



Identifikasi Objek Menggunakan Proses Deteksi Tepi Metode Laplacian of Gaussian Dan Canny Terhadap Citra Sidik Jari

Edi Suharto¹, Muhammad Yasin Simargolang², Muhammad Noor Hasan Siregar³, Agus Perdana Windarto^{4*}

¹Politeknik Piksi Ganesha, Bandung, Indonesia

²Universitas Asahan, Kisaran, Indonesia

³Universitas Graha Nusantara, Padangsidempuan, Indonesia

⁴STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, Indonesia

Email: ¹edi_piksi@yahoo.com, ²muhammadyasins@gmail.com, ³noor.siregar@gmail.com,

⁴agus.perdana@amiktunasbangsa.ac.id,

Email Penulis Korespondensi: agus.perdana@amiktunasbangsa.ac.id

Abstrak– Identifikasi merupakan penentuan atau penetapan suatu objek berdasarkan bukti-bukti sebagai petunjuknya. Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi citra biometric dengan menggunakan deteksi tepi LoG (Laplacian of Gaussian), Canny, dan LoG + Canny dengan bentuk dan dimensi berbeda. Hal yang diharapkan apakah objek masih dapat teridentifikasi walaupun dengan bentuk dan dimensi yang berbeda. Sampel data yang digunakan adalah 20 citra sidik jari. Citra sidik jari ini diuji dengan menggunakan metode LoG, Canny dan LoG + Canny. Proses diawali dengan pembacaan citra, kemudian citra di konversi ke grayscale, lakukan deteksi tepi dan segmentasi citra. Hasil akhir adalah identifikasi citra. Hasil menyebutkan rata-rata nilai akurasi adalah 89.9% untuk metode LoG sedangkan 81.8% untuk metode Canny dan 90.7% untuk metode LoG + Canny. Dari 10 kali uji citra sidik jari, kedua metode sama-sama dapat mengidentifikasi 8 citra sidik jari. Sedangkan metode LoG + Canny dapat mengidentifikasi 9 citra sidik jari. Metode LoG dapat mendeteksi citra nomor 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10; sedangkan metode Canny dapat mendeteksi citra nomor 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 dan metode LoG + Canny dapat mendeteksi citra nomor 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10. Jumlah nilai pixel minimum dan maksimum pada metode LoG adalah 11 pixel untuk test image dan 25327 pixel untuk database image. Sedangkan jumlah nilai pixel minimum dan maksimum pada metode Canny adalah 148 pixel untuk test image dan 42323 pixel untuk database image. Sementara jumlah nilai pixel minimum dan maksimum pada metode LoG + Canny adalah 806 pixel untuk test image dan 57972 pixel untuk database image. Dari hasil uji coba yang dilakukan, metode LoG + Canny dapat mengungguli metode lainnya dalam hal mengidentifikasi citra sidik jari. Selain nilai akurasi lebih tinggi, nilai error yang dihasilkan juga jauh lebih kecil. Untuk citra objek pada metode LoG yang gagal identifikasi adalah nomor 1 dan 3 dengan error 27.27% dan 58.33. Sedangkan metode Canny yang gagal identifikasi adalah nomor 1 dan 5 dengan error 98.31% dan 59.92%. Untuk metode LoG + Canny yang gagal identifikasi adalah nomor 5 dengan error 61.69%. Rata-rata nilai error untuk ketiga metode adalah 10.1%, 18.2% dan 9.3% (LoG, Canny, LoG + Canny).

Kata Kunci: Laplacian of Gaussian; Canny; Sidik Jari; Identifikasi; Prediksi; Kombinasi

Abstract– Identification is the identification or determination of an object based on evidence as a clue. The objective of the research was to identify biometric images using edge detection of LoG (Laplacian of Gaussian), Canny, and LoG+Canny with different shapes and dimensions. It is expected that the object can still be identified with different shapes and dimensions. The sample of data used was 20 fingerprint images. This fingerprint image was tested using the methods LoG, Canny and LoG+Canny. The process begins with the image reading, and then the image is converted to grayscale, edge detection and image segmentation. The final result is the identification of the image. The results show that the average accuracy is 89.9 per cent for the LoG method, while 81.8 per cent for the Canny method and 90.7 per cent for the LoG + Canny method. From 10 fingerprint image tests, 8 fingerprint images can be identified by both methods. While the LoG + Canny method is capable of identifying 9 fingerprint images. The LoG method can detect images of 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10; while the Canny method can detect images of 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10; and the LoG + Canny method can detect images of 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10. The minimum and maximum pixel values for the LoG method are 11 pixels for the test image and 25327 pixels for the database image. While the minimum and maximum pixel values for the Canny method are 148 pixels for the test image and 42323 pixels for the database image. In the meantime, the minimum and maximum pixel values for the LoG + Canny method are 806 pixels for the test image and 57972 pixels for the database image. The LoG + Canny method can outperform other methods for the identification of fingerprint images from the results of the tests carried out. In addition to the higher accuracy value, the resulting error value is also much smaller. The object images in the LoG method that have not been identified are numbers 1 and 3 with an error of 27.27 percent and 58.33. While the Canny method that has not been identified is number 1 and 5 with an error of 98.31 per cent and 59.92 per cent. The LoG + Canny method that cannot be identified is number 5 with an error of 61.69 per cent. The mean error values for the three methods were 10.1%, 18.2% and 9.3% (LoG, Canny, LoG + Canny).

Keywords: Laplacian of Gaussian; Canny; Fingerprint; Identification; Prediction; Combination

1. PENDAHULUAN

Pengolahan dan analisis gambar saat ini dapat dijalankan dengan mudah oleh komputer. Teknologi Pengolahan citra saat ini dapat mengidentifikasi dan memverifikasi identitas menggunakan fitur biometrik [1]–[3]. Salah satu bagian dari biometrik yaitu sidik jari [4][5]. Di antara banyak teknik biometrik yang berlaku, identifikasi sidik jari telah banyak digunakan karena keunikan dan stabilitas sidik jari [6]. Berbagai pendekatan untuk pencocokan sidik jari telah dilakukan dalam beberapa literatur [7]–[10]. Deteksi tepi mengacu pada serangkaian prosedur matematika yang mencari dan mengenali titik-titik dalam gambar karena perubahan kecerahan berubah secara tajam [11]. Deteksi tepi merupakan alat yang paling sering digunakan di bidang pemrosesan gambar untuk deteksi



fitur dan ekstraksi fitur [12]. Metode yang sering digunakan seperti Sobel, Prewitt, Robert's dll [13]. Metode yang disebutkan di atas cukup kompleks sedangkan metode yang diusulkan pada penelitian sangat sederhana yakni menentukan tepi dalam citra untuk mengidentifikasi objek citra sidik jari menggunakan kombinasi LoG (*Laplacian of Gaussian*) dan *Canny*. Selain itu, karena kesederhanaan sifatnya, setiap pengguna dapat memanipulasi metode ini sesuai dengan kebutuhan mereka untuk mendapatkan hasil terbaik. Beberapa penelitian dilakukan dengan mengkombinasikan metode deteksi tepi seperti [14] tentang rekahan reservoir pada log citra FMI menggunakan *Canny* dan Sobel. Hasil menyebutkan filter *Canny* dan Sobel dapat digunakan digunakan untuk mendeteksi rekahan pada citra FMI tersebut. Kombinasi metode *Canny* dan Sobel memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan menggunakan metode *Canny* atau Sobel. Berdasarkan hal tersebut, tujuan dari penelitian adalah mengidentifikasi citra biometric dengan menggunakan deteksi tepi LoG (*Laplacian of Gaussian*), *Canny*, dan LoG + *Canny* dengan bentuk dan dimensi berbeda. Hal yang diharapkan apakah citra sidik jari masih dapat teridentifikasi walaupun dengan bentuk dan dimensi yang berbeda.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun tahapan-tahapan dari penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:

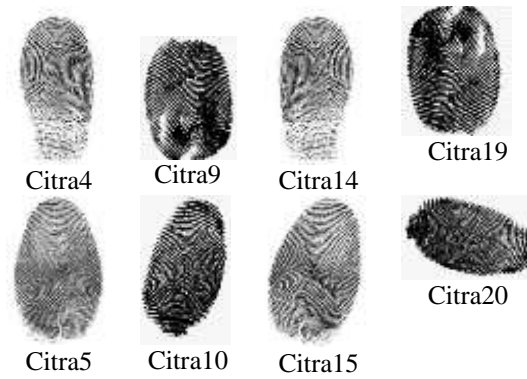


Gambar 1. Flowchat Penelitian

2.1. Data Penelitian

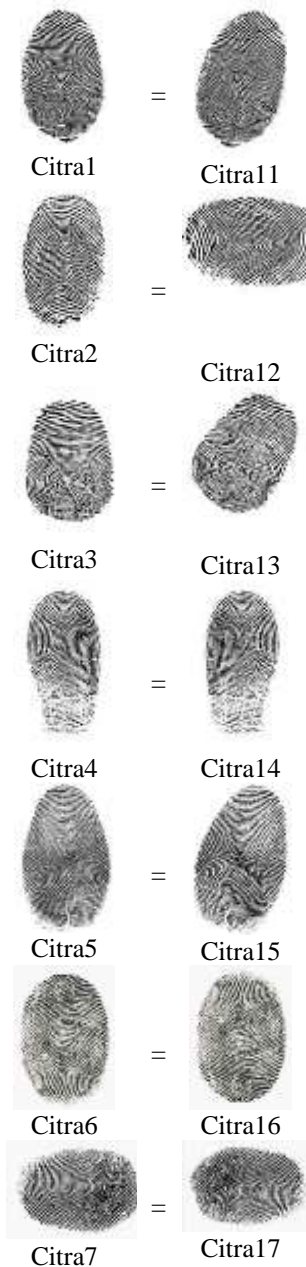
Data penelitian adalah objek citra sidik jari dengan format PNG sebanyak yang digunakan sebanyak 20 buah. *Background* yang digunakan berwarna putih untuk membedakan dengan obyek utama dari citra. Berikut data yang digunakan untuk mengidentifikasi objek menggunakan proses deteksi tepi metode *laplacian of gaussian* dan *Canny* terhadap citra sidik jari pada Gambar 2.





Gambar 2. Objek Citra Sidik Jari

Pada Gambar 2 setiap objek citra sidik jari memiliki pasangan dimana objek tersebut diubah bentuk dan ukuran serta dirotasi. Berikut adalah pasangan yang sama dari objek citra sidik jari tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 3.





Gambar 3. Pasangan Objek Citra Sidik Jari

2.2. Riset Terkait

Beberapa riset terkait tentang citra sidik jari yang telah dilakukan seperti penelitian tentang ekstraksi sidik jari [15], [16] menggunakan deteksi tepi dan ekstraksi minutiae oleh [6]. Makalah ini mengusulkan proses yang melibatkan deteksi tepi dan ekstraksi detail. Pertama, citra sidik jari diambil sebagai *input* dan diubah menjadi citra biner untuk diproses lebih lanjut. Selanjutnya, gambar ditipiskan dan detail hal-hal kecil diekstraksi. Setelah itu skor pencocokan diperoleh. Berbeda dengan penelitian yang sedang dilakukan dimana citra diubah menjadi citra *grayscale*. Hasil perubahan kekontrasannya dapat dideteksi dengan deteksi tepi untuk menciptakan suatu citra biner. Terakhir melakukan segmentasi agar mendapatkan citra yang lebih baik untuk diidentifikasi. Selanjutnya penelitian tentang identifikasi sidik jari untuk keamanan ruangan menggunakan *hybrid thresholding* dan deteksi tepi oleh [4]. Makalah ini menggabungkan metode *hybrid thresholding laplacian of gaussian* untuk memperoleh hasil pemisahan *background* dan objek dengan persentase hasil identifikasi sidik jari dengan tingkat kemiripan: 87.94%. Berbeda dengan penelitian yang sedang dilakukan dimana metode deteksi tepi yang digunakan adalah kombinasi *laplacian of gaussian* dan *Canny* untuk mengidentifikasi citra sidik jari.

2.3. Metode Deteksi Tepi *Canny*

Beberapa kriteria umum dalam melakukan deteksi tepi pada metode *Canny* meliputi:

- Deteksi tepi dengan tingkat kesalahan rendah, yang berarti pendeteksian harus secara akurat menangkap sebanyak mungkin tepi yang ditampilkan dalam gambar [17].
- Titik tepi yang terdeteksi dari operator harus terlokalisasi secara akurat di tengah tepi.
- Tepi tertentu dalam gambar hanya boleh ditandai satu kali, dan jika memungkinkan, *noise* gambar tidak boleh membuat tepian palsu [18].

2.4. Metode *Laplacian of Gaussian (LoG)*

Metode *Laplacian of Gaussian* merupakan pengembangan metode *Laplace* dimana kelemahan metode *laplace* sering memberikan tepi yang tidak sesuai/palsu [19]. Kemudian dikembangkan dengan menambahkan *Gaussian* dengan kernel 5x5 untuk mengurangi tepi yang tidak sesuai tersebut [20].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

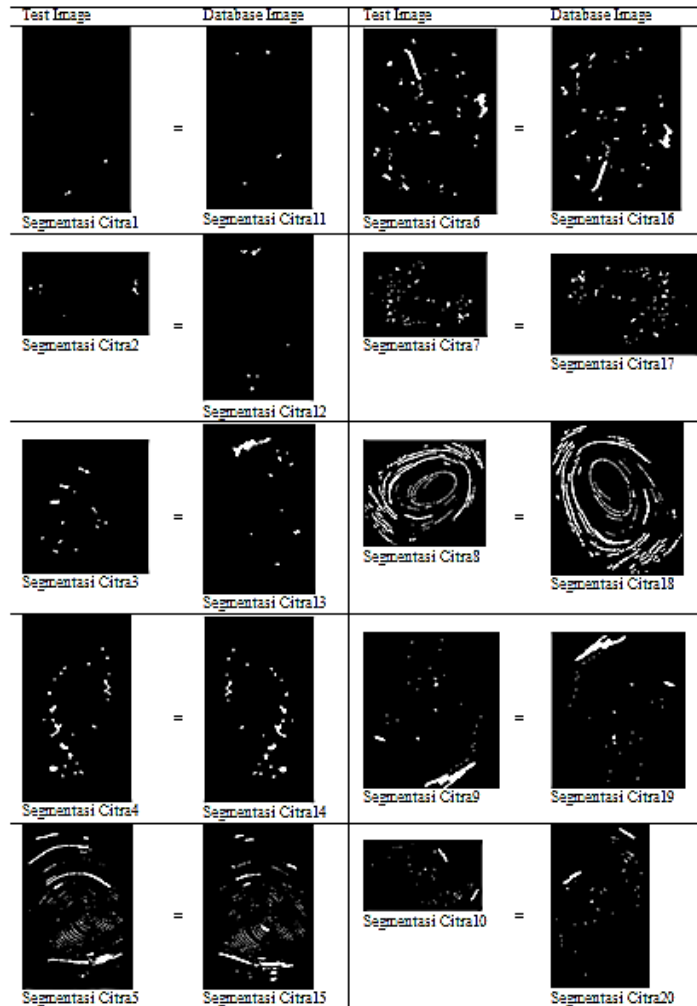
Implementasi merupakan tahapan dimana sistem siap untuk dioperasikan. Hasil identifikasi objek menggunakan proses deteksi tepi metode *laplacian gaussian* dan *Canny* pada citra sidik jari dilakukan dengan bantuan *software* Matlab R2019a. Berikut spesifikasi *hardware* dan *software* yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Sistem operasi yang digunakan Windows 10.
- Prosesor Intel (R) Core (TM) i7-4600U CPU @ 2.10GHz 2,69 GHz.
- HDD terpasang 500 GB
- RAM terpasang 8,00 GB.

Pada hasil analisis menggunakan *software* Matlab R2019a, citra sidik jari menggunakan format PNG seperti yang ditunjukkan pada (Gambar 2) dengan citra 32-bit. Kemudian penyederhanaan proses dengan mengubah intensitas warna menjadi keabuan (*grayscale*). Kemudian melakukan deteksi tepi melalui citra sidik jari yang sudah ditentukan pada (Gambar 3) metode *Canny*, *LoG* dan *LoG + Canny* yang menciptakan suatu citra biner. Lakukan proses segmentasi untuk ketiga metode tersebut untuk mendapatkan citra yang dihasilkan, sehingga terlihat jelas objek-objek yang telah tersegmentasi. Warna yang kontras akan terlihat putih setelah dilakukan



segmentasi. Pada citra asli, dapat terlihat celah pada garis yang mengelilingi objek pada gradien yang tersembunyi. Hasil dari segmentasi adalah menganalisa hasil identifikasi citra sidik jari hasil pengolahan dari ketiga metode tersebut. Karena program yang dibuat untuk mengidentifikasi citra sidik jari maka analisis yang diambil adalah mengidentifikasi dari database dibandingkan dengan hasil *scanning* langsung. Berikut adalah hasil identifikasi dari ketiga metode deteksi tepi (*Canny*, *LoG* dan *LoG + Canny*) seperti yang ditunjukkan pada setiap gambar berikut.



Gambar 4. Hasil Segmentasi Objek Citra Sidik Jari dengan metode LoG

Pada Gambar 4 hasil segmentasi menggunakan metode *LoG* pada 20 objek citra sidik jari (Gambar 3) dimana hasil segmentasi memiliki hasil analisa mulai dari dimensi *pixel*, nilai akurasi dan *error*. Berikut adalah hasil lengkap analisa menggunakan metode *LoG* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

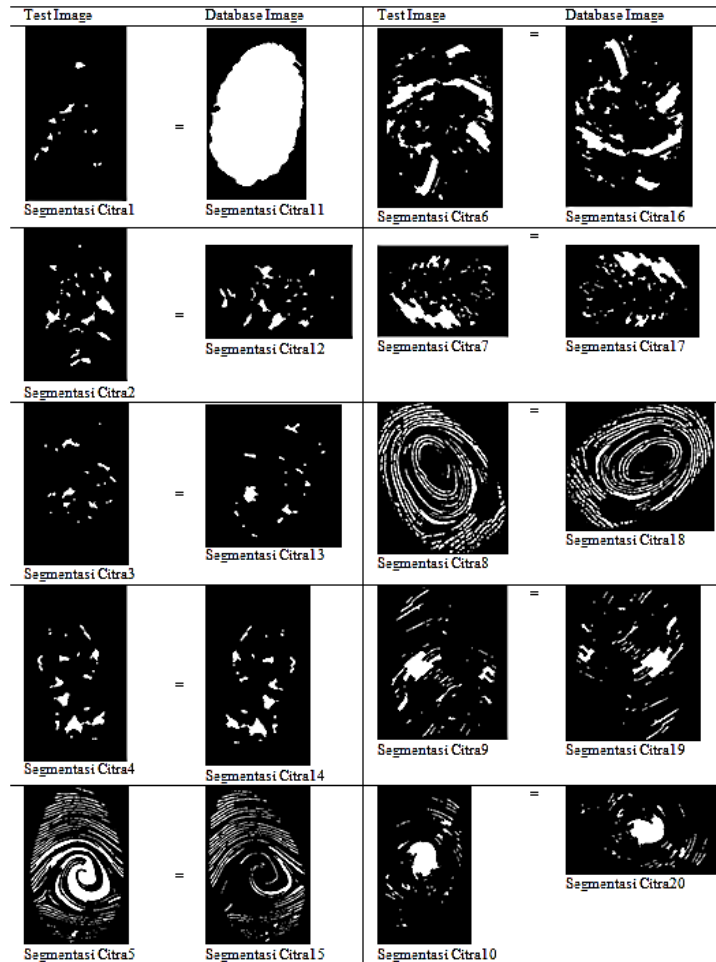
Tabel 1. Hasil analisa Segmentasi Objek Citra Sidik Jari dengan metode LoG

No	Test Image (Pixel)	Database Image (Pixel)	Akurasi (%)	Error (%)	Hasil Identifikasi
1	11 Pixel	8 Pixel	72.73	27.27	Tidak Cocok
2	30 Pixel	30 Pixel	100	0	Cocok
3	180 Pixel	75 Pixel	41.67	58.33	Tidak Cocok
4	177 Pixel	177 Pixel	100	0	Cocok
5	2721 Pixel	3214 Pixel	84.66	15.34	Cocok
6	582 Pixel	582 Pixel	100	0	Cocok
7	280 Pixel	280 Pixel	100	0	Cocok
8	25327 Pixel	25327 Pixel	100	0	Cocok
9	682 Pixel	682 Pixel	100	0	Cocok
10	349 Pixel	349 Pixel	100	0	Cocok
		Rata-Rata	89.906	10.094	80%

Pada Tabel 1 dapat dijelaskan nilai rata-rata akurasi untuk keseluruhan hasil uji citra sidik jari menggunakan metode *LoG* adalah 89.9 persen. Dimana dari 10 uji coba yang dilakukan, metode *LoG* dapat mengidentifikasi 8



citra sidik jari dengan benar dan gagal mengidentifikasi 2 citra sidik jari dengan nilai rata-rata error adalah 10.1%. Selain itu jumlah *pixel* minimum dan maksimum yang dihasilkan pada *database image* adalah 8 *Pixel* dan 25327 *Pixel*. Untuk jumlah *pixel* minimum dan maksimum yang dihasilkan pada *test image* adalah 11 *Pixel* dan 25327 *Pixel*. Secara keseluruhan hasil identifikasi dengan menggunakan metode LoG adalah 80%.



Gambar 5. Hasil Segmentasi Objek Citra Sidik Jari dengan metode *Canny*

Pada Gambar 5 hasil segmentasi menggunakan metode *Canny* pada 20 objek citra sidik jari (Gambar 3) dimana hasil segmentasi memiliki hasil analisa mulai dari dimensi *pixel*, nilai akurasi dan *error*. Berikut hasil lengkap analisa menggunakan metode *Canny* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

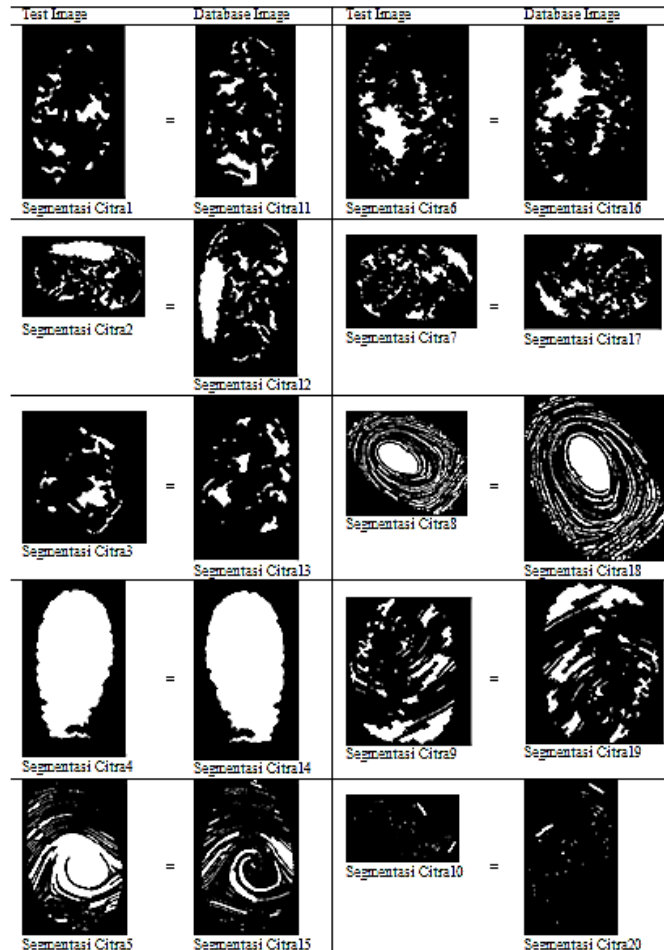
Tabel 2. Hasil analisa Segmentasi Objek Citra Sidik Jari dengan metode *Canny*

No	Test Image (<i>Pixel</i>)	Database Image (<i>Pixel</i>)	Akurasi (%)	Error (%)	Hasil Identifikasi
1	148 <i>Pixel</i>	8739 <i>Pixel</i>	1.69	98.31	Tidak Cocok
2	548 <i>Pixel</i>	548 <i>Pixel</i>	100	0	Cocok
3	218 <i>Pixel</i>	287 <i>Pixel</i>	75.96	24.04	Cocok
4	606 <i>Pixel</i>	606 <i>Pixel</i>	100	0	Cocok
5	17147 <i>Pixel</i>	6872 <i>Pixel</i>	40.08	59.92	Tidak Cocok
6	3327 <i>Pixel</i>	3327 <i>Pixel</i>	100	0	Cocok
7	2899 <i>Pixel</i>	2899 <i>Pixel</i>	100	0	Cocok
8	42323 <i>Pixel</i>	42323 <i>Pixel</i>	100	0	Cocok
9	1937 <i>Pixel</i>	1937 <i>Pixel</i>	100	0	Cocok
10	2769 <i>Pixel</i>	2769 <i>Pixel</i>	100	0	Cocok
		Rata-Rata	81.773	18.227	80%

Pada Tabel 2 dapat dijelaskan nilai rata-rata akurasi untuk keseluruhan hasil uji citra sidik jari menggunakan metode *Canny* adalah 81.8 persen. Dimana dari 10 uji coba yang dilakukan, metode *Canny* dapat mengidentifikasi 8 citra sidik jari dengan benar dan gagal mengidentifikasi 2 citra sidik jari dengan nilai rata-rata error adalah 18.2%. Selain itu jumlah *pixel* minimum dan maksimum yang dihasilkan pada *database image* adalah 287 *Pixel*



dan 42323 *Pixel*. Untuk jumlah *pixel* minimum dan maksimum yang dihasilkan pada *test image* adalah 148 *Pixel* dan 17147 *Pixel*. Secara keseluruhan hasil identifikasi dengan menggunakan metode *Canny* adalah 80%.



Gambar 6. Hasil Segmentasi Objek Citra Sidik Jari dengan metode *LoG + Canny*

Pada Gambar 6 hasil segmentasi menggunakan metode *LoG + Canny* pada 20 objek citra sidik jari (Gambar 3) dimana hasil segmentasi memiliki hasil analisa mulai dari dimensi *pixel*, nilai akurasi dan *error*. Berikut hasil lengkap analisa menggunakan metode *LoG + Canny* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

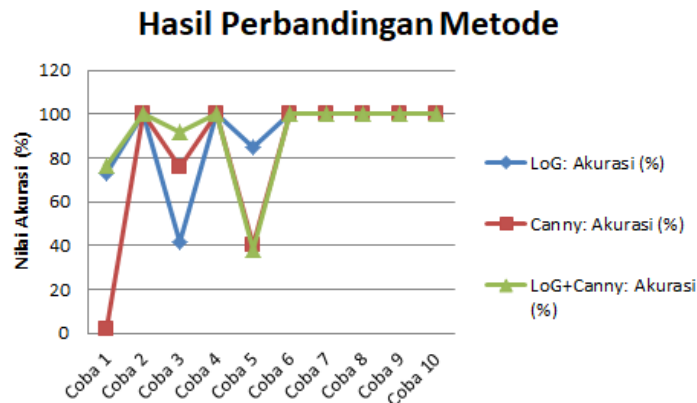
Tabel 3. Hasil analisa Segmentasi Objek Citra Sidik Jari dengan metode *LoG + Canny*

No	Test Image (Pixel)	Database Image (Pixel)	Akurasi (%)	Error (%)	Hasil Identifikasi
1	806 Pixel	1057 Pixel	76.25	23.75	Cocok
2	2189 Pixel	2189 Pixel	100	0	Cocok
3	905 Pixel	982 Pixel	92.16	7.84	Cocok
4	8394 Pixel	8394 Pixel	100	0	Cocok
5	28051 Pixel	10747 Pixel	38.31	61.69	Tidak Cocok
6	3236 Pixel	3236 Pixel	100	0	Cocok
7	2911 Pixel	2911 Pixel	100	0	Cocok
8	57972 Pixel	57972 Pixel	100	0	Cocok
9	5573 Pixel	5573 Pixel	100	0	Cocok
10	10826 Pixel	10826 Pixel	100	0	Cocok
		Rata-Rata	90.672	9.328	90%

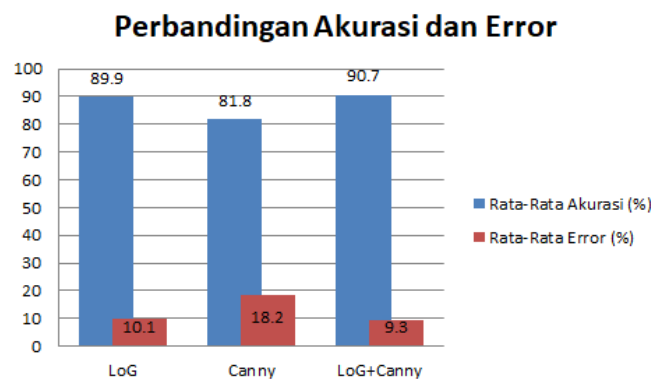
Pada Tabel 3 dapat dijelaskan nilai rata-rata akurasi untuk keseluruhan hasil uji citra sidik jari menggunakan metode *LoG + Canny* adalah 90.7 persen. Dimana dari 10 uji coba yang dilakukan, metode *LoG + Canny* dapat mengidentifikasi 9 citra sidik jari dengan benar dan gagal mengidentifikasi 1 citra sidik jari dengan nilai rata-rata *error* adalah 9%. Selain itu jumlah *pixel* minimum dan maksimum yang dihasilkan pada *database image* adalah 982 *Pixel* dan 57972 *Pixel*. Untuk jumlah *pixel* minimum dan maksimum yang dihasilkan pada *test image* adalah 806 *Pixel* dan 57972 *Pixel*. Secara keseluruhan hasil identifikasi dengan menggunakan metode *LoG + Canny*



adalah 90%. Berikut adalah hasil perbandingan setiap metode untuk 10 uji coba citra sidik jari dan perbandingan nilai rata-rata akurasi dan *error* pada setiap metode seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8 berikut.



Gambar 7. Hasil perbandingan metode terhadap 10 percobaan



Gambar 8. Hasil perbandingan rata-rata akurasi dan error metode

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kombinasi metode *LoG + Canny* memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan metode *Canny* dan *LoG*. Hal ini dibuktikan dengan hasil identifikasi citra gambar yang mencapai 90.7% dan jumlah pixel yang lebih banyak dalam mendeteksi citra sidik jari.

4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian menjelaskan identifikasi objek menggunakan proses deteksi tepi terhadap citra sidik jari menggunakan metode *LoG + Canny* memiliki hasil identifikasi lebih baik dari *LoG* dan *Canny*, terlihat hasil dari segmentasi yang dihasilkan lebih jelas. Hasil dari penggabungan kedua metode tersebut dapat membantu mengidentifikasi obyek citra sidik jari walaupun dengan bentuk dan dimensi yang berbeda.

REFERENCES

- [1] B. O. Mohammed, Z. A. Kakarash, and S. H. Salih, "Fingerprint biometric identification with geometric moment features," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 95, no. 5, pp. 1063–1071, 2017.
- [2] S. Wable and C. Laulkar, "Fingerprint Recognition Scheme using Assembling Invariant Moments and SVM," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering Vol.*, vol. 2, no. 10, pp. 3905–3911, 2013.
- [3] T. Z. Mazakov, S. A. Jomartova, T. S. Shormanov, G. Z. Ziyatbekova, B. S. Amirkhanov, and P. Kisala, "The Image Processing Algorithms For Biometric Identification By Fingerprints," *NEWS of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, vol. 5278, no. February, 2020.
- [4] S. Sumijan, S. Arlis, and P. A. W. Purnama, "Fingerprint Identification Using the Hybrid Thresholding and Edge detection for the Room Security," *TEM Journal*, vol. 9, no. 4, pp. 1396–1400, 2020, doi: 10.18421/TEM94-10.
- [5] H. N. Monday, I. D. Dike, J. P. Li, D. Agomuo, G. U. Nneji, and A. Ogungbile, "Enhanced attendance Management System: A Biometrics System of Identification Based on Fingerprint," *2018 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference, IEMCON 2018*, pp. 500–505, 2019, doi: 10.1109/IEMCON.2018.8614776.
- [6] P. Mohan, S. Anand, R. B. Varghese, P. Aravinth, and D. Raveena Judie Dolly, "Analysis on Fingerprint Extraction Using Edge detection and Minutiae Extraction," *2nd International Conference on Signal Processing and Communication, ICSPC 2019 - Proceedings*, pp. 161–164, 2019, doi: 10.1109/ICSPC46172.2019.8976803.



- [7] L. Gan, J. Gao, Y. Hu, and W. Cao, "Fingerprint image edge detection based on fractal Brownian motion," *Second International Conference on Image and Graphics*, vol. 4875, no. 60175011, p. 633, 2002, doi: 10.1117/12.477209.
- [8] G. Cao, Q. S. Sun, Z. Mao, and Y. Mei, "Detection of core points in fingerprint images based on edge map," *Proceedings - 2009 International Conference on Electronic Computer Technology, ICECT 2009*, vol. 1, pp. 126–129, 2009, doi: 10.1109/ICECT.2009.22.
- [9] M. R. V. A. K. M. B. Chatterjee, "Edge Detection In Fingerprints," *Pattern Recognition*, vol. 20, no. 5, pp. 513–523, 1987.
- [10] W. Zhou, J. Han, X. Zeng, and W. Yan, "Fingerprint verification based on wavelet and edge detection," *ICEMI 2009 - Proceedings of 9th International Conference on Electronic Measurement and Instruments*, vol. 1, pp. 31001–31004, 2009, doi: 10.1109/ICEMI.2009.5274401.
- [11] R. Swathika, T. S. Sharmila, and D. Bhattacharya, "Edge Detection Using Simple Image Arithmetic," *2nd International Conference on Computer, Communication, and Signal Processing: Special Focus on Technology and Innovation for Smart Environment, ICCSP 2018*, no. Iccsp, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/ICCCSP.2018.8452858.
- [12] X. Li, H. Jiao, and Y. Wang, "Edge detection algorithm of cancer image based on deep learning," *Bioengineered*, vol. 11, no. 1, pp. 693–707, 2020, doi: 10.1080/21655979.2020.1778913.
- [13] M. Radhakrishnan, An, an Panneerselvam, N, and hagopal Nachimuthu, "Canny Edge Detection Model in MRI Image Segmentation Using Optimized Parameter Tuning Method," *Intelligent Automation & Soft Computing*, vol. 26, no. 4, pp. 1185–1199, 2020, doi: 10.32604/iasc.2020.012069.
- [14] M. Shafiabadi, A. Kamkar-Rouhani, S. R. Ghavami Riabi, A. R. Kahoo, and B. Tokhmechi, "Identification of reservoir fractures on FMI image logs using Canny and Sobel edge detection algorithms," *Oil & Gas Science and Technology – Revue d'IFP Energies nouvelles*, vol. 76, p. 10, 2021, doi: 10.2516/ogst/2020086.
- [15] R. C. N. Santi, "Identifikasi Biometrik Sidik Jari dengan Metode Fraktal," *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, vol. XIII, no. 1, pp. 68–72, 2008.
- [16] H. Sajati, D. Nugraheny, and N. A. Suwarso, "Haruno Sajati, Dwi Nugraheny, Nova Adi Suwarso," *MIB*, vol. 6, no. 1, pp. 60–68, 2017.
- [17] C. Ji, K. Yin, T. Zhu, and C. Bian, "Canny Algorithm for High-speed Railway Apparatus Identification," in *10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI 2017)*, 2017, vol. 4.
- [18] Y. Liu, L. Sun, L. Li, Y. Zhang, Z. Dai, and Z. Xiong, "Image identification of a moving object based on an improved Canny edge detection algorithm," *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, vol. 4A-2018, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1115/IMECE2018-86792.
- [19] W. Wu, "Paralleled Laplacian of Gaussian (LoG) edge detection algorithm by using GPU," *Eighth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2016)*, vol. 10033, no. Icdip, p. 1003309, 2016, doi: 10.1117/12.2244599.
- [20] M. H. N, "Penerapan Metode Log (Laplacian Of Gaussian) Dalam Mendeteksi Tepi Citra Pada Penyakit Aterosklerosis," *Pelita Informatika*, vol. 8, no. April, pp. 435–438, 2020.