seluruh gambar mengikuti pada metode dan teknik. Filter turunan orde 2 bekerja lebih baik daripada turunan orde 1 dalam situasi ini. Eksperimen dengan jelas menunjukkan bahwa beberapa metode menghasilkan peta tepi berkualitas lebih rendah daripada yang lain. Metode Canny dapat mendeteksi kedua sisi dan tampaknya menjadi kecocokan yang lebih baik daripada Gaussian Laplacian di antara metode yang diselidiki. Meskipun teknik deteksi tepi canny membutuhkan waktu yang lama untuk diselesaikan, namun lebih efektif dibandingkan metode lainnya [17]. Wanto, et al (2021) melakukan penelitian menggunakan kombinasi metode deteksi tepi Sobe + Prewitt dengan Roberts + Canny pada Identifikasi Citra Bunga Passiflora. Dataset gambar diperoleh dengan menggunakan kamera Nikon Coolpix 995, format JPG dengan resolusi 128x192 piksel. Berdasarkan analisis dan pengujian, hasil penelitian menggunakan teknik deteksi tepi gabungan Roberts dan Canny menghasilkan akurasi identifikasi citra yang lebih baik dibandingkan dengan Sobel dan Prewitt. Akurasi rata-rata adalah 92,84% berbanding 68,75% [18]. P Vinista dan M M Joe (2019) Memodifikasi algoritma Sobel untuk deteksi tepi gambar yang lebih baik. Pada makalah ini, berbagai karakteristik metode deteksi tepi (Sobel, Prewitt, Laplacian, dan Roberts deteksi tepi) dianalisis dan dipelajari kemudian dibandingkan dengan metode Sobel yang dimodifikasi dengan nilai ambang 100. Berdasarkan analisis komparatif ditemukan bahwa Metode deteksi tepi sobel bekerja dengan baik. dibandingkan dengan metode deteksi tepi lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendeteksian tepi Sobel yang dimodifikasi membutuhkan waktu lebih sedikit untuk mendeteksi tepi dari berbagai citra sampel [19].

Berdasarkan pembahasan yang diuraikan dalam penelitian terkait sebelumnya, makalah ini mengusulkan penggunaan kombinasi algoritma Sobel dan Canny (SoCan). Hal ini dilakukan untuk mengukur kemampuan kedua algoritma yang digabungkan untuk mendeteksi dengan benar tepi gambar Citra Inversi Albatros Laysan sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai referensi atau pengetahuan oleh para akademisi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Alur Penelitian

Gambar 3 merupakan tahapan penelitian yang dimulai dari pengumpulan data. Dataset yang digunakan merupakan dataset citra burung Albatros Laysan yang terdiri dari 20 (Dua puluh) citra (berdasarkan gambar 1 dan gambar 2). 10 (Sepuluh) citra normal (berdasarkan gambar 1) akan digunakan untuk data latih dan 10 (Sepuluh) citra inversi (berdasarkan gambar 2) akan digunakan untuk data uji. Tahapan selanjutnya adalah melakukan penerapan kombinasi algoritma Sobel dan Canny (SoCan) dengan menggunakan aplikasi Matlab 2021a. Masing-masing dataset citra burung Albatros Laysan akan dicoba satu per satu dengan memasukkan kode program pada aplikasi Matlab. Berdasarkan kode program yang telah dimasukkan pada aplikasi Matlab, maka akan menghasilkan citra deteksi tepi objek hasil dari kombinasi algoritma Sobel dan Canny (SoCan). Tahapan selanjutnya adalah menganalisa hasil

pendeteksian tepi objek untuk memperoleh hasil identifikasi yang valid, pada tahapan ini akan diketahui kemampuan dari kombinasi algoritma ini untuk melakukan identifikasi citra dengan contoh kasus citra burung Albatros Laysan.

2.2 Metode yang Digunakan

2.2.1 Deteksi Tepi Sobel

Tepi suatu citra merupakan beberapa piksel kontinu pada citra yang mengalami perubahan skala abu-abu yang drastis. Dari ciri bahwa piksel di tepi gambar memiliki lompatan skala abu-abu terbesar, dapat diperoleh informasi berikut: sepanjang arah tepi, nilai skala abu-abu berubah perlahan; tegak lurus dengan arah tepi, nilai skala abu-abu melompat secara signifikan. Berdasarkan fitur ini, turunan orde pertama dan turunan orde kedua biasanya digunakan untuk mendeteksi tepi. Operator Sobel adalah operator tepi turunan orde pertama yang khas, juga dikenal sebagai operator tepi gradien [20].

Turunan parsial bayangan $f(x,y)$ di titik (x,y) ; yaitu, gradien bayangan di titik itu, dapat dinyatakan oleh vektor yang ditunjukkan pada Persamaan (3):

$$g_x = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = f(x + 1, y) - f(x, y) \quad (1)$$

$$g_y = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = f(x, y + 1) - f(x, y) \quad (2)$$

2.2.2 Deteksi Tepi Canny

Operator canny merupakan deteksi tepi yang optimal. Operator canny menggunakan gaussian derivative kernel untuk menyaring noise dari citra awal untuk mendapatkan hasil deteksi tepi yang halus. Pada metode LoG garis tepi yang dihasilkan akan kelihatan tidak begitu jelas, dimana pada image dengan derajat keabuan (gray level), nilai intensitas antara batas tepi kelihatan hampir sama dengan background dari citra yang dicari tepian nya tersebut. Noise menyatu di beberapa tempat dan itu hampir tidak bisa dihilangkan, tetapi metode Canny pada tepi yang dihasilkan lebih jelas, perbedaan tepi dengan background image terlihat nyata. Tapi di dalam Canny sendiri, noise di bagian tertentu tidak bisa hilang begitu saja. Pengujian lain terhadap deteksi tepi adalah dengan menggunakan ketahanan nya terhadap gangguan (noise). Gangguan pada image masukan (input) dapat dijadikan sebagai salah satu parameter yang menentukan tingkat tampilan dari beberapa metode untuk melacak tepian suatu objek. Nilai gray level pada suatu tepian objek akan berubah sehingga akan semakin sulit bagi operator deteksi untuk menentukan batas tepian suatu objek [21].

2.3 Dataset Penelitian

Dataset penelitian yang digunakan pada makalah ini adalah 20 (dua puluh) dataset citra burung Albatros Laysan yang memiliki dimensi kualitas gambar 500 x 271 piksel, yang diperoleh dari website Caltech Vision Lab http://www.vision.caltech.edu/datasets/cub_200_2011/ [22].



1



2

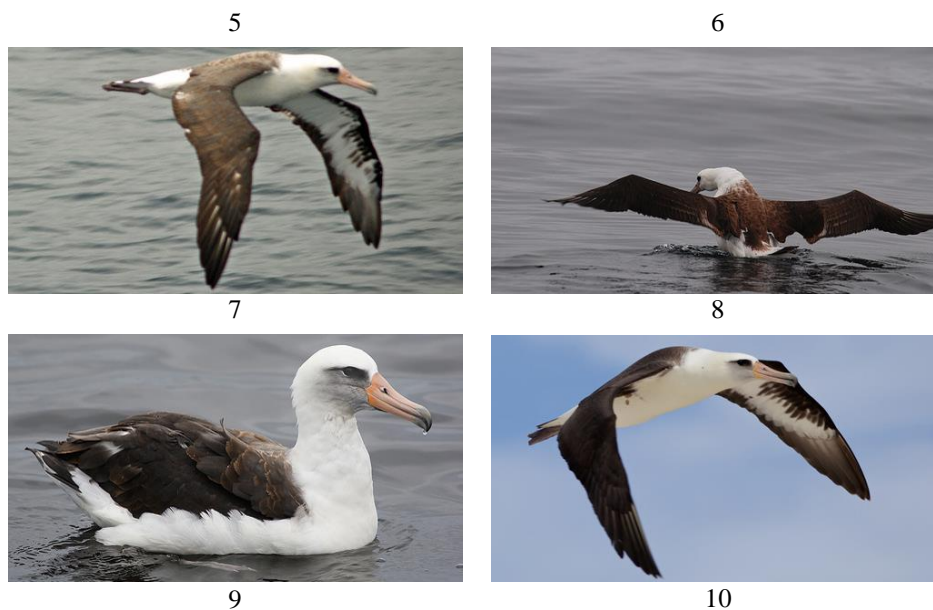


3



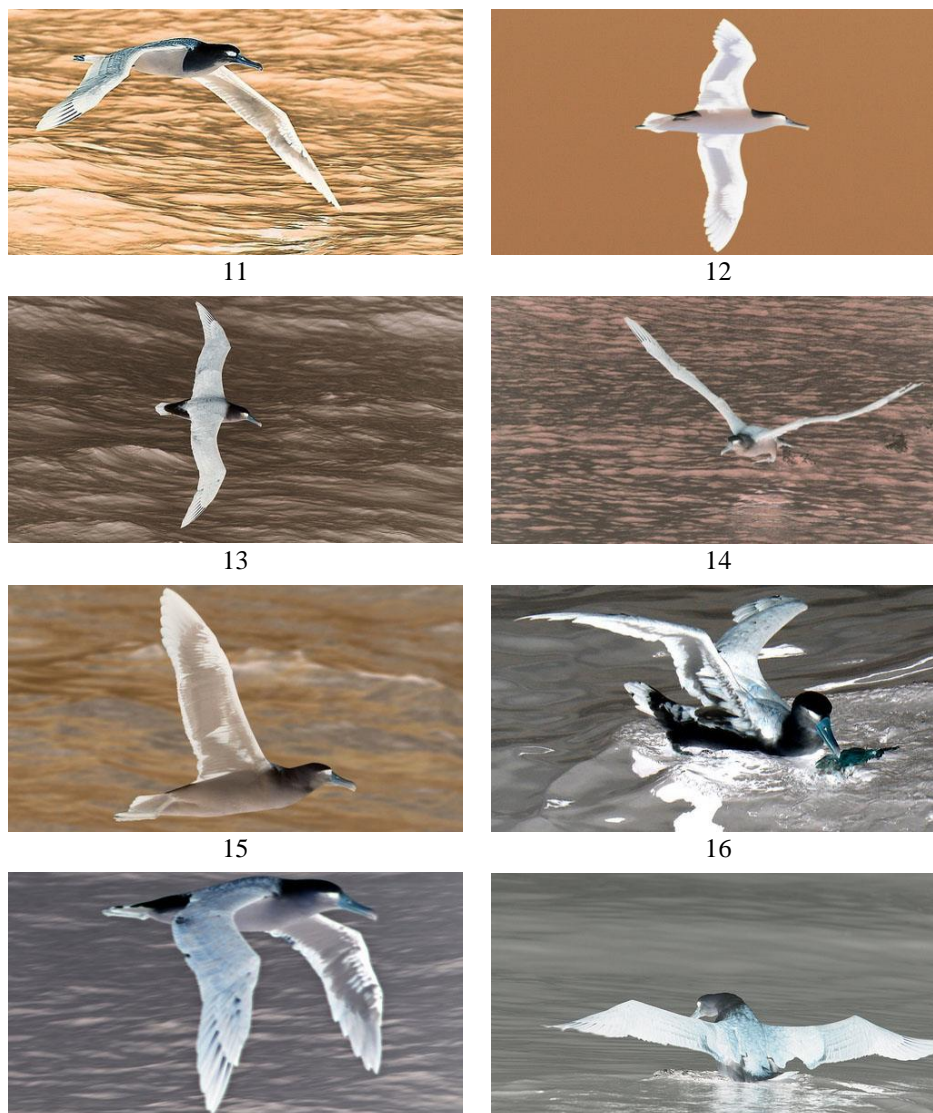
4

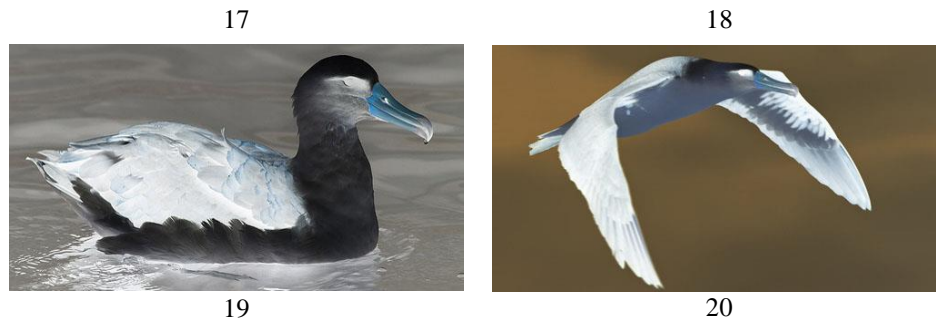




Gambar 1. Citra Normal Burung Albatros Laysan (kelompok 1 / data latih)

Gambar 1 merupakan data kelompok 1 (satu) yang terdiri dari sepuluh citra normal (asli) Burung Albatros Laysan, yang nantinya akan digunakan sebagai data latih.





Gambar 2. Citra Inversi Burung Albatros Laysan (kelompok 2 / data uji)

Sumber : Caltech Vision Lab [22]







Gambar 2 merupakan data kelompok 2 (dua) yang berisi sepuluh Citra Inversi Burung Albatros Laysan, yang nantinya akan digunakan sebagai data uji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pasangan Citra Data Latih dan Data Uji

Berdasarkan citra burung Albatros Laysan yang disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2, dataset terlebih dahulu dipasangkan antara data latih dan data uji. Citra 1 (data latih) dipasangkan dengan Citra 11 (data uji), Citra 2 (data latih) dengan Citra 12 (data uji), Citra 3 (data latih) dengan Citra 13 (data uji), Citra 4 (data latih) dengan Citra 14 (data uji), Citra 5 (data latih) dengan Citra 15 (data uji), Citra 6 (data latih) dengan Citra 16 (data uji), Citra 7 (data latih) dengan Citra 17 (data uji), Citra 8 (data latih) dengan Citra 18 (data uji), Citra 9 (data latih) dengan Citra 19 (data uji), dan Citra 10 (data latih) dengan Citra 20 (data uji). Pasangan data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pasangan Citra burung Albatros Laysan

Citra Data Latih		Citra Data Uji
	→	
1		11
	→	
2		12
	→	
3		13

Citra Data Latih

Citra Data Uji



4



14



5



15



6



16



7



17



8



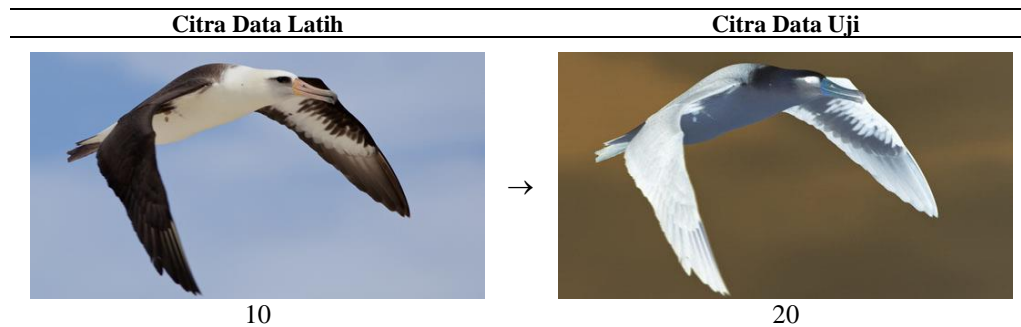
18



9



19























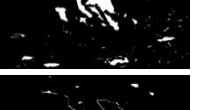
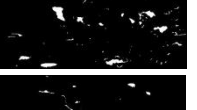

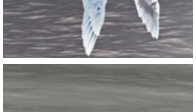




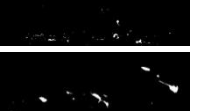
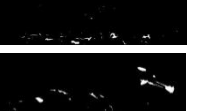
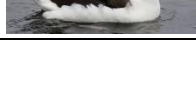
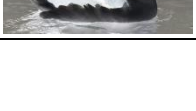

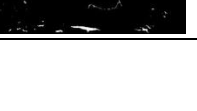






Kemudian proses penyederhanaan adalah dengan mengubah intensitas warna menjadi abu-abu (grayscale). Selanjutnya dilakukan deteksi tepi berdasarkan citra burung Albatros Laysan yang telah ditentukan pada gambar 4 menggunakan kombinasi algoritma Sobel dan Canny (SoCan) sehingga menghasilkan citra biner. Proses segmentasi dilanjutkan dengan memanfaatkan kombinasi algoritma tersebut untuk mendapatkan citra yang dihasilkan sehingga objek yang telah tersegmentasi akan terlihat

3.2 Hasil Segmentasi Kombinasi Algoritma Sobel dan Canny (SoCan)

Segmentasi citra burung Albatros Laysan dengan kombinasi algoritma Sobel dan Canny (SoCan) dilakukan dan dianalisis menggunakan aplikasi Matlab 2021a. Setelah itu hasil dari aplikasi Matlab dimasukkan ke dalam Ms.Excel untuk menghitung dan mengetahui nilai akurasi dan error secara keseluruhan.

Table 1. Hasil Segmentasi Citra Burung Albatros Laysan dengan Kombinasi Algoritma SoCan

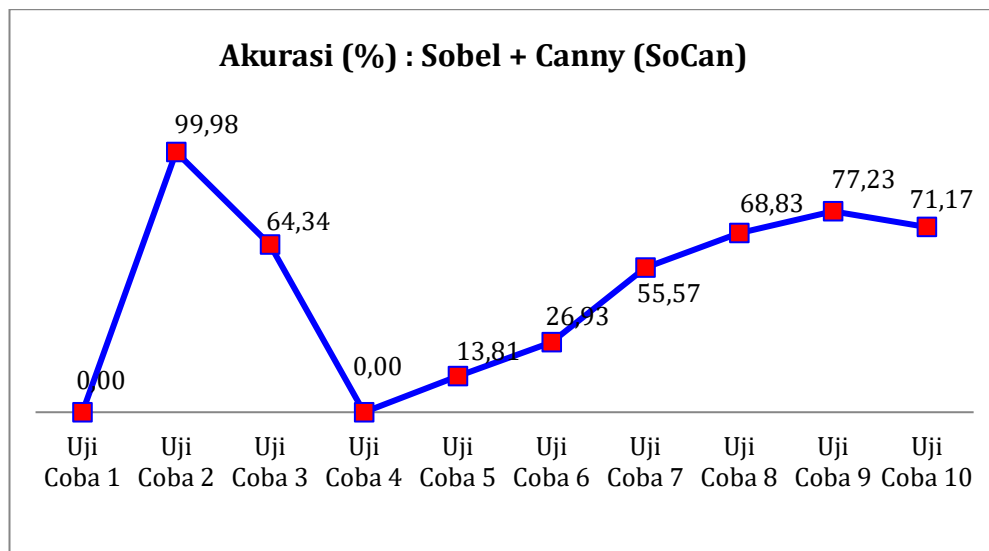
Original Citra	Citra Inversi	Segmentation (a)	Segmentation (b)	Database Citra (Piksel)	Test Citra (Piksel)	Akurasi (%)	Error %
				0	0	0,00	100,00
				9570	9568	99,98	0,02
				1757	2731	64,34	35,66
				0	0	0,00	100,00
				1836	13292	13,81	86,19
				12504	3367	26,93	73,07
				3520	1956	55,57	44,43
				360	523	68,83	31,17
				1645	2130	77,23	22,77

Original Citra	Citra Inversi	Segmentation (a)	Segmentation (b)	Database Citra (Piksel)	Test Citra (Piksel)	Akurasi (%)	Error %
				13629	9700	71,17	28,83
Average						47,79	52,21

Pada tabel 1 dapat dijelaskan bahwa berdasarkan sepuluh percobaan pada Citra Burung Albatros Laysan menggunakan kombinasi algoritma Sobel dan Canny (SoCan) menghasilkan akurasi rata-rata 47,79% dengan tingkat kesalahan (*Error*) 52,21%. Jumlah piksel minimum yang dihasilkan sebesar 0 piksel pada basis data citra, dan maksimum 13629 piksel. Sedangkan jumlah minimum dan maksimum piksel yang dihasilkan pada citra uji adalah 0 piksel dan 13292 piksel.

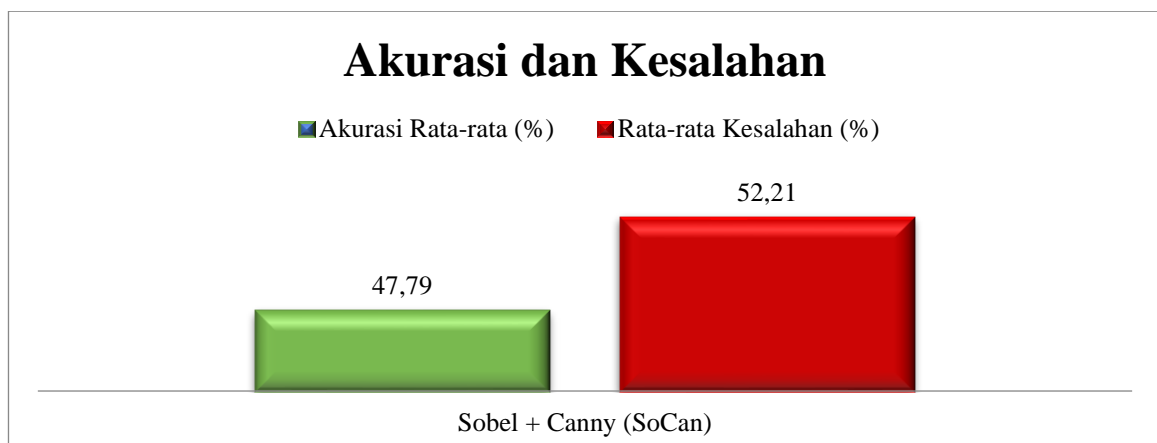
3.3 Grafik Akurasi

Gambar Grafik yang merupakan hasil dari penelitian ini dan memperlihatkan akurasi hasil uji coba Citra Burung Albatros Laysan dengan menggunakan kombinasi algoritma deteksi tepi Sobel dan Canny (SoCan) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Akurasi dari Pemanfaatan Kombinasi Algoritma SoCan

Berdasarkan gambar 5 dapat dijelaskan bahwa kemampuan kombinasi algoritma Sobel dan Canny (SoCan) ternyata tidak terlalu cukup baik untuk melakukan identifikasi citra, dalam hal ini dengan mengambil contoh kasus menggunakan citra burung Albatros Laysan. Berdasarkan 10 kali uji coba, hanya uji coba 2, uji coba 9 dan uji coba 10 yang hasil akurasi nya lebih dari 70%. Sedangkan uji coba yang lain menghasilkan akurasi yang sangat rendah, terutama pada uji coba 1 dan uji coba 4 yang kombinasi algoritma ini sama sekali tidak mampu melakukan identifikasi karena hanya 0%.



Gambar 6. Perbandingan Akurasi dan Kesalahan (*error*) dari Pemanfaatan Kombinasi Algoritma SoCan

Gambar 6 merupakan perbandingan tingkat akurasi dan kesalahan (*error*) dari pemanfaatan kombinasi algoritma deteksi tepi Sobel dan Canny (SoCan). Berdasarkan analisis dari hasil penelitian yang telah dilakukan, ternyata kombinasi kedua algoritma ini menghasilkan kesalahan (*error*) yang lebih besar daripada kemampuan untuk melakukan identifikasi pada kelompok citra.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis uji coba yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kemampuan kombinasi metode deteksi tepi orde pertama (Sobel) dan deteksi tepi orde kedua (Canny) kurang baik dalam melakukan deteksi tepi dan identifikasi objek pada citra inversiburung Albatros Laysan. Karena hanya menghasilkan rata-rata akurasi 47,79%, hal itu berarti tingkat *error* (kesalahan) mencapai 52,21% dan lebih dominan. Namun kemampuan tersebut masih belum maksimal sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode deteksi tepi yang lain.

REFERENCES

- [1] H. Zhang, A. Jolfaei, and M. Alazab, "A Face Emotion Recognition Method Using Convolutional Neural Network and Image Edge Computing," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 159081–159089, 2019.
- [2] Y. Wang, Y. Yu, X. Zhu, and Z. Zhang, "Pattern recognition for measuring the flame stability of gas-fired combustion based on the image processing technology," *Fuel*, vol. 270, no. 117486, pp. 1–13, 2020.
- [3] A. Latif *et al.*, "Content-Based Image Retrieval and Feature Extraction: A Comprehensive Review," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2019, pp. 1–21, 2019.
- [4] S. Hassanpour, N. Tomita, T. DeLise, B. Crosier, and L. A. Marsch, "Identifying substance use risk based on deep neural networks and Instagram social media data," *Neuropsychopharmacology*, vol. 44, no. 3, pp. 487–494, 2019.
- [5] D. N. Trivedi, N. D. Shah, A. M. Kothari, and R. M. Thanki, "Dental image processing for human identification," *Dental Image Processing for Human Identification*, pp. 1–81, 2019.
- [6] L. H. Gong, C. Tian, W. P. Zou, and N. R. Zhou, "Robust and imperceptible watermarking scheme based on Canny edge detection and SVD in the contourlet domain," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 80, no. 1, pp. 439–461, 2021.
- [7] B. Watkins and A. van Niekerk, "A comparison of object-based image analysis approaches for field boundary delineation using multi-temporal Sentinel-2 imagery," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 158, no. November 2018, pp. 294–302, 2019.
- [8] R. G. Zhou, H. Yu, Y. Cheng, and F. X. Li, "Quantum image edge extraction based on improved Prewitt operator," *Quantum Information Processing*, vol. 18, no. 261, pp. 1–24, 2019.
- [9] M. Versaci and F. C. Morabito, "Image Edge Detection: A New Approach Based on Fuzzy Entropy and Fuzzy Divergence," *International Journal of Fuzzy Systems*, vol. 23, pp. 918–936, 2021.
- [10] G. Chen, Z. Jiang, and M. M. Kamruzzaman, "Radar remote sensing image retrieval algorithm based on improved Sobel operator," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 71, no. 102720, pp. 1–8, 2020.
- [11] Erwin and T. Yuningsih, "Detection of Blood Vessels in Optic Disc with Maximum Principal Curvature and Wolf Thresholding Algorithms for Vessel Segmentation and Prewitt Edge Detection and Circular Hough Transform for Optic Disc Detection," *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering*, vol. 9, pp. 1–12, 2020.
- [12] M. Yasir *et al.*, "Automatic Coastline Extraction and Changes Analysis Using Remote Sensing and GIS Technology," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 180156–180170, 2020.
- [13] B. Iqbal, W. Iqbal, N. Khan, A. Mahmood, and A. Erradi, "Canny edge detection and Hough transform for high resolution video streams using Hadoop and Spark," *Cluster Computing*, vol. 23, no. 1, pp. 397–408, 2020.
- [14] Y. Cho *et al.*, "Keypoint Detection Using Higher Order Laplacian of Gaussian," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 10416–10425, 2020.
- [15] S. Rahmawati, R. Devita, R. H. Zain, E. Rianti, N. Lubis, and A. Wanto, "Prewitt and Canny Methods on Inversion Image Edge Detection: An Evaluation," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1933, no. 1, 2021.
- [16] D. N. Lohare, R. R. Manza, and N. Tiwari, "Comparative Study of Prewitt and Canny Edge Detector Using Image Processing Techniques," *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1187, pp. 705–713, 2021.
- [17] B. K. Shah, V. Kedia, R. Raut, S. Ansari, and A. Shroff, "Evaluation and Comparative Study of Edge Detection Techniques," *IOSR Journal of Computer Engineering*, vol. 22, no. 5, pp. 6–15, 2020.
- [18] A. Wanto, S. D. Rizki, S. Andini, S. Surmayanti, N. L. W. S. R. Ginantra, and H. Aspan, "Combination of Sobel+Prewitt Edge Detection Method with Roberts+Canny on Passion Flower Image Identification," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1933, no. 012037, pp. 1–8, 2021.
- [19] P. Vinista and M. M. Joe, "A Novel Modified Sobel Algorithm for Better Edge Detection of Various Images," *International Journal of Emerging Technologies in Engineering Research (IJETER)*, vol. 7, no. 3, pp. 25–31, 2019.
- [20] Resdiana Hutagalung, "Mendeteksi Tepi Citra Penyakit Hemokromatosis Dengan Menggunakan Metode Log (Laplacian Of Gaussian)," *JUKI : Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 49–58, 2020.
- [21] R. A. Saputra, Reskal, and F. M. Wahyuni, "Segmentasi Pada Plat Kendaraan Dinas dengan Metode Deteksi Tepi Canny, Prewitt, Sobel, & Roberts," *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, vol. 6, no. 1, pp. 328–339, 2022.
- [22] C. Wah, S. Branson, P. Welinder, P. Perona, and S. Belongie, "CUB-200-2011," *CaltechDATA*, 2022. [Online]. Available: <https://data.caltech.edu/records/20098>. [Accessed: 11-Apr-2022].