

SISTEM DETEKSI NOMINAL UANG KERTAS UNTUK PENYANDANG TUNANETRA BERBASIS KAMERA DENGAN *OUTPUT* SUARA

Maria Arnoldia Halla¹, Hendrik J. Djahi², Wenefrida Tulit Ina^{*3}, Silvester Tena⁴

^{1,2,3,4} Pogram Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Indonesia

*e-mail: wenefrida_ina@staf.undana.ac.id

Abstrak

Penyandang tunanetra mengalami kendala dalam mengenali nominal uang sehingga dibutuhkan alat bantu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem deteksi yang dapat mengenali nominal uang kertas. Bagi penyandang tunanetra dapat terbantu sehingga mengurangi ketergantungan pada orang lain dalam mengenali nominal uang. Algoritma *Oriented FAST and Rotated BRIEF* (ORB) digunakan untuk ekstraksi fitur yang dibutuhkan dalam mendeteksi serta mencocokkan fitur uang kertas. Sistem deteksi nominal uang kertas menggunakan Raspberry Pi 3B sebagai pengendali utama dan kamera OV5647 untuk menangkap gambar uang. Gambar yang ditangkap kamera akan diproses ekstraksi fitur dan dilakukan pencocokan gambar uji dan gambar dalam *dataset*. Keluaran berupa suara yang memberikan informasi nominal yang kertas sangat membantu penyandang tunanetra. Pengujian dilakukan pada jarak 5 cm hingga 30 cm untuk mengukur akurasi deteksi dan durasi waktu identifikasi. Hasil deteksi yang berhasil kemudian diubah menjadi suara dengan bantuan modul PAM8403. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi nominal uang dengan akurasi 100% pada jarak 5 cm hingga 10 cm, namun menurun menjadi 25% pada jarak 30 cm. Durasi waktu identifikasi dipengaruhi oleh jarak antara kamera dan uang kertas. Jarak semakin dekat durasi pengenalan lebih lama yaitu 10-15 detik, sedangkan pada jarak lebih jauh waktu identifikasi lebih singkat. Pada jarak dekat jumlah *keypoints* yang dihasilkan lebih banyak sehingga membutuhkan waktu lebih dalam proses *matching*. Namun jarak semakin jauh akurasi lebih rendah. Sistem deteksi nominal uang kertas cukup efektif meskipun performanya bergantung pada jarak antara kamera dan objek serta kualitas kamera.

Kata kunci: Uang Kertas; kamera; ORB; Raspberry; Tunanetra.

Abstract

Blind people have difficulty recognizing the nominal value of money, so assistive devices are needed. This study aims to design a detection system that can recognize the nominal value of banknotes. For blind people, it can help reduce dependence on others to recognize the nominal value of money. The Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) algorithms are used to extract the features needed to detect and match the features of banknotes. The banknote nominal detection system uses Raspberry Pi 3B as the central controller and an OV5647 camera to capture images of money. The images captured by the camera will be processed for feature extraction and matching test images and images in the dataset. The output, in the form of sound, provides information on the nominal value of the paper and is very helpful for blind people. Testing is performed from 5 cm to 30 cm to measure detection accuracy and identification time duration. The successful detection results are then converted into sound with the help of the PAM8403 module. The test results show that the system can detect the nominal value of money with 100% accuracy at a distance of 5 cm to 10 cm but decreases to 25% at 30 cm. The distance between the camera and the banknote influences the duration of identification time. The closer the distance, the longer the recognition duration is 10-15 seconds, while the identification time is shorter at a further distance. The number of keypoints generated is more significant at a close distance, so the matching process takes longer. However, the further the distance, the lower the accuracy. The nominal banknote detection system is quite adequate, although its performance depends on the distance between the camera and the object and the quality of the camera.

Keywords: Banknote; Camera; ORB; Raspberry Pi; Visually Impaired.

1. PENDAHULUAN

Negara Kesatuan Republik Indonesia mengeluarkan uang kertas rupiah sebagai alat tukar pembayaran yang diakui secara resmi. Uang kertas rupiah memiliki ciri khas berupa bahan, tekstur, warna, dan elemen keamanan seperti watermark dan tinta khusus untuk mencegah pemalsuan [1]. Meskipun mudah dikenali oleh masyarakat umum, penyandang tunanetra menghadapi tantangan dalam membedakan nominal uang. Mereka sering menggunakan metode konvensional seperti melipat uang berdasarkan nominalnya, tetapi metode ini memiliki keterbatasan dalam hal akurasi, kondisi fisik uang, dan risiko penipuan [2].

Survei Rapid Assessment of Avoidable Blindness (RAAB) dilakukan di 15 provinsi di Indonesia antara tahun 2013 hingga 2017 dilakukan oleh [3] dengan populasi studi adalah orang berusia 50 tahun ke atas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban kebutaan masih tinggi. Penyebab utama kebutaan meliputi katarak, glaukoma, dan kelainan refraksi. Peningkatan usia lanjut di Indonesia juga meningkatkan prevalensi gangguan penglihatan, menyoroiti kebutuhan akan alat bantu yang inovatif untuk penyandang tunanetra [4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba mengatasi masalah ini. Ikhsan dan Permata Sari (2018) [2] mengidentifikasi kelemahan metode konvensional pengenalan uang. Khoharja dkk. (2018) [5] membandingkan metode *feature matching* seperti *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT), *Speeded-Up Robust Features* (SURF), dan ORB. Metode ORB menunjukkan keunggulan dalam kecepatan dan efisiensi. Penelitian lain oleh Shabbir dkk. (2021) [6] menggunakan ORB untuk deteksi glaukoma dengan akurasi tinggi (91,67%). Hasil penelitian Prabowo dkk. (2022) [7] menunjukkan bahwa ORB efektif mendeteksi objek.

Pada era digital, teknologi pengolahan citra (*image processing*) memberikan solusi inovatif untuk berbagai masalah, termasuk pengenalan uang kertas. Metode *Oriented FAST and Rotated BRIEF* (ORB) dikenal efisien dalam mendeteksi dan mencocokkan fitur gambar, bahkan dalam kondisi pencahayaan atau orientasi yang beragam.

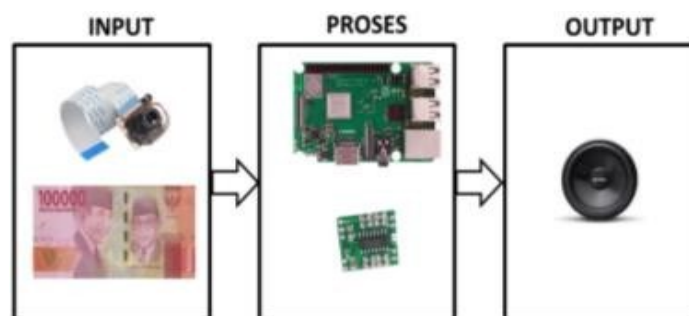
Penelitian yang dilakukan adalah merancang sistem deteksi alat pembaca nominal uang kertas berbasis kamera Raspberry Pi dengan memanfaatkan algoritma ORB dan keluaran berupa suara. Penelitian ini diharapkan berkontribusi pada pengembangan teknologi pendukung bagi penyandang tunanetra. Hal ini dapat mengatasi keterbatasan fisik kaum tunanetra.

2. METODE

Penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan. Tahap awal dimulai dengan melakukan studi kepustakaan untuk mengumpulkan dan mempelajari teori-teori maupun informasi dari sumber-sumber yang ada. Selanjutnya mendesain perancangan sistem yang akan diimplementasikan baik perancangan *hardware* maupun *software*. Tahap pengujian terhadap sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem telah bekerja sesuai konsep perancangan. Tahap evaluasi terhadap hasil perancangan dan pengujian berdasarkan metrik yang digunakan.

2.1 Blok Diagram Sistem

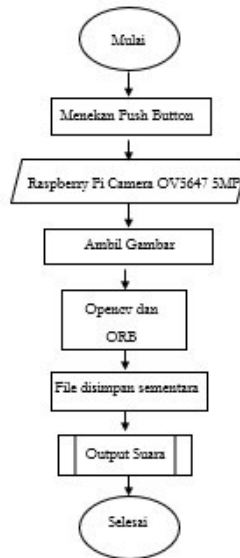
Sistem pembaca nominal uang kertas untuk tunanetra menggunakan kamera Raspberry Pi OV5647 dan memanfaatkan metode *Oriented FAST and Rotated BRIEF* (ORB) untuk ekstraksi dan pencocokan fitur. *Input* berupa gambar uang yang diambil oleh kamera diproses dengan metode ORB untuk mendeteksi *keypoints* dan menghasilkan *descriptors* yang membedakan setiap nominal uang. Proses pencocokan fitur dilakukan dengan membandingkan gambar *input* terhadap *database* untuk menemukan nominal dengan jumlah kecocokan fitur terbanyak. *Output* sistem berupa suara melalui *speaker* yang dihasilkan oleh Raspberry Pi yang mengumumkan nominal uang, seperti "seratus ribu rupiah" atau "lima puluh ribu rupiah". Rancangan sistem deteksi nominal uang kertas dapat memberikan solusi praktis bagi tunanetra agar dapat mengenali uang kertas secara mandiri. Blok diagram secara umum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem.

2.2 Diagram Alir Sistem

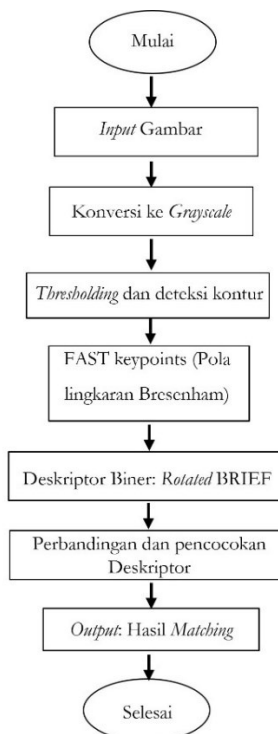
Pada Gambar 2 menunjukkan alur sistem secara otomatis mendeteksi objek ketika *push button* ditekan. Sistem akan mengaktifkan kamera untuk menangkap gambar dan memprosesnya dengan metode ORB dalam mendeteksi objek. Keluaran dalam bentuk suara melalui *speaker* baik untuk deteksi yang benar maupun salah. Untuk mendeteksi nominal lainnya atau nominal yang sama maka perlu menekan *push button*.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem.

2.3 Diagram Alir Metode ORB

Proses dimulai dengan mengambil gambar uang dalam format digital dengan kamera Raspberry Pi OV5647. Gambar uang kertas diubah kedalam format *grayscale* untuk menyederhanakan analisis (persamaan 1). Proses selanjutnya adalah *thresholding* (persamaan 2) bertujuan mengubah gambar *grayscale* menjadi *biner* (hitam-putih) berdasarkan nilai ambang tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan nilai ambang yakni 150. Tahap berikutnya adalah deteksi kontur untuk mengidentifikasi objek utama dalam gambar. Tahapan proses metode ORB ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Proses ORB.

Ekstraksi fitur dilakukan menggunakan metode *Features from Accelerated Segment Test* (FAST), yang mendeteksi *keypoint* berdasarkan pola lingkaran piksel di sekitar suatu titik (persamaan 3). Deskriptor *biner* untuk setiap *keypoint* dihasilkan dengan algoritma BRIEF (persamaan 4) melalui perbandingan intensitas piksel di sekitar *keypoint*. Fitur dari gambar *input* dibandingkan dengan *database* gambar menggunakan *Hamming Distance* (persamaan 5) untuk menentukan tingkat kecocokan. Semakin kecil nilai *Hamming Distance*, semakin besar kemungkinan kedua gambar memiliki kesamaan. Hasil akhir berupa identifikasi nominal uang berdasarkan

fitur yang cocok.

$$GS_{(x,y)} = (0,2989 \times R_{(x,y)}) + (0,5870 \times G_{(x,y)}) + (0,1140 \times B_{(x,y)}) \quad [8] \quad (1)$$

$$g(x,y) = \begin{cases} 255, & \text{jika } f(x,y) \leq 150 \\ 0, & \text{jika } f(x,y) > 150 \end{cases} \quad [9] \quad (2)$$

$$p_i \in \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, \dots, p_{16}\} \quad [10] \quad (3)$$

$$|I(p_i) - I(p)| > t \quad (4)$$

$$(p; a, b) = \begin{cases} 1, & \text{jika } p(b) > p(a) \\ 0, & \text{kasus lainnya} \end{cases} \quad [10] \quad (5)$$

$$d_H = \sum_{i=0}^n (x_i \oplus y_i) \quad [11] \quad (6)$$

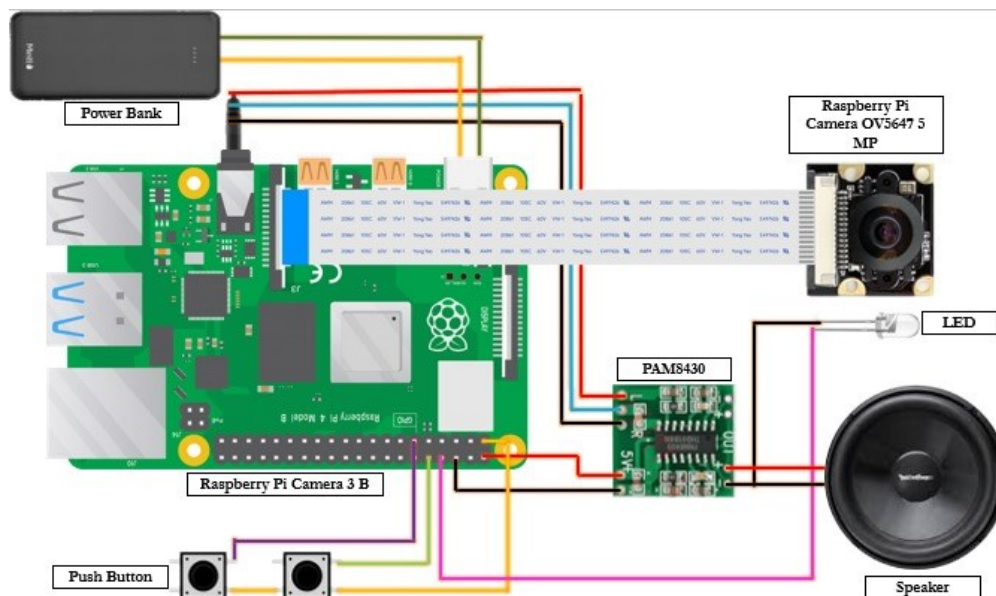
Untuk mengukur performa sistem deteksi nominal uang kertas dalam penelitian ini menggunakan metrik akurasi (persamaan 6) [12].

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (6)$$

TP (True Positive) adalah hasil pengujian yang diprediksi dengan benar. *TN (True Negative)* adalah jumlah data negatif yang diprediksi dengan benar oleh sistem. *FN (False Negative)* adalah jumlah data positif yang diprediksi salah. *FP (False Positive)* yakni jumlah data positif yang diprediksi salah oleh sistem.

2.4 Skematik Rangkaian

Rangkaian sistem deteksi nominal uang kertas berbasis kamera secara skematik ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skematik Rangkaian.

2.5 Dataset Uang Kertas Rupiah

Dataset yang diambil berupa foto uang kertas Rp.1,000, Rp.2,000, Rp.5,000, Rp.10,000, Rp.20,000, Rp.50,000, dan Rp.100,000 menggunakan raspberry pi camera OV5647 dengan resolusi gambar 640×480 piksel dalam beberapa kondisi yakni tampak depan, tampak belakang, dan posisi normal. *Dataset* ini dipisahkan dan dikelompokkan berdasarkan nominal uang, yaitu terdapat 7 folder kelas data uang kertas emisi 2016 dan emisi 2022 dengan jumlah 33 data gambar setiap uang.








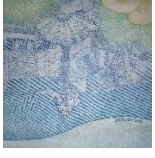
3. HASIL PENELITIAN

A. Hasil Pengujian

Hasil pengujian sistem deteksi nominal uang kertas Rp. 50.000 emisi 2022 untuk jarak 5 cm ditampilkan pada Tabel 1. Pemilihan nominal uang kertas bertujuan untuk memberikan analisis rinci pada satu jenis nominal sebagai perwakilan dengan jarak 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm, pada rotasi 0°, 90°, 180°, 180°, dan 270°.

Sedangkan pengujian terhadap nominal uang lainnya, seperti Rp.1000 hingga Rp.100.000 emisi tahun 2016 dan 2022 diimplementasikan proses yang sama.

Tabel 1. Pengujian pada jarak 5 cm.

No	Gambar	Posisi	Jumlah Pasangan deskriptor	Output Suara	Keterangan
1		Depan 0°	60	“Lima Puluh Ribu Rupiah”	Benar
2		Depan 90°	108	“Lima Puluh Ribu Rupiah”	Benar
3		Depan 180°	116	“Lima Puluh Ribu Rupiah”	Benar
4		Depan 270°	115	“Lima Puluh Ribu Rupiah”	Benar
5		Belakang 0°	110	“Lima Puluh Ribu Rupiah”	Benar
6		Belakang 90°	114	“Lima Puluh Ribu Rupiah”	Benar
7		Belakang 180°	105	“Lima Puluh Ribu Rupiah”	Benar
8		Belakang 270°	107	“Lima Puluh Ribu Rupiah”	Benar

Pengujian lainnya, yaitu pada jarak 10 cm, 20 cm, dan 30 cm, dilakukan dengan metode dan posisi rotasi yang serupa untuk memastikan konsistensi hasil. Berdasarkan pengujian ini, tingkat akurasi pada jarak 5 cm mencapai 100%, sedangkan pada jarak lainnya diperoleh 100% pada 10 cm, 100% pada jarak 20 cm, yang menunjukkan bahwa performa deteksi tetap konsisten, namun pada jarak 30 cm tingkat akurasi menurun 25%, yaitu alat salah dan gagal membaca obyek uang kertas yang dideteksi.

Tabel 2. Hasil pengujian.

Jarak	TP (<i>True Positive</i>)	TN (<i>True Negative</i>)	FP (<i>False Positive</i>)	FN (<i>False Negative</i>)	Akurasi
5 cm	8	0	0	0	100%
10 cm	8	0	0	0	100%
20 cm	8	0	0	0	100%
25 cm	0	2	0	6	25%

Hasil perhitungan pada Tabel 1 dijabarkan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

1. Jarak 5 cm

$$TP = 8, TN = 0, FP = 0, FN = 0$$

$$Akurasi = \frac{8+0}{8+0+0+0} \times 100\% = 100\%$$

2. Jarak 10 cm

$$TP = 8, TN = 0, FP = 0, FN = 0$$

$$Akurasi = \frac{8+0}{8+0+0+0} \times 100\% = 100\%$$

3. Jarak 20 cm

$$TP = 8, TN = 0, FP = 0, FN = 0$$

$$Akurasi = \frac{8+0}{8+0+0+0} \times 100\% = 100\%$$

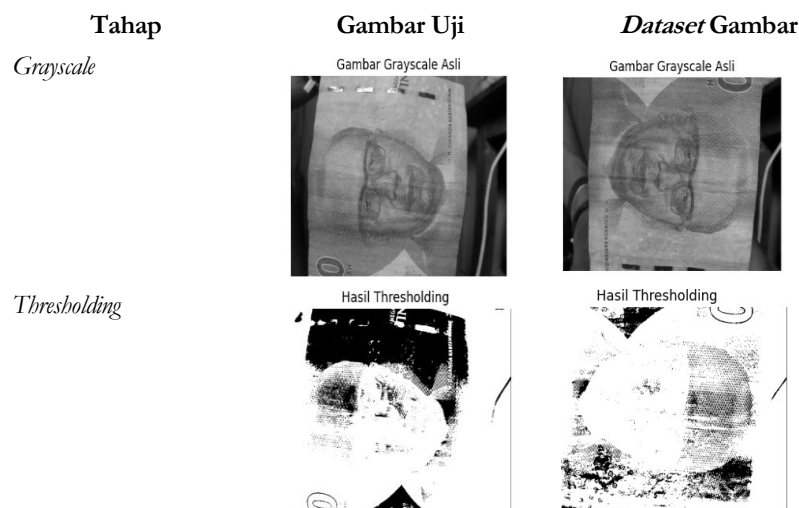
4. Jarak 30 cm

$$TP = 0, TN = 2, FP = 0, FN = 6$$

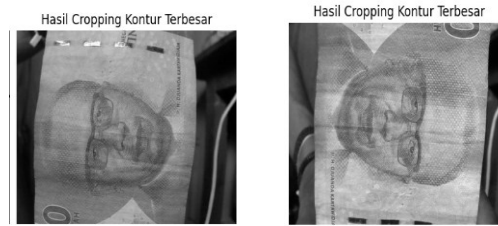
$$Akurasi = \frac{0+2}{0+2+0+6} \times 100\% = 25\%$$

B. Hasil Pencocokan Gambar

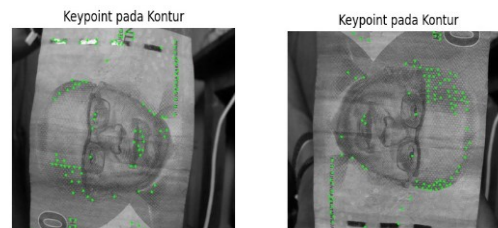
Pada Gambar 5 ditampilkan proses pencocokan gambar hasil implementasi metode ORB (*Oriented FAST and Rotated BRIEF*) antara gambar uji dan *datasheet*. Gambar yang ditunjukkan merepresentasikan proses deteksi fitur dan pengenalan pola serta pencocokan dengan metode *Hamming Distance*.



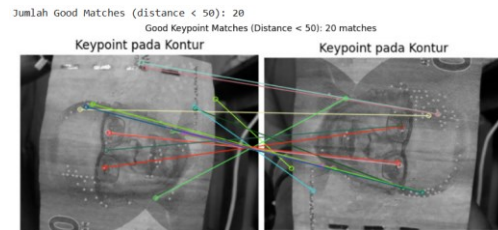
Deteksi Kontur



Keypoint FAST

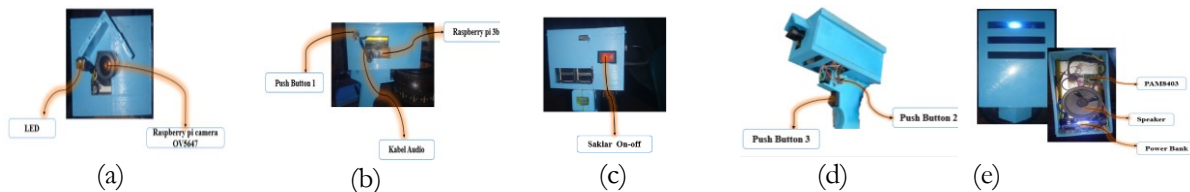


Pencocokan
 Deskriptor Biner
 BRIEF dengan
Hamming Distance



Gambar 5. Proses pencocokan gambar uji dan gambar *dataset*.

Pada Gambar 6 ditunjukkan perangkat keras yang merupakan bagian dari sistem deteksi nominal uang kertas yang dirancang dalam penelitian ini. Hasil rancangan perangkat deteksi nominal uang kertas terdiri dari modul Raspberry Pi 3B, kamera OV5647, modul amplifier PAM8403, *speaker* 1W 8-Ohm, dan komponen pendukung lainnya.



Gambar 6. Tampilan alat deteksi nominal uang kertas dari berbagai sisi, a) atas, b) kanan, c) kiri, d) bawah, e) atas

4. DISKUSI

Sistem ini menggunakan metode ORB (*Oriented FAST and Rotated BRIEF*) untuk mendeteksi dan mengenali nominal uang kertas berbasis citra hasil tangkapan kamera OV5647, dengan dukungan LED untuk pencahayaan. Pengujian dilakukan pada jarak 5 cm, 10 cm, 20 cm, dan 30 cm, serta pada berbagai rotasi (0°, 90°, 180°, dan 270°). Hasil pengujian menunjukkan performa akurasi 100% pada jarak 5 cm, 10 cm, dan 20 cm, sedangkan pada jarak 30 cm akurasinya menurun menjadi 25%. Hal ini diakibatkan karena kualitas citra hasil tangkapan kamera menurun. *Output* suara yang dihasilkan berkisar 10-15 detik pada jarak 5 cm, 8-10 detik pada jarak 10 cm, dan 5-8 detik pada jarak 20 cm. Pada jarak 30 cm durasi suara lebih cepat yaitu 3-5 detik tetapi performanya menurun drastis. Durasi waktu berbanding terbalik dengan jarak objek berdasarkan beberapa faktor penyebab yakni jumlah fitur yang dihasilkan, distorsi perspektif, dan keterbatasan perangkat keras kamera Raspberry Pi 3 Model B dalam menangani gambar dengan resolusi tinggi pada jarak dekat. Metode ORB adalah algoritma deteksi dan deskripsi fitur yang bekerja dengan mencari titik-titik fitur (*keypoints*) dalam gambar untuk kemudian mencocokkan fitur tersebut antara gambar yang uji dengan *database*. Pada jarak yang lebih dekat, objek akan tampak lebih besar dalam gambar dan hal ini bisa mengarah pada deteksi sejumlah fitur yang lebih banyak. Proses pencocokan fitur ini akan memakan waktu lebih lama karena semakin banyaknya *keypoints* yang harus diproses dan dicocokkan.

Proses pengenalan nominal dilakukan dengan cepat, menggunakan perangkat keras Raspberry Pi 3B, kamera OV5647, modul amplifier, dan *speaker*. Sistem ini diimplementasikan dengan bahasa *Python*, pustaka OpenCV, serta antarmuka *tkinter* untuk *monitoring*. Dengan memanfaatkan *cache descriptor* dan pemrosesan paralel, sistem menunjukkan efisiensi yang baik. Metode ORB memberikan keseimbangan antara kecepatan dan akurasi untuk perangkat keras dengan sumber daya terbatas. Untuk meningkatkan performa sistem pada

kondisi sulit misalnya adanya halangan atau cahaya yang minim dapat menggunakan metode lainnya.

5. KESIMPULAN

Penelitian dilakukan untuk merancang sistem pembaca nominal uang kertas bertujuan membantu penyandang tunanetra mengenali nilai uang kertas secara mandiri. Metode *Oriented FAST and Rotated BRIEF* (ORB) digunakan untuk mengekstraksi fitur uang kertas baik gambar uji maupun gambar *dataset*. Gambar hasil tangkapan kamera OV5647 digunakan sebagai gambar uji dan disimpan sebagai *dataset*. Beberapa posisi uang kertas saat diambil sebagai *dataset* dan data uji yakni 0° , 90° , 180° , dan 270° . Jarak pengujian bervariasi yakni 5 cm, 10 cm, 20 cm, dan 30 cm. Sistem ini memanfaatkan Raspberry Pi 3 Model B sebagai pusat pemrosesan, yang mengintegrasikan kamera, modul suara, dan antarmuka sederhana untuk menghasilkan *output* suara nominal uang yang terdeteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jarak 5 cm, 10 cm, dan 20 cm sistem dapat mendeteksi nominal dengan akurasi 100%. Namun pada jarak 30 cm akurasinya menurun sebesar 25%. Sistem mampu mengenali nominal uang kertas dari Rp.1.000 hingga Rp.100.000 emisi 2016 dan 2022. Sistem juga dapat membedakan objek non-uang kertas dengan memberikan keluaran suara “Bukan Uang”. Waktu identifikasi nominal uang cenderung lebih lama pada jarak dekat dibandingkan dengan jarak jauh, dengan rentang waktu 3-15 detik tergantung jarak.

Penelitian ini menunjukkan efektivitas algoritma ORB dalam mendeteksi dan mengenali nominal uang kertas pada perangkat keras dengan sumber daya terbatas. Namun, akurasi sistem pada jarak jauh masih menjadi tantangan yang perlu diteliti lebih lanjut. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi algoritma lain seperti SIFT atau metode lainnya untuk meningkatkan akurasi pada kondisi sulit, serta mempertimbangkan penggunaan kamera dengan resolusi lebih tinggi dan optimasi perangkat keras untuk mendukung performa yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada *reviewer* dan pembimbing pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Cendana yang telah memberikan masukan untuk perbaikan naskah publikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Alfaraz and I. R. Jasril, “Rancang Bangun Alat Deteksi Nominal Uang Kertas Penyandang Tuna Netra Berbasis Arduino Uno,” *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. dan Inform.*, vol. 10, no. 1, p. 28, 2022, doi: 10.24036/voteteknika.v10i1.116455.
- [2] I. dan P. P. Sari, “Sistem Pendeteksi Nominal Dan Keaslian Uang Kertas Rupiah Untuk Penyandang Tuna Netra Berbasis Arduino,” *J. Ilm. Inform.*, vol. 6, no. 02, p. 10, 2018.
- [3] L. RiPAti, A. Halim, Y. D. Lestari, N. F. Moeloek, and H. Limburg, “Blindness and Visual Impairment Situation in Indonesia Based on Rapid Assessment of Avoidable Blindness Surveys in 15 Provinces,” *Ophthalmic Epidemiol.*, vol. 28, no. 5, pp. 408–419, 2021, doi: 10.1080/09286586.2020.1853178.
- [4] D. G. Hayati and S. Kamso, “Analysis of Elderly Health Status through Intrinsic Capacity Assessment Using the Simple Elderly Screening (SKILAS) Instrument in the Community,” *Contag. Sci. Period. J. Public Heal. Coast. Heal.*, vol. 6, no. 1, p. 656, 2024, doi: 10.30829/contagion.v6i1.20159.
- [5] G. Khoharja, L. Liliana, and A. N. Purbowo, “Aplikasi Deteksi Nilai Uang Pada Mata Uang Indonesia Dengan Metode Feature Matching,” *J. Infra*, vol. 5, no. 1, pp. 51–55, 2017.
- [6] K. S. Md. Shabbir, M. I. Ahmed, and Marzan Alam, “Detection of Glaucoma using ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) Feature Extraction,” *J. Eng. Adn.*, vol. 02, no. 03, pp. 153–158, 2021, doi: 10.38032/jea.2021.03.005.
- [7] P. Budi Utomo, M. Mujiono, M. Nur Fu’ad, Dona Wahyudi, Adimas Ketut Nalendra, and Hafid Dian Nurfaujan Ahat, “Implementasi Metode Oriented Fast and Rotated Brief (Orb) Dan K-Nearest Neighbor (Knn) Dalam Identifikasi Fitur Citra,” *JAMI J. Abli Muda Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 61–73, 2022, doi: 10.46510/jami.v3i1.96.
- [8] R. R. Brilliant, “Optimisasi Pencocokan Kata dalam Optical Character Recognition Menggunakan Metode Hamming Distance SKRIPSI HALAMAN JUDUL Disusun Oleh : Rakhmadhan Rizky Brilliant PROGRAM STUDI INFORMATIKA,” 2024.
- [9] S. Bernadetha, “Perhitungan Objek Pada Citra Menggunakan Teknik Thresholding,” 2022.
- [10] Y. Dai and J. Wu, “An Improved ORB Feature Extraction Algorithm Based on Enhanced Image and Truncated Adaptive Threshold,” *IEEE Access*, vol. 11, no. April, pp. 32073–32081, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3261665.
- [11] M. Hasenbusch, A. Pelissetto, and E. Vicari, “ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF Ethan,” *J. Stat. Mech. Theory Exp.*, vol. 2008, no. 2, pp. 2564–2571, 2008.
- [12] M. Khoiruddin and S. Tena, “Fruit and Vegetable Classification using Convolutional Neural Network with MobileNetV2,” vol. 2, no. 2, pp. 203–210, 2024, doi: 10.61098/jarcis.v2i2.197.