

IMPLEMENTASI TEMPLATE MATCHING DAN SEGMENTASI CITRA UNTUK DETEKSI KEABSAHAN DAN DENOMINASI UANG KERTAS PADA RASPBERRY PI

Nurhikmayana Janna

Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10., Kec. Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90245, Indonesia; Telp/Fax : +62 (411) 585365

Received: 28 Desember 2024

Accepted: 29 Maret 2025

Published: 14 April 2025

Keywords:

Deteksi Citra, OpenCV, Raspberry Pi, Template Matching, Uang Palsu

Correspondent Email:

nurhikmayanajanna@poliupg.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem otomatisasi untuk mendeteksi keaslian dan denominasi uang kertas Rupiah berbasis Raspberry Pi dengan metode template matching dan pemrosesan citra menggunakan OpenCV. Latar belakang penelitian ini didasarkan pada masih maraknya peredaran uang palsu yang berpotensi merugikan pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Dengan menggunakan kamera smartphone dan sinar ultraviolet, sistem dapat mendeteksi nominal dan keaslian uang berdasarkan fitur seperti serial number dan benang pengaman. Pengujian menunjukkan akurasi deteksi keabsahan dan nominal sebesar 91,5%. Hasil ini menunjukkan efektivitas metode yang digunakan dalam membantu transaksi keuangan yang lebih aman dan berpotensi untuk diimplementasikan secara luas sebagai solusi deteksi uang palsu yang hemat biaya dan praktis bagi pelaku UMKM.

Abstract. This study aims to design and implement an automation system to detect the authenticity and denomination of Rupiah banknotes based on Raspberry Pi with the template matching method and image processing using OpenCV. The background of this study is based on the rampant circulation of counterfeit money that has the potential to harm Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs). By using a smartphone camera and ultraviolet light, the system can detect the nominal and authenticity of money based on features such as serial numbers and security threads. Testing shows an accuracy of detecting the validity and nominal of 91.5%. These results show the effectiveness of the method used in helping safer financial transactions and has the potential to be widely implemented as a cost-effective and practical counterfeit money detection solution for MSMEs.

1. PENDAHULUAN

Peredaran uang palsu di Indonesia merupakan permasalahan krusial yang berdampak signifikan, terutama bagi pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) [1]. Menurut UU No.7 tahun 2011 tentang Mata Uang, Rupiah Palsu didefinisikan sebagai suatu benda yang bahan, ukuran, warna, gambar, dan/atau desainnya menyerupai Rupiah yang dibuat, dibentuk, dicetak, digandakan, diedarkan, atau digunakan sebagai alat

pembayaran secara melawan hukum. Pemalsuan Rupiah merupakan tindakan yang melanggar hukum, merugikan masyarakat, dan dapat menurunkan kepercayaan terhadap Rupiah [2].

Pengenalan uang kertas secara manual, terutama oleh individu dengan keterbatasan visual atau dalam kondisi pencahayaan buruk, memiliki tingkat kesalahan yang tinggi. Sistem otomatis berbasis citra digital menjadi solusi yang lebih handal [3].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan pengolahan citra dalam sistem deteksi objek, termasuk penggunaan metode seperti Convolutional Neural Network (CNN), Histogram of Oriented Gradient (HOG), dan Template Matching [4][5]. Namun, tantangan yang masih dihadapi adalah bagaimana menerapkan metode yang relatif sederhana tetapi tetap akurat dan efisien pada perangkat dengan keterbatasan sumber daya, seperti Raspberry Pi [6].

Penelitian ini mengusulkan perancangan sistem deteksi keaslian dan denominasi uang kertas berbasis Raspberry Pi dengan mengintegrasikan kamera IP Webcam serta pencahayaan ultraviolet. Sistem ini memanfaatkan segmentasi citra untuk ekstraksi fitur visual uang, serta metode template matching untuk mengenali nilai nominal dan keaslian uang berdasarkan ciri-ciri khas seperti benang pengaman dan nomor seri.

Metode template matching merupakan salah satu teknik dalam pengolahan citra yang digunakan untuk mencocokkan pola atau fitur tertentu dalam gambar dengan template yang telah ditentukan sebelumnya [7].

Sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi yang praktis, terjangkau, dan efektif dalam membantu masyarakat, khususnya pelaku UMKM, dalam mengidentifikasi uang kertas palsu dan mengenali nilai nominalnya [8].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Template Matching

Template matching adalah teknik dalam pengolahan citra yang digunakan untuk mencocokkan pola atau objek tertentu dalam citra input dengan template referensi. Metode ini menghitung korelasi antara template dan bagian citra untuk mencari kecocokan. Teknik ini banyak digunakan dalam deteksi objek atau pola tetap, seperti dalam mengenali denominasi uang kertas. Template matching dapat dioptimalkan dengan menggunakan teknik korelasi berbobot untuk menangani variasi pencahayaan dan posisi [9].

2.2 Segmentasi Citra

Segmentasi citra adalah proses untuk memisahkan citra menjadi bagian-bagian yang relevan, seperti untuk mendeteksi elemen-

elemen keamanan pada uang kertas. Teknik segmentasi berbasis thresholding dan deteksi tepi (edge detection) digunakan untuk mengekstrak fitur penting seperti watermark atau benang pengaman pada uang kertas [10]. Pendekatan ini mempermudah identifikasi elemen-elemen yang membedakan uang asli dari yang palsu.

2.3 Deteksi Keaslian dan Nominal Uang Kertas

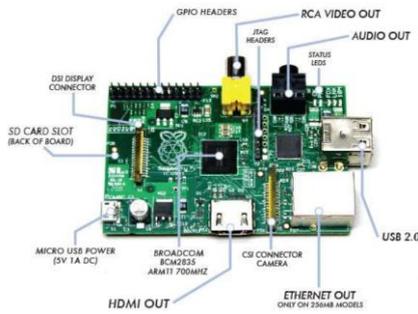
Deteksi keaslian uang kertas menggunakan pengolahan citra dapat dilakukan dengan cara menganalisis fitur visual tertentu seperti watermark, mikro teks, pola warna, dan posisi elemen tertentu. Penelitian oleh Dwivedi *et al.* menunjukkan bahwa pendekatan berbasis template dan segmentasi dapat digunakan secara efisien untuk mengidentifikasi uang palsu. Selain itu, klasifikasi denominasi uang juga penting agar sistem mampu membedakan nilai dari uang kertas yang dimasukkan [11].

2.4 OpenCV

OpenCV merupakan pustaka open-source yang digunakan secara luas dalam pengolahan citra digital dan *computer vision*. Pustaka ini menyediakan berbagai algoritma untuk deteksi objek, segmentasi citra, dan pelacakan visual secara real-time. Dukungan terhadap berbagai bahasa pemrograman serta kemampuannya untuk dijalankan pada perangkat seperti Raspberry Pi menjadikannya pilihan utama dalam sistem *embedded vision* [12] [13].

2.5 Raspberry Pi

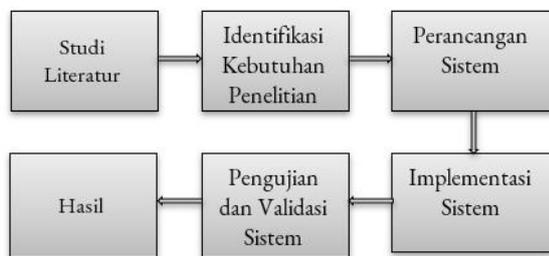
Raspberry Pi merupakan komputer mini yang mendukung berbagai aplikasi pengolahan citra melalui pustaka seperti OpenCV. Raspberry Pi memiliki keunggulan dalam konsumsi daya rendah, biaya murah, dan kemudahan integrasi dengan perangkat seperti kamera. Penelitian oleh Yaqoob *et al.* menunjukkan bahwa Raspberry Pi mampu menjalankan tugas pemrosesan visual secara real-time untuk aplikasi IoT dan sistem cerdas, meskipun terbatas dalam hal performa dibandingkan dengan komputer konvensional [14].



Gambar 1. Raspberry Pi

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian



Keterangan Terhadap Penelitian :

1. Studi Literatur
Pada studi literatur, pencarian penelitian dilakukan terkait dengan permasalahan mengenai alat pendeteksi keabsahan dan nominal uang kertas.
2. Identifikasi Kebutuhan Penelitian
Pada tahapan ini kebutuhan penelitian disiapkan untuk menunjang penelitian dalam pembuatan aplikasi.
3. Perancangan Sistem
Pada tahapan ini dilakukan perancangan alat pendeteksi keabsahan uang kertas dan nominal uang kertas berdasarkan kebutuhan yang telah diidentifikasi
4. Implementasi Sistem
Tahapan ini dilakukan untuk mengimplementasikan proses kerja pada sistem yang sudah dibuat
5. Pengujian dan Validasi Sistem
Sistem diuji untuk mengetahui akurasi dalam mendeteksi keaslian dan nominal uang kertas. Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi kondisi seperti pencahayaan, posisi uang, dan jenis nominal. Hasil pengujian dibandingkan dengan data valid untuk melihat tingkat keberhasilan dan error yang mungkin terjadi

6. Hasil

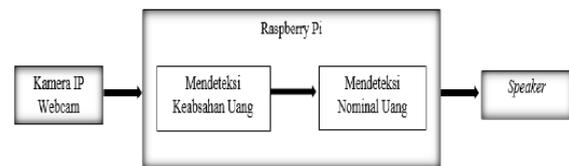
Tahap akhir berisi analisis dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Disajikan data akurasi sistem, waktu proses, serta kesimpulan mengenai keberhasilan metode template matching dan segmentasi citra dalam menjalankan tugas deteksi pada platform Raspberry Pi.

3.2. Rancangan Sistem

Rancangan sistem bertujuan untuk memberikan gambaran perancangan sistem yang akan dibangun dan dikembangkan, serta untuk memahami alur proses dalam sistem. Rancangan yang dilakukan pada sistem meliputi:

3.2.1 Blok Diagram

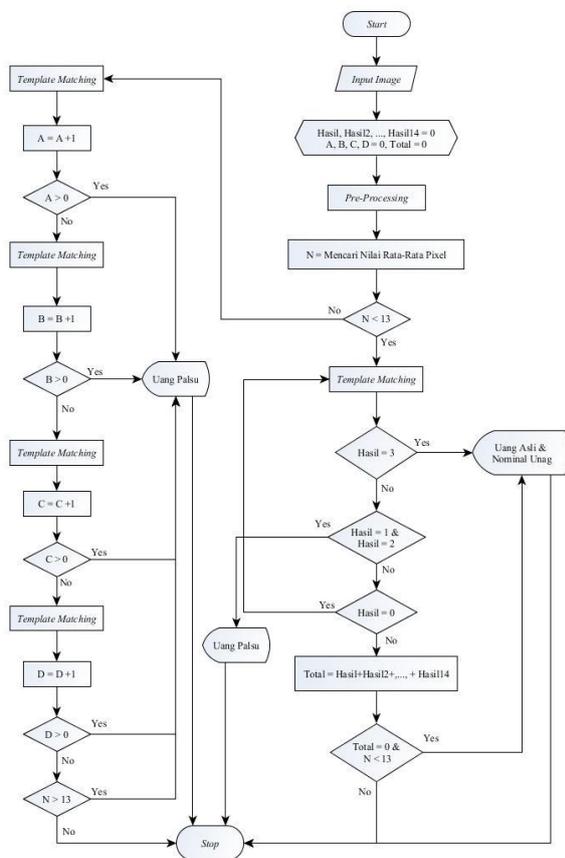
Pada tahap ini dilakukan analisis kerja, perancangan algoritma, serta perancangan proyek.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

1. Kamera IP Webcam
Bagian ini, merupakan masukan dari sistem yang berupa gambar uang kertas dengan menggunakan kamera *smartpone* dengan aplikasi IP Webcam.
2. Mendeteksi Keabsahan Uang
Mendetaksi keabsahan uang kertas menggunakan Raspberry Pi dan sinar Ultraviolet dengan cara menghitung rata-rata *pixel* citra hasil segmentasi.
3. Mendeteksi Nominal Uang
Mendeteksi nominal uang kertas menggunakan Raspberry Pi dengan metode *Tempate Matching*.
4. Speaker
Output atau keluaran yang dihasilkan oleh sistem ini yaitu berupasuara nominal uang.

3.2.2 Flowchart



Gambar 3. Flowchart

1. **Input Image**
 Pada proses ini sistem akan mengambil citra uang yang telah dimasukkan pada sistem dengan menggunakan camera dari *smartphone* dengan aplikasi IP Webcam, yang kemudian akan dikirim ke Raspberi Pi untuk proses pengolahan citra.
2. **Inisialisasi Variabel**
 Sebelum melakukan proses pengolahan citra sistem terlebih dahulu menentukan nilai awal dari variabel yang akan digunakan.
3. **Pre-Processing**
 Pada proses ini pre-processing yang digunakan yaitu resize, grayscael, dan segmentasi.
4. **Mencari Nilai Rata-Rata Citra**
 Poses ini citra yang telah di segmentasi akan dihitung nilai rata-rata.
5. **Template Matching**
 Pada proses ini, sistema akan mencocokkan citra masukan dan citra

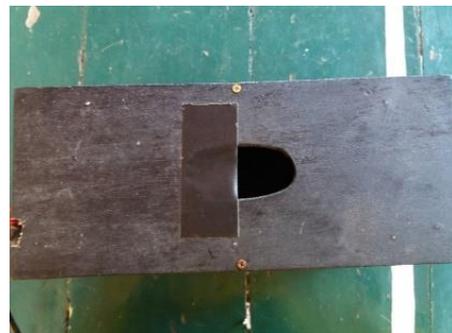
tempalte yang telah disimpan pada database. *pixelnya* untuk dilakukan pengenalan awal pada citra inputan sistem.

6. **Total**
 Pada proses ini, sistema akan menghitung hasil dari proses *template matching*, jika nilai total sama dengan 3 (tiga) maka sistem akan mengeluarkan output suara yang menyatakan bahwa ini uang asli dengan nominal uang yang dimasukan. dan jika nilai total dibawah tiga maka sitem akan mengeluarkan informasi bahwa uang yang masukan adalah uang palsu.
7. **Output**
 Pada sistem ini mengeluarkan *output* berupa suara yang telah di masukan kedalam sistem terlebih dahulu.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Proses implementasi dari rancangan sistem yang telah dilakukan dapat dilihat melalui tampilan dari berbagai sisi. Pada bagian sisi atas alat terdapat lubang yang berfungsi sebagai tempat kamera untuk pengambilan gambar. Adapun tampilan alat dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Sisi Atas Alat

Pada bagian sisi depan alat terdapat lubang persegi yang ditutupi kertas hitam, lubang tersebut berfungsi sebagai tempat dimasukkannya uang sedangkan kertas hitam berfungsi menutupi lubang agar cahaya luar tidak mempengaruhi cahaya dalam kotak.



Gambar 5. Tampilan Sisi Depan Alat

Adapun tampilan sisi kiri dan kanan dengan ukuran 18 seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Sisi Kanan dan Kiri Alat

Pada bagian dalam alat terdapat lampu sinar ultra violet yang berfungsi sebagai sinar yang berfungsi memperlihatkan *invisibleink* uang kertas, terlihat seperti pada gambar berikut,



Gambar 7. Tampilan bagian dalam Alat

4.2 Pengujian Sistem

Proses pengujian dilakukan untuk menguji apakah sistem telah berhasil mendeteksi keabsahan dan nominal uang kertas. Pengujian akan dilakukan dengan data uji semua nominal uang kertas dan setiap nominal dilakukan pengujian sebanyak 10 kali dengan setiap sisi uang kertas.

Tabel 1 Hasil Pengujian Nominal Rp.100000

No.	Sisi Uang	Data Uji										Akurasi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Sisi 1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
2	Sisi 2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
Hasil											100%	

Keterangan : √ = Nominal terdeteksi

X = Nominal tidak terdeteksi

Berdasarkan tabel pengujian 1 dapat dilihat bahwa tingkat akurasi dalam mendeteksi nominal uang kertas Rp. 100000 mencapai 100%. Tingkat akurasi sangat dipengaruhi oleh nilai *threshold* yang dimasukkan.

Tabel 2 Hasil Pengujian Nominal Rp. 50000

No.	Sisi Uang	Data Uji										Akurasi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Sisi 1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
2	Sisi 2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
Hasil											100%	

Keterangan : √ = Nominal terdeteksi

X = Nominal tidak terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 2 dapat dilihat bahwa Tingkat akurasi dalam mendeteksi nominal uang kertas Rp. 50000 mencapai 100%. Tingkat akurasi sangat dipengaruhi oleh nilai *threshold* yang dimasukkan.

Tabel 3 Hasil Pengujian Nominal Rp. 20000

No.	Sisi Uang	Data Uji										Akurasi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Sisi 1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
2	Sisi 2	√	√	√	√	√	√	x	√	√	√	90%
Hasil											95%	

Keterangan : √ = Nominal terdeteksi

X = Nominal tidak terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3 dapat dilihat bahwa Tingkat akurasi dalam mendeteksi nominal uang kertas Rp. 20000 mencapai 95%. Pada sisi 2 dengan tingkat akurasi 90% disebabkan karena *invisible ink* pada sisi template berbeda dengan kebanyakan uang kertas dengan nominal Rp. 20000. Sehingga pencocokkan template tidak ditemukan.

Tabel 4 Hasil Pengujian Nominal Rp. 10000

No.	Sisi Uang	Data Uji										Akurasi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Sisi 1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
2	Sisi 2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
Hasil											100%	

Keterangan : √ = Nominal terdeteksi

X = Nominal tidak terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4 dapat dilihat bahwa tingkat akurasi dalam mendeteksi nominal uang kertas Rp. 10000 mencapai 100%. Tingkat akurasi sangat dipengaruhi oleh nilai *threshold* yang dimasukkan dan kualitas uang yang diujikan.

Tabel 5 Hasil Pengujian Nominal Rp. 5000

No.	Sisi Uang	Data Uji										Akurasi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Sisi 1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	100%
2	Sisi 2	√	√	√	√	√	√	√	x	√	√	90%
Hasil												95%

Keterangan : √ = Nominal terdeteksi

X = Nominal tidak terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5 dapat dilihat bahwa tingkat akurasi dalam mendeteksi nominal uang kertas Rp. 5000 mencapai 95%. Akurasi pada sisi 2 hanya 95% karena uang yang diujikan sudah berkurang kualitas kertasnya.

Tabel 6 Hasil Pengujian Nominal Rp. 2000

No.	Sisi Uang	Data Uji										Akurasi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Sisi 1	√	x	√	√	√	x	√	√	√	x	70%
2	Sisi 2	√	x	√	√	√	√	√	x	√	√	80%
Hasil												75%

Keterangan : √ = Nominal terdeteksi

X = Nominal tidak terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 6 dapat dilihat bahwa tingkat akurasi dalam mendeteksi nominal uang kertas Rp. 2000 mencapai 75%. Akurasi pada sisi 2 mencapai 70% dan sisi 2 mencapai 75% rendahnya tingkat akurasi uang nominal 2000 dikarenakan fitur benang pengaman pada uang nominal 2000 kebanyakan sudah memudar, jadi menyebabkan kurangnya akurasi pada uang nominal 2000.

Tabel 7 Hasil Pengujian Nominal Rp. 1000

No.	Sisi Uang	Data Uji										Akurasi (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Sisi 1	√	√	x	√	√	x	√	√	x	√	70%
2	Sisi 2	√	x	√	√	√	√	√	√	x	√	80%
Hasil												75%

Keterangan : √ = Nominal terdeteksi

X = Nominal tidak terdeteksi

Berdasarkan hasil pengujian pada table 7 dapat dilihat bahwa tingkat akurasi dalam mendeteksi nominal uang kertas Rp. 1000 mencapai 75%. Dari semua hasil pengujian nominal, pengujian dengan nominal Rp. 1000 yang mendapatkan tingkat akurasi yang paling rendah, itu dikarenakan sebagian besar uang kertas Rp. 1000 sudah mengalami penurunan kualitas uang kertas. Sehingga kurangnya pencocokan *template*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Nilai ambang batas dari nilai rata-rata *pixel* hasil segmentasi yaitu 30 untuk semua emisi uang kertas. Dalam penelitian ini, pengujian lebih akurat jika sisi yang dideteksi merupakan bagian muka uang kertas, karena pada bagian muka uang kertas terdapat ciri uang asli yang dijadikan fitur pembeda antara uang asli dan uang palsu. Setelah dilakukan uji coba maka tingkat akurasi yang didapatkan untuk mendeteksi keabsahan uang kertas yaitu 91,5%.
- Dalam pembuatan sistem pendeteksi nominal uang kertas dari tiga fitur yang dijadikan *template* pada setiap nominal uang, nilai yang *thershold* yang digunakan antara 0,45 samapai 0,7, Hasil penelitian dalam mendeteksi nominal uang kertas mencapai tingkat akurasi 91,5%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam pelaksanaan penelitian ini. Semoga sistem yang dikembangkan melalui implementasi *template matching* dan segmentasi citra pada Raspberry Pi ini dapat memberikan manfaat nyata dalam membantu masyarakat dalam mendeteksi keaslian dan denominasi uang kertas. Penulis juga berharap bahwa penelitian ini dapat menjadi dasar dan inspirasi bagi pengembangan lebih lanjut pada masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Bank Indonesia, "Pencegahan Rupiah Palsu," Bank Indonesia, 2024. [Online]. Available: <https://www.bi.go.id/id/rupiah/pencegahan-rupiah-palsu/Default.aspx>
- A. R. Putri and S. Nugroho, "Analisis Dampak Peredaran Uang Palsu terhadap Kepercayaan Konsumen UMKM di Indonesia," *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, vol. 15, no. 2, pp. 87–95, 2020.
- M. R. Islam, C. Shahnaz, and M. M. Hassan, "Bangladeshi banknote recognition using image processing and machine learning techniques," *Journal of King Saud University*

- *Computer and Information Sciences*, vol. 33, no. 6, pp. 693–700, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.09.014>
- [4] J. S. R. Jang, S. W. Lee, and W. S. Lee, “A study of object detection using convolutional neural networks and template matching,” *Journal of Image Processing and Computer Vision*, vol. 28, no. 3, pp. 234–245, 2020.
- [5] K. S. Gupta, A. M. Shetty, and N. D. Gupta, “Object detection using Histogram of Oriented Gradient and Template Matching,” *International Journal of Computer Vision and Image Processing*, vol. 16, no. 4, pp. 112–120, 2021.
- [6] M. Kapiudin, “Perancangan Alat Identifikasi Nilai Mata Uang Kertas Serta Keasliannya Menggunakan Metode Template Matching Bagi Penyandang Tunanetra,” *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, vol. 18, no. 3, 2020. [Online]. Available: <https://epsilon.unjani.ac.id/index.php/epsilon/article/view/31>
- [7] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd ed., Pearson, 2008.
- [8] A. R. Putri and S. Nugroho, “Analisis Dampak Peredaran Uang Palsu terhadap Kepercayaan Konsumen UMKM di Indonesia,” *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, vol. 15, no. 2, pp. 87–95, 2020.
- [9] H. Yu, Y. Zhang, dan Y. Chen, “Real-Time Currency Denomination Recognition Using Template Matching and Deep Learning,” *Journal of Real-Time Image Processing*, vol. 17, no. 2, pp. 249–262, 2020.
- [10] M. S. Hossain *et al.*, “Currency recognition using Template Matching and Edge Detection,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 178, no. 7, pp. 1–6, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5120/ijca2019918865>
- [11] R. Dwivedi, A. Sharma, dan M. Singh, “Currency Recognition and Counterfeit Detection Using Template Matching and Image Segmentation,” *International Journal of Computer Vision and Image Processing*, vol. 12, no. 3, pp. 45–56, 2022.
- [12] Viso.ai, “What is OpenCV? The Complete Guide,” *Viso.ai*, 2025. [Online]. Available: <https://viso.ai/computer-vision/opencv/>
- [13] J. Brownlee, “A Gentle Introduction to OpenCV,” *Machine Learning Mastery*, 2023. [Online]. Available: <https://www.machinelearningmastery.com/a-gentle-introduction-to-opencv-an-open-source-library-for-computer-vision-and-machine-learning/>
- [14] I. Yaqoob, S. U. Rehman, M. Imran, dan M. Guizani, “Intelligent Edge Computing for IoT-Based Smart Applications: Vision and Challenges,” *IEEE Network*, vol. 36, no. 2, pp. 40–47, 2022.