

RESEARCH ARTICLE

Sistem Penghitung Manusia Menggunakan Drone

Harry Prasetya, Casi Setianingsih* and Anggunmeka Luhur Prasasti

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, 40257, Jawa Barat, Indonesia

* Corresponding author: setiacasie@telkomuniversity.ac.id

Received on 09 May 2024; accepted on 07 June 2024

Abstrak

Perkembangan teknologi pengawasan dan keamanan dalam beberapa tahun terakhir telah menghasilkan kemajuan yang signifikan, terutama dalam hal pengenalan objek atau object detection. Namun, masih terdapat tantangan dalam menghitung jumlah manusia dengan akurat dalam berbagai kondisi pengawasan. Studi ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses pengawasan dengan menghitung jumlah manusia di area tertentu menggunakan teknologi drone yang dilengkapi dengan kemampuan pengenalan objek. Pendekatan yang digunakan mencakup penggunaan metode YOLOv7 (You Only Look Once) untuk pendeteksian objek dan algoritma Centroid Tracker untuk pelacakan manusia secara dinamis. Pengujian dilakukan dengan mengambil data dari drone dalam berbagai kondisi, seperti ketinggian dan kecepatan berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi deteksi manusia dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kesalahan pendeteksian, double counting, dan kesulitan dalam mengenali objek asing. Pada skenario drone diam, sistem memiliki performa yang lebih baik dalam mengenali dan menghitung manusia dengan rata-rata akurasi 69,70% performa akurasi sangat tergantung pada berbagai faktor, termasuk kondisi deteksi dan kemampuan sistem dalam mengenali objek secara tepat. Kesimpulan utama adalah bahwa program human counting ini memiliki potensi dalam meningkatkan efisiensi pengawasan dan keamanan dengan menghitung jumlah manusia, tetapi perlu peningkatan dan pengembangan lebih lanjut untuk mengatasi kendala-kendala yang dihadapi dalam pengenalan objek dan pelacakan manusia dalam berbagai skenario pengawasan.

Key words: object detection, YOLO, Centroid Tracker, drone, penghitungan manusia

Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi di bidang pengawasan dan keamanan telah mengalami kemajuan yang signifikan. Fitur-fitur penting dalam produk-produk pengawasan kini menjadi lebih penting dalam menjaga lingkungan yang aman dan terkendali. Salah satu aspek teknologi yang mendapat perhatian besar adalah pengenalan objek atau *object detection*. Penerapan teknologi ini memiliki potensi besar dalam mengoptimalkan proses pengawasan, terutama dalam hal menghitung jumlah manusia di suatu area.

Identifikasi jumlah manusia merupakan elemen kunci yang perlu diperhatikan. Saat ini, banyak metode pengawasan masih mengandalkan pendekatan manual oleh petugas keamanan. Sebagai contoh, dalam penggunaan *drone* untuk mendeteksi kerumunan orang, masih terbatas dalam kemampuan menghitung secara akurat jumlah orang di dalam kerumunan tersebut. Proses perhitungan manual terhadap kelompok orang memakan waktu lama dan bisa menyebabkan kesalahan seperti menghitung individu yang sama lebih dari sekali.

Untuk mengatasi tantangan ini, pendekatan yang diusulkan adalah memanfaatkan teknologi *drone* yang dilengkapi dengan kemampuan penghitungan manusia. *Drone* akan mampu melakukan perhitungan jumlah orang yang terdeteksi dalam jangkauan kamera. Pendekatan

ini dapat mempercepat proses pengawasan, mengurangi kesalahan perhitungan, dan meningkatkan efisiensi operasional keamanan.

Dalam implementasinya, teknologi yang digunakan termasuk bahasa pemrograman *Python*, serta teknik *YOLO (You Only Look Once)* versi 7 untuk deteksi objek dan algoritma *Centroid Tracker* untuk menghitung manusia. Dengan menggabungkan teknologi *drone*, pengenalan objek dengan *YOLO*, dan penghitungan manusia menggunakan *Centroid Tracker*, diharapkan efektivitas dan efisiensi dalam pengawasan dan keamanan lingkungan dapat ditingkatkan. Pendekatan ini akan berkontribusi positif dalam menciptakan lingkungan yang lebih aman dan terkendali secara lebih optimal.

Tinjauan Pustaka

Object Detection

Pada saat manusia melihat sebuah objek dalam gambar maka otak manusia akan dapat langsung mengenali objek, letak, beserta kondisi interaksi yang terjadi. Dengan sistem visual manusia yang cepat dan akurat, memungkinkan manusia untuk dapat melakukan tugas-tugas kompleks. Namun bagaimana jika tugas-tugas kompleks tersebut dilakukan oleh sebuah komputer. Untuk itu dibutuhkan sebuah algoritma

yang cepat dan akurat yang akan memungkinkan komputer dapat melakukan hal serupa hingga berpotensi untuk menyelesaikan tugas secara umum [1].

Object Detection merupakan metode dalam bidang *computer vision* yang memungkinkan kita untuk mengenali serta menemukan objek yang terdapat dalam gambar atau video. Dengan pendekatan ini, kita dapat mengidentifikasi jenis-jenis objek yang ada dan juga menentukan serta melacak posisi mereka dengan akurat, sambil memberikan label yang tepat. Teknik identifikasi dan lokalisasi objek ini memiliki potensi besar dalam menghitung jumlah objek yang hadir dalam suatu adegan visual, serta memetakan dan melacak lokasi dari objek-objek tersebut [2].

Pengenalan Objek YOLOv7

Metode *You Only Look Once (YOLO)* adalah sebuah pendekatan inovatif dalam deteksi objek. *YOLO* menganalisis seluruh gambar secara keseluruhan dalam satu tahap, mengizinkan jaringan saraf tiruan untuk langsung mendeteksi objek-objek yang ada dalam gambar tersebut. Pendekatan ini menghasilkan kecepatan dan akurasi yang tinggi dalam pendeteksian, bahkan mengungguli metode-metode lain dengan kecepatan hingga dua kali lipat [3].

Pelacakan Objek dengan Centroid Tracker

Algoritma pelacakan *centroid tracker* digunakan untuk melacak dan menghitung individu-individu dalam suatu rangkaian gambar bergerak. Algoritma ini memanfaatkan informasi *bounding box* dari deteksi objek sebelumnya. Dengan menggunakan titik pusat (*centroid*) dari setiap *bounding box*, algoritma ini menghitung jarak Euclidean antara *centroid* objek yang sudah terdeteksi pada bingkai sebelumnya dan *centroid* objek yang muncul pada bingkai berikutnya. Hal ini memungkinkan pengenalan individu-individu dan pergerakan objek secara akurat serta memberikan ID unik pada setiap objek yang terdeteksi [3].

Penggunaan MonaServer dan OBS

MonaServer merupakan sebuah server multimedia yang fleksibel dan mampu memberikan solusi *real-time*. Ini mendukung berbagai protokol seperti *RTMFP*, *RTMP*, *RTMPE*, *WebSocket*, dan *HTTP* [4]. Sementara itu, *OBS (Open Broadcaster Software)* adalah perangkat lunak sumber terbuka yang memungkinkan merekam video dan melakukan siaran langsung [5]. Dalam konteks pengawasan dan keamanan, keduanya dapat diintegrasikan untuk menyusun sistem yang mengambil *feed* video dari *drone* melalui *MonaServer*, mengolahnya menggunakan *OBS*, dan mengirimkan hasilnya ke aplikasi web.

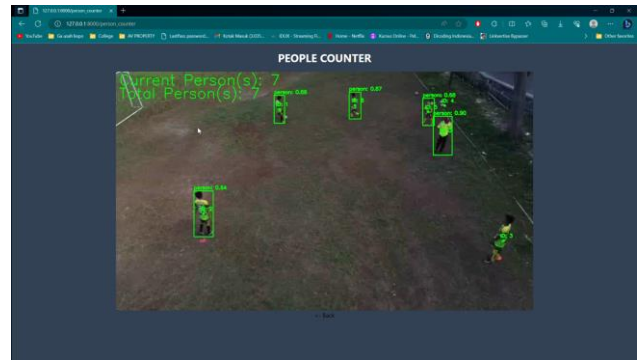
Metodologi Penelitian

Implementasi YOLO untuk Pengenalan Objek

Metode *YOLO* digunakan untuk pendeteksian objek dalam citra atau video. *YOLO* bekerja dengan menganalisis gambar secara menyeluruh dalam satu tahap, mengidentifikasi dan menghitung objek-objek yang ada. Implementasi ini melibatkan mengintegrasikan model *YOLO* dengan input gambar dari sumber video, menjalankan pendeteksian, dan menghasilkan *bounding box* serta label untuk objek-objek yang terdeteksi.

Pelacakan dan Penghitungan dengan Centroid Tracker

Algoritma *centroid tracker* digunakan untuk melacak pergerakan individu dalam video bergerak. Prosesnya melibatkan deteksi objek menggunakan *YOLO*, penghitungan titik pusat (*centroid*), dan penerapan mekanisme pelacakan menggunakan algoritma *centroid tracker*. Ini



Gambar 1. Tampilan Halaman Sistem People Counter

memungkinkan untuk menghitung jumlah manusia dalam area tertentu dan melacak pergerakan mereka dari bingkai ke bingkai.

Integrasi dengan MonaServer dan OBS

Integrasi *MonaServer* dan *OBS* melibatkan pengaturan *MonaServer* sebagai server *RTMP* untuk menerima *feed* video dari *drone* dan mengirimkannya ke *OBS*. *OBS* digunakan untuk memproses video, termasuk *overlay* dan elemen lainnya, serta mengirim hasilnya ke aplikasi web. Konfigurasi dilakukan pada kedua platform untuk memastikan aliran video yang lancar dan sesuai dengan kebutuhan.

Implementasi dengan Python

Pengembangan solusi ini dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python*. *Python* digunakan untuk menghubungkan, mengatur aliran data, serta mengintegrasikan berbagai komponen sistem. Pemrograman *Python* memungkinkan interaksi yang efisien antara algoritma deteksi, pelacakan, dan integrasi dengan platform *MonaServer* dan *OBS*. Dengan menggabungkan pengenalan objek *YOLO*, pelacakan dengan *centroid tracker*, dan integrasi *MonaServer* dan *OBS*, serta implementasi dengan *Python*, solusi ini mampu menghasilkan sistem pengawasan dan perhitungan manusia yang efektif dan efisien.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Akhir Sistem

Gambar 1 menunjukkan tampilan halaman sistem *People Counter*. Tampilan untuk *display output* pada *people counter* memperlihatkan hasil *output* yang terhubung dengan program dan juga *drone*. *Drone* sebagai sumber yang terhubung dengan *OBS* akan ditampilkan *POV*-nya di dalam halaman ini. Halaman ini juga memperlihatkan *bounding box*, *confidence score*, dan ID pada objek-objek yang terdeteksi, berapa total orang yang terdeteksi dan juga berapa jumlah orang yang sedang berada di dalam *frame*.

Hasil Pengujian

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian program *human counting* dengan skenario *drone* bergerak. Hasil uji akurasi deteksi menunjukkan beberapa temuan penting terkait hubungan antara akurasi deteksi dan kondisi deteksi yang diberikan. Ketika akurasi deteksi berada pada kisaran sekitar 46.67% hingga 70% terdapat kasus *double counting* pada subjek yang sama. Sistem masih mengalami kesulitan dalam mengenali objek manusia secara akurat. Lebih lanjut, ketika akurasi deteksi mencapai 87.5%, juga terjadi *double counting* pada subjek yang sama, namun menunjukkan performa yang lebih baik dalam mengenali objek, meskipun masih terdapat kendala yang perlu diatasi.

Table 1. Hasil Uji Posisi Drone Bergerak

Height	Speed	Total Orang (Real)	Counter	Error Deteksi	Akurasi Deteksi
3m	0-2 m/s	7	15	53.33%	46.67%
	0-6 m/s	7	8	12.5%	87.5%
	0-10 m/s	7	15	53.33%	46.67%
5m	0-2 m/s	8	14	42.8%	57.2%
	0-6 m/s	7	13	46.15%	53.85%
	0-10 m/s	7	10	30%	70%
7m	0-2 m/s	8	9	11.11%	88.89%
	0-6 m/s	7	10	30%	70%
	0-10 m/s	7	8	12.5%	87.5%
10m	0-2 m/s	6	5	16.67%	83.33%
	0-6 m/s	6	5	16.67%	83.33%
	0-10 m/s	6	3	50%	50%

Pada akurasi deteksi sekitar 50%, terjadi beberapa orang yang tidak terdeteksi dan tidak terhitung. Situasi ini menggambarkan bahwa sistem belum mampu mengenali dan menghitung manusia dengan akurat dalam kondisi tersebut. Selanjutnya, saat akurasi deteksi mencapai 83.33% dan terdapat objek asing yang terdeteksi sebagai manusia, serta saat akurasi deteksi tetap pada tingkat yang sama dan terjadi deteksi objek asing yang sekilas, sistem mengalami kesulitan dalam mengenali objek manusia dan dalam beberapa kasus, terjadi kebingungan dengan objek lain.

Dari hasil data tersebut, dapat disimpulkan bahwa akurasi deteksi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti *double counting*, kesalahan dalam mengenali objek asing, serta kesulitan dalam menghitung manusia dengan benar. Faktor-faktor tersebut memberikan dampak signifikan terhadap kemampuan sistem dalam mengenali dan menghitung manusia dalam berbagai kondisi deteksi.

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian program *human counting* dengan skenario posisi *drone* diam di tempat atau tidak bergerak. Berdasarkan data hasil uji akurasi deteksi pada berbagai skenario ketinggian *drone* dan kecepatan, total orang di dalam *frame*, dapat ditarik beberapa simpulan mengenai hubungan antara akurasi deteksi dan kondisi deteksi. Saat akurasi deteksi mencapai 100% dan terjadi beberapa *double counting* pada subjek yang sama, sistem mampu mendeteksi manusia dengan akurat, meskipun terdapat kesalahan *double counting*. Kasus di mana akurasi deteksi juga mencapai 100% dan banyak orang yang terdeteksi sesuai menunjukkan performa sistem yang baik dalam mengenali dan menghitung jumlah manusia dengan akurat.

Table 2. Hasil Uji Posisi Drone Diam

Height	Angle	Total Orang (Real)	Counter	Error Deteksi	Akurasi Deteksi
3m	30°	8	15	46.67%	53.33%
	45°	8	8	0%	100%
	90°	2	2	0%	100%
5m	30°	9	5	44.44%	55.56%
	45°	9	12	25%	75%
	90°	6	5	16.67%	83.33%
7m	30°	9	0	100%	0%
	45°	9	11	18.18%	81.82%
	90°	3	3	0%	100%
10m	30°	9	1	88.89%	11.11%
	45°	9	8	11.11%	88.89%
	90°	7	8	12.5%	87.5%

Namun, situasi di mana akurasi deteksi berada di kisaran 50% hingga 75% dan terdapat objek asing yang terdeteksi sebagai *person*, serta beberapa orang tidak terdeteksi, mengindikasikan tantangan sistem dalam mengenali objek manusia dan dapat menghasilkan kesalahan deteksi yang signifikan. Ketika akurasi deteksi mencapai 75% dan terjadi objek asing yang terdeteksi sebagai *person*, serta *double counting*, sistem mengalami kesulitan dalam mengenali objek sebenarnya dan kesalahan tersebut memengaruhi akurasi deteksi.

Situasi dengan akurasi deteksi sekitar 83.33% dan terjadi *error* pendeteksian di mana dua individu terdeteksi dalam satu *bounding box* menunjukkan kemampuan sistem dalam deteksi objek, namun masih terdapat beberapa kesalahan. Di sisi lain, ketika akurasi deteksi mencapai 0% dan terdapat objek asing yang terdeteksi sebagai *person*, sistem gagal mengenali objek manusia secara memadai. Performa sistem juga dipengaruhi oleh kesalahan *double counting*, seperti pada kasus dengan akurasi deteksi sekitar 81.82%. Situasi dengan akurasi deteksi rendah, seperti 11.11%, menunjukkan bahwa sistem mengalami kendala dalam mengenali objek manusia secara akurat. Akhirnya, akurasi deteksi sekitar 88.89% dan satu orang tidak terdeteksi serta tidak terhitung menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi sebagian besar objek, tetapi masih terdapat kesalahan dalam mengenali individu tertentu.

Dari data ini, terlihat bahwa akurasi deteksi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kesalahan pendeteksian, *double counting*, dan deteksi objek asing, yang secara signifikan mempengaruhi performa sistem dalam mengenali dan menghitung manusia dalam berbagai kondisi.

Analisis Hasil Pengujian

Proses pengujian *Human Counting* dilakukan dengan mengambil *POV drone* dari ketinggian 3 m, 5 m, 7 m, dan 10 m, dengan setiap titik ketinggian dilakukan pengujian dari tiga titik sudut yaitu sudut 30°, 45°, dan 90°. Berikut adalah nilai rata-rata akurasi dari masing-masing titik ketinggian:

1. Nilai rata-rata akurasi deteksi dan penghitungan manusia saat *drone* dalam keadaan bergerak.

- Ketinggian 3 meter:

$$\frac{46.67 + 87.5 + 46.67}{3} \times 100\% = 60.28\% \quad (1)$$

- **Ketinggian 5 meter:**

$$\frac{57.2 + 53.85 + 70}{3} \times 100\% = 60.35\% \quad (2)$$

- **Ketinggian 7 meter:**

$$\frac{88.89 + 70 + 87.5}{3} \times 100\% = 82.13\% \quad (3)$$

- **Ketinggian 10 meter:**

$$\frac{88.89 + 70 + 87.5}{3} \times 100\% = 82.13\% \quad (4)$$

2. Nilai rata-rata akurasi deteksi dan penghitungan manusia saat *drone* dalam keadaan diam.

- **Ketinggian 3 meter:**

$$\frac{53.33 + 100 + 100}{3} \times 100\% = 84.44\% \quad (5)$$

- **Ketinggian 5 meter:**

$$\frac{55.56 + 75 + 83.33}{3} \times 100\% = 71.30\% \quad (6)$$

- **Ketinggian 7 meter:**

$$\frac{0 + 81.82 + 100}{3} \times 100\% = 60.61\% \quad (7)$$

- **Ketinggian 10 meter:**

$$\frac{11.11 + 88.89 + 87.5}{3} \times 100\% = 62.50\% \quad (8)$$

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan terhadap program human counting dengan menggunakan teknologi pengenalan objek dan pelacakan manusia, dapat diambil beberapa kesimpulan penting. Program ini memiliki potensi besar dalam mengoptimalkan proses pengawasan dan keamanan dengan menghitung jumlah manusia di suatu area. Penggunaan metode YOLOv7 (*You Only Look Once*) untuk deteksi objek dan algoritma Centroid Tracker untuk pelacakan manusia secara dinamis membantu meningkatkan efisiensi operasional dan akurasi dalam mendeteksi serta menghitung manusia.

Pengujian yang dilakukan mengindikasikan bahwa akurasi deteksi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kondisi deteksi seperti ketinggian drone, sudut pandang, dan kecepatan pergerakan. Saat akurasi deteksi mencapai tingkat yang tinggi, sistem mampu mendeteksi manusia secara akurat. Namun, terdapat situasi di mana akurasi deteksi menurun, dan hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk kesalahan double counting dan objek asing yang terdeteksi sebagai manusia. Penyebab utama terjadinya double counting adalah bahwa metode YOLO tidak memiliki kemampuan untuk mengenali setiap individu secara unik, sehingga sulit untuk membedakan individu yang sama atau berbeda dalam suatu bingkai. Kendala-kendala ini secara signifikan memengaruhi kemampuan sistem dalam menghitung jumlah manusia dengan benar.

Dalam skenario drone diam di tempat, sistem memiliki performa yang lebih baik dalam mengenali dan menghitung manusia dengan rata-rata akurasi 69,70%. Dengan demikian, kesimpulan utama adalah bahwa program *human counting* ini memiliki potensi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi pengawasan dan keamanan dengan menghitung jumlah manusia. Namun, performa akurasi sangat tergantung pada berbagai faktor, termasuk kondisi deteksi dan kemampuan sistem dalam mengenali objek secara tepat. Pengembangan lebih lanjut dan peningkatan algoritma serta pengujian lebih komprehensif diperlukan untuk mengatasi kendala-kendala tersebut dan memastikan keakuratan yang lebih baik dalam menghitung manusia dalam berbagai skenario pengawasan.

Daftar Pustaka

1. Dompeipen TA, Sompie SR, Najoan ME. Computer Vision Implementation for Detection and Counting the Number of Humans. *Jurnal Teknik Informatika*. 2021;16(1):65-76.
2. Mulyo H, Kusumodestoni H. Object Detection pada CCTV untuk Smart City Kabupaten Kendal. *AMRI (Analisa, Metode, Rekayasa, Informatika)*. 2022;1(2):121-4.
3. Rachmawati F, Widhyaestoeti D. Deteksi Jumlah Kendaraan di Jalur SSA Kota Bogor Menggunakan Algoritma Deep Learning YOLO. In: *PROSIDING LPPM UIKA BOGOR*; 2020. .
4. Poux M, Jammet T. Overview - MonaServer; n.d. [Accessed: 16-Aug-2023]. Available from: <https://www.monaserver.ovh/>.
5. Rizana D, Huda M. Pelatihan pembuatan video pembelajaran menggunakan OBS studio. *COMMUNITY EMPOWERMENT*. 2021;6(5).
6. Pratama MDR, Priyatna B, Hilabi SS, Hananto AL. Deteksi Objek Kecelakaan Pada Kendaraan Roda Empat Menggunakan Algoritma YOLOv5. *Teknologi: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*. 2022;12(2):15-26.