

# Mobile Aplikasi Pengawasan dan Pengamanan Pratima Pura di Bali

<sup>1</sup>Made Sudarma

<sup>1</sup>*Teknik Elektro, Universitas Udayana*  
Bali, Indonesia  
msudarma@unud.ac.id

<sup>2</sup>Ni Wayan Sri Ariyani, <sup>3</sup>I Putu Agus Eka Darma Udayana, <sup>4</sup>Ida Bagus Gde Pranatayana, <sup>5</sup>Lie Jasa,

<sup>2</sup>*Teknik Elektro, Universitas Udayana*  
Bali, Indonesia  
sriariyani@unud.ac.id

<sup>3</sup>*Ilmu Teknik, Universitas Udayana*  
Bali, Indonesia  
agus.ekadarma@gmail.com

<sup>4</sup>*Ilmu Teknik, Universitas Udayana*  
Bali, Indonesia  
liejasa@unud.ac.id

<sup>5</sup>*Agroekoteknologi, Universitas Udayana*  
Bali, Indonesia  
pranatayana@unud.ac.id

**Abstract**—Pratima merupakan benda sakral untuk umat Hindu di Bali yang biasanya terbuat dari benda bernilai tinggi sehingga keamanan penyimpanannya menjadi hal yang sangat penting. Namun, beberapa kasus pencurian pratima, seperti yang terjadi pada beberapa pura di Bali, menunjukkan perlunya penerapan teknologi untuk menjaga keamanan dan kesakralan dari pratima tersebut. Hilangnya pratima yang memiliki nilai spiritual tinggi tidak hanya merugikan secara material tetapi juga mengganggu keseimbangan spiritual dan budaya masyarakat Bali. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pengawasan dan pengamanan berbasis kecerdasan buatan untuk pratima yang terintegrasi dengan aplikasi mobile. Sistem ini menggunakan teknologi CCTV yang dilengkapi dengan metode deteksi objek berbasis YOLO (*You Only Look Once*) untuk mendeteksi tindakan manusia yang mencurigakan di area penyimpanan pratima. Ketika sistem mendeteksi adanya aktivitas mencurigakan atau keberadaan seseorang di area tersebut, kamera secara otomatis akan menangkap gambar dan mengirimkan notifikasi kepada petugas keamanan melalui aplikasi *mobile*. Pengujian dilakukan menggunakan 500 gambar yang terdapat objek manusia, di mana sistem mampu mendeteksi 85 persen gambar dengan akurasi yang baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan notifikasi secara real-time kepada petugas keamanan, sehingga dapat meningkatkan pengawasan dan pengamanan pratima pada pura di Bali dan mencegah pencurian benda sakral ini.

**Kata Kunci**—Pengamanan Pura, Smart CCTV, Mobile Aplikasi, Kecerdasan Buatan.

## I. PENDAHULUAN

Pratima adalah benda sakral yang sangat dihormati oleh umat Hindu di Bali. Pratima biasanya berbentuk arca atau patung yang ditempatkan di pura dan digunakan dalam upacara-upacara keagamaan [1]. Selain nilai spiritualnya yang tinggi, pratima sering kali terbuat dari bahan-bahan berharga seperti emas, perak, atau kayu langka, yang menjadikannya sangat bernilai, baik dari segi material maupun religius. Oleh karena itu, keamanan dalam penyimpanan pratima menjadi hal yang sangat penting bagi masyarakat Bali. Namun, dalam beberapa tahun

terakhir, terjadi peningkatan kasus pencurian pratima di beberapa pura di Bali. Hilangnya pratima tidak hanya menyebabkan kerugian material, tetapi juga mengganggu keseimbangan spiritual dan budaya masyarakat Bali. Pratima dianggap sebagai perwujudan dewa dan kehilangan pratima tersebut membawa dampak besar terhadap praktik keagamaan serta rasa aman masyarakat yang mengandalkan keberadaan pratima sebagai simbol kesucian. Beberapa contoh pencurian pratima yang terjadi di Bali adalah kejadian pencurian benda pusaka yang di muat dalam media masa seperti di Pura Mas Ayu Banjarangkan, Klungkung pada 17 Juli 2022, Pura Desa Adat Bangsa Be, Desa Perean Kangin Kecamatan Baturiti, Tabanan pada Oktober 2022, Pura Dalem Rejasa, pada 6 Desember 2022, Pura Dalem Antosari, Tabanan pada 24 Desember 2022, Pura Dalem Perancak Jembrana, terjadi pencurian sebanyak dua kali pada Desember 2022, bahkan dengan maraknya kasus pencurian tersebut, pihak kepolisian pun menyarankan desa adat se-Jembrana kembali mengaktifkan kegiatan makemit (semacam ronda) di seluruh pura yang menyimpan pratima (Detik Bali, 2022). Selain pencurian benda pusaka, juga terjadi kasus menodai kesucian kawasan Pura seperti yang terjadi di Pura Babakan Desa Adat Bayan, Desa Tua, Kecamatan Marga, Kabupaten Tabanan, Bali. Kejadian serupa juga terjadi di Pura Gelap Besakih Karangasem, dan di Pura Batukaru Tabanan.

Dewasa ini perkembangan teknologi memungkinkan diterapkannya sistem keamanan yang lebih canggih dan efektif. Salah satu teknologi yang potensial untuk digunakan dalam pengamanan pratima adalah CCTV (*Closed Circuit Television*) yang terintegrasi dengan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) [2], [3]. Teknologi ini memungkinkan deteksi objek secara otomatis, terutama untuk mengenali aktivitas manusia yang mencurigakan di area penyimpanan pratima. Dengan teknologi AI, sistem CCTV dapat mendeteksi ancaman secara real-time dan mengirimkan peringatan kepada petugas keamanan melalui aplikasi mobile. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pengamanan pratima berbasis kecerdasan buatan yang terhubung dengan aplikasi mobile. Sistem ini memanfaatkan teknologi deteksi objek berbasis YOLO (*You Only Look Once*), sebuah metode *deep learning* yang terkenal dengan kecepatannya dalam mendeteksi objek, termasuk manusia, dalam suatu gambar. YOLO bekerja dengan membagi gambar menjadi grid kecil dan mendeteksi objek di setiap grid tersebut. Teknologi ini sangat efisien dalam mendeteksi ancaman, terutama pada area yang sering kali sulit diawasi secara manual oleh petugas keamanan.

Pada sistem ini, kamera CCTV yang dipasang di area penyimpanan pratima akan memonitor secara real-time objek yang ada di area pengamatan [4], [5]. Ketika ada objek manusia yang terdeteksi mendekati area penyimpanan pratima, YOLO akan mengenali objek tersebut dan, jika terdeteksi sebagai ancaman, sistem akan mengirimkan peringatan secara otomatis ke server cloud dan meneruskannya pada aplikasi mobile yang digunakan oleh petugas keamanan. Sistem ini memastikan respons yang cepat, di mana petugas dapat segera mengambil tindakan preventif untuk mencegah pencurian atau tindakan mencurigakan lainnya. Untuk menguji efektivitas sistem ini, penelitian ini menggunakan 500 gambar yang berisi objek manusia. Selain itu, sistem yang terhubung dengan aplikasi mobile memberikan kemudahan bagi petugas keamanan untuk selalu terhubung dengan sistem pengawasan, sehingga mereka dapat memonitor situasi dari mana saja dan kapan saja. Penerapan teknologi pengawasan berbasis AI ini diharapkan dapat mengurangi risiko pencurian pratima di masa mendatang. Sistem yang mampu memberikan notifikasi *real-time* ini juga dapat membantu meningkatkan rasa aman bagi masyarakat, terutama dalam menjaga benda-benda sakral yang memiliki nilai spiritual tinggi. Selain itu, sistem ini dapat menjadi solusi jangka panjang dalam menjaga warisan budaya dan keagamaan Bali yang sudah berlangsung selama berabad-abad.

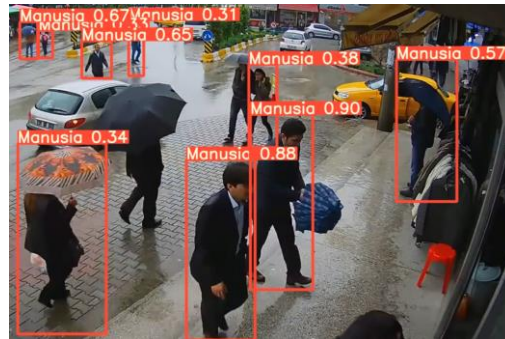
## II. METODE DAN PROSEDUR

### A. Smart CCTV

Smart CCTV adalah sistem pengawasan canggih yang memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dan *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan efektivitas pengawasan. Dibandingkan dengan CCTV konvensional, Smart CCTV tidak hanya merekam video, tetapi juga menganalisis data visual secara real-time. Fitur utama dari Smart CCTV termasuk deteksi objek, pengenalan wajah, pelacakan kendaraan, dan analisis perilaku manusia. Penggunaan AI pada kamera dapat membedakan antara aktivitas normal dan mencurigakan, serta memberikan respons cepat ketika ada potensi ancaman keamanan [6], [7], [8]. Salah satu fitur unggulan dari Smart CCTV adalah kemampuannya untuk mengirimkan notifikasi secara otomatis. Jika sistem mendeteksi perilaku yang tidak biasa atau ancaman keamanan, seperti pergerakan manusia yang mencurigakan di area tertentu, kamera akan segera mengirimkan notifikasi ke perangkat mobile atau sistem keamanan. Notifikasi real-time ini dapat dikirim melalui berbagai saluran, termasuk aplikasi mobile, email, atau pesan singkat, sehingga mempercepat proses pengambilan keputusan dan tindakan pencegahan.

## B. Deteksi Objek

Deteksi objek adalah teknologi yang memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi dan menemukan objek tertentu, seperti manusia, kendaraan, atau hewan, dalam gambar atau video secara otomatis [9], [10]. Menggunakan algoritma kecerdasan buatan (AI) seperti *Convolutional Neural Networks* (CNNs) dan YOLO (*You Only Look Once*), deteksi objek dapat memproses citra secara real-time untuk menentukan keberadaan objek dan mengklasifikasikannya.



Gambar 1. Deteksi Human

Teknologi ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk kamera pengawas untuk keamanan, kendaraan otonom untuk mengenali pejalan kaki dan rambu lalu lintas, serta analisis citra medis untuk mendeteksi anomali seperti tumor. Tantangan dalam deteksi objek meliputi pengenalan objek dalam kondisi pencahayaan yang buruk, skala yang berbeda, dan kecepatan dalam aplikasi real-time.

## C. Deep Learning

Deep learning dalam deteksi human adalah penerapan teknologi kecerdasan buatan untuk mengenali dan mendeteksi keberadaan manusia dalam gambar atau video secara otomatis [11], [12], [13]. Deteksi ini memanfaatkan jaringan saraf tiruan yang dilatih menggunakan dataset besar yang berisi gambar manusia, sehingga sistem dapat mengidentifikasi bentuk, gerakan, atau fitur manusia secara akurat [14], [15]. Dengan menggunakan deep learning, deteksi manusia dapat dilakukan dengan lebih cepat dan tepat, bahkan dalam kondisi lingkungan yang beragam seperti pencahayaan rendah, sudut pandang berbeda, atau latar belakang yang rumit. Salah satu arsitektur deep learning yang sering digunakan untuk deteksi manusia adalah *Convolutional Neural Networks* (CNNs), yang sangat baik dalam mengenali pola visual dalam gambar. CNN dapat mendeteksi fitur-fitur khusus manusia seperti wajah, postur tubuh, dan gerakan. CNN dilatih menggunakan gambar-gambar yang telah dilabeli, sehingga mampu mengenali pola yang menunjukkan keberadaan manusia dalam sebuah gambar. Algoritma YOLO (*You Only Look Once*) juga sering digunakan dalam deteksi manusia karena kecepatannya dalam mendeteksi banyak objek dalam satu kali analisis gambar, yang sangat efisien untuk pengawasan *real-time* seperti kamera pengawas (CCTV).

## D. YOLO

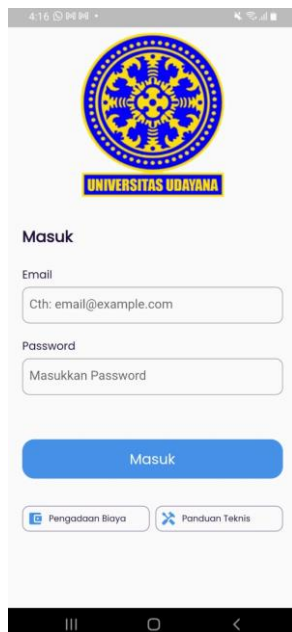
YOLO (*You Only Look Once*) adalah algoritma deteksi objek berbasis deep learning yang dirancang untuk mendeteksi objek dalam gambar atau video secara cepat dan efisien [16]. Berbeda dengan metode deteksi objek lainnya, yang umumnya membutuhkan beberapa langkah atau pemrosesan bertahap, YOLO melakukan deteksi dalam satu tahap (*single shot*) di mana seluruh gambar diproses sekaligus. Algoritma ini membagi gambar menjadi grid, dan setiap grid bertanggung jawab untuk mendeteksi objek dalam wilayahnya. Jika objek terdeteksi dalam grid, YOLO akan menghasilkan kotak batas (*bounding box*) di sekitar objek tersebut dan memberikan label klasifikasi dengan tingkat keyakinan tertentu. Keunggulan utama YOLO adalah kemampuannya untuk bekerja dengan sangat cepat, membuatnya ideal untuk aplikasi yang memerlukan deteksi real-time, seperti sistem pengawasan CCTV, kendaraan otonom, dan robotika. YOLO memungkinkan pengenalan banyak objek sekaligus dalam satu gambar tanpa mengurangi kecepatannya. Namun, meskipun memiliki kecepatan tinggi, YOLO terkadang mengalami kesulitan dalam mendeteksi objek yang sangat kecil atau dalam situasi yang sangat kompleks, terutama jika objek hanya menempati sebagian kecil dari grid. Selain kecepatan, YOLO juga menawarkan keuntungan dalam hal efisiensi pelatihan karena semua aspek deteksi dan klasifikasi dilakukan dalam satu tahap.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

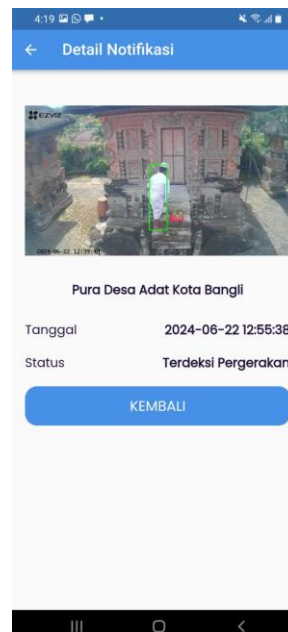
Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem yang dikembangkan telah mampu mendeteksi human pada sebuah video atau gambar. Hasil deteksi tersebut nantinya akan diproses pada cloud untuk dapat mengirimkan notifikasi pada aplikasi mobile pengamanan pratima. Berikut ini adalah detail pembahasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis.

#### A. Implementasi Aplikasi Mobile

Berdasarkan hasil pengembangan yang telah dilakukan, berikut ini adalah hasil implementasi aplikasi mobile yang telah dikembangkan. Pada Gambar 2 merupakan tampilan login untuk aplikasi pengamanan pratima, setelah berhasil *login* pengguna dapat melihat kejadian yang terjadi ketika ada seseorang yang mendekati area gedung penyimpanan pratima.



Gambar 2. Halaman *Login* Aplikasi



Gambar 3. Simulasi Deteksi Human

Berdasarkan Gambar 3, detail dari kejadian yang terdeteksi pada sistem CCTV keamanan akan dapat dilihat pada aplikasi *mobile*. Tidak hanya dapat melihat kejadian yang terjadi, sebelumnya sistem akan menginformasikan kejadian tersebut dengan cara membuat panggilan telepon pada aplikasi dan ketika aplikasi tersebut dibuka akan terlihat detail data seperti Gambar 3 di atas.

#### B. Pengujian Deteksi Human

Untuk menguji kehandalan sistem dalam mendeteksi apakah pada sebuah image terdapat human atau tidak, peneliti melakukan pengujian menggunakan 500 data dalam pengujian ini. Berikut ini adalah hasil dari pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Akurasi Deteksi Human

Dataset	Total Image	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Akurasi (%)
Dataset 1	100	89	11	89

Dataset	Total Image	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Akurasi (%)
Dataset 2	100	75	25	75
Dataset 3	100	86	14	86
Dataset 5	100	90	10	90
<b>Rata-Rata Akurasi</b>				<b>85</b>

Seperti terlihat pada Tabel 1, secara umum sistem dapat mendeteksi sebagian besar objek manusia yang ada pada gambar dataset. Secara keseluruhan ketika dilakukan pengujian dengan menggunakan 500 dataset gambar yang terdapat objek manusia, sistem menghasilkan akurasi sebesar 85% untuk semua pengujian tersebut.

### C. Pengujian Notifikasi Indikasi Pencurian Pada Aplikasi Mobile

Selain melakukan pengujian deteksi objek manusia, pengujian juga dilakukan untuk melihat kemampuan sistem dalam mengirimkan notifikasi kepada pengguna ketika terjadi kejadian yang mencurigakan pada area gedong pratima. Pada pengujian ini, digunakan 10 video simulasi percobaan pencurian pratima dengan menaiki area gedong pratima dan mendapatkan hasil seperti terlihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 1. Pengujian Notifikasi Sistem Pengamanan Aplikasi Mobile

Percobaan Notifikasi	Simulasi Percobaan Pencurian Pratima	Notifikasi
Simulasi 1	Video_10.mp4	Berhasil
Simulasi 2	Video_10.mp4	Berhasil
Simulasi 3	Video_10.mp4	Berhasil
Simulasi 4	Video_10.mp4	Berhasil
Simulasi 5	Video_10.mp4	Berhasil
Simulasi 6	Video_10.mp4	Berhasil
Simulasi 7	Video_10.mp4	Berhasil
Simulasi 8	Video_10.mp4	Berhasil
Simulasi 10	Video_10.mp4	Berhasil

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, sistem dapat dengan normal memberikan notifikasi ketika ada seseorang yang mencoba menaiki gedong pratima. Dengan hasil pengujian tersebut sistem ini dapat dikatakan dapat bekerja dengan baik memberikan notifikasi indikasi pencurian sebagai langkah preventif pengamanan pratima yang ada pada pura di Bali.

## IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat penulis sampaikan dari hasil penelitian ini adalah aplikasi mobile yang dikembangkan untuk melindungi pratima pada pura di Bali sudah berhasil diselesaikan. Sistem ini mampu mendeteksi adanya manusia yang mencoba melakukan tindakan pencurian pratima dengan akurasi deteksi objek manusia sebesar 85% dan selain itu berdasarkan pengujian notifikasi yang dilakukan sistem dapat dengan baik atau dengan kata lain sistem dapat memberikan notifikasi tanpa masalah dengan pengujian sebanyak 10 simulasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Udayana yang telah memberikan pendanaan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Prajuru Adat Desa Bebalang Bangli yang telah memfasilitasi proses penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Nyoman *et al.*, “Makna Simbolik Pratima Hyang Ratu di Pura Dadia Se-Desa Adat Krobokan Kabupaten Badung,” *Jayapangus Press Jurnal Penelitian Agama Hindu*, vol. 6, no. 1, 2022, [Online]. Available: <https://jayapanguspress.penerbit.org/index.php/JPAH>
- [2] Lina Al-sahan, Fatima Al-jabiri, Nora Abdelsalam, Amr Mohamed, Tarek Elfouly, and Mohamed Abdalla, *Public Security Surveillance System Using Blockchain Technology and Advanced Image Processing Techniques*. IEEE, 2020.
- [3] L. Foresti, C. Micheloni, L. Snidaro, P. Remagnino, and T. Ellis, “Active Video-Based Surveillance System,” 2005.
- [4] R. Ullah *et al.*, “A Real-Time Framework for Human Face Detection and Recognition in CCTV Images,” *Math Probl Eng*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/3276704.
- [5] V. Singh, S. Singh, and P. Gupta, “Real-Time Anomaly Recognition Through CCTV Using Neural Networks,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2020, pp. 254–263. doi: 10.1016/j.procs.2020.06.030.
- [6] A. Irin Anil, A. M. Mohan, G. M. S, and M. Jose, “Hawk-Eye smart CCTV surveillance System,” 2022. [Online]. Available: [www.ijres.org](http://www.ijres.org)
- [7] P. W. Khan, Y. C. Byun, and N. Park, “A data verification system for cctv surveillance cameras using blockchain technology in smart cities,” *Electronics (Switzerland)*, vol. 9, no. 3, Mar. 2020, doi: 10.3390/electronics9030484.
- [8] P. W. Khan, Y. C. Byun, and N. Park, “A data verification system for cctv surveillance cameras using blockchain technology in smart cities,” *Electronics (Switzerland)*, vol. 9, no. 3, Mar. 2020, doi: 10.3390/electronics9030484.
- [9] M. F. Shakeel, N. A. Bajwa, A. M. Anwaar, A. Sohail, A. Khan, and Haroon-ur-Rashid, *Detecting Driver Drowsiness in Real Time Through Deep Learning Based Object Detection*, vol. 11506 LNCS. Springer International Publishing, 2019. doi: 10.1007/978-3-030-20521-8\_24.
- [10] P. G. Surya *et al.*, “Smart Mobile Application for Detecting Balinese Masks to Introduce Balinese Culture to World Tourism,” *Jurnal Info Sains : Informatika dan Sains*, 2023, [Online]. Available: <http://ejournal.seaninstitute.or.id/index.php/InfoSains>
- [11] C. Janiesch, P. Zschech, and K. Heinrich, “Machine learning and deep learning,” *Springer*, 2021, doi: 10.1007/s12525-021-00475-2/Published.
- [12] S. Dong, P. Wang, and K. Abbas, “A survey on deep learning and its applications,” May 01, 2021, *Elsevier Ireland Ltd*. doi: 10.1016/j.cosrev.2021.100379.
- [13] Y. Guo, Y. Liu, A. Oerlemans, S. Lao, S. Wu, and M. S. Lew, “Deep learning for visual understanding: A review,” *Neurocomputing*, vol. 187, pp. 27–48, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.neucom.2015.09.116.
- [14] I. P. A. E. D. Udayana, M. Sudarma, and P. G. S. C. Nugraha, “Implementation of Convolutional Neural Networks to Recognize Images of Common Indonesian Food Implementation of Convolutional Neural Networks Recognize Images of Common Indonesian Food,” *International Conference on Applied Sciences, Information and Technology*, pp. 1–7, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/846/1/012023.
- [15] I. P. A. E. D. U. Udayana and P. G. S. C. Nugraha, “Prediksi Citra Makanan Menggunakan Convolutional Neural Network Untuk Menentukan Besaran Kalori Makanan,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 6, no. 1, pp. 30–38, 2020.
- [16] H. Li, L. Deng, C. Yang, J. Liu, and Z. Gu, “Enhanced YOLO v3 Tiny Network for Real-Time Ship Detection from Visual Image,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 16692–16706, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3053956.