KAMPUS AKADEMIK PUBLISING
Jurnal Sains Student Research (JSSR)
Vol.4, No.6 Desember 2026
e-ISSN: 3025-9851, p-ISSN : 3025-986X, Hal 137-147
DOI : https://doi.org/10.61722/jssr.v4i6.12801

IMPLEMENTASI SISTEM IOT BERBASIS ESP32-CAM UNTUK DETEKSI KEASLIAN UANG DAN PENGENALAN NOMINAL UANG PADA OTOMATISASI PENCATATAN TRANSAKSI TUNAI UMKM

Naufal Aidillah Fitra[1], Rizaldy Khair[2]
[1,2] Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia
*Penulis Korespondensi: naufal11.naf@gmail.com

Abstract. *Cash transactions in Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) still face risks of recording errors and counterfeit banknotes when verification and transaction recording are performed manually. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT) system based on ESP32-CAM to detect banknote authenticity, recognize Indonesian rupiah denominations, and automatically record detection results. ESP32-CAM is used as an image acquisition device that transmits images via Wi-Fi to a computer for processing with OpenCV and two Convolutional Neural Network (CNN) models: an authenticity classifier and a seven-class denomination recognizer. The authenticity dataset contains 5,600 images, while the denomination dataset contains 2,800 genuine-banknote images, divided into training, validation, and testing sets using an 80:10:10 ratio. The trained models are converted to TensorFlow Lite and integrated with Region of Interest (ROI), blur, brightness, and object-stability checks. On the testing datasets, both models achieved 100% accuracy. Real-time testing successfully classified 14 genuine/counterfeit samples and recognized all seven denominations, with denomination confidence values ranging from 35.14% to 93.46%. Detection results were automatically stored in a MySQL database and presented through a monitoring dashboard. In overall system testing, 12 of 13 scenarios succeeded, while one status-update scenario after banknote removal failed due to a network disturbance. The system can serve as a prototype to assist banknote identification and support automated cash-transaction recording for MSMEs..*

Keywords: ***Internet of Things, ESP32-CAM, Convolutional Neural Network, banknote authenticity, denomination recognition, TensorFlow Lite, MySQL***

Abstrak. Transaksi tunai pada Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) masih menghadapi risiko kesalahan pencatatan serta penerimaan uang palsu ketika pemeriksaan dan pencatatan dilakukan secara manual. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem Internet of Things (IoT) berbasis ESP32-CAM untuk mendeteksi keaslian uang, mengenali nominal uang kertas rupiah, dan mencatat hasil deteksi secara otomatis. ESP32-CAM digunakan sebagai perangkat akuisisi citra yang mengirimkan gambar melalui jaringan Wi-Fi ke komputer untuk diproses menggunakan OpenCV dan dua model Convolutional Neural Network (CNN), yaitu model klasifikasi keaslian dan model pengenalan tujuh nominal rupiah. Dataset keaslian terdiri atas 5.600 citra, sedangkan dataset nominal terdiri atas 2.800 citra uang asli, dengan pembagian training, validation, dan testing sebesar 80:10:10. Model dikonversi ke TensorFlow Lite dan diintegrasikan dengan pemeriksaan Region of Interest (ROI), blur, brightness, serta kestabilan objek. Pada data pengujian, kedua model memperoleh accuracy 100%. Pengujian real-time berhasil mengklasifikasikan 14 sampel asli/palsu dan mengenali tujuh nominal dengan confidence nominal 35,14%-93,46%. Hasil deteksi dapat disimpan otomatis ke database MySQL dan ditampilkan melalui dashboard monitoring. Pada pengujian sistem keseluruhan, 12 dari 13 skenario berhasil, sedangkan satu skenario pembaruan status setelah uang diangkat mengalami kegagalan akibat gangguan jaringan. Secara keseluruhan, sistem dapat digunakan sebagai prototipe untuk membantu identifikasi uang dan mendukung otomatisasi pencatatan transaksi tunai pada UMKM.

Kata kunci: **Internet of Things, ESP32-CAM, Convolutional Neural Network, deteksi keaslian uang, pengenalan nominal uang, TensorFlow Lite, MySQL**

Naskah Masuk:11 September 2026; Revisi: 12 September 2026; Diterima: 13 September 2026; Terbit: 24 September 2026

1. LATAR BELAKANG

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memiliki peran penting dalam perekonomian, tetapi sebagian pelaku usaha masih menggunakan transaksi tunai dan pencatatan manual. Kondisi tersebut dapat menimbulkan kesalahan pencatatan, keterlambatan rekap, kehilangan data, serta menyulitkan pemantauan arus kas. Digitalisasi pencatatan dapat membantu meningkatkan keteraturan dan pemantauan transaksi (Keuangan & Stan, 2020; Yolanda et al., 2023).

Penggunaan uang tunai juga menimbulkan risiko penerimaan uang palsu. Penelitian berbasis citra telah menggunakan berbagai pendekatan, antara lain template matching dan segmentasi, Optical Character Recognition (OCR), serta deteksi tepi Laplacian of Gaussian dan K-Means untuk pengenalan atau pemeriksaan uang rupiah (Janna, 2025; Daniel et al., 2023; Saputra et al., n.d.). Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa karakteristik visual citra dapat dimanfaatkan, tetapi performanya dapat dipengaruhi kondisi citra dan metode yang digunakan.

Perkembangan Internet of Things (IoT) memungkinkan perangkat fisik melakukan akuisisi dan pengiriman data secara real-time. ESP32-CAM dapat digunakan sebagai perangkat akuisisi citra pada sistem berbasis IoT, walaupun keterbatasan memori dan pemrosesan dapat diatasi dengan memindahkan komputasi ke server atau komputer (Herwandi et al., 2025). Pada sisi klasifikasi, Convolutional Neural Network (CNN) mampu mempelajari fitur visual secara otomatis dan telah digunakan pada klasifikasi kondisi, nominal, serta keaslian uang berbasis citra (Nandika et al., 2025; Harsani et al., 2024; Aprillia et al., 2024).

Penelitian ini mengintegrasikan ESP32-CAM, pengolahan citra, dua model CNN, TensorFlow Lite, database MySQL, dan dashboard monitoring dalam satu alur. Sistem dirancang tidak hanya untuk mendeteksi keaslian uang, tetapi juga mengenali nominal uang asli dan menyimpan hasil deteksi sebagai data pencatatan transaksi. Tujuan penelitian adalah menghasilkan prototipe yang dapat membantu validasi uang sekaligus mendukung otomatisasi pencatatan transaksi tunai UMKM.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan rancang bangun sistem. Tahapan dimulai dari identifikasi masalah, studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan, pengumpulan dan pembagian dataset, pelatihan dan evaluasi CNN, konversi TensorFlow Lite, implementasi IoT, integrasi database dan dashboard, pengujian, analisis, serta penarikan kesimpulan. CNN dipilih karena mampu melakukan ekstraksi fitur citra dan klasifikasi secara otomatis pada objek uang kertas (Harsani et al., 2024; Nandika et al., 2025).

1.1 Lingkungan dan Arsitektur Sistem

Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan rancang bangun sistem. Tahapan dimulai dari identifikasi masalah, studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan, pengumpulan dan pembagian dataset, pelatihan dan evaluasi CNN, konversi TensorFlow Lite, implementasi IoT, integrasi database dan dashboard, pengujian, analisis, serta penarikan kesimpulan. CNN dipilih karena mampu melakukan ekstraksi fitur citra dan klasifikasi secara otomatis pada objek uang kertas (Harsani et al., 2024; Nandika et al., 2025).

Penelitian ini menggunakan ESP32-CAM sebagai perangkat untuk mengambil citra uang kertas. Citra yang diperoleh dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi ke komputer untuk diproses menggunakan OpenCV dan dua model CNN yang telah dikonversi ke TensorFlow Lite. Model pertama digunakan untuk mendeteksi keaslian uang, sedangkan model kedua digunakan untuk mengenali nominal uang. Hasil deteksi selanjutnya disimpan ke dalam database MySQL dan ditampilkan melalui dashboard monitoring.



GAMBAR 1 – Implementasi Sistem Berbasis ESP32-CAM

1.2 Dataset dan Pelatihan Model

Model	Dataset	Training	Validation	Testing
Deteksi keaslian	5.600 citra (2.800 asli + 2.800 palsu)	4.480	560	560
Pengenalan nominal	2.800	2.240	280	280

Dataset dibagi dengan rasio 80:10:10. Model keaslian mengklasifikasikan dua kelas, sedangkan model nominal mengenali Rp1.000, Rp2.000, Rp5.000, Rp10.000, Rp20.000, Rp50.000, dan Rp100.000. Pelatihan dilakukan menggunakan Python, TensorFlow, dan Keras, kemudian model dikonversi ke TensorFlow Lite. Pemanfaatan CNN untuk pengenalan uang juga didukung oleh penelitian yang menunjukkan kemampuan CNN dalam mempelajari pola visual uang kertas (Aprillia et al., 2024; Harsani et al., 2024).

1.3 Skenario Pengujian

Pengujian	Tujuan
Deteksi keaslian	Menguji kemampuan sistem membedakan uang asli dan uang palsu.
Pengenalan nominal	Menguji pengenalan tujuh nominal uang rupiah.
Penyimpanan MySQL	Memastikan hasil deteksi dan mendata tersimpan otomatis.
Dashboard monitoring	Memastikan monitoring live, riwayat, detail, dan statistik dapat ditampilkan.
Stabilisasi deteksi	Menguji stabilisasi 5 detik untuk uang asli dan 10 detik untuk uang palsu.
Sistem keseluruhan	Memastikan seluruh komponen bekerja secara terintegrasi.

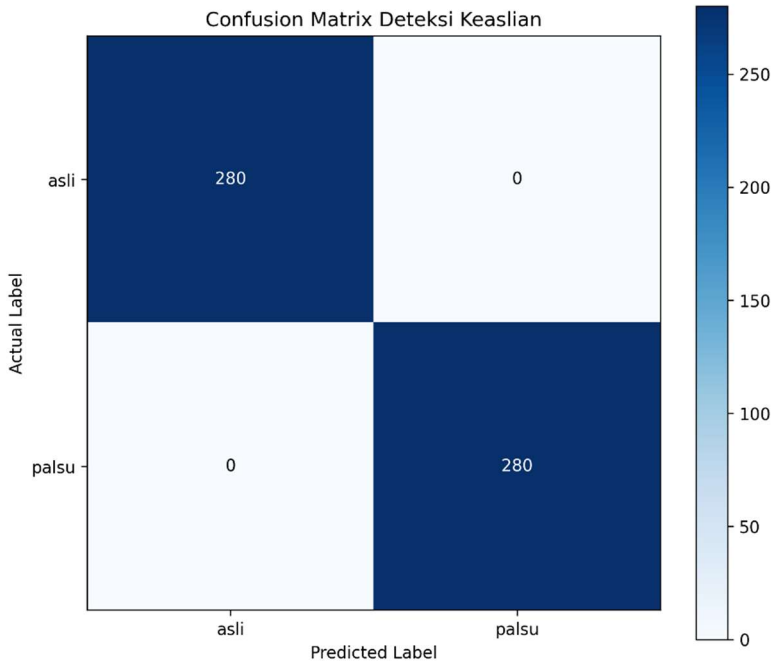
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.4 Evaluasi Model CNN Deteksi Keaslian

Evaluasi pada 560 data testing menunjukkan seluruh citra uang asli dan palsu terklasifikasi sesuai kelas sebenarnya. Precision, recall, dan F1-score pada kedua kelas bernilai 1,000 dan accuracy mencapai 100%. Nilai ini merupakan performa pada data

testing yang digunakan dalam penelitian, sehingga tidak dimaksudkan sebagai jaminan akurasi universal pada seluruh kondisi operasional.

Kelas	**Precision**	**Recall**	**F1-Score**	**Support**
Asli	1.000	1.000	1.000	280
Palsu	1.000	1.000	1.000	280
Accuracy				560



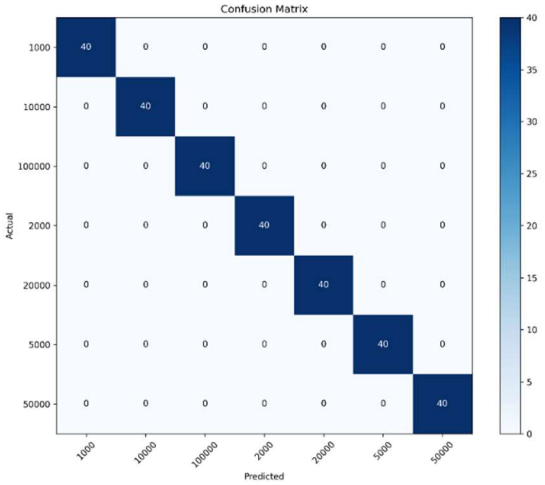
GAMBAR 2 – Hasil Evaluasi model CNN Deteksi Keaslian

1.5 Evaluasi Model CNN Pengenalan Nominal

Pada 280 data testing model nominal, seluruh tujuh kelas memperoleh precision, recall, dan F1-score sebesar 1,0000 dengan accuracy 100%. Setiap kelas memiliki 40 data testing. Hasil ini menunjukkan model mampu mempelajari karakteristik dataset penelitian dengan sangat baik, sejalan dengan penggunaan CNN pada pengenalan nominal berbasis citra yang dilaporkan pada penelitian sebelumnya (Aprillia et al., 2024).

Nominal	**Precision**	**Recall**	**F1-Score**	**Support**
Rp1.000	1.0000	1.0000	1.0000	40
Rp2.000	1.0000	1.0000	1.0000	40

Rp5.000	1.0000	1.0000	1.0000	40
Rp10.000	1.0000	1.0000	1.0000	40
Rp20.000	1.0000	1.0000	1.0000	40
Rp50.000	1.0000	1.0000	1.0000	40
Rp100.000	1.0000	1.0000	1.0000	40



GAMBAR 3 – Hasil Evaluasi model CNN Pengenalan Nominal

1.6 Pengujian Real-Time

Pengujian deteksi keaslian menggunakan 14 sampel yang terdiri atas tujuh nominal uang asli dan tujuh uang palsu. Seluruh sampel berhasil diklasifikasikan sesuai kondisi sebenarnya. Confidence uang asli berada pada 99,51%-100%, sedangkan seluruh sampel uang palsu pada pengujian ini menghasilkan confidence 100%. Pengenalan nominal dilakukan hanya setelah uang dinyatakan asli.

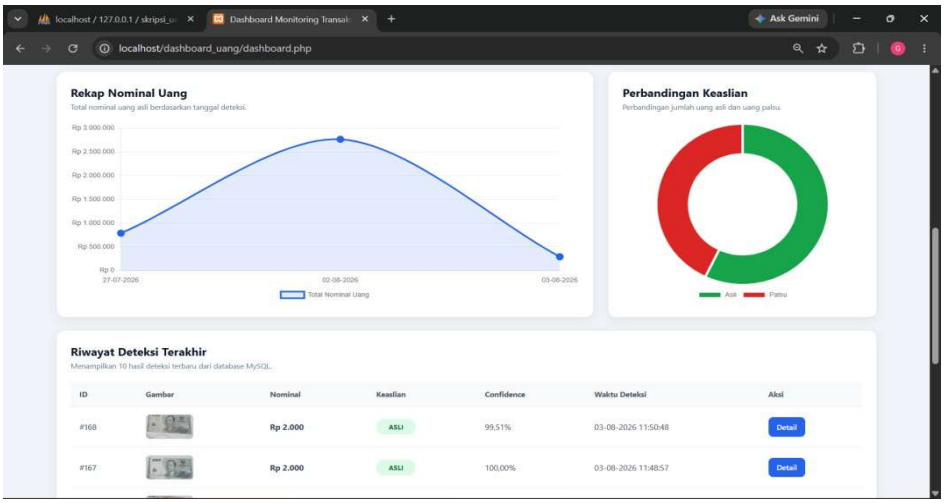
Nominal Aktual	**Kondisi Aktual**	**Hasil Keaslian**	**Confidence Keaslian**	**Hasil Nominal**	**Confidence Nominal**
Rp1.000	Asli	Asli	99,80%	Rp1.000	80,10%
Rp2.000	Asli	Asli	99,51%	Rp2.000	52,67%
Rp5.000	Asli	Asli	100%	Rp5.000	74,51%
Rp10.000	Asli	Asli	99,96%	Rp10.000	35,14%

Rp20.000	Asli	Asli	100%	Rp20.000	67,42%
Rp50.000	Asli	Asli	100%	Rp50.000	93,46%
Rp100.000	Asli	Asli	99,98%	Rp100.000	85,65%
Rp1.000	Palsu	Palsu	100%	-	-
Rp2.000	Palsu	Palsu	100%	-	-
Rp5.000	Palsu	Palsu	100%	-	-
Rp10.000	Palsu	Palsu	100%	-	-
Rp20.000	Palsu	Palsu	100%	-	-
Rp50.000	Palsu	Palsu	100%	-	-
Rp100.000	Palsu	Palsu	100%	-	-

Walaupun seluruh nominal dikenali dengan benar pada sampel pengujian, confidence nominal bervariasi antara 35,14% dan 93,46%. Perbedaan dipengaruhi posisi uang, pencahayaan, fokus kamera, dan karakteristik visual. Karena itu, sistem mengumpulkan prediksi dari beberapa frame dan menggunakan majority voting sebelum menetapkan hasil akhir. Ketergantungan pengenalan citra terhadap kualitas masukan juga menjadi perhatian pada pendekatan OCR dan pengolahan citra pada penelitian sebelumnya (Daniel et al., 2023).

1.7 Database dan Dashboard Monitoring

Sistem berhasil menyimpan status keaslian, nominal, confidence keaslian dan nominal, nilai blur, brightness, citra hasil deteksi, serta tanggal dan waktu ke database MySQL. Mekanisme pencegahan data ganda menunggu uang diangkat sebelum transaksi berikutnya dicatat. Data yang tersimpan selanjutnya digunakan oleh dashboard monitoring. Dashboard menampilkan monitoring live untuk melihat proses deteksi, riwayat transaksi untuk melihat data deteksi yang telah tersimpan, detail hasil untuk melihat informasi setiap deteksi, serta statistik untuk memberikan ringkasan data transaksi. Dengan demikian, dashboard menjadi bagian dari sistem pencatatan transaksi dan bukan hanya sebagai tampilan hasil deteksi.



GAMBAR 4 – Tampilan Dashboard Monitoring

1.8 Waktu Deteksi dan Pengujian Sistem Keseluruhan

Sistem menerapkan waktu stabilisasi sekitar 5 detik untuk uang asli dan 10 detik untuk uang palsu. Selama periode tersebut, prediksi beberapa frame diamati sebelum hasil disimpan. Pada pengujian keseluruhan, 12 dari 13 skenario berhasil. Satu skenario gagal ketika uang telah diangkat tetapi sistem masih menampilkan status uang belum diangkat akibat gangguan jaringan. Temuan ini menunjukkan bahwa kestabilan komunikasi jaringan masih menjadi keterbatasan implementasi.

1.9 Pembahasan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa ESP32-CAM, OpenCV, CNN, TensorFlow Lite, MySQL, dan dashboard dapat diintegrasikan menjadi satu alur deteksi dan pencatatan. Pemrosesan model pada komputer membantu mengatasi keterbatasan komputasi ESP32-CAM, sebagaimana keterbatasan memori dan kecepatan pemrosesan perangkat tersebut juga dilaporkan pada penelitian deteksi objek berbasis ESP32-CAM (Herwandi et al., 2025).

Accuracy 100% pada data testing menunjukkan performa model yang sangat baik terhadap dataset penelitian. Namun, pengujian real-time memperlihatkan confidence nominal yang lebih bervariasi. Karena itu, interpretasi kinerja perlu membedakan evaluasi dataset dan kondisi implementasi nyata. Pemeriksaan ROI, blur, brightness, kestabilan objek, serta majority voting digunakan untuk mengurangi fluktuasi prediksi akibat kondisi pengambilan citra.

Dibandingkan pendekatan yang hanya melakukan pengenalan nominal atau deteksi keaslian, sistem penelitian ini menambahkan integrasi pencatatan hasil ke database MySQL dan dashboard monitoring. Integrasi tersebut memungkinkan hasil deteksi tidak hanya diperoleh pada saat proses klasifikasi, tetapi juga disimpan dan dipantau kembali melalui riwayat, detail hasil, dan statistik. Meskipun demikian, deteksi keaslian masih berbasis karakteristik visual citra dan komunikasi sistem bergantung pada jaringan. Pengembangan berikutnya perlu memperluas variasi dataset, kondisi pengujian, mekanisme pemulihan koneksi, dan karakteristik keamanan uang yang dianalisis.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Penelitian berhasil merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem IoT berbasis ESP32-CAM untuk deteksi keaslian uang, pengenalan nominal, dan otomatisasi pencatatan hasil deteksi. Dua model CNN memperoleh accuracy 100% pada data testing masing-masing, yaitu 560 citra untuk keaslian dan 280 citra untuk pengenalan nominal. Pengujian real-time berhasil membedakan uang asli dan palsu serta mengenali tujuh nominal rupiah, meskipun confidence nominal bervariasi. Pemeriksaan ROI, blur, brightness, kestabilan objek, penggunaan beberapa frame, dan majority voting digunakan untuk meningkatkan konsistensi keputusan. Hasil deteksi dapat disimpan otomatis ke MySQL dan ditampilkan melalui dashboard monitoring yang menyediakan monitoring live, riwayat, detail hasil, dan statistik. Pada pengujian keseluruhan, 12 dari 13 skenario berhasil dan satu skenario pembaruan status setelah uang diangkat mengalami kegagalan akibat gangguan jaringan.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan menambah jumlah dan variasi dataset, menguji sistem pada kondisi pencahayaan, jarak, posisi, dan kondisi fisik uang yang lebih beragam, menggunakan perangkat pemrosesan yang lebih mandiri, serta menambahkan karakteristik keamanan uang lain agar deteksi tidak hanya bergantung pada karakteristik visual. Mekanisme pemeriksaan dan pemulihan koneksi juga perlu dikembangkan karena gangguan jaringan dapat menyebabkan keterlambatan pembaruan status sistem. Dashboard monitoring dapat dikembangkan dengan laporan transaksi berdasarkan

periode tertentu, fitur pengelolaan data, dan penyajian informasi yang lebih sesuai dengan kebutuhan UMKM. Sistem juga belum memiliki mekanisme pengembalian uang secara otomatis, sehingga pengembangan selanjutnya dapat menambahkan perangkat mekanik dan aktuator yang terintegrasi dengan hasil deteksi untuk mendukung proses pengembalian uang secara otomatis.

DAFTAR REFERENSI

Amin, A. S., Alvin, M., Zahra, R., Fahreza, K., & Sari, A. P. (n.d.). Journal of Multidisciplinary Inquiry in Science Technology and Educational Research Klasifikasi Uang Kertas Rupiah Baru Menggunakan Metode CNN.

Aprillia, D., Rohana, T., Mudzakir, T. Al, & Wahiddin, D. (2024). Deteksi Nominal Mata Uang R upiah Menggunakan Metode Convolutional Neural Network dan Feedforward Neural Network. 4(4), 2068–2077. https://doi.org/10.30865/klik.v4i4.1711

Ariani, F. (2025). Pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam Optimalisasi Bisnis Digital. 4, 200–206.

Cam, E. S. P., Thinker, A. I., Am, S., Buzzer, D. A. N., Ramadhan, D., Hakim, A., & Irawati, D. R. (2025). BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32 DEVKIT V1 ,. 9(1), 191–199. https://doi.org/10.52362/jisicom.v9i1.1926

Daniel, R., Raban, Y., & Arnie, R. (2023). Model Pendeteksi Nominal Uang Kertas Rupiah Menggunakan Teknologi Optical Character Recognition. 12(September), 8–13.

Harsani, P., Muhammad, M., & Negara, T. P. (2024). Identifikasi Citra untuk Membedakan Uang Asli dan Palsu Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN). 13(2), 328–337.

Herwandi, A., Ramadhan, A. A., & Sunggono, N. T. (2025). Analisis Kinerja ESP32-CAM Dalam Mendeteksi Objek. 7(2). https://doi.org/10.32877/bt.v7i3.2296

Janna, N. (2025). TEMPLATE MATCHING. 13(2).

Keuangan, P., & Stan, N. (2020). Pencatatan dan Pembukuan Via Aplikasi Akuntansi UMKM di Sidoarjo. 6(1).

Nandika, A. P., Imanullah, M., Wijaya, A., Sunardi, D., & Bengkulu, U. M. (2025). Deteksi Kondisi Uang Bagus Dan Rusak Dengan Pengolahan Citra Digital Berbasis Convolutional Neural Network (CNN). 21(1), 340–348.

Pagaran, S., Utara, K. T., Utara, S., Sagala, A., Panggabean, G. F., Lumbantoruan, D. P., Saragih, A., Sinambela, A., & Silalahi, A. O. (2025). Pengenalan Teknologi Internet of Things (IoT) untuk Sistem Hidroponik di. 5(1), 163–172.

Saputra, K. S. A.,Chrisniyanti, A. (2025). DOI : https://doi.org/10.55606/jpkmi.v5i3.10056 Pelatihan Internet of Things (IoT) Berbasis Arduino sebagai Upaya Peningkatan Literasi Teknologi Implementation

of Arduino-Based Internet of Things (IoT) Training to Improve Technological Literacy Articl. 5, 465–478.

Saputra, R. A., Nangi, J., Ningrum, I. P., & Almaliki, M. F. (n.d.). Deteksi Uang Palsu Rupiah dengan Menggunakan Metode Deteksi Tepi Laplacian of Gaussian (LoG) dan Algoritma K-Means Clustering. 85–92.

Yolanda, S., Shaddiq, S., Faisal, H., & Kurnianti, I. (2023). PERAN MANAJEMEN KEUANGAN DIGITAL DALAM. 2(1), 23–32. https://doi.org/10.56744/irchum.v1i2.31