

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh tahapan rancang bangun, integrasi sistem, hingga pengujian yang telah dilakukan terhadap Sistem *Smart* CCTV Berbasis Raspberry Pi 5 dengan Metode MobileNet-SSD, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Integrasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak: Seluruh komponen penyusun sistem—mulai dari *webcam*, Raspberry Pi 5, mikrokontroler penggerak, motor servo, *relay*, hingga lampu sorot LED—berhasil terintegrasi dan bekerja secara harmonis. Program Python yang dipadukan dengan pustaka OpenCV dan model MobileNet-SSD terbukti mampu memproses *stream* video secara *real-time* dan stabil.
2. Keandalan Deteksi Manusia (MobileNet-SSD): Metode MobileNet-SSD terbukti sangat efektif dan ringan untuk dijalankan pada Raspberry Pi 5. Sistem mampu mengenali objek manusia dengan akurat serta menampilkan *bounding box* dan label "*person*". Sistem juga tetap andal mengenali target meskipun wajah objek terhalang oleh aksesoris seperti kaca mata.
3. Performa Deteksi pada Variasi Jarak dan Lingkungan: Indoor, Sistem bekerja sangat stabil pada lingkungan *indoor* karena intensitas cahaya cenderung konstan. Outdoor Sistem tetap mampu mendeteksi keberadaan manusia di area *outdoor* hingga jarak pengujian 7 meter. Namun, makin jauh jarak objek (maupun akibat fluktuasi cahaya matahari), ukuran citra yang mengecil menyebabkan waktu pemrosesan deteksi sedikit meningkat dan tingkat keyakinan (*confidence score*) model cenderung menurun.
4. Keberhasilan Pelacakan (*Human Tracking*) dan Respons Alat: Mekanisme pelacakan gerakan objek (*human tracking*) berjalan sesuai rancangan. Koordinat titik tengah (*centroid*) dari *bounding box* berhasil dikonversi menjadi perintah gerak ke motor servo. Hasil pengujian menunjukkan rata-

rata waktu tanggap (*response time*) pergerakan kamera adalah 2,49 detik saat merespons gerakan ke kanan dan 3,27 detik saat merespons gerakan ke kiri.

5. Otomatisasi Sistem Pencahayaan LED: Pengendalian lampu LED sorot berbasis *relay* berfungsi dengan presisi. Lampu akan menyala secara otomatis ketika MobileNet-SSD mendeteksi objek manusia untuk memberikan pencahayaan adaptif, dan akan meredup/mati secara otomatis ketika area pemantauan bersih dari objek manusia.

5.2 Saran

Untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem *Smart CCTV* ini di masa yang akan datang, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan antara lain:

1. Peningkatan Spesifikasi Kamera: Disarankan menggunakan kamera/webcam dengan resolusi lebih tinggi serta dilengkapi fitur *Low Light/Night Vision* atau *Infrared* agar kualitas penangkapan citra di area yang minim cahaya atau di malam hari dapat lebih optimal.
2. Pengembangan Aktuator Mekanis (Pan-Tilt): Mekanisme pergerakan servo dapat ditingkatkan dari 1-axis (horizontal/kiri-kanan saja) menjadi 2-axis (*Pan-Tilt* untuk gerakan horizontal dan vertikal) serta menggunakan motor servo dengan torsi yang lebih halus agar jangkauan *Field of View* (FOV) kamera semakin luas dan pergerakannya lebih responsif.
3. Optimasi Algoritma AI: Model kecerdasan buatan dapat diperbarui ke versi arsitektur yang lebih modern (misalnya YOLOv8/YOLOv11 Nano) atau dilakukan proses *fine-tuning* pada *dataset* lokal agar akurasi deteksi manusia pada jarak jauh (>7 meter) dan kondisi *occlusion* (terhalang sebagian) dapat meningkat.
4. Integrasi Fitur IoT dan Notifikasi Jarak Jauh: Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan modul komunikasi nirkabel untuk mengirimkan notifikasi *early warning* secara *real-time* (misalnya berupa pesan foto/video lewat Telegram Bot atau aplikasi *Mobile*) ke *smartphone* pengguna saat terdeteksi pergerakan manusia yang mencurigakan