

---

## Sistem Pengawasan Berbasis IoT pada Robot Vision Untuk Peningkatan Keamanan Perimeter di Industri Batam

Deosa Putra Caniago<sup>1</sup>, Muhammad Jufri<sup>2</sup>, M Abrar Masril<sup>3</sup>

deosa@iteba.ac.id<sup>1</sup>, jufri@iteba.ac.id<sup>2</sup>, abrar@iteba.ac.id<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Batam, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Batam, Indonesia

---

### Informasi Artikel

Diterima : 30 Okt 2024

Direvisi : 5 Nov 2024

Disetujui : 3 Des 2024

---

### Kata Kunci

Arduino, Computer Vision, IoT, Pixy2Cam, Robot

---

### Abstrak

Kota Batam menghadapi tantangan keamanan yang signifikan seiring dengan pertumbuhan industri yang pesat, sehingga kebutuhan akan sistem pengawasan yang efektif di kawasan industri menjadi mendesak. Penelitian ini mengembangkan robot pengawas menggunakan teknologi Internet of Things dan visi komputer untuk meningkatkan keamanan perimeter di zona industri. Robot ini dilengkapi dengan Arduino sebagai pengendali, kamera Pixy2Cam untuk deteksi objek, dan modul WiFi untuk konektivitas jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan robot dapat mendeteksi individu dengan perlengkapan keselamatan dalam 0,2 detik dan mencapai tingkat keberhasilan deteksi 100% dalam kondisi ideal. Aplikasi pengendali yang dikembangkan dengan MIT App Inventor juga menampilkan gambar secara real-time, memungkinkan respons cepat terhadap ancaman. Penelitian ini menunjukkan bahwa robot pengawas tersebut efektif dalam meningkatkan pemantauan di kawasan industri Batam.

---

### Keywords

Arduino Uno, Computer Vision, IoT, Pixy2Cam, Robot

---

### Abstract

*Batam City faces significant security challenges alongside rapid industrial growth, making the need for effective surveillance systems in industrial areas urgent. This research developed a surveillance robot utilizing Internet of Things and computer vision technologies to enhance perimeter security in industrial zones. The robot is equipped with Arduino as the controller, a Pixy2Cam camera for object detection, and a WiFi module for remote connectivity. Testing results indicate that the robot can detect individuals wearing safety gear in 0.2 seconds and achieves a detection success rate of 100% under ideal conditions. The developed controller application using MIT App Inventor also displays real-time images, allowing for rapid responses to potential threats. This research demonstrates that the developed surveillance robot effectively enhances monitoring in the Batam industrial area.*

## A. Pendahuluan

Kota Batam, salah satu kota industri terkemuka di Indonesia. Badan Pengusahaan Batam menyebutkan bahwa Kota Batam telah mengalami pertumbuhan ekonomi yang signifikan, didorong oleh investasi besar-besaran dari perusahaan nasional dan internasional [1]. Dengan lebih dari 1.300 perusahaan yang terbagi kedalam berbagai sektor, termasuk manufaktur, teknologi, dan logistik yang tercatat pada dokumen Industrial Estates in Batam 2023 [2]. Pertumbuhan ini mencerminkan potensi ekonomi yang semakin besar dan sekaligus menimbulkan tantangan baru terkait keamanan industri. Kompleksitas dan luasnya fasilitas industri telah menyebabkan peningkatan risiko keamanan. Maraknya kasus pencurian, perusakan, dan kegiatan kriminal lainnya di area industri Batam dalam beberapa tahun terakhir [3]. Dari latar belakang permasalahan tersebut dibutuhkan teknologi yang mampu mengawasi perimeter industri di Kota Batam dari ancaman aktifitas kriminal. Pada penelitian ini penulis mengusulkan metode Internet of Things (IoT) dan computer vision pada robot mobile.

Pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) dapat diimplementasikan dalam sistem pengawasan [4], sehingga dapat meningkatkan keamanan dan responsabilitas [5]. Konsep IoT memberikan manfaat dalam memantau sistem terintegrasi, termasuk pada sektor keamanan industri [6] [7]. Penggunaan robot sebagai pemantau menjadi lebih efisien [8] dengan integrasi IoT ke dalam jaringan, memungkinkan pemantauan yang responsif terhadap ancaman real-time tanpa terkendala jarak [9], dengan pengumpulan data lingkungan real-time yang memfasilitasi pengambilan keputusan cepat dalam menanggapi situasi keamanan yang cepat berkembang [10]. Dalam sistem manufaktur, setiap komponen termasuk sensor, aktuator, dan perangkat lunak tertanam dengan perangkat fisik, dan semuanya terhubung ke berbagai jaringan internet [11], dapat dikonfigurasi dinamis, dan mampu mengumpulkan serta bertukar data secara fleksibel [12].

Studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi IoT dapat meningkatkan efisiensi operasional dan tanggung jawab terhadap keamanan [13]. Implementasi aplikasi robot mobile dengan konsep IoT semakin menarik perhatian karena potensinya dalam mengoptimalkan pengelolaan sumber daya dan meningkatkan produktivitas secara keseluruhan [14] [15], serta mengurangi risiko paparan langsung terhadap bahaya dan kesehatan bagi petugas keamanan [16]. Sementara, teknologi computer vision memanfaatkan teknologi sensor gambar, mampu mengidentifikasi objek dan menganalisis visualisasi dari realitas sekitar untuk pengolahan lebih lanjut [17]. Dengan hasil tingkat akurasi yang tinggi dan waktu deteksi yang cepat, teknologi computer vision pada robot telah terbukti efektif dalam mendeteksi objek berwarna, menawarkan potensi besar dalam berbagai aplikasi praktis [18].

Selain itu, penggunaan teknologi computer vision dalam bedah juga meningkatkan kinerja tim bedah dan keselamatan pasien [19]. Dengan memanfaatkan data video yang diannotasi, model komputer dilatih untuk mengenali gerakan tersebut dengan tingkat keakuratan yang tinggi [20]. Dengan melatih mesin pintar yang beroperasi secara real-time dan model-model yang dapat diprediksi [21], robot dapat menavigasi bangunan, mengatasi halangan dan kejadian tak terduga, melakukan pemantauan berkala sehingga memberikan

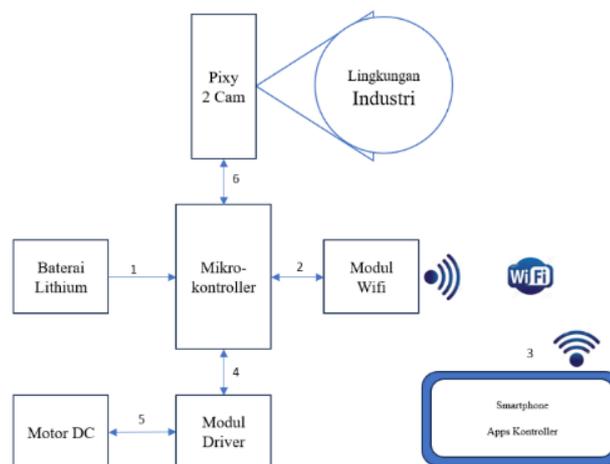
evaluasi kenyamanan [22]. Penggunaan integrasi antara teknologi Internet of Things dan Computer Vision pada Mobile Robot, diharapkan dapat memberikan perlindungan yang lebih baik bagi fasilitas industri di Kota Batam, serta mendukung pertumbuhan industri yang berkelanjutan di masa depan.

## B. Metode Penelitian

### 1. Block Diagram

Sistem robot pengawas yang dirancang menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) memiliki struktur terintegrasi untuk meningkatkan efektivitas pemantauan di kawasan industri. Pengendali terhubung dengan kamera Pixy2Cam, yang menangkap gambar digital dari lingkungan sekitar. Kamera ini secara khusus digunakan untuk deteksi perimeter, memungkinkan robot mengidentifikasi objek dalam jangkauan pengamatannya. Data gambar yang direkam oleh kamera Pixy2Cam diterima oleh pengendali dan diproses menggunakan perangkat lunak khusus yang dirancang untuk mendeteksi objek dengan akurasi tinggi. Setelah diproses, informasi tentang objek yang terdeteksi dikirim melalui modul WiFi, memanfaatkan teknologi IoT untuk menghubungkan robot dengan smartphone pengguna. Smartphone berfungsi sebagai antarmuka pengguna yang memungkinkan kontrol jarak jauh robot.

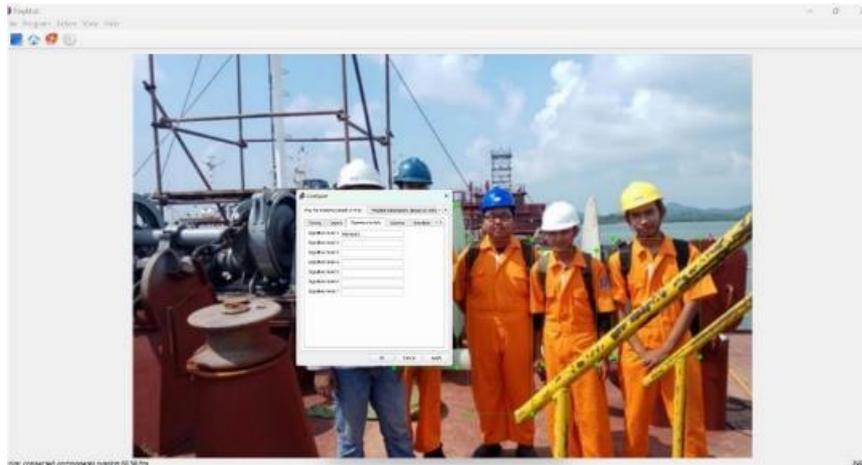
Aplikasi yang dirancang khusus menggunakan MIT App Inventor ini tidak hanya menampilkan gambar real-time dari kamera, tetapi juga menyertakan tombol kontrol yang memungkinkan pengguna menggerakkan motor robot secara nirkabel. Dengan fitur ini, pengguna dapat mengarahkan robot untuk bergerak ke lokasi tertentu dan memantau area tertentu secara efektif. Diagram blok sistem menggambarkan aliran informasi antara komponen-komponennya. Di bagian atas, kamera Pixy2Cam terlihat menangkap gambar dan mengirim data ke pengendali. Pengendali kemudian memproses data ini dan mengirimkan hasil deteksi objek ke smartphone pengguna melalui modul WiFi. Aplikasi smartphone menampilkan hasil deteksi dan menyediakan kontrol langsung bagi pengguna untuk mengoperasikan robot. Dengan struktur sistem terintegrasi ini, robot pengawas berbasis IoT menawarkan solusi yang efisien dan responsif terhadap ancaman di perimeter industri.



**Gambar 1.** Blok Diagram Sistem

## 2. Computer Vision

Computer vision digunakan untuk mendeteksi objek yang mengenakan warepack dengan menganalisis gambar dari kamera Pixy2Cam. Proses ini melibatkan labeling untuk melatih model deteksi, yang kemudian dapat secara otomatis mengenali dan mengklasifikasikan objek dengan akurasi tinggi, meningkatkan efisiensi pengawasan dan keamanan, proses labeling dapat terlihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Labeling

## 3. Pixy2Cam

Pixy2Cam adalah modul sensor visual dari Charmed Labs yang dirancang untuk mendeteksi dan melacak objek berdasarkan label warna, sehingga sangat berguna dalam sistem deteksi visual. Dalam proses deteksi objek, Pixy2Cam mengenali pola atau tanda warna tertentu, seperti label warna oranye yang digunakan untuk mendeteksi pekerja yang mengenakan warepack. Setelah label warna diatur dalam sistem, Pixy2Cam dengan cepat mengidentifikasi dan fokus pada objek yang sesuai dengan tanda warna tersebut dalam jangkauan kameranya. Kecepatan transfer data yang tinggi memungkinkan deteksi dan pelacakan secara real-time, di mana, setelah mendeteksi warepack oranye, kamera menangkap gambar, memrosesnya, dan mengirim data ke antarmuka kontrol. Fleksibilitas dalam pemrograman memungkinkan Pixy2Cam terintegrasi dengan berbagai platform seperti Arduino, Python, dan C/C++. Dalam konteks ini, kamera berkomunikasi dengan mikrokontroler Arduino, yang mentransmisikan data visual ke aplikasi seluler untuk pemantauan dan kontrol secara real-time. Kemampuan mendeteksi objek berdasarkan data label warna membuat Pixy2Cam menjadi komponen yang efisien dan responsif dalam sistem penglihatan robot.



**Gambar 3.** Pixy2Cam

Pengujian data deteksi dari kamera Pixy2 yang digunakan untuk mengidentifikasi pekerja yang mengenakan wearpack oranye dan individu lain dengan seragam berbeda. Kamera menangkap posisi objek (X, Y), ukuran (lebar, tinggi), dan melacaknya dari waktu ke waktu menggunakan nilai indeks. Hasil pengujian dengan 5 kali percobaan deteksi objek yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

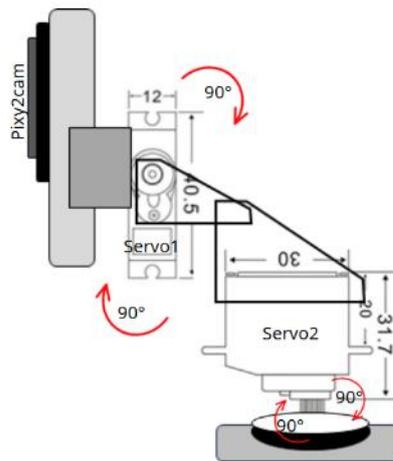
**Tabel 1.** Data Objek Deteksi

Object	X	Y	Width	Height	Index	Age
Wearpack	182	60	72	98	171	213
Seragam lain 1	223	81	104	80	121	206
Seragam lain 2	206	93	115	99	231	225
Seragam lain 3	172	52	90	81	100	240
Seragam lain 4	233	100	138	75	138	218

Hasil ini menunjukkan kemampuan kamera Pixy2 untuk mendeteksi dan melacak objek berdasarkan ukuran dan lokasinya dan digunakan untuk labelling pada citra yang tertangkap kamera.

#### 4. Motor Servo

Motor servo berfungsi untuk menggerakkan kamera Pixy2cam pada robot, membantu mengurangi blind spot dalam pemantauan visual. Dalam desain robot ini, dua motor servo digunakan untuk mengatur sudut pandang kamera. Motor servo pertama dan kedua menggerakkan kamera dengan sudut yang dapat disesuaikan, yaitu  $45^\circ$  untuk pandangan yang lebih luas dan  $90^\circ$  untuk fokus yang lebih sempit, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Trunk Vision Robot

## 5. Aplikasi Kontroler

MIT App Inventor adalah platform sumber terbuka yang memudahkan pengembangan aplikasi seluler menggunakan smartphone melalui pendekatan pengkodean berbasis blok. Dirancang untuk memudahkan pengguna tanpa latar belakang pemrograman yang mendalam, MIT App Inventor memungkinkan siapa saja untuk membuat aplikasi dengan antarmuka yang intuitif dan visual. Platform ini sangat berguna dalam konteks teleoperasi, seperti mengendalikan robot mobile untuk tugas-tugas spesifik, termasuk penyiraman tanaman, dengan integrasi modul Bluetooth. Dengan MIT App Inventor, pengguna dapat mengembangkan solusi yang terjangkau dan mudah diakses, memperluas penerapan kecerdasan buatan dan teknologi robotik dalam berbagai aplikasi praktis [23]. Perancangan desain mekanika dapat terlihat pada Gambar 5 berikut ini.

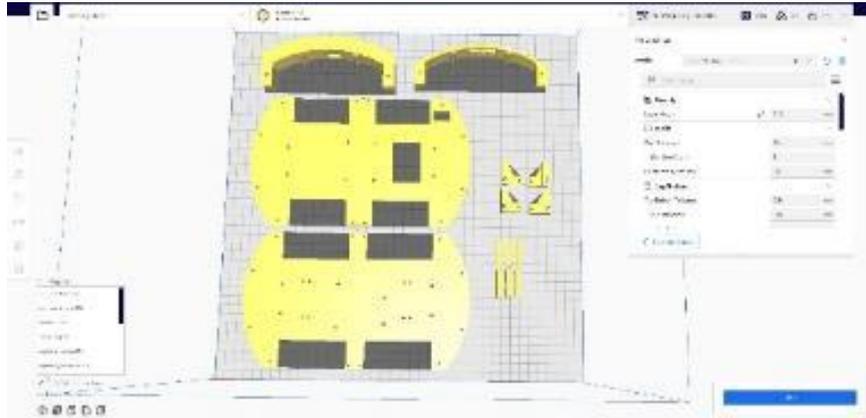


**Gambar 5.** Desain Antarmuka Kontroller Robot

## 6. Desain Robot

Dalam desain robot, struktur mekanis dibuat menggunakan filamen yang dicetak melalui printer 3D Creality CR-6 SE, dengan perangkat lunak Ultimaker Cura 7 sebagai alat desain. Penggunaan filamen menawarkan keuntungan seperti

bobot yang ringan dan sifat tahan air, karena terbuat dari bahan plastik, sehingga membuat robot lebih mudah bergerak dan tahan lama di berbagai lingkungan. Desain mekanis akhir dari robot dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



**Gambar 6.** Desain Mekanik Robot

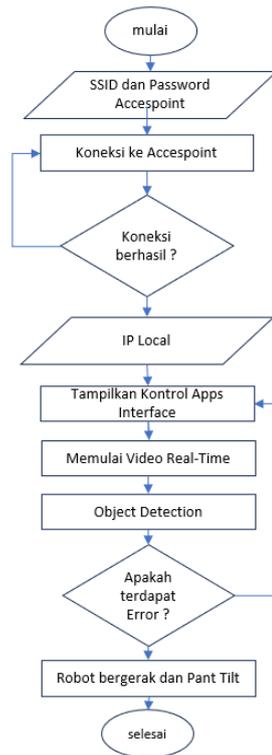
Pemrograman sistem penglihatan robot ini sepenuhnya dilakukan menggunakan Arduino IDE, yang bertanggung jawab untuk mengelola fungsi dan sensor pada robot. Aplikasi antarmuka untuk mengontrol robot vision dirancang menggunakan MIT App Inventor, memungkinkan pengguna untuk mengoperasikan robot secara real-time melalui perangkat seluler. Aplikasi ini juga menampilkan gambar real-time yang ditangkap oleh kamera Pixy2Cam, memberikan visualisasi langsung dari area pengawasan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Integrasi ini memudahkan pengguna dalam memantau dan mengontrol robot secara efisien.



**Gambar 7.** Controller Robot Apps

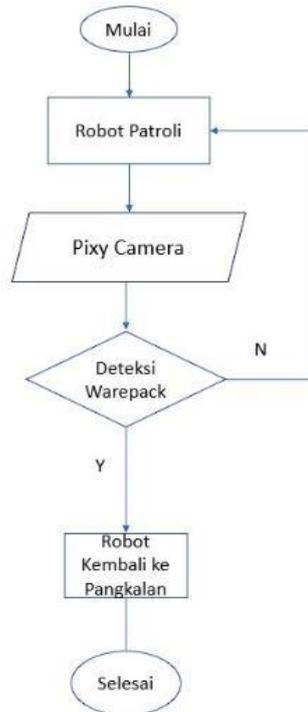
Untuk menggambarkan alur logika dan proses kontrol secara keseluruhan, Flowchart program digunakan untuk memvisualisasikan langkah-langkah utama mulai dari akuisisi data oleh sensor hingga eksekusi perintah oleh mikrokontroler. Diagram ini menunjukkan bagaimana program mengelola alur kerja robot,

termasuk pemrosesan data dari kamera dan sensor hingga mengontrol gerakan dan fungsi robot sesuai dengan desain. Detail alur ini dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Flowchart Robot Secara Keseluruhan

Untuk menjelaskan langkah-langkah sistematis dalam deteksi objek sesuai dengan flowchart sebelumnya, berikut adalah gambaran umum dari flowchart sistem untuk mendeteksi objek. Proses dimulai dengan robot bergerak melalui area pemantauan, di mana Pixy2cam berfungsi sebagai komponen utama, terus-menerus memantau lingkungan secara real-time. Jika Pixy2cam mendeteksi objek, seperti pekerja yang mengenakan wearpack oranye sesuai dengan label warna yang telah diatur sebelumnya, data gambar secara instan dikirimkan ke antarmuka kontrol melalui interface aplikasi. Sistem ini berjalan terus-menerus dalam loop hingga dinonaktifkan, memungkinkan deteksi dan transmisi data berkelanjutan selama sistem aktif, seperti yang terlihat pada Gambar 9 berikut ini.

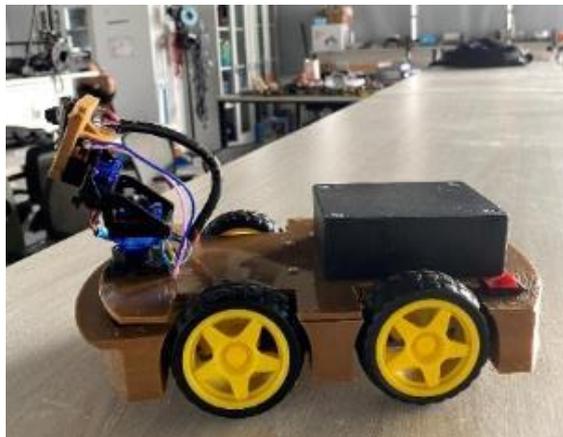


**Gambar 9.** Flowchart Deteksi Objek

## C. Hasil dan Pembahasan

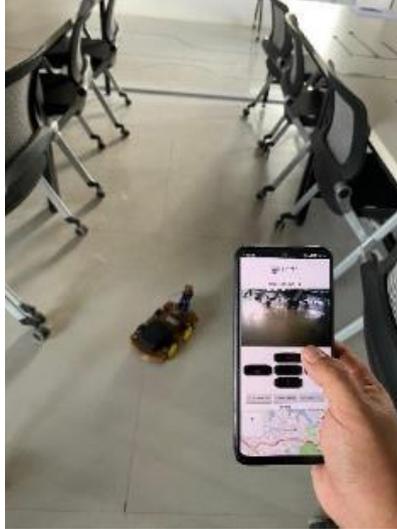
### 1. Pengujian Kontrol Robot Vision berbasis IoT

Hasil penelitian ini menghasilkan robot vision yang dilengkapi dengan empat roda untuk mobilitas optimal di lingkungan industri. Robot ini juga dilengkapi dengan kamera yang dapat berputar hingga 90 derajat, memungkinkan cakupan pengawasan yang lebih luas. Robot ini dikendalikan melalui aplikasi seluler yang terhubung melalui teknologi Internet of Things (IoT), memberikan fleksibilitas untuk pemantauan dan pengoperasian jarak jauh. Dengan fitur-fitur ini, robot penglihatan dapat digunakan secara efektif untuk memantau kondisi lapangan, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut. Untuk hasil perancangan robot vision dapat terlihat pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Robot Vision

Pengujian teknologi Internet of Things (IoT) pada sistem penglihatan robot, menggunakan komponen WiFi dan aplikasi yang dirancang, dilakukan untuk mendemonstrasikan kemampuan kontrol robot penglihatan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11 di bawah ini.



**Gambar 11.** Pengujian Kontrol Robot

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh sistem robot, baik mekanis maupun elektronik, beroperasi dengan benar dan sesuai dengan desain yang dimaksud. Kontroler IoT yang digunakan diuji dalam berbagai kondisi untuk memastikan bahwa sinyal kontrol dapat dikirim dan diterima secara real-time tanpa gangguan atau keterlambatan yang signifikan, dengan hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2.** Data Objek Deteksi

Experiment Distance	Distance (meters)	Keterangan
Dalam Ruang Kecil	0 - 5	Sukses
Dalam Ruang Besar	5-20	Sukses
Diluar ruangan dengan tidak ada halangan	20 - 50	Sukses
Diluar ruangan dengan banyak halangan	50 - 100	Sukses
Dilingkungan industri	0 - 30	Sukses

## 2. Pengujian Deteksi Objek

Pengujian sistem deteksi objek berbasis penglihatan komputer pada robot dilakukan untuk memastikan bahwa teknologi deteksi objek beroperasi dengan akurasi tinggi dalam mendeteksi objek di area industri. Algoritma diuji dalam skenario kehidupan nyata untuk mengenali objek seperti pekerja dan mesin, serta untuk memastikan bahwa pekerja mengenakan wearpack sesuai dengan standar kesehatan dan keselamatan kerja (K3). Pengujian juga mencakup kemampuan untuk membedakan antara pekerja yang mengenakan seragam wearpack dan pakaian kantor. Tingkat akurasi sistem dihitung menggunakan Persamaan (1), yang menunjukkan efektivitas sistem dalam mendeteksi dan membedakan objek secara real-time, mendukung keselamatan dan efisiensi kerja di industri [24] .

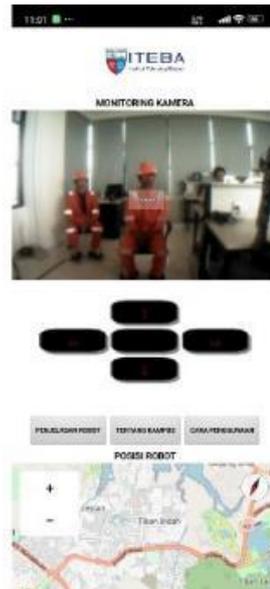
$$x = \frac{\text{jumlah hasil yang akurat}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \quad (1)$$

Pengujian deteksi objek menggunakan Pixy2Cam berfokus pada identifikasi pekerja yang mengenakan wearpack oranye, seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 12. Proses ini memanfaatkan kemampuan canggih dari Pixy2Cam, yang dirancang untuk mengenali pola warna tertentu dengan efisien. Dengan memanfaatkan algoritma pemrosesan gambar yang kuat, kamera dapat dengan cepat dan akurat mendeteksi keberadaan pekerja yang mengenakan wearpack oranye, sehingga meningkatkan keselamatan dan pemantauan di lingkungan kerja. Hasil pengujian ini menunjukkan efektivitas sistem dalam skenario dunia nyata, memberikan informasi berharga untuk meningkatkan protokol keselamatan operasional.



**Gambar 12.** Akurasi Deteksi

Dalam aplikasi kontrol yang telah dikembangkan, desain ini memungkinkan pengguna untuk dengan mudah menavigasi dan mengontrol gerakan robot sambil memantau lingkungan secara langsung melalui tangkapan kamera. Integrasi elemen-elemen ini meningkatkan kegunaan aplikasi secara keseluruhan, menjadikannya intuitif bagi operator dalam mengelola tugas robot dengan efektif. Tampilan dinamis dari umpan kamera tidak hanya memberikan pandangan yang jelas tentang sekitarnya, tetapi juga memungkinkan pengambilan keputusan cepat dalam merespons objek yang terdeteksi atau potensi bahaya. Fungsionalitas ini digambarkan dengan jelas pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Hasil Tangkap Layar Aplikasi Interface Robot Vision

Berikut adalah tangkapan layar yang lebih jelas menunjukkan sistem deteksi objek terintegrasi dalam penglihatan robot. Sistem ini menunjukkan kemampuan untuk secara akurat mengidentifikasi dan mendeteksi seseorang yang mengenakan wearpack, menyoroti efektivitas teknologi yang digunakan. Gambar ini menggambarkan kemampuan analisis dan pengenalan real-time robot, yang sangat penting untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan di berbagai lingkungan. Ketepatan deteksi sangat penting, terutama di lingkungan industri, di mana identifikasi personel yang cepat diperlukan untuk efisiensi operasional dan kepatuhan terhadap standar keselamatan. Fungsionalitas ini ditampilkan dengan jelas dalam Gambar 14.



**Gambar 13.** Hasil Deteksi Objek

Berdasarkan pengujian, deteksi objek Robot Vision berbasis IoT terhadap pekerja yang mengenakan wearpack oranye menunjukkan hasil yang akurat, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Data Objek Deteksi

Percobaan	Kondisi Lingkungan	Hasil	Waktu Deteksi	Keberhasilan Deteksi
Uji Coba 1	Pencahayaan normal		0.2	Sukses
Uji Coba 2	Pencahayaan rendah		1	Sukses
Uji Coba 3	Lingkungan berdebu		1.5	Sukses
Uji Coba 4	Lingkungan dengan gangguan visual		0.8	Sukses
Uji Coba 5	Pencahayaan berlebihan		1.2	Sukses
Uji Coba 6	Lingkungan dengan refleksi cahaya		2	Sukses
Uji Coba 7	Lingkungan berasap		1.7	Sukses
Uji Coba 8	Lingkungan dengan suhu tinggi		2	Sukses
Uji Coba 9	Lingkungan dengan banyak rintangan		3	Sukses
Uji Coba 10	Lingkungan yang tidak simteris		2.5	Sukses

$$x = \frac{\text{jumlah hasil yang akurat}}{\text{jumlah data}} \times 100\%$$

$$x = \frac{10}{10} \times 100\% = 100\%$$

Percobaan deteksi objek menunjukkan bahwa sistem penglihatan robot berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi lingkungan. Dalam pencahayaan normal, waktu deteksi cepat, yaitu 0,2 detik, tetapi dalam kondisi yang lebih menantang seperti pencahayaan rendah, lingkungan berdebu, dan area dengan gangguan visual, waktu deteksi meningkat menjadi antara 0,8 hingga 1,5 detik. Dalam kondisi ekstrem, seperti pencahayaan berlebihan, refleksi cahaya, suhu tinggi, dan area dengan banyak rintangan atau getaran, waktu deteksi berkisar antara 1,2 hingga 3 detik. Meskipun ada variasi ini, sistem secara konsisten mencapai tingkat keberhasilan deteksi 100%, membuktikan keandalannya dalam aplikasi industri di berbagai kondisi.

#### D. Simpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan robot pengawas berbasis Internet of Things (IoT) yang memanfaatkan komputer vision, menghasilkan robot vision yang bertujuan untuk meningkatkan keamanan di area industri Kota Batam. Robot ini mampu mendeteksi individu yang mengenakan seragam keselamatan dengan tingkat akurasi tinggi dan kecepatan deteksi rata-rata sekitar 0,2 detik dalam kondisi pencahayaan normal. Robot beroperasi secara optimal dalam rentang 0-5 meter, mencapai tingkat keberhasilan deteksi 100%. Integrasi IoT memungkinkan pemantauan waktu nyata melalui aplikasi pengendali yang berbasis MIT App Inventor, meningkatkan efisiensi pengawasan dan respons terhadap potensi ancaman. Meskipun pengujian deteksi dalam lingkungan pencahayaan rendah dan skenario gangguan visual meningkatkan waktu deteksi, robot tetap berhasil mendeteksi objek dengan tingkat keberhasilan 100% dalam empat pengujian deteksi objek. Dengan kombinasi teknologi IoT dan komputer vision, robot vision ini menawarkan solusi yang efisien dan aman untuk mendukung keamanan industri yang semakin kompleks di Batam.

#### E. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada LLDIKTI wilayah X yang telah mendanai penelitian ini dengan nomor kontrak 112/E5/PG.02.00.PL/2024. Kami juga berterima kasih kepada tim yang telah memberikan bantuan selama proses penelitian, serta Rektor, LPPM dan Kepala Laboratorium Mekatronika Institut Teknologi Batam yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini dengan dukungan penuh. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan teknologi pengawasan di kawasan industri, khususnya di Batam.

#### F. Referensi

- [1] Tuty, "Investasi Asing di Kota Batam kembali mengalami peningkatan sepanjang Semester I (Januari-Juni) 2023," <https://bpbatam.go.id/investasi-asing-di-batam-meningkat-sektor-industri-mesin-dan-elektronik-masih-dominan/>.
- [2] BPBatam, "Industrial Estates In Batam," <https://bpbatam.go.id/wp-content/uploads/2023/07/Industrial-Estates-in-Batam-2023.pdf>.
- [3] Junianto, "Pria Ini Diringkus Polisi, Curi Material Disalah Satu Perusahaan di Kawasan Batamindo, Batam," <https://www.batamnews.co.id/berita-99768-pria-ini-diringkus-polisi-curi-material-disalah-satu-perusahaan-di-kawasan-batamindo-batam.html>.
- [4] I. P. Dewi and R. Fikri, "Optimalisasi Keamanan Rumah dengan Implementasi Sistem Notifikasi Gerbang Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT)," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 4, no. 4, pp. 816–829, Aug. 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i4.4004.
- [5] K. A. Abuhasel and M. A. Khan, "A Secure Industrial Internet of Things (IIoT) Framework for Resource Management in Smart Manufacturing," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 117354–117364, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3004711.
- [6] D. P. Caniago and L. Hernando, "Revolusi Pengelolaan Alcoholism: Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things untuk Kadar Alkohol pada Minuman Berkaleng," *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information*

- Technology), vol. 4, no. 2, pp. 461–467, Aug. 2023, doi: 10.37859/coscitech.v4i2.5085.
- [7] X. Zong, Y. Luan, H. Wang, and S. Li, “A multi-robot monitoring system based on digital twin,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2021, pp. 94–99. doi: 10.1016/j.procs.2021.02.035.
- [8] D. P. Caniago, “Aplikasi Internet of Things pada Kotak Cerdas Penerima Tugas Mahasiswa menggunakan ESP32-Cam,” *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, vol. 3, no. 3, pp. 479–486, Dec. 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i3.4347.
- [9] X. Jiang, “An Experimental Analysis of Security Vulnerabilities in Industrial IoT Devices,” 2020. doi: <https://doi.org/0000001.0000001>.
- [10] M. Ryalat, H. ElMoaqet, and M. AlFaouri, “Design of a Smart Factory Based on Cyber-Physical Systems and Internet of Things towards Industry 4.0,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, no. 4, Feb. 2023, doi: 10.3390/app13042156.
- [11] J. Qi, L. Ma, Z. Cui, and Y. Yu, “Computer vision-based hand gesture recognition for human-robot interaction: a review,” *Complex and Intelligent Systems*, vol. 10, no. 1, pp. 1581–1606, Feb. 2024, doi: 10.1007/s40747-023-01173-6.
- [12] M. Abrar Masril and D. Putra Caniago, “Optimasi Teknologi Computer Vision pada Robot Industri Sebagai Pemindah Objek Berdasarkan Warna,” vol. 11, no. 1, pp. 46–57, 2023, doi: 10.26760/elkomika.v11.i1.46.
- [13] C. J. Munoz Martinez, R. Castro Salguero, R. Palomares, and J. Cornejo, “Mechatronics Development of Terrestrial Mobile Robot for Exploring and Monitoring Environmental Parameters at Mine Analogue Sites using IoT Platform,” in *Proceedings of the 2020 IEEE 27th International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep. 2020. doi: 10.1109/INTERCON50315.2020.9220227.
- [14] A. Rehman, T. Saba, M. Kashif, S. M. Fati, S. A. Bahaj, and H. Chaudhry, “A Revisit of Internet of Things Technologies for Monitoring and Control Strategies in Smart Agriculture,” Jan. 01, 2022, MDPI. doi: 10.3390/agronomy12010127.
- [15] D. Suryawan and R. M. S. Adinandra, “RANCANG BANGUN ROBOT PELAYAN MEDIS UNTUK PASIEN KARANTINA COVID-19 DENGAN KENDALI BERBASIS ANDROID,” *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 7, no. 1, p. 68, Jul. 2021, doi: 10.31884/jtt.v7i1.312.
- [16] V. Kakani, V. H. Nguyen, B. P. Kumar, H. Kim, and V. R. Pasupuleti, “A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry,” Dec. 01, 2020, Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.jafr.2020.100033.
- [17] L. R. Kennedy-Metz et al., “Computer Vision in the Operating Room: Opportunities and Caveats,” *IEEE Trans Med Robot Bionics*, vol. 3, no. 1, pp. 2–10, Feb. 2021, doi: 10.1109/TMRB.2020.3040002.
- [18] F. Luongo, R. Hakim, J. H. Nguyen, A. Anandkumar, and A. J. Hung, “Deep learning-based computer vision to recognize and classify suturing gestures in robot-assisted surgery,” *Surgery (United States)*, vol. 169, no. 5, pp. 1240–1244, May 2021, doi: 10.1016/j.surg.2020.08.016.

- [19] B. Quintana, K. Vikhorev, and A. Adán, "Workplace occupant comfort monitoring with a multi-sensory and portable autonomous robot," *Build Environ*, vol. 205, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108194.
- [20] M. A. Masril and R. Noviardi, "Analisa Morfologi Dilasi untuk Perbaikan Kualitas Citra Deteksi Tepi pada Pola Batik Menggunakan Operator Prewitt dan Laplacian of Gaussian," *JURNAL RESTI*, vol. 1, pp. 1052–1057, 2020, doi: <https://doi.org/10.29207/resti.v4i6.2601>.
- [21] Kakani, V., Nguyen, V. H., Kumar, B. P., Kim, H., & Pasupuleti, V. R. (2020, December 1). A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. *Journal of Agriculture and Food Research*. Elsevier B.V.
- [22] Quintana, B., Vikhorev, K., & Adán, A. (2021). Workplace occupant comfort monitoring with a multi-sensory and portable autonomous robot. *Building and Environment*, 205. Elsevier Ltd.
- [23] Suwandi, A., Paronda, A. H., & Sujatmiko, A. (2020). Robot Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis App Inventor. *JREC (Journal of Electrical and Electronics) ISSN (Vol. 8)*.
- [24] M. A. Masril and R. Noviardi, "Analisa Morfologi Dilasi untuk Perbaikan Kualitas Citra Deteksi Tepi pada Pola Batik Menggunakan Operator Prewitt dan Laplacian of Gaussian," *JURNAL RESTI*, vol. 1, pp. 1052–1057, 2020, doi: <https://doi.org/10.29207/resti.v4i6.2601>.