

Efektivitas *Teachable Machine* dan *Raspberry Pi* dalam Mendeteksi Nominal Uang Kertas pada Alat Pendeteksi Model *Virtual Reality*

Bagas Nur Susanto¹, Muhammad Asad Catur Nasrullah², Yahya Ginanjar Endriawan³
Asniar Aliyu^{*4}

^{1,2,3,4}Program Studi Diploma III Teknik Elektronika, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Nasional
Yogyakarta, Indonesia

Email: ¹3000220015@students.itny.ac.id, ²3000220005@students.itny.ac.id,
³3000220013@students.itny.ac.id, ⁴asniar@itny.ac.id

Abstrak

Menurut *World Health Organization (WHO)* ada sekitar 2,2 juta penduduk dunia mengalami kebutaan. Orang dengan gangguan penglihatan seperti tunanetra dan katarak sering kesulitan mengenali nominal uang. Kurangnya kejujuran antara penjual dan pembeli juga dapat menyebabkan mereka sering tertipu karena tidak mengetahui nilai uang yang dipegang. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model dan pendeteksi nominal uang kertas menggunakan *Teachable Machine* dan *Raspberry Pi* yang cocok diterapkan pada alat pendeteksi model *virtual reality* untuk membantu penyandang tunanetra. Sampel uang kertas yang digunakan adalah uang kertas edisi 2022 yang diambil melalui webcam Logitech C525 pada jarak 10 cm. Sampel ini kemudian dilatih menggunakan *Teachable Machine* untuk mendapatkan model dan diekspor dalam format TensorFlow Lite dan diimplementasikan pada *Raspberry Pi* yang sudah dilengkapi dengan library TensorFlow Lite, OpenCV, Pygame dan GPIO. Pendeteksian dilakukan pada jarak 7 cm dan 10 cm menutupi bagian depan dan belakang uang kertas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Rp. 2.000 memiliki tingkat keberhasilan deteksi tertinggi yaitu 100% pada berbagai kondisi, sedangkan Rp. 20.000, Rp. 50.000, dan Rp. 5.000 menunjukkan tingkat keberhasilan deteksi yang lebih rendah. Hasil rata-rata keberhasilan deteksi bagian depan dan belakang nominal uang kertas sebesar 73%. Berdasarkan hasil penelitian ini, *Teachable Machine* dan *Raspberry Pi* cukup efektif untuk diterapkan pada alat deteksi model *virtual reality* untuk membantu penyandang tunanetra.

Kata kunci: *Nominal Uang Kertas, Raspberry Pi, Teachable Machine*

Abstract

According to the *World Health Organization (WHO)*, there are approximately 2.2 million people worldwide who are blind. People with visual impairments, such as those who are blind or have cataracts, often struggle to recognize the denominations of money. The lack of honesty between sellers and buyers can also lead to these individuals frequently being deceived, as they are unable to determine the value of the money they hold. This research aims to obtain a model and detector for paper money nominal using *Teachable Machine* and *Raspberry Pi* that is suitable to be applied into a virtual reality model detection tools to help the blind. The sample of paper money used is the 2022 issue which was taken via a Logitech C525 webcam at a distance of 10 cm. This sample was then trained using *Teachable Machine* to obtain a model and exported in TensorFlow Lite format and implemented on a *Raspberry Pi* which was equipped with the TensorFlow Lite, OpenCV, Pygame and GPIO libraries. Detection is carried out at a distance of 7 cm and 10 cm covering the front and back of the paper money. The research results show that the Rp. 2,000 has the highest detection success rate of 100% in various conditions, while Rp. 20,000, Rp. 50,000, and Rp. 5,000 indicates a lower detection success rate. The average success rate for detecting the front and back of banknotes was 73%. Based on this research, *Teachable Machine* and *Raspberry Pi* are effective enough to be applied on a virtual reality model detection tools to help the blind.

Keywords: *Paper Money Nominal, Raspberry Pi, Teachable Machine*

1. PENDAHULUAN

Uang kertas Rupiah adalah uang dalam bentuk lembaran yang terbuat dari bahan kertas atau bahan lainnya (yang menyerupai kertas) yang dikeluarkan oleh pemerintah Indonesia, dan sah digunakan sebagai alat tukar pembayaran di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia. Uang Rupiah dapat dikenali melalui ciri-ciri yang terdapat baik pada bahan yang digunakan untuk membuat uang (kertas, plastik, atau logam), desain dan warna masing-masing pecahan uang maupun pada teknik pencetakannya. Sebagian ciri-ciri yang terdapat pada uang Rupiah tersebut, selain berfungsi sebagai ciri untuk membedakan antara satu pecahan dengan pecahan lainnya, dapat berfungsi sebagai pengaman dari ancaman tindak pidana pemalsuan uang (Lubiz et al., 2020).

Uang merupakan alat tukar utama yang digunakan oleh setiap manusia di seluruh penjuru dunia dalam melakukan transaksi jual beli barang dan jasa. Oleh sebab itu, uang menjadi barang pokok bagi seluruh manusia, bahkan bagi para penyandang disabilitas seperti tunanetra yang memiliki keterbatasan visual. Bagi manusia normal, melakukan transaksi dengan uang tidak banyak menemui hambatan dan kesulitan. Namun bagi para penyandang tunanetra yang memiliki keterbatasan visual sering mengalami kesulitan dalam komunikasi sehingga mereka hanya mengandalkan indra peraba dan pendengaran untuk menganalisa segala sesuatu di sekitar mereka (Amalia et al., 2023).

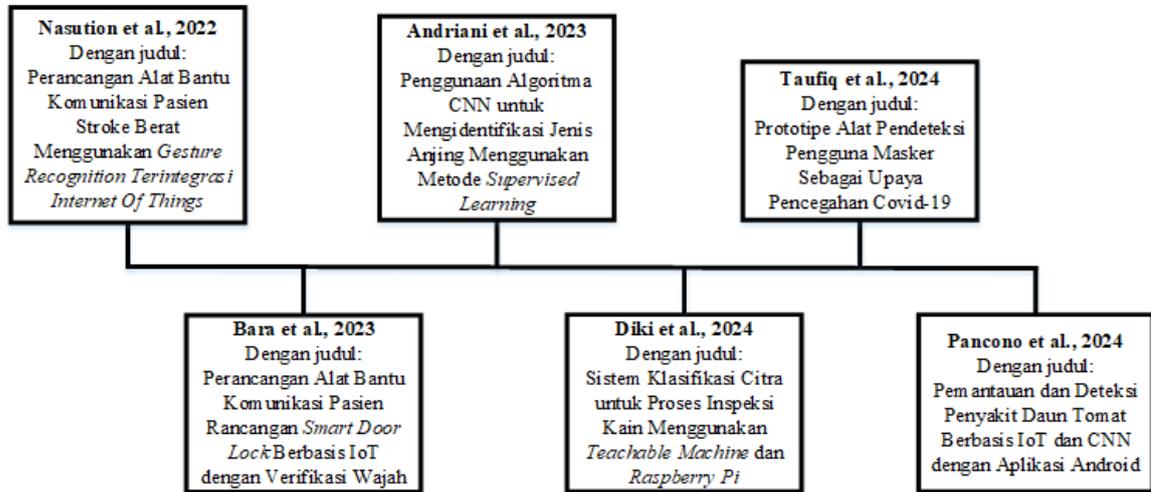
Menurut *World Health Organization (WHO)* ada sekitar 2,2 juta penduduk dunia mengalami kebutaan (World Health Organization, 2023). Di era modern seperti ini, transaksi jual beli merupakan suatu hal yang tidak dapat lepas dari kehidupan orang sehari-hari guna memenuhi segala kebutuhan hidup. Dunia masa kini telah mengenal beberapa alat tukar barang antara lain emas dan kartu kredit, yang menggantikan sistem barter dizaman dahulu beberapa ratus tahun lalu. Diantara semua media tersebut, yang populer ialah penggunaan mata uang sebagai alat untuk transaksi jual beli. Pada saat ini masih ada orang yang kesulitan untuk mengenali nominal uang, diantaranya penyandang tunanetra dan katarak. Serta kurangnya kejujuran antara penjual dan pembeli terhadap penyandang katarak maupun tunanetra. Hal ini menjadikan para penyandang dan penderita tunanetra sering tertipu disebabkan kurang mengetahui nominal uang yang dipegang (Anto et al., 2020).

Berdasarkan keterbatasan tersebut maka perlunya pengembangan sistem tentang deteksi nominal uang untuk membantu tunanetra. Sistem deteksi nominal uang ini yang nantinya dapat membedakan nominal uang dengan menggunakan citra yang kemudian hasil keluarannya berupa suara (Sabara et al., 2023). Salah satu cara untuk membedakan nilai mata uang kertas rupiah dalam bidang informatika yaitu dengan mengenali ciri setiap pecahannya melalui pengolahan citra digital (Mardha et al., 2022). Pada penelitian ini menggunakan *Teachable Machine* untuk melatih dan membuat model untuk deteksi nominal uang kertas. *Teachable Machine* merupakan alat yang dapat digunakan untuk membuat sebuah model klasifikasi yang mudah digunakan untuk mengembangkan aplikasi machine learning (Perkasa et al., 2022). *Teachable Machine* disediakan oleh Google menggunakan sistem learning untuk menganalisa data tanpa terprogram secara eksplisit. Fitur yang dimiliki *Teachable Machine* yaitu dapat memproses berupa gambar, suara, bahkan gerakan. Tujuannya adalah untuk memudahkan pelajar, guru, desainer dan bidang lainnya tentang kecerdasan buatan dengan membuat klasifikasi modelnya sendiri (Chazar et al., 2022).

Proses pelatihan model melibatkan penggunaan beberapa parameter penting seperti *epochs*, *batch size*, dan *learning rate*. Pengujian dilakukan untuk mengukur tingkat keberhasilan deteksi dan kinerja model dalam mengklasifikasikan gambar-gambar yang belum pernah dilihat sebelumnya. Evaluasi ini membantu memastikan performa model sebelum mengimplementasikannya secara keseluruhan (Farid et al., 2023).

Pendeteksian menggunakan kontroler *Raspberry Pi*, sering disingkat dengan nama Raspi, adalah Komputer Papan-Tunggal (*Single-Board Circuit*, SBC) seukuran dengan kartu kredit yang dapat digunakan untuk menjalankan program perkantoran, permainan komputer dan sebagai pemutar media hingga video beresolusi tinggi. *Raspberry Pi* dikembangkan oleh yayasan nirlaba *Raspberry Pi Foundation*, yang digawangi sejumlah pengembang dan ahli komputer dari Universitas Cambridge, Inggris. *Raspberry Pi 3 Model B+* adalah mini komputer versi terbaru yang dikeluarkan *Raspberry Pi* sebagai pengembangan dari versi *Raspberry Pi* sebelumnya dan menjadi penerus *Raspberry Pi 3 Model B* yang sudah release (Lab Elektronika, 2018).

Beberapa penelitian empat tahun terakhir dengan *Teachable Machine* dan *Raspberry Pi* diperlihatkan dalam Gambar 1. Keenam penelitian ini menggunakan objek yang berbeda.

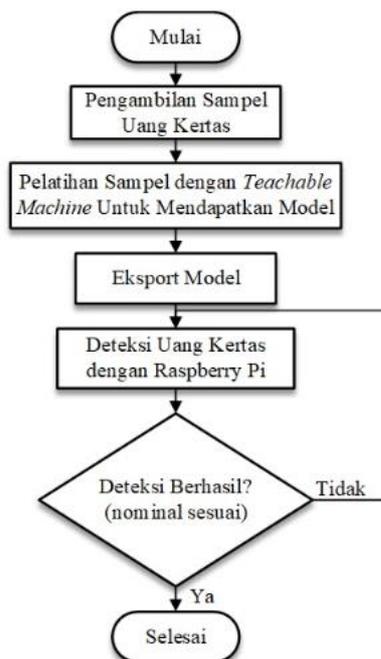


Gambar 1. Penelitian sebelumnya dengan *Teachable Machine* dan *Raspberry Pi*

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji efektivitas *Teachable Machine* dan *Raspberry Pi* dalam mendeteksi nominal uang kertas pada alat pendeteksi model *virtual reality* guna membantu penyandang tunanetra.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengolahan dan deteksi citra (*image*) berupa citra atau gambar nominal uang kertas dengan *Teachable Machine* dan *Raspberry Pi* yang diperlihatkan dalam bentuk diagram-alir Gambar 2.



Gambar 2. Diagram-alir metode penelitian

2.1. Pengambilan Sampel Uang Kertas Rupiah

Pengambilan sampel uang kertas rupiah dengan berbagai nominal (Rp. 1.000, Rp. 2.000, Rp. 5.000, Rp. 10.000, Rp. 20.000, Rp. 50.000 dan Rp. 100.000). Sampel uang kertas yang digunakan adalah keluaran tahun 2022 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

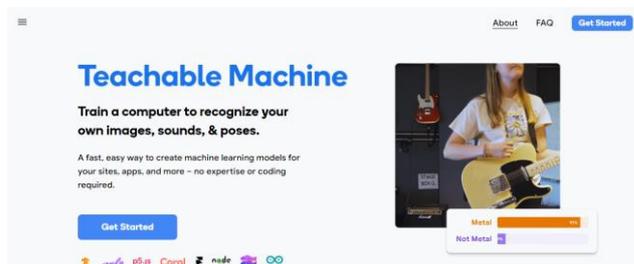


Gambar 3. Uang kertas rupiah Indonesia

Pengambilan sampel uang kertas depan dan belakang diambil menggunakan webcam Logitech C525 dengan jarak pengambilan sampel dari kamera ke objek mata uang adalah 10 cm, kemudian disimpan kedalam folder yang berbeda dengan penamaan folder sesuai dengan besaran nominal uang. Jarak 10cm ini adalah jarak maksimal yang ditetapkan dari kamera ke objek (uang kertas) dalam alat pendeteksi model *virtual reality*.

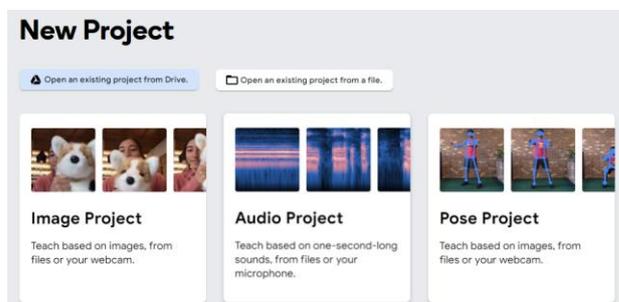
2.2. Pelatihan

Teachable Machine adalah platform online. Tidak perlu menginstal atau mengunduh apa pun dalam proyek tersebut. Ada beberapa langkah untuk menyelesaikan pembelajaran mesin (Wei et al., 2023). *Teachable Machine* online ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Teachable Machine*

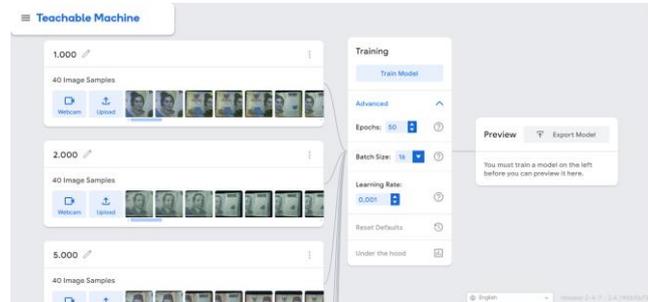
Proses pelatihan dimulai dengan menekan *Get Started* pada tampilan di atas maka tampilan akan muncul seperti diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Konfigurasi dan pengaturan *Teachable Machine*

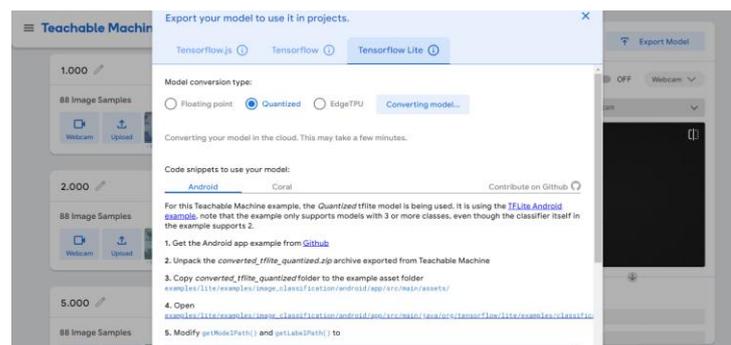
Untuk melatih sampel nominal uang kertas maka dipilih *Image Project* dan mengunggah (*upload*) sampel mata uang yang sudah disimpan dalam satu folder seperti ditunjukkan dalam Gambar 6. Sampel uang kertas diunggah ke *Teachable Machine* kemudian diatur penamaan kelas untuk setiap

nominal uang kertas yang telah diunggah. Setelah semua nominal uang kertas diunggah maka dilakukan pelatihan sampel menggunakan antarmuka *Teachable Machine* hingga mencapai tingkat keberhasilan deteksi yang diinginkan dengan menggunakan *epochs* dan *batch size* yang diinginkan. *Epochs* yang dipilih adalah *epochs* 30, 50, 70, dan 100 dan *batch size* sebesar 16.



Gambar 6. Proses mengunggah dan melatih sampel mata uang

Setelah proses pelatihan selesai, maka akan diperoleh model yang akan diekspor dalam format TensorFlow Lite (TFLite) dan dipilih tipe konversi model kuantisasi (*Quantized*) seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Model yang dihasilkan disimpan dalam bentuk: *converted_tflite_quantized.zip*.



Gambar 7. Proses konversi model

2.3. Deteksi

Proses deteksi nominal uang kertas menggunakan *Raspberry Pi 3 Model B+* dan bahasa pemrograman Python. Model yang didapatkan dalam format zip pada proses pelatihan menggunakan *Teachable Machine* maka akan diaplikasikan pada *Raspberry Pi*. Sebelum proses deteksi maka dibutuhkan library antara lain TensorFlow Lite, OpenCV, dan library GPIO. Model dan library yang dibutuhkan untuk mendeteksi nominal uang kertas dimasukkan kedalam program berikut ini.

```
import cv2
import numpy as np
import tflite_runtime.interpreter as tflite
import time
import os
import pygame
import RPi.GPIO as GPIO

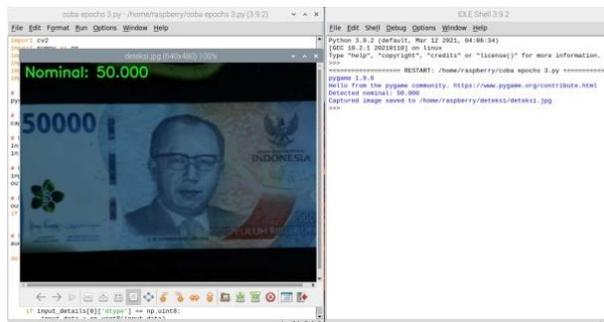
# Inisialisasi pygame untuk pemutaran audio
pygame.mixer.init()

# Inisialisasi Webcam
cap = cv2.VideoCapture(0)

# Memuat model TFLite
interpreter = tflite.Interpreter(model_path="/home/raspberry/coba_epochs5016/model.tflite")
interpreter.allocate_tensors()
```

Gambar 8. Program untuk mendeteksi nominal uang kertas

Setelah program dijalankan maka proses deteksi siap dijalankan dengan cara mendekatkan uang kertas ke kamera. Jarak 7 dan 10cm dipilih dengan pertimbangan jarak kamera ke objek pada alat maksimal 10cm. Salah satu contoh hasil deteksi pada jarak 10cm diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil deteksi nominal uang kertas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menentukan keberhasilan dalam mendeteksi nominal uang kertas digunakan parameter seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter deteksi nominal uang kertas

| Parameter | Keterangan |
|---|---------------------|
| Batch size | 16 |
| Epochs | 30, 50, 70, dan 100 |
| Jarak pengujian | 7 cm dan 10 cm |
| Jumlah percobaan | 10 kali |
| (Deteksi bagian depan dan belakang uang kertas) | |

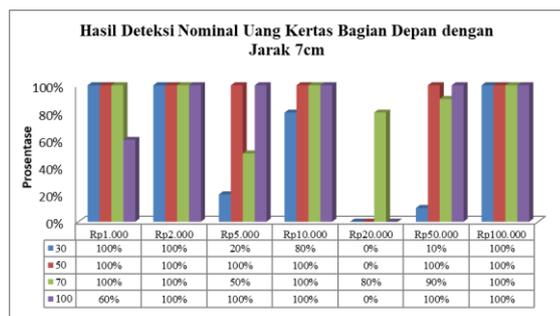
Batch size dan epochs adalah parameter yang telah dipilih pada *Teachable Machine*, jarak pengujian berkaitan dengan jarak kamera dan objek (uang kertas) pada alat pendeteksi nominal uang kertas model *virtual reality*, dan deteksi mata uangnya dilakukan sebanyak 10 kali percobaan untuk masing-masing uang kertas bagian depan dan belakang.

3.1. Hasil deteksi bagian depan uang kertas

Hasil deteksi bagian depan uang kertas menggunakan parameter Tabel 1 pada jarak 7 dan 10cm dijabarkan seperti dibawah ini.

3.1.1. Jarak 7cm

Tingkat keberhasilan deteksi nominal uang kertas bagian depan pada jarak 7cm berdasarkan parameter dalam Tabel 1 ditunjukkan pada Gambar 10.



(a) Tingkat keberhasilan setiap epochs



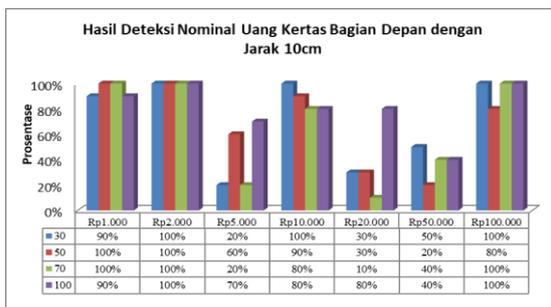
(b) Rata-rata tingkat keberhasilan untuk semua epoch

Gambar 10. Hasil deteksi nominal uang kertas bagian depan dengan jarak 7cm

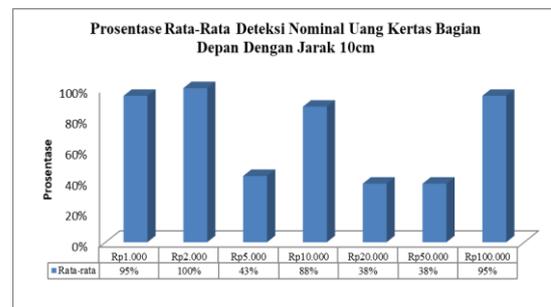
Terlihat dalam Gambar 10 bahwa rata-rata tingkat keberhasilan pendeteksian nominal uang kertas bagian depan pada dengan jarak 7cm, secara berturut-turut uang Rp. 2.000 dan Rp. 100.000 adalah nominal uang yang memiliki tingkat keberhasilan paling tinggi yakni 100%, diikuti uang Rp. 10.000 yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan sebesar 95%, selanjutnya uang Rp. 1.000 yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan 90%, uang Rp. 50.000 memiliki prosentase rata-rata keberhasilan sebesar 75%, uang Rp. 5.000 memiliki prosentase keberhasilan 68%, serta uang Rp. 20.000 yakni nominal uang yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan paling rendah yakni 20%.

3.1.2. Jarak 10cm

Tingkat keberhasilan deteksi nominal uang kertas bagian depan pada jarak 10cm berdasarkan parameter dalam Tabel 1 ditunjukkan pada Gambar 11.



(a) Tingkat keberhasilan setiap epochs



(b) Rata-rata tingkat keberhasilan untuk semua epoch

Gambar 11. Hasil deteksi nominal uang kertas bagian depan dengan jarak 10cm

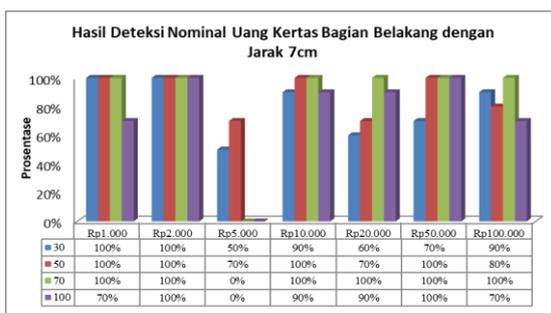
Terlihat dalam Gambar 11 bahwa rata-rata tingkat keberhasilan pendeteksian nominal uang kertas bagian depan pada dengan jarak 10cm, uang Rp. 2.000 adalah nominal uang yang memiliki tingkat keberhasilan paling tinggi yakni 100%, diikuti uang Rp. 1.000 dan Rp. 100.000 yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan sebesar 95%, selanjutnya uang Rp. 10.000 yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan 88%, uang Rp. 5.000 memiliki prosentase rata-rata keberhasilan sebesar 43%, serta uang Rp. 20.000 dan Rp. 50.000 yakni nominal uang yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan paling rendah yakni 38%.

3.2. Deteksi bagian belakang uang kertas

Hasil deteksi bagian belakang uang kertas menggunakan parameter Tabel 1 pada jarak 7 dan 10cm dijabarkan seperti dibawah ini.

3.2.1. Jarak 7cm

Tingkat keberhasilan deteksi nominal uang kertas bagian depan pada jarak 7cm berdasarkan parameter dalam Tabel 1 ditunjukkan pada Gambar 12.



(a) Tingkat keberhasilan setiap epochs



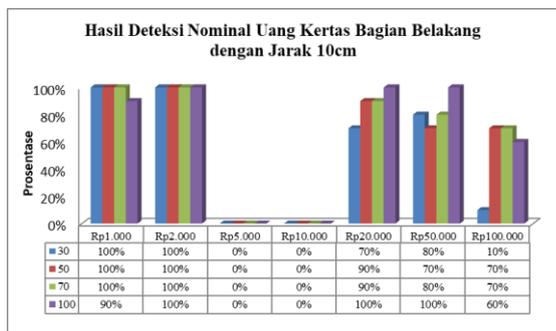
(b) Rata-rata tingkat keberhasilan untuk semua epoch

Gambar 12. Hasil deteksi nominal uang kertas bagian belakang dengan jarak 7cm

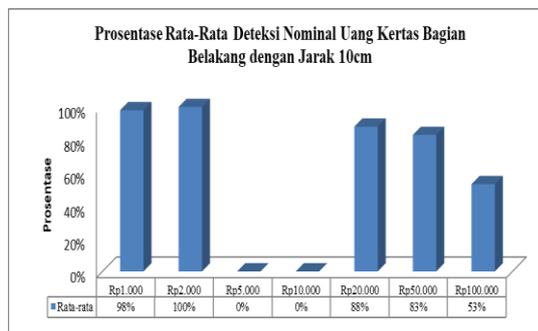
Terlihat dalam Gambar 12 bahwa rata-rata tingkat keberhasilan pendeteksian nominal uang kertas bagian belakang pada dengan jarak 7cm, uang Rp. 2.000 adalah nominal uang yang memiliki tingkat keberhasilan paling tinggi yakni 100%, diikuti uang Rp. 10.000 yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan sebesar 95%, selanjutnya uang Rp. 1.000 dan Rp. 50.000 yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan 93%, uang Rp. 100.000 memiliki prosentase rata-rata keberhasilan sebesar 85%, uang Rp. 20.000 memiliki prosentase keberhasilan 80%, serta uang Rp. 5.000 yakni nominal uang yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan paling rendah yakni 30%.

3.2.2. Jarak 10cm

Tingkat keberhasilan deteksi nominal uang kertas bagian depan pada jarak 10cm berdasarkan parameter dalam Tabel 1 ditunjukkan pada Gambar 13.



(a) Tingkat keberhasilan setiap *epochs*



(b) Rata-rata tingkat keberhasilan untuk semua *epoch*

Gambar 13. Hasil deteksi nominal uang kertas bagian belakang dengan jarak 10cm

Terlihat dalam Gambar 13 bahwa rata-rata tingkat keberhasilan pendeteksian nominal uang kertas bagian belakang pada dengan jarak 10cm, uang Rp. 2.000 adalah nominal uang yang memiliki tingkat keberhasilan paling tinggi yakni 100%, diikuti uang Rp. 1.000 yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan sebesar 98%, selanjutnya uang Rp. 20.000 yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan sebesar 88%, uang Rp. 50.000 memiliki prosentase rata-rata keberhasilan sebesar 83%, uang Rp. 100.000 memiliki prosentase keberhasilan 53%, serta uang Rp. 5.000 dan Rp. 10.000 yakni nominal uang yang memiliki prosentase rata-rata keberhasilan paling rendah yakni 0%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa akurasi deteksi nominal uang kertas sangat dipengaruhi oleh jarak pengujian, dengan performa optimal pada jarak 7 cm dibandingkan pada jarak 10 cm. Untuk meningkatkan akurasi, disarankan untuk menggunakan kamera dengan resolusi lebih tinggi, teknik pemrosesan gambar canggih, serta model pelatihan yang lebih dalam dan bervariasi. Pendekatan ini dapat membantu mengoptimalkan sistem deteksi untuk hasil yang lebih konsisten dalam berbagai kondisi.

Perbandingan dengan penelitian sebelumnya yang juga menggunakan *Teachable Machine* dan *Raspberry Pi* menunjukkan bahwa Nasution et al., 2022 menggunakan sampel sebanyak 2225 dataset berupa citra berukuran 224x224 berbentuk tangan *American Sign Language (ASL)* dengan objek yang dideteksi adalah gerakan tangan dan rata-rata hasil deteksi untuk berbagai jarak adalah 71%. Kemudian Bara et al., 2023 menggunakan 10 sampel dengan objek yang dideteksi adalah wajah dan hasil deteksi 5 kali percobaan yang dimana hasilnya 5 kali wajah terdeteksi dan pintu terbuka. Dan juga terdapat 5 kali pintu tertutup. Selanjutnya Andriani et al., 2023 menggunakan 250 sampel dengan objek yang dideteksi adalah jenis anjing dan hasil deteksi rata-rata tingkat akurasi mencapai 72%. Diki et al., 2024 menggunakan sampel 251 kain bagus, 325 cacat jarang dan 204 cacat slap dengan objek yang dideteksi adalah kain dan hasil deteksi dengan tingkat akurasi sebesar 98.44%. Taufiq et al., 2024 menggunakan sampel wajah bermasker sejumlah 5454 sedangkan wajah tidak bermasker sejumlah 4675 dengan objek yang dideteksi adalah wajah bermasker dan hasil deteksi dengan keberhasilan mencapai 100% untuk mendeteksi obyek yang tampil di video komputer, tetapi pada percobaan mendeteksi obyek orang bermasker pada *zoom meeting* tingkat keberhasilan hanya 57%

disebabkan obyek terlalu kecil. Pancono et al., 2024 menggunakan dataset untuk *training*, *validation*, dan *testing* sebesar 8:1:1, total data yang digunakan sebesar 10.000 dengan penyebaran 8000 data untuk training, 1000 data untuk validation, dan 1000 data untuk testing dengan objek yang dideteksi adalah tomat dan hasil deteksi menunjukkan tingkat akurasi model mencapai 94%, sedangkan akurasi aplikasi dalam mendeteksi penyakit daun tomat mencapai 92.80% dan memiliki *response time* sekitar 1077.56 ms. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan jumlah keseluruhan sampel sebanyak 280 dari tujuh nominal uang dengan objek yang dideteksi adalah nominal uang kertas dan hasil rata-rata keberhasilan deteksi bagian depan dan belakang nominal uang kertas sebesar 73%.

Tingkat keberhasilan pada penelitian ini masih lebih baik dibandingkan penelitian yang dicapai oleh Nasution et al., 2022 dan Andriani et al., 2023 dan masih dibawah tingkat keberhasilan yang ditunjukkan oleh Bara et al., 2023, Diki et al., 2024, Taufiq et al., 2024, dan Pancono et al., 2024 ditihat dari efektivitas penggunaan *Teachable Machine* dan *Raspberry Pi*. Perbedaan tingkat deteksi ini dikarenakan perbedaan objek yang dideteksi, banyaknya sampel yang digunakan, jarak pengambilan gambar dan banyak pertimbangan lainnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa tingkat keberhasilan rata-rata pendeteksian nominal uang kertas pada jarak 7cm dan 10cm bervariasi tergantung pada bagian depan atau belakang uang kertas yang dideteksi. Pada jarak 7cm, uang kertas dengan nominal Rp.2.000 dan Rp.100.000 memiliki tingkat keberhasilan pendeteksian bagian depan yang sangat baik, mencapai 100%, sedangkan uang Rp. 20.000 memiliki tingkat keberhasilan terendah sebesar 20%. Untuk bagian belakang pada jarak yang sama, uang Rp. 2.000 tetap menunjukkan tingkat keberhasilan deteksi 100%, sedangkan uang Rp. 5.000 memiliki tingkat keberhasilan deteksi terendah sebesar 30%. Pada jarak 10cm, uang Rp. 2.000 juga menunjukkan tingkat keberhasilan deteksi terbaik dengan 100% untuk pendeteksian bagian depan, sementara uang Rp.20.000 dan Rp.50.000 memiliki tingkat keberhasilan deteksi terendah sebesar 38%. Sedangkan untuk pendeteksian bagian belakang pada jarak 10cm, uang Rp. 2.000 tetap dengan tingkat keberhasilan deteksi 100%, dan uang Rp. 5.000 serta Rp. 10.000 memiliki tingkat keberhasilan deteksi terendah yaitu 0%. Secara keseluruhan, nominal uang Rp.2.000 menunjukkan performa deteksi terbaik dalam berbagai kondisi, sementara uang Rp. 20.000, Rp. 50.000, dan Rp. 5.000 cenderung memiliki performa deteksi yang lebih rendah. Hasil rata-rata keberhasilan deteksi bagian depan dan belakang nominal uang kertas sebesar 73%. Hasil ini menunjukkan bahwa *Teachable Machine* dan *Raspberry Pi* cukup efektif digunakan sebagai model dan pendeteksi pada alat pendeteksi model *virtual reality* guna membantu penyandang tunanetra.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, B., & Novia Lisdawati, A. (2023). Perancangan Alat Pendeteksi Nominal Pada Uang Kertas Berbasis Artificial Neural Network Untuk Penyandang Tunanetra. *Jurnal EEICT (Electric Electronic Instrumentation Control Telecommunication)*, 6(2), 19-25.
- Andriani, R., Sitorus, R. R., Zai, S. A. P., & Pasaribu, Y. S. (2023). Penggunaan algoritma CNN untuk mengidentifikasi jenis anjing menggunakan metode supervised learning. *Mutiara: Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah*, 1(6), 393-403. <https://doi.org/10.59059/mutiara.v1i6.741>.
- Anto, A. P., Abidin, Z., & Utomo, A. B. (2020). Identifikasi Nominal Uang Kertas Untuk Tuna Netra Berbasis Mikrokontroler Dengan Sistem Suara. *JEECOM: Journal of Electrical Engineering and Computer*, 2(2), 1-6.
- Bara, M. S. B., & Hendrawati, T. D. (2023). Rancangan smart door lock berbasis IoT dengan verifikasi wajah. In *Prosiding SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan)* (451-457). Politeknik Sukabumi.
- Chazar, C., & Rafsanjani, M. H. (2022). Penerapan Teachable Machine Pada Klasifikasi Machine Learning Untuk Identifikasi Bibit Tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Dan Adopsi*

Teknologi (INOTEK), 2(1), 32–40.

- Diki, E., Nugroho, A. A., & Wibowo, N. R. (2024). Sistem klasifikasi citra untuk proses inspeksi kain menggunakan teachable machine dan Raspberry Pi. *Jurnal Teknologika (Jurnal Teknik-Logika-Matematika)*, 14(1), 49-60. <https://doi.org/10.51132/teknologika.v14i1>.
- Farid, A., Ardiantoro, L., & Rosita, Y. D. (2023). Implementasi Teachable Machine Pada Aplikasi Absensi Siswa. *Seminar Nasional Fakultas Teknik*, 2(1), 141–145.
- Lab Elektronika. (2018). Mengenal Single Board Komputer Raspberry Pi 3 Model B+.
- Lubis, Z., Annisa, S., & Di, A. (2020). Perancangan Alat Baru Untuk Nominal Uang Pada Vending Mechine. *Journal of Electrical Technology*, 5(3), 112-116.
- Mardha, F. A., Salsabiila, S. Z., & Sayid, S. K. (2022). Identifikasi Nilai Mata Uang Kertas Rupiah dengan Metode Ekstraksi Ciri Local Binary Pattern dan Metode Klasifikasi Naive Bayes.
- Nasution, M. F., Nulfatwa, R. I., Maryam, R. N., Iqbal, F. M., Rifansyah, R. Y., & Setya Budi, A. H. (2023). Smart Asissistive Device: Alat Bantu Komunikasi Pasien Stroke Berat Dengan Gesture Recognition Berbasis Internet Of Things. *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, 10(2), 128–138. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v10i2.9181>.
- Pancono, S., Indroasyoko, N., & Setiawan, A. I. (2024). Pemantauan dan deteksi penyakit daun tomat berbasis IoT dan CNN dengan aplikasi Android. *Indonesian Journal of Computer Science*, 13(3), 4692-4709.
- Perkasa, B. R., Sularsa, A., & Pratondo, A. (2022). Implementasi Klasifikasi Citra Untuk Mendeteksi Embrio Bebek Pada Aplikasi Mobile Menggunakan Artificial Intelligence. *E-Proceeding of Applied Science*, 8(1), 1–7.
- Sabara, M. A., Niam, B., & DaRp. ono, R. (2023). Alat Deteksi Nominal Uang Kertas Untuk Penyandang Tuna Netra Dengan Metode Deteksi Warna. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 5(2), 129.
- Taufiq, A. J., Hayat, L., & Susiyadi, S. (2023). Prototipe Alat Pendeteksi Pengguna Masker Sebagai Upaya Pencegahan Covid-19. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 24(1), 19. <https://doi.org/10.30595/techno.v24i1.11174>.
- Wei, Y.,C. (2023). *Develop An Augmented Reality Measuring Tool For Marine Life*. (Skripsi Sarjana, Universiti Tunku Abdul Rahman). http://eprints.utar.edu.my/6004/1/fyp_IA_2023_YCW.pdf.
- World Health Organization. (2023, August 10). *Blindness and vision impairment*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.