

# Deteksi dan Penghitung Orang Menggunakan Sistem Kamera Statis (CCTV) Dipadukan dengan Pengolahan Citra dan *Internet of Things*

Achmad Zacky Fairuza<sup>1,a)</sup>, Eko Satria<sup>1,b)</sup>, dan Mitra Djamal<sup>1,c)</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi,  
Kelompok Keilmuan Fisika Teoritik Energi Tinggi dan Instrumentasi,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>a)</sup> fairuza.zacky1@gmail.com

<sup>b)</sup> ekosatria004@gmail.com

<sup>c)</sup> mitra.djamal@yahoo.co.id

## Abstrak

*Closed Circuit Television (CCTV) semakin banyak digunakan di berbagai tempat salah satunya di ruang kelas. Fungsi dari CCTV adalah sebagai kamera pemantauan atau pengawasan yang tersambung dengan monitor dan menampilkan video secara langsung (real-time). Pada penelitian ini, dilakukan proses deteksi dan penghitungan orang pada suatu ruang kelas dengan memanfaatkan sistem kamera CCTV yang terpasang di pintu kelas dipadukan dengan pengolahan citra dan IoT. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem kamera cctv dengan pengolahan citra sehingga sistem dapat mendeteksi keberadaan orang serta menghitung jumlah orang yang masuk ke dalam kelas. Hasil dari penelitian ini menunjukkan sistem berhasil melakukan deteksi dan penghitungan orang untuk kasus satu objek dalam satu waktu, namun masih gagal dalam mendeteksi orang untuk kasus banyak objek dalam satu waktu. Sedangkan untuk pengiriman data berbasis IoT berhasil dilakukan dengan akurat.*

*Kata-kata kunci: IoT, Kamera, Pengolahan Citra, People Counting.*

## PENDAHULUAN

CCTV atau *Closed Circuit Television* merupakan sistem kamera yang dimanfaatkan untuk melakukan pengamatan dan pengawasan dalam suatu tempat sebagai metode proteksi terhadap pencurian, kekerasan, terorisme atau hal-hal lainnya[1]. Dalam hal ini penggunaan CCTV telah umum dalam masyarakat terutama di negara-negara maju. Akan tetapi dalam kenyataannya, penggunaan CCTV kebanyakan hanya sebatas perekaman kondisi secara terus menerus dan dipantau hanya pada saat dibutuhkan. Kondisi ini mengurangi efektifitas dari CCTV karena pemantauan bisa dilakukan secara langsung (*real-time*) dan terus menerus melalui sistem komputer. Dengan cara tersebut respon dari kejadian yang terpantau juga dapat dilakukan secara langsung.

Dari latar belakang tersebut penulis berhipotesis bahwa dengan mengurangi interaksi antara manusia dan mesin serta menggantinya dengan interaksi mesin dengan mesin mampu meningkatkan kecepatan respon dan umpan balik dari kondisi yang terpantau dalam CCTV. Untuk itu perlu dilakukan sebuah proses agar mesin dapat melakukan interpretasi terhadap citra yang diperoleh dari CCTV dan melakukan komunikasi data tersebut antar mesin. Akhirnya dalam penelitian ini penulis bertujuan untuk membuat sebuah sistem aplikasi interpretasi sederhana dari rekaman CCTV menggunakan prinsip pengolahan citra (*Digital Image Processing*) dan mengintegrasikan hasil yang diperoleh dengan sistem *Internet of Things* atau IoT. Data yang diperoleh dari rekaman video CCTV berupa deteksi keberadaan orang dan jumlah orang yang berada dalam suatu ruang.

Penelitian terkait pendeteksi orang telah banyak dilakukan baik menggunakan instrument sensor elektronik maupun dengan pengolahan citra. Sensor yang digunakan di antaranya yaitu sensor PIR[2-5], radar yang memiliki kemampuan deteksi melewati penghalang[6-8], sensor tekanan yang dipasang pada lantai[9-10], dan sensor getaran untuk mendeteksi langkah kaki[11]. Sedangkan penggunaan kamera telah banyak digunakan

karena sederhana dalam infrastruktur dan murah dalam biaya[12-16]. Hal yang baru dari penelitian ini adalah penggabungan antara pengolahan citra dan IoT dalam penggunaan kamera CCTV sehingga mampu meningkatkan kecepatan respon dari devais. Penggunaan kamera CCTV dan algoritma yang sederhana memungkinkan sistem untuk dipasang pada skala rumah.

### SISTEM DETEKSI DAN PENGHITUNG ORANG

Pada bagian ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai metode percobaan yang dilakukan oleh penulis. Terdapat 2 subbagian terkait diagram blok sistem dan cara kerjanya (arsitektur sistem). Kemudian juga terdapat algoritma proses pengolahan citra dan pengiriman data menggunakan protokol MQTT.

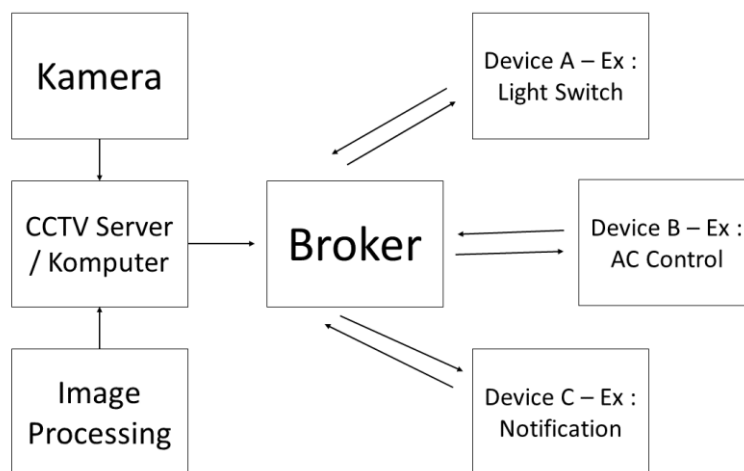
#### Blok Diagram Sistem dan Cara Kerja

Dalam kasus ini peneliti melakukan *sampling* terhadap rekaman video CCTV yang dipasang di sebuah pintu masuk ruangan. Pemasangan ini dilakukan dengan beberapa aturan tertentu agar pengolahan citra dapat dilakukan secara maksimal dan akurasi sistem diperoleh yang terbaik. Aturan yang digunakan yaitu (1) kamera diletakan pada posisi tepat di atas pintu masuk sehingga diperoleh latar belakang video yang statis, tidak berubah dan sempit, (2) peletakkan kamera diusahakan terbebas dari efek bayangan yang signifikan karena mampu mempengaruhi deteksi orang, dan (3) peletakkan kamera menghadap lurus sejajar sumbu-y sehingga citra yang diperoleh adalah bagian tubuh dari atas yang nantinya mengurangi penumpukan objek dalam sebuah *frame*.

Selanjutnya setelah didapatkan hasil rekaman dari CCTV, rekaman tersebut diproses melalui pengolahan citra. Pada aplikasi ini digunakan bahasa pemrograman C++ yang dipadukan dengan *library* dari OpenCV. *Library* ini merupakan *open source* sehingga dapat digunakan oleh siapapun tanpa memerlukan lisensi. Pada proses ini dilakukan pendeteksian orang dan proses penghitungan orang, baik yang masuk maupun yang keluar.

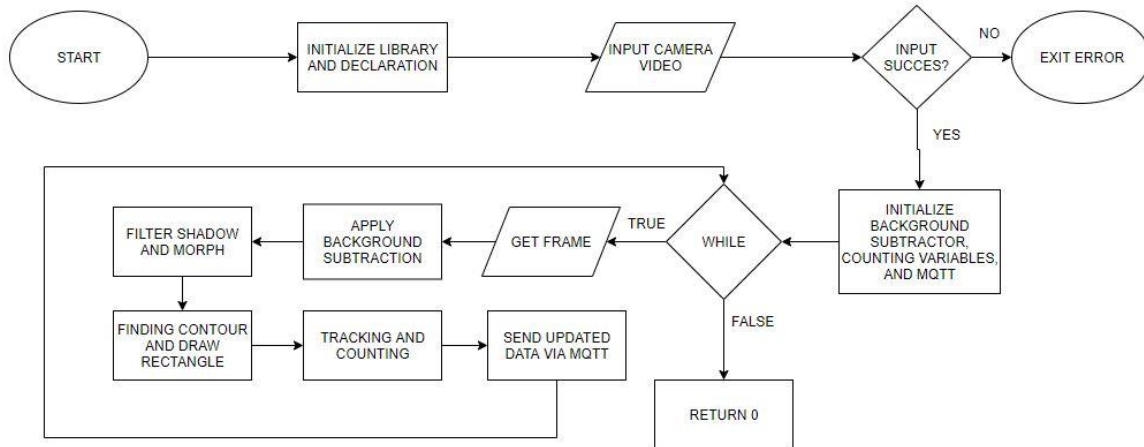
Setelah data tersebut diperoleh, maka proses selanjutnya adalah pengiriman data kepada devais lain. Protokol yang digunakan dalam pengiriman data adalah protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*). MQTT merupakan sebuah protokol yang sangat sering digunakan dalam IoT. Dalam protokol ini digunakan istilah *broker* sebagai *server* dan *client* yang mampu melakukan *subscribe* untuk menerima setiap data dari *broker* dan *publish* untuk mengirim dan memperbarui data.

Diagram blok sistemnya dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram dari arsitektur sistem

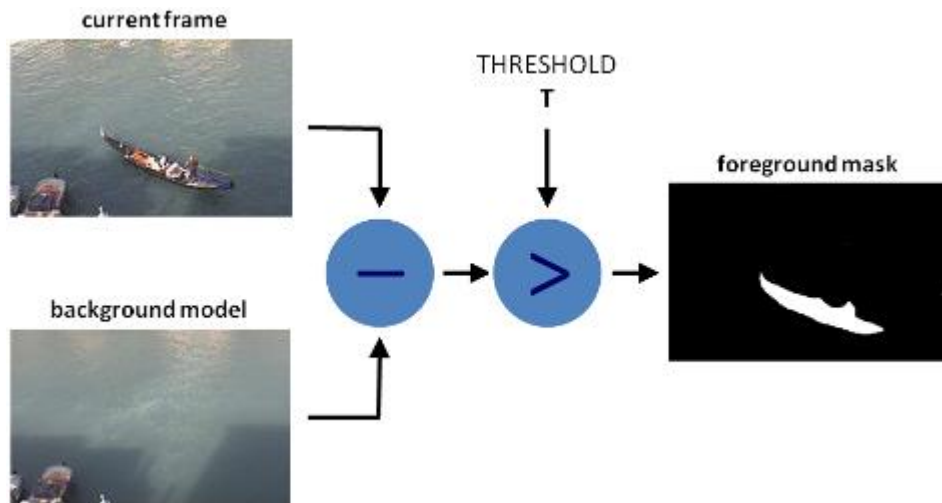
Algoritma Pengolahan Citra dan Pengiriman Data



Gambar 2. Diagram alur dari algoritma pengolahan citra dan pengiriman data

Pada Gambar 2 terdapat algoritma pengolahan citra dan pengiriman data yang dilakukan oleh komputer server CCTV. Pada mulanya komputer melakukan inialisasi terhadap *library* yang digunakan dan deklarasi-deklarasi yang diperlukan. *Library* yang dipakai adalah OpenCV sebagai pengolah citra dan Mosquitto sebagai pengirim data dengan protokol MQTT pada bahasa C++. Kemudian program akan mengambil masukan dari kamera berupa video. Jika proses gagal maka program akan seketika keluar, namun jika berhasil maka program akan mulai melakukan pengolahan dan analisis citra.

Algoritma yang digunakan dalam pengolahan citra yang pertama adalah melakukan pemisahan antara latar dan objek yang dideteksi seperti yang tercantum pada Gambar 3. Prinsip dasar dalam proses tersebut dilakukan pengurangan antara *frame* pada suatu waktu dengan model latar belakang yang telah diinisialisasi sebelumnya. Saat piksel-piksel tersebut dikurangkan maka, bagian yang terdeteksi sebagai latar belakang akan menghasilkan nilai yang sangat rendah, sedangkan pada daerah yang dianggap sebagai objek akan menghasilkan nilai piksel yang lebih tinggi. Dari hasil tersebut kemudian dilakukan pembandingan sehingga nilai yang rendah akan dianggap nol dan nilai yang di atas ambang akan dianggap sebagai satu atau maksimum. Pemisahan ini menggunakan prinsip *Background Substraction* berbasis KNN (*K-Nearest Neighbor*). Penggunaan algoritma ini dipilih karena mudah untuk diimplementasikan dalam *code* serta asumsi bahwa objek yang diamati akan selalu bergerak. Selain itu KNN memiliki kemampuan yang lebih baik daripada algoritma lain seperti MOG atau MOG2[17].



Gambar 3. Proses pemisahan antara objek dan latar belakang[18].

Setelah inialisasi proses *Background Subtraction*, variabel untuk pencacahan serta MQTT, maka program akan menjalankan iterasi untuk tiap *frame* yang dimasukkan sampai *frame* paling akhir. Pada tahap ini diaplikasikan algoritma *Background Subtraction* berbasis KNN kepada tiap *frame*. Hal ini dilakukan untuk melakukan pemisahan antara objek dan latar belakang. Setelah dilakukan pendekteksian maka citra akan dipisahkan antara bayangan dan objek melalui perbedaan warna pada skala keabu-abuan. Warna bayangan memiliki nilai skala keabu-abuan yang lebih rendah sehingga dengan mudah dipisahkan. Selanjutnya citra yang masih memiliki banyak derau akan ditapis menggunakan metode *morphing*. *Morphing* dilakukan dengan cara melakukan 2 proses pada citra yaitu erosi dan dilasi. Dengan menggunakan erosi terlebih dahulu maka objek objek kecil yang terdeteksi namun dianggap derau dapat disingkirkan sedangkan dengan menggunakan dilasi, maka titik-titik atau daerah lubang yang seharusnya terdeteksi dapat terisi. Proses ini dilakukan dengan urutan tertentu sehingga didapatkan objek deteksi yang signifikan dan bersih dari derau

Setelah objek berhasil dibersihkan dari derau, langkah selanjutnya adalah menentukan lokasi objek. Proses ini dilakukan dengan cara mencari kontur pada gambar. Kontur merupakan daerah yang memiliki nilai piksel yang sama dalam sebuah area. Setelah kontur ditemukan selanjutnya daerah tersebut dibatasi oleh sebuah persegi panjang dengan ukuran terkecil. Persegi itu mengandung beberapa informasi di antaranya titik-titik diagonal serta pusat dari kontur. Hal ini sangat berguna untuk proses *tracking*.



Gambar 4. (a) alamat broker dan (b) nama topik

Proses penghitungan orang dilakukan dengan membuat sebuah garis hitung virtual. Untuk itu perlu dilakukan *tracking* dari pergerakan objek yang dideteksi. Pada penelitian ini algoritma yang digunakan masih sederhana dan ditujukan untuk melakukan *single object tracking*. Dengan melakukan *tracking* maka akan diketahui posisi dari objek yang dideteksi relatif terhadap ukuran *frame*. Saat objek berada di daerah bawah dan melewati garis penghitung maka pencacah berlabel “up” akan menambah jumlah hitungannya. Begitu pula sebaliknya, jika objek berada di daerah atas dan melewati garis penghitung maka pencacah berlabel “down” akan menambah jumlah hitungannya. Dengan melakukan penghitungan selisih dari dua variabel tersebut akan diperoleh jumlah orang yang masuk dalam suatu ruangan.

Setelah data tersebut diperoleh, maka proses selanjutnya adalah pengiriman data kepada devais lain menggunakan MQTT. Dalam kasus ini peneliti menggunakan *Library Mosquitto* untuk melakukan pemrograman pengiriman dan penerimaan data MQTT berbasis C++[19]. *Broker* yang digunakan adalah *broker* yang disediakan oleh Mosquitto dengan tautan *test.mosquitto.org*. *Port* yang digunakan yaitu 1883 sehingga proses pengiriman tidak perlu menggunakan enkripsi. Setelan dari alamat *broker* dan *port* diterapkan pada aplikasi MyMQTT seperti yang tercantum pada Gambar 4(a). Saat melakukan koneksi dengan MQTT maka perlu ditentukan alamat topik dan dalam penelitian ini digunakan alamat topik “jek/coba”. Pada aplikasi MyMQTT, setiap topik langganan akan tercantum pada kolom *subscribe* seperti pada Gambar 4(b). Setiap

devais yang melakukan *subscribe* terhadap topik ini, nantinya akan mendapat notifikasi setiap kali terjadi perubahan data atau terdapat data yang dikirim dari sistem penghitung orang yang telah dibuat.

**HASIL PERCOBAAN**

Setelah sistem berhasil dibuat, maka pada bagian ini akan dijelaskan hasil kerja dari sistem tersebut. Sistem ini masih menggunakan sampel video. Penyambungan dengan CCTV dapat dilakukan dengan mudah melalui proses pengubahan alamat masukkan pada program yang semula alamat sampel video menjadi alamat kamera.

**Sampel Video CCTV**

Berikut adalah sampel video CCTV yang diambil dan diolah pada percobaan ini tercantum pada Gambar 5.



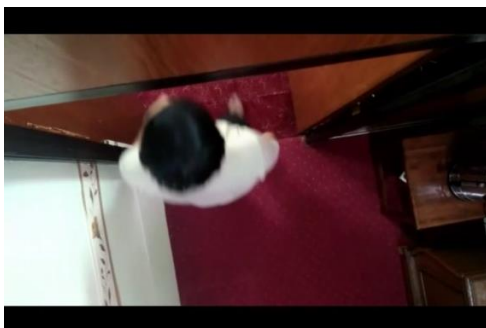
(a)



(b)



(d)



(c)



(e)

Gambar 5. Cuplikan sampel video. (a) gambar latar, (b) dan (c) adalah objek naik serta (d) dan (e) adalah objek turun

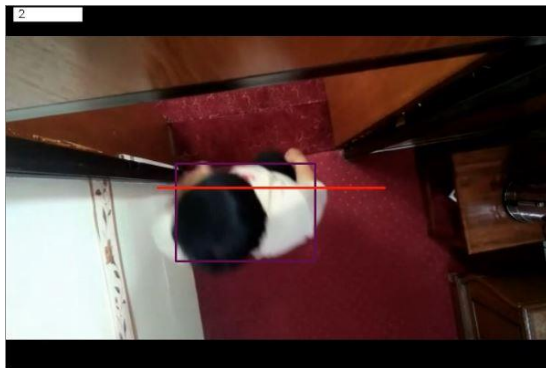


**Hasil Pengolahan Citra**

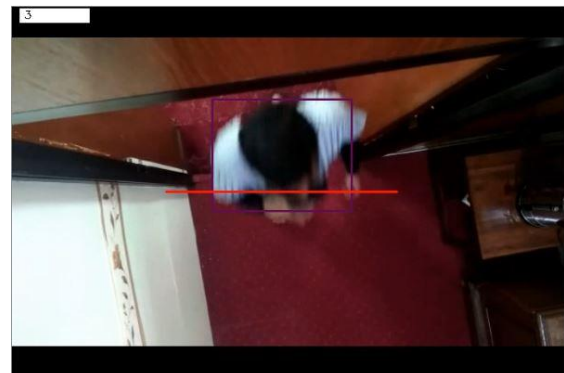
Dari sampel video tersebut selanjutnya dilakukan pengolahan citra. Keluaran dari pengolahan citra merupakan kotak pembatas yang menandai objek, sebuah garis merah sebagai batas penghitung serta angka di pojok kiri atas yang menandakan jumlah orang. Pada mulanya di dalam ruang tersebut telah terdapat 2 orang sehingga ditampilkan angka 2 di awal.



(a)



(b)



(d)



(c)

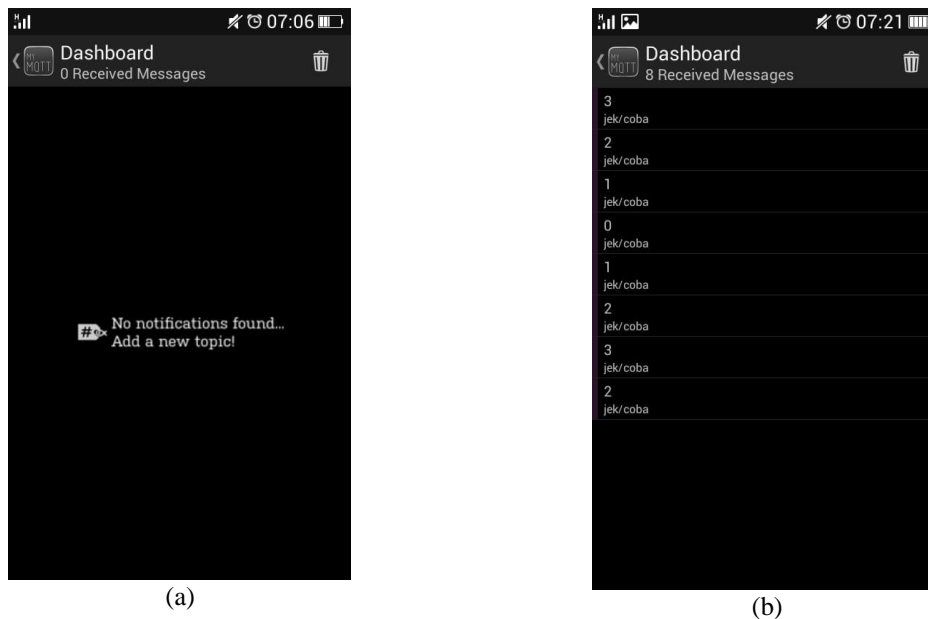


(e)

Gambar 6. Cuplikan sampel video yang telah dilakukan pengolahan citra. (a) gambar latar awal, (b) dan (c) adalah objek naik serta (d) dan (e) adalah objek turun

## Hasil Pengiriman Data

Pengiriman data dilakukan menggunakan protokol MQTT. Program akan mengirim langsung datanya ke broker setiap kali terdapat perubahan data. Sedangkan sebagai penerima yaitu gawai yang terinstal *client* MyMQTT. Berikut adalah data yang diterima oleh gawai yang tercantum pada gambar 7.



Gambar 7. (a) sebelum data dikirim dan (b) setelah data dikirim

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dari data yang diperoleh seperti yang dilihat pada video sebelumnya, hasil penghitungan menunjukkan nilai yang akurat untuk kasus sederhana. Sistem mampu melakukan perhitungan dan pendeteksian orang dengan sangat baik. Pada kasus sederhana yang dicantumkan dalam percobaan ini yaitu orang yang masuk satu persatu, maka akurasi bisa mencapai 100%. Di lain sisi, penempatan kamera dan pembatasan gerak objek yang masuk akan mempengaruhi akurasi dari sistem aplikasi. Hal ini disebabkan proses filter dari objek bisa saja berubah sehingga proses deteksi menjadi kacau. Namun kondisi ini masih berupa hipotesa dan belum dicoba pada percobaan ini.

Kelemahan yang sudah jelas terdeteksi adalah tidak bisa dilakukan *multiple tracking* karena sistem sederhana dan manual. Program yang dibuat pada percobaan sengaja dikhususkan untuk menangani *single object tracking*. Pada *single object tracking*, karena objek yang diikuti hanya satu dalam setiap *frame* maka identitas dari objek tersebut akan selalu kekal. Sedangkan untuk melakukan *multiple object tracking* diperlukan algoritma yang dapat menjaga identitas dari setiap object agar tetap konsisten, salah satunya yaitu *Deep Learning*.

Selain itu penggunaan algoritma *background subtraction* mengharuskan objek yang dideteksi untuk bergerak sehingga jika objek tersebut diam dalam waktu yang cukup lama maka sistem akan menganggapnya sebagai bagian dari latar. Hal ini telah dicoba sebelumnya sehingga mencetuskan gagasan untuk meletakkan kamera di atas pintu karena posisi objek hampir dapat dipastikan selalu bergerak pada daerah tersebut.

Terlepas dari itu semua, penggunaan *image processing* dan IoT mampu digunakan untuk menggantikan sensor dan melakukan automasi pada *smart-home system*. Hal ini menandakan bahwa rumah-rumah yang telah terpasang CCTV dapat melakukan peningkatan fungsi CCTV sehingga mendapatkan efek lebih sebagai sensor sistem rumah pintar.

## KESIMPULAN

Telah dibuat sebuah aplikasi sistem pengolah citra dari kamera CCTV untuk mendeteksi dan menghitung orang serta tersambung dengan IoT. Sistem ini berhasil melakukan deteksi dan penghitungan orang pada kasus satu objek untuk satu waktu. Akan tetapi sistem masih gagal untuk menangani kasus banyak objek dalam satu waktu. Di samping itu, proses pengiriman data berbasis IoT berhasil dilakukan dengan akurasi 100%. Saran untuk peningkatan riset selanjutnya yaitu dapat digunakan algoritma *object recognition* berbasis CNN (*Convolutional Neural Network*) dan *Multiple Object Tracking* berbasis *Deep Learning* untuk meningkatkan performa dari sistem. Kemudian akan lebih baik lagi jika terdapat sistem automasi dari sebuah mesin untuk menjalankan perintah tertentu dari data yang dikirim oleh sistem penghitung orang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT beserta Rasulnya Nabi Muhammad SAW serta kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini, khususnya kepada Prof. Mitra Djamal, Prof. Suprijadi, Eko Satria, Maria Evita, M.Si dan rekan Kelompok Keahlian Instrumentasi.

## REFERENSI

1. Kumar, Vikas; Svensson, Jakob, eds. (2015). *Promoting Social Change and Democracy Through Information Technology*. IGI Global. p. 75. ISBN 9781466685031
2. Moghavvemi, M., & Seng, L. C. (2004, November). Pyroelectric infrared sensor for intruder detection. In *TENCON 2004. 2004 IEEE Region 10 Conference* (Vol. 500, pp. 656-659). IEEE.
3. Wahl, F., Milenkovic, M., & Amft, O. (2012, December). A distributed PIR-based approach for estimating people count in office environments. In *2012 IEEE 15th International Conference on Computational Science and Engineering* (pp. 640-647). IEEE.
4. Yun, J., & Song, M. H. (2014). Detecting direction of movement using pyroelectric infrared sensors. *IEEE Sensors Journal*, 14(5), 1482-1489.
5. Song, B., Choi, H., & Lee, H. S. (2008, January). Surveillance tracking system using passive infrared motion sensors in wireless sensor network. In *Information Networking, 2008. ICOIN 2008. International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
6. Zetik, R., Crabbe, S., Krajnak, J., Peyrel, P., Sachs, J., & Thomä, R. (2006, May). Detection and localization of persons behind obstacles using M-sequence through-the-wall radar. In *Sensors, and Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Technologies for Homeland Security and Homeland Defense V* (Vol. 6201, p. 62010I). International Society for Optics and Photonics.
7. Nag, S., Barnes, M. A., Payment, T., & Holladay, G. (2002, July). Ultrawideband through-wall radar for detecting the motion of people in real time. In *Radar Sensor Technology and Data Visualization* (Vol. 4744, pp. 48-58). International Society for Optics and Photonics.
8. Baranoski, E. J. (2008). Through-wall imaging: Historical perspective and future directions. *Journal of the Franklin Institute*, 345(6), 556-569.
9. Mori, T., Suemasu, Y., Noguchi, H., & Sato, T. (2004, October). Multiple people tracking by integrating distributed floor pressure sensors and RFID system. In *Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference on* (Vol. 6, pp. 5271-5278). IEEE.
10. Suutala, J., & Röning, J. (2008). Methods for person identification on a pressure-sensitive floor: Experiments with multiple classifiers and reject option. *Information Fusion*, 9(1), 21-40.
11. Pan, S., Wang, N., Qian, Y., Velibeyoglu, I., Noh, H. Y., & Zhang, P. (2015, February). Indoor person identification through footstep induced structural vibration. In *Proceedings of the 16th International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications* (pp. 81-86). ACM.
12. Jabri, S., Duric, Z., Wechsler, H., & Rosenfeld, A. (2000). Detection and location of people in video images using adaptive fusion of color and edge information. In *Pattern Recognition, 2000. Proceedings. 15th International Conference on* (Vol. 4, pp. 627-630). IEEE.
13. Dalal, N., Triggs, B., & Schmid, C. (2006, May). Human detection using oriented histograms of flow and appearance. In *European conference on computer vision* (pp. 428-441). Springer, Berlin, Heidelberg.



14. Choi, W., Pantofaru, C., & Savarese, S. (2011, November). Detecting and tracking people using an rgb-d camera via multiple detector fusion. In *Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2011 IEEE International Conference on* (pp. 1076-1083). IEEE.
15. Choi, W., Pantofaru, C., & Savarese, S. (2011, November). Detecting and tracking people using an rgb-d camera via multiple detector fusion. In *Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2011 IEEE International Conference on* (pp. 1076-1083). IEEE.
16. Barandiaran, J., Murguia, B., & Boto, F. (2008, May). Real-time people counting using multiple lines. In *Image Analysis for Multimedia Interactive Services, 2008. WIAMIS'08. Ninth International Workshop on* (pp. 159-162). IEEE.
17. Trnovszký, T., Sýkora, P., & Hudec, R. (2017). Comparison of background subtraction methods on near Infra-Red spectrum video sequences. *Procedia engineering*, 192, 887-892.
18. Opencv documentary. <https://docs.opencv.org/3.4.3/index.html>
19. Mosquitto documentary. <https://mosquitto.org/api/files/mosquitto-h.html>