

Deteksi Uang Palsu Rupiah dengan Menggunakan Metode Deteksi Tepi *Laplacian of Gaussian (LoG)* dan Algoritma *K-Means Clustering*

Rizal Adi Saputra^{1*}, Jumadil Nangi², Ika Purwanti Ningrum³, Muhamad Faza Almaliki⁴, La Ode Rahmat Andre Pratama⁵

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo
Jalan H.E.A. Mokodompit, Kota Kendari, 93232, Sulawesi Tenggara, Indonesia

Email: ¹rizaladisaputra@uho.ac.id*, ²jumadilnangi87@gmail.com, ³ika.purwanti.n@uho.ac.id,
⁴muhamadfazaalmaliki@gmail.com, ⁵rahamatrah011@gmail.com

Abstract. Detection of Counterfeit Rupiah Using the Laplacian of Gaussian (LoG) Edge Detection Method and the K-Means Clustering Algorithm

Counterfeit money is a severe problem that is increasing in every country. The reason is the ease of getting information on making counterfeit money and the development of technology such as color printers. This study used data from 20 images of authentic rupiah banknotes and 20 photos of fake rupiah banknotes. Data analysis in this study consisted of four stages: reading the image, converting the image to grayscale, image segmentation, and grouping image values. The dataset of real money images were taken with a cellphone camera, while counterfeit money images were obtained from the website. After the dataset retrieval process, the image conversion process was carried out into a grayscale image; then, the image segmentation process proceeded. The conclusion obtained from this study is that edge detection with Laplacian of Gaussian combined with the K-Means Clustering algorithm is quite effective in detecting an image to determine the picture as whether real money or counterfeit money.

Keywords: Counterfeit Money, Laplacian of Gaussian, K-Means Clustering.

Abstrak. *Uang palsu adalah masalah serius yang semakin meningkat di setiap negara. Penyebabnya ialah kemudahan mendapatkan informasi cara pembuatan uang palsu serta perkembangan teknologi seperti printer warna. Penelitian ini menggunakan data 20 gambar uang kertas rupiah asli dan 20 gambar uang kertas rupiah palsu. Analisis data pada penelitian ini terdiri dari empat tahap, yaitu membaca gambar, mengubah gambar menjadi skala abu-abu, segmentasi gambar, dan pengelompokan nilai citra. Pengambilan dataset berupa uang asli dilakukan dengan kamera handphone dan gambar uang palsu didapatkan dari website. Setelah proses temu kembali dataset, dilakukan proses konversi citra menjadi citra grayscale, kemudian dilakukan proses segmentasi citra. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah deteksi tepi dengan Laplacian of Gaussian yang dikombinasikan dengan algoritma K-Means Clustering cukup efektif mendeteksi suatu citra untuk menentukan gambar tersebut sebagai uang asli atau uang palsu.*

Kata Kunci: *Uang Palsu, Laplacian of Gaussian, K-Means Clustering.*

1. Pendahuluan

Uang palsu merupakan masalah serius di setiap negara. Peredaran uang palsu akan semakin meningkat dengan adanya teknologi percetakan serta peredaran uang palsu terus meningkat dari tahun ke tahun. Lonjakan ini berlanjut karena mudahnya memperoleh informasi cara membuat uang palsu pada internet dan perkembangan teknologi, terlebih lagi perkembangan teknologi *printer* berwarna bahkan semakin memudahkan para penjahat untuk memalsukan uang. Untuk memerangi maraknya arus uang kertas palsu, Bank Indonesia (BI) merancang uang kertas dan uang logam Indonesia untuk membedakan antara uang kertas asli dan palsu. Metode yang digunakan BI untuk membedakan uang menggunakan berbagai jenis atribut. Cara ini dinilai tidak efisien untuk jumlah yang banyak. Hal ini dikarenakan transaksi yang melibatkan uang biasanya cepat, namun verifikasi manual membutuhkan waktu lebih lama dari waktu transaksi, sehingga diperlukan alternatif yang lebih cepat dan efisien [1].

Untuk itu digunakan metode deteksi tepi sebagai metode deteksi uang palsu. Deteksi tepi adalah proses menemukan perubahan intensitas yang berbeda secara signifikan dalam bidang gambar. Karena metode *Canny* adalah deteksi tepi dengan tingkat kesalahan terendah, deteksi ini menghasilkan citra tepi terbaik. *Gaussian Laplacian* adalah deteksi tepi turunan kedua, dan metodenya bersifat *omnidirectional* (tidak horizontal atau vertikal).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode *K-Means Clustering* dan ekstraksi ciri menggunakan *Local Binary Pattern* memberikan akurasi tertinggi sebesar 96,67% dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance* dari hasil ekstraksi fitur yang telah dilakukan [2]. Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan menggunakan *Fuzzy K-Nearest Neighbor* menghasilkan akurasi pengenalan sebesar 80% untuk pengenalan terhadap uang 100.000 rupiah emisi 2004/2014 dan rata-rata akurasi pengenalan sebesar 96% dengan menggunakan 24 data uji uang 50.000 rupiah emisi 2005 [3]. Penelitian yang dilakukan berbasis fitur *gabor wavelet* ini menghasilkan akurasi pengenalan 93,15%. Hasil ini diperoleh dengan menggunakan filter bank Gabor dengan delapan orientasi dan lima skala. Percobaan dilakukan pada *database* uang kertas rupiah yang terdiri dari 160 gambar uang kertas yang berasal dari empat uang kertas pecahan yang berbeda [4]. Selain itu, pada penelitian yang dilakukan menggunakan metode LVQ berdasarkan parameter HSV, akurasi tertinggi terjadi pada *epoch* = 1 dan *initial learning rate* (0) = 0,1 sehingga menghasilkan akurasi klasifikasi sebesar 87,2% [5]. Klasifikasi studi selanjutnya yang dilakukan oleh para peneliti menggunakan jaringan syaraf tiruan *back propagation* menunjukkan bahwa tingkat akurasi yang tinggi dicapai dengan menggunakan matriks input yang unik dengan jumlah data pelatihan yang masuk akal [6]. Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti ingin mengetahui penerapan metode deteksi tepi *Laplacian of Gaussian* (LoG) dan algoritma *K-Means Clustering* dalam pendeteksian keaslian atau tidaknya uang kertas rupiah dan adapun tujuan dari riset dilakukan adalah agar dapat mengetahui seberapa besar akurasi pengenalan uang rupiah palsu dengan menggunakan metode deteksi tepi *Laplacian of Gaussian* (LoG) dan algoritma *K-Means Clustering*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Deteksi Tepi

Deteksi tepi citra adalah proses pembuatan tepi objek citra. Tujuannya adalah untuk menandai area kecil pada gambar dan memperbaiki detail yang buram karena kesalahan atau efek proses pengambilan gambar. Suatu titik (x,y) dikatakan sebagai tepi bayangan jika berbeda nyata dengan tetangganya. Deteksi tepi digunakan untuk mendapatkan tepi suatu objek. Deteksi tepi menggunakan perubahan dramatis dalam nilai intensitas pada batas dua wilayah. Definisi tepi di sini adalah "sekumpulan piksel yang terhubung pada batas dua wilayah". Deteksi tepi dapat dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama disebut deteksi tepi orde pertama dan bekerja menggunakan turunan atau turunan pertama. Grup ini mencakup operator Roberts, Prewitt, dan Sobel. Kelompok kedua disebut deteksi tepi kuadratik menggunakan turunan kedua. Contoh yang termasuk dalam kelompok ini adalah *Gaussian Laplacian* (LoG) [7].

2.2. Uang Rupiah

Uang merupakan alat yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Uang dianggap sangat penting bagi kehidupan manusia, bahkan ada yang beranggapan bahwa uang adalah urat nadi perekonomian. Hal ini dapat dilihat dari masyarakat modern dimana mekanisme perekonomian dilihat dari perdagangan barang dan jasa, uang sebagai sarana memperlancar pencapaian tujuan. Uang adalah sesuatu yang memiliki bentuk yang dapat digunakan untuk melakukan pembayaran yang sah dan berlaku selama periode validitasnya berlangsung.

Berdasarkan Pasal 1 Ayat 2 Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2011, mata uang adalah alat pembayaran yang sah atau nilai nominal dan ditetapkan bahwa Rupiah harus dilindungi dari pemalsuan. Fungsi uang itu sendiri digunakan sebagai alat tukar, alat penyimpanan, unit hitung, dan ukuran pembayaran di masa depan. Fungsi uang sebagai alat tukar juga menentukan penggunaan ekonominya agar individu yang menggunakan uang dalam melakukan transaksi tidak menjadi bingung.

2.3. Metode *Laplacian of Gaussian (LoG)*

Gaussian Laplacian merupakan salah satu operator pendeteksi tepi yang dikembangkan dari turunan kedua. *Laplacian Gaussian* terbentuk dari proses *Gaussian*. Proses *Gaussian* berfungsi untuk mereduksi *noise*, diikuti dengan *Laplacian* yang berfungsi untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kesalahan deteksi tepi [8]. Aritmatika *Laplacian* mengenali lokasi tepi lebih akurat, terutama pada tepi tajam. Faktanya, *zero crossing* menentukan posisi *edge*. Pada lereng yang curam, turunan kedua tidak memiliki perlintasan sebidang. Ini adalah titik di mana nilai turunan kedua berubah. Gradien halus, di sisi lain, tidak memiliki persimpangan nol. Tepi gambar dimodelkan dengan menentukan posisi elemen, orientasi, dan nilai intensitas konstan. Operator ini bekerja dengan mencari nilai *null* pada turunan kedua dari gambar. Hal ini karena turunan kedua menghasilkan nilai nol ketika turunan pertama memiliki nilai maksimum [9]. Pada metode LoG ini digunakan untuk mengurangi derau dan meminimalisasi kemungkinan kesalahan deteksi tepi sehingga dapat menjadi pembeda antara gambar uang palsu dan uang asli.

2.4. Algoritma *K-Means Clustering*

Metode *K-Means* adalah teknik *non-hierarchical clustering* yang mencoba membagi suatu kumpulan data menjadi satu atau lebih kelompok (*cluster*). *Cluster* adalah kumpulan data yang mirip satu sama lain dan berbeda dari data di *cluster* lain [10]. Penelitian ini menggunakan metode *K-Means Clustering*. *K-Means Clustering* adalah metode yang efisien untuk menentukan *cluster* dalam kumpulan data. Metode *K-Means Clustering* melakukan analisis grup yang difokuskan pada partisi n objek dalam k (*cluster*) berdasarkan *mean* terdekat. Penggunaan *K-Means Clustering* yang dikombinasikan menggunakan metode *Laplacian of Gaussian* bertujuan untuk melakukan *cluster* terhadap nilai segmentasi citra yang dihasilkan oleh metode LoG sehingga dapat terbentuk dua buah *cluster*, yakni uang palsu dan uang asli. Tahapan *clustering K-Means* adalah: (1) acak data sebagai *centroid* dan tentukan jumlah k (*cluster*), (2) temukan *centroid* terdekat untuk setiap *dataset* menggunakan rumus *Euclidean* dengan menghitung nilai *centroid* untuk setiap *cluster*, (3) tetapkan *centroid* terdekat untuk setiap kumpulan data. Jika masih ada data yang transit dari satu *cluster* ke *cluster* lainnya, atau jika *centroid* selalu melebihi ambang batas (*threshold*) yang ditentukan jika nilainya berubah, kembali ke langkah 2 bisa dilakukan.

3. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini terdiri dari beberapa bagian. Adapun metodologi penelitian ini dapat digambarkan melalui Gambar 1.

3.1. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan atau data yang dikumpulkan adalah uang rupiah asli sebanyak 20 citra dan uang rupiah palsu sebanyak 20 citra. Pengambilan citra ini diambil dari uang pecahan 100 ribu asli dan uang pecahan 50 ribu asli dan uang pecahan 100 ribu palsu serta uang pecahan 50 ribu palsu. Penggunaan data sebanyak 20 *dataset* untuk masing-masing uang pecahan digunakan untuk melihat apakah penelitian yang dilakukan dengan menggunakan *K-Means Clustering* dan *Laplacian Of Gaussian* dapat menghasilkan sebuah akurasi yang baik dalam proses melakukan *clustering*.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

3.2. Analisis Data

3.2.1. Membaca Citra

Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mengambil citra yang nantinya akan dilakukan proses konversi citra ke *grayscale* dan segmentasi citra. Nilai dari hasil segmentasi citra tersebut akan digunakan sebagai bahan proses *cluster* untuk menentukan apakah data citra tersebut masuk ke dalam citra uang asli ataupun citra uang palsu. Adapun proses membaca citra ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi Matlab. Proses membaca citra di Matlab dapat dilakukan dengan cara pada Kode 1.

Kode 1. Proses Membaca Citra pada Matlab

```
img=imread('D:\LaplacianOfGaussian\Data\100_asli.jpg');
```

3.2.2. Konversi Citra ke *Grayscale*

Proses ini merupakan proses yang dilakukan untuk mengubah citra yang telah dibaca menjadi citra keabuan (*grayscale*). Adapun proses mengubah citra yang telah dibaca menjadi citra *grayscale* di Matlab dapat dilakukan dengan cara pada Kode 2.

Kode 2. Proses Konversi Citra Berwarna Menjadi Citra *Grayscale* di Matlab

```
gray_level = rgb2gray(img);
```

3.2.3. Segmentasi Citra

Proses ini merupakan proses yang dilakukan untuk melakukan proses deteksi tepi dari citra *grayscale* tersebut. Metode deteksi tepi yang dilakukan pada proses segmentasi citra ini adalah dengan menggunakan operator *Laplacian of Gaussian* (LoG). Adapun proses melakukan segmentasi citra di Matlab dapat dilakukan dengan cara pada Kode 3.

Kode 3. Proses Segmentasi Citra di Matlab

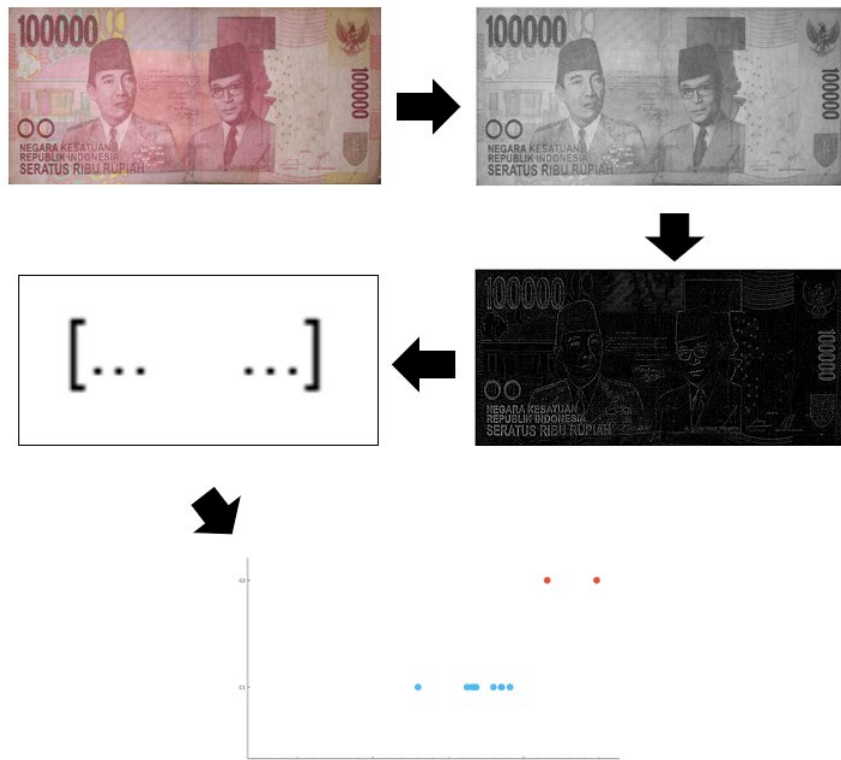
```
h = fspecial('log',5);
g = uint8(round(filter2(h,gray_level)));
title('Laplacian Of Gaussian');
imshow(g);
```

3.2.4. Klasterisasi Nilai Citra

Proses ini merupakan proses dimana nantinya hasil nilai dari segmentasi citra akan dilakukan proses *cluster* dalam menentukan data citra yang ada apakah data citra tersebut dikenali sebagai uang palsu ataupun uang asli.

4. Hasil dan Diskusi

Pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan seperti melakukan pengambilan *dataset* berupa citra uang asli dengan kamera *handphone* dan kemudian citra uang palsu melalui situs web. Setelah proses pengambilan *dataset*, kemudian dilakukan proses konversi citra menjadi citra *grayscale*. Setelah citra telah menjadi *grayscale*, kemudian dilakukan proses segmentasi citra. Setelah proses segmentasi telah selesai, maka proses selanjutnya yang dilakukan yakni proses mencari nilai segmentasi citra dan nilai rata-rata segmentasi yang dimana nantinya nilai segmentasi citra ini akan menjadi bahan sebagai proses *cluster* citra. Adapun tahapan sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Proses

Adapun secara rinci dalam tahapan proses yang terjadi pada Gambar 2 dapat dijelaskan berikut.

1. Input Citra

Pada tahapan ini dilakukan proses memasukkan citra dengan dimensi 496 x 243 *pixels* dan diambil menggunakan kamera *smartphone* berukuran 13 *Megapixel* untuk citra uang asli dan dimensi 496 x 243 *pixels* dan diambil dari situs *website* untuk citra uang palsu. Adapun contoh citra yang diinputkan terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Input Citra

2. Konversi Citra ke *Grayscale*

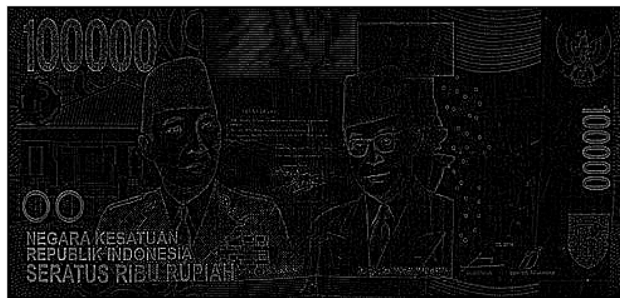
Pada proses ini dilakukan guna mengubah warna citra menjadi *grayscale* dengan tujuan agar mempermudah dalam melakukan proses segmentasi citra. Adapun contoh citra yang telah dikonversi ke *grayscale* terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Konversi Citra ke *Grayscale*

3. Segmentasi Citra

Tahapan ini merupakan proses dimana citra yang telah diubah menjadi citra keabuan (*grayscale*) kemudian dilakukan proses pengenalan tepi pada citra dengan menggunakan operator *Laplacian of Gaussian (LoG)*. Adapun hasil segmentasi citra yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Segmentasi Citra

4. Nilai Segmentasi Citra

Pada proses ini dilakukan untuk mengambil nilai dari hasil segmentasi citra. Setelah mencari nilai segmentasi citra, kemudian akan didapatkan nilai segmentasi citra pada Tabel 1 berikut.

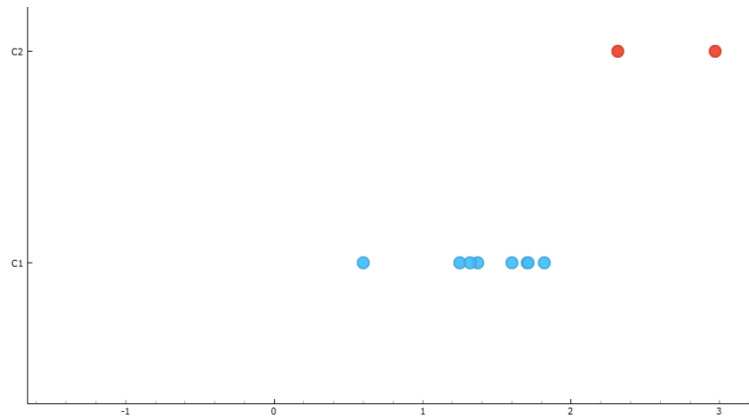
Tabel 1. Nilai Segmentasi dari Setiap Citra

Nama Citra	Nilai Segmentasi Citra
100 asli 1.jpg	1706651
100 asli 2.jpg	1706651
100 asli 3.jpg	1706651
100 asli 4.jpg	1706651
100 asli 5.jpg	1709336
100 asli 6.jpg	1709336
100 asli 7.jpg	1709336
100 asli 8.jpg	1709336
100 asli 9.jpg	1599053
100 asli 10.jpg	1599053
100 asli 11.jpg	1599053
100 asli 12.jpg	1599053
50 asli 1.jpg	1318751
50 asli 2.jpg	1318751
50 asli 3.jpg	1318751
50 asli 4.jpg	1318751

50 asli 5.jpg	1820197
50 asli 6.jpg	1820197
50 asli 7.jpg	1820197
50 asli 8.jpg	1820197
50 palsu 1.jpg	2970356
50 palsu 2.jpg	2970356
50 palsu 3.jpg	2970356
50 palsu 4.jpg	2970356
50 palsu 5.jpg	1369117
50 palsu 6.jpg	1369117
50 palsu 7.jpg	1369117
50 palsu 8.jpg	1369117
100 palsu 1.jpg	2311592
100 palsu 2.jpg	2311592
100 palsu 3.jpg	2311592
100 palsu 4.jpg	2311592
100 palsu 5.jpg	597446
100 palsu 6.jpg	597446
100 palsu 7.jpg	597446
100 palsu 8.jpg	597446
100 palsu 9.jpg	1251320
100 palsu 10.jpg	1251320
100 palsu 11.jpg	1251320
100 palsu 12.jpg	1251320

5. Klasterisasi Citra

Proses ini merupakan proses melakukan *cluster* nilai segmentasi citra dengan menggunakan algoritma *K-Means Clustering*. Proses *cluster* nilai segmentasi citra dilakukan dengan berdasarkan nilai $k=2$ atau data tersebut akan dibagi menjadi dua bagian *cluster* nantinya. Adapun hasil klasterisasi dari citra dapat dilihat berdasarkan Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Klasterisasi Citra

Berdasarkan hasil *cluster* nilai segmentasi citra tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa nilai k yang terbaik dengan akurasi terbaik dalam melakukan pengenalan uang palsu yaitu $k=2$ dengan tingkat akurasi sebesar 85% hasil *cluster* data berhasil dikenali sebagai uang asli serta 15% gagal dikenali sebagai uang asli dan akurasi sebesar 40% hasil *cluster* data berhasil dikenali sebagai uang palsu serta 60% gagal dikenali sebagai uang palsu. Hasil *cluster* tersebut kemudian didapatkan berdasarkan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Akurasi Cluster Uang Asli} = \frac{17}{20} \times 100\% = 85\%$$

$$\text{Akurasi Cluster Uang Palsu} = \frac{8}{20} \times 100\% = 40\%$$

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian ini adalah dengan menggunakan 40 data citra uang yang terdiri atas 20 citra uang asli dan 20 citra uang palsu. Deteksi tepi dengan *Laplacian of Gaussian* dan digabungkan dengan algoritma *K-Means Clustering* cukup efektif dalam mendeteksi suatu citra tersebut merupakan uang asli ataupun uang palsu. Harapan kami kedepannya dapat memperbanyak jumlah data citra yang digunakan sebagai data untuk proses *cluster* nilai segmentasi citra. Berdasarkan hasil *cluster* yang telah dilakukan, maka didapatkan diantara 20 citra uang asli, 17 diantaranya berhasil diidentifikasi sebagai *cluster* pertama (uang asli) dan diantara 20 citra uang palsu, delapan diantaranya berhasil sebagai *cluster* kedua (uang palsu). Adapun saran dari penelitian ini adalah diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat dikolaborasikan antara algoritma *K-Means Clustering* dengan metode deteksi tepi lainnya, sehingga dapat memberikan nilai akurasi yang jauh lebih baik.

Referensi

- [1] I. K. Y. B. Giri, "Pendeteksian Mata Uang Rupiah Palsu Menggunakan Image Processing," STEI-ITB, Indonesia, 2019.
- [2] R. Umar, I. Riadi, & M. Miladiah, "Sistem Identifikasi Keaslian Uang Kertas Rupiah Menggunakan Metode K-Means Clustering," *Techno. Com*, vol. 17, no. 2, pp. 179-185, 2018.
- [3] R. Ramadhan, J. Y. Sari, & I. P. Ningrum, "Identification of Authenticity and Nominal Value of Indonesia Banknotes Using Fuzzy KNearest Neighbor Method," *International Journal of New Media Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 32-37, 2019.
- [4] A. P. Pujiputra, "Pengembangan Mesin Pengenal Uang Kertas Rupiah Berbasis Fitur Gabor," Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.
- [5] I. G. A. A. D. Indradewi & M. S. Ariantini, "Jaringan Syaraf Tiruan LVQ Berbasis Parameter HSV dalam Penentuan Uang Rupiah Palsu," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, vol. 13, no. 1, pp. 47-52, 2019.
- [6] W. Mellyssa, "Pengenal Nominal Uang Kertas menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *Jurnal Litek: Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, vol. 16, no. 1, pp. 1-6, 2019.
- [7] Y. N. Dewi, H. Rianto, C. Budihartanti, & F. W. Fibriany, "Penerapan Metode K-Means Dalam Menentukan Kelompok Pendalaman Materi Ujian Nasional," *Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research*, vol. 6, no. 1, pp. 26-31, 2022.
- [8] M. Hasiholan, "Penerapan Metode Log (Laplacian Of Gaussian) Dalam Mendeteksi Tepi Citra Pada Penyakit Aterosklerosis," *Pelita Informatika: Informasi dan Informatika*, vol. 8, no. 4, pp. 435-438, 2020.
- [9] I. G. A. A. D. Indradewi & M. S. Ariantini, "Jaringan Syaraf Tiruan LVQ Berbasis Parameter HSV dalam Penentuan Uang Rupiah Palsu," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, vol. 13, no. 1, pp. 47-52, 2019.
- [10] J. Fisika, "Pendeteksian Tepi Citra CT Scan dengan Menggunakan Laplacian of Gaussian (LOG)," *Positron*, vol. 2, no. 1, pp. 17-22, 2012.