

KENDALI OTOMATIS DENGAN MEMANFAATKAN KAMERA CCTV MENGUNAKAN METODE PENGEMBANGAN KALMAN FILTER

Adi Suheryadi¹⁾, Azran Budi Arief²⁾, dan Darsih³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Informatika, Jln. Raya Lohbener Lama No. 8, Indramayu, 45252
Email: ¹adisuheryadi@polindra.ac.id, ²azran@polindra.ac.id, ³darsih@polindra.ac.id

(Naskah masuk: 16 Oktober 2018, diterima untuk diterbitkan: 06 November 2018)

Abstrak

Krisis energi telah menjadi isu penting dalam kurun waktu belakangan ini. Hal ini upaya yang mendorong penghematan energi menjadi masalah yang mendasar. Upaya penghematan energi dilakukan secara bersama oleh Pemerintah pusat, Pemerintah Daerah, Pengusaha dan Masyarakat. Disisi lain peningkatan fasilitas umum yang diberikan oleh pemerintah maupun perusahaan mendorong konsumsi daya listrik yang berlebihan, karena kurang optimalnya penggunaan peralatan listrik pada fasilitas umum tersebut. Penelitian ini menggunakan teknologi pengolahan citra digital dalam pendeteksian dan pelacakan posisi objek menggunakan metode modifikasi kalman filter, dan menerapkan sistem kendali otomatis embedded pada perangkat elektronik. Sistem kendali otomatis yang dibuat bekerja dengan memanfaatkan informasi yang didapat dari kamera CCTV. Informasi yang diolah berupa posisi objek dari peralatan elektronik, dimana perangkat elektronik hanya bekerja pada saat objek berada pada posisi yang ditentukan sebelumnya, sehingga hal ini dapat mengoptimalkan penggunaan daya dari peralatan elektronik tersebut. Nilai recall yang didapat dari penelitian ini adalah sekitar 95.65%.

Kata kunci: *Object Detection, Object Tracking, Sistem Kendali, Sistem Embedded, CCTV*

AUTOMATIC CONTROL USING CCTV CAMERA USING KALMAN FILTER DEVELOPMENT METHOD

Abstract

The energy crisis has been an important issue in recent times. This effort that encourages energy saving becomes a fundamental problem. Energy saving efforts shall be undertaken jointly by the central Government, Regional Government, Entrepreneurs and Communities. On the other hand, the increase of public facilities provided by the government and companies encourages excessive consumption of electric power, due to less optimal use of electrical equipment in public facilities. This research uses digital image processing technology in the detection and tracking of object position using modification method of filter kalman, and apply automatic embedded control system in electronic device. Automated control systems are made to work by utilizing information obtained from CCTV cameras. The information processed is the position of the object of electronic equipment, where the electronic device only works when the object is in a predetermined position, so that it can optimize the power usage of the electronic equipment. Recall value of this study about 95.65%.

Keywords: *Object Detection, Object Tracking, Control System, Embedded System, CCTV*

1. PENDAHULUAN

Pelayanan publik merupakan isu yang strategis dalam peningkatan kualitas kinerja pelayanan publik. Hal tersebut memiliki implikasi yang luas dalam kehidupan masyarakat. Pelayanan publik menjadi salah satu upaya yang dilakukan pemerintah beserta aparaturnya kepada masyarakat dalam mewujudkan peningkatan kualitas kehidupan masyarakat sekaligus memberikan kepuasan kepada masyarakat yang dilayani.

Salah satu pemanfaatan fasilitas yang dinilai belum optimal adalah terkait dengan penggunaan

energi yang masih tidak terkontrol dengan baik. Contohnya Air Conditional (AC), lampu dan peralatan lainnya yang berada di dalam ruang tunggu pada kawasan umum. Disisi lain, terdapat perangkat yang masih dapat dioptimal penggunaannya seperti kamera CCTV.

Informasi yang diambil dari kamera CCTV yang kemudian diolah dengan pengolahan citra digital (Senan, Abdullah, Kharudin, & Saupi, 2017), (Eamthanakul, Ketcham, & Chumuang, 2017). Metode Kalman filter merupakan salahsatu pengolahna citra yang sering digunakan untuk mendeteksi dan menentukan posisi keberadaan

manusia didalam ruangan yang disebut dengan object detection dan tracking (Illangarathne & Chinthaka, 2014), (Jeong, Yoon, & Park, 2014), (Smeulders, et al., 2014).

Penelitian ini merancang suatu sistem kendali otomatis dengan menggunakan platform raspberry pi sebagai pusat kendali. Pemilihan raspberry pi dikarenakan sudah sering digunakan dalam mendukung sistem kendali otomatis untuk perangkat elektronik. (Tomasua, Triyanto, & Nirmala, 2016).

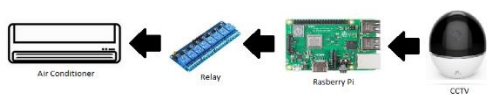
2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian dalam pembuatan sistem ini adalah terbagi menjadi tiga tahapan utama yaitu studi literature dan persiapan, pembuatan sistem, pengujian dan publikasi karya ilmiah seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

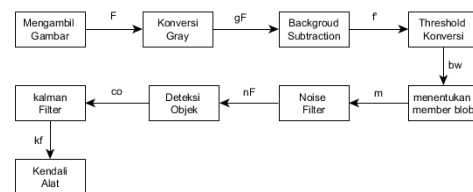
Penelitian ini terdapat 4 komponen penting yaitu kamera CCTV, mini personal computer yang menggunakan raspberry pi 3, relay dan Air Conditioner (AC). Kamera CCTV digunakan sebagai sensor yang akan menangkap gambar dari lingkungan, yang kemudian gambar tersebut akan dikirimkan pada mini pc untuk dilakukan pendetectionan objek yang bergerak, dimana pengiriman gambar dari kamera CCTV ke mini pc menggunakan wireless. Setelah sistem dapat mendeteksi objek yang bergerak kemudian sistem melalui mini pc mengirimkan sinyal perintah untuk menghidupkan Air Conditioner (AC) pada ruangan tersebut melalui relay. Adapun arsitektur dari sistem ini ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Sistem

Dalam penelitian ini terdapat tujuh blok proses yaitu mengambil gambar, konversi gray, threshold konversi, menentukan member blob, Noise Filter, dan kendali alat. Proses mengambil gambar yang berupa frame (F) dilakukan oleh kamera CCTV yang tersedia diruangan kemudian gambar tersebut akan diubah menjadi gray level (gF) pada proses konversi gray. Proses selanjutnya background subtraction, dalam penelitian ini kami menggunakan Mixture of Gaussian (MoG) (Hamed Tabkhi, 2013). Setelah proses background subtraction akan didapat kandidat objek yang disajikan dalam bentuk matriks 2

Dimensi dengan level warna gray (f'), f' akan menjadi input dalam blok threshold konversi. Blok proses threshold konversi digunakan untuk mengubah gambar gray level menjadi black and white (bw), dengan metode threshold konversi. Output dari proses threshold konversi ini adalah gambar bw yang kemudian akan digunakan sebagai input dalam menentukan blob. Proses selanjutnya adalah Noise Filter, proses ini digunakan untuk mengurangi noise yang ada pada gambar. Proses selanjutnya adalah menentukan objek, dalam proses ini sistem akan mencari centroid dari blob yang dihasilkan oleh proses filter noise nf. Blok diagram dari penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram Proses

Selanjutnya adalah proses filtering object untuk mendeteksi dan mengestimasi objek yang bergerak. Algoritma kalman filter digunakan sebagai pengukuran dan prediksi suatu objek, dalam hal ini kami merujuk pada nandashri, et.al (Nandashri D, 2015). Kalman filter memiliki dua parameter utama, yaitu x_k dan w_k . x_k adalah vektor keadaan untuk representasi perilaku dinamis target, dengan waktu diskrit k. Kemudian dibuat sebagai estimasi oleh untuk pengukuran. Dalam kalman filter memiliki empat fase seperti yang dijelaskan oleh G. Welch dan G. Bishop (Welch, 2001). Berikut dari empat fase:

1. Process equations

$$x_k = Ax_{k-1} + Bu_{k-1} + w_{k-1} \quad (1)$$

Dimana A mewakili matriks transisi state x_k dengan orde $n \times n$, ini berhubungan dengan keadaan pada langkah waktu sebelumnya k-1, untuk menyatakan pada langkah saat ini k. Sedangkan B mewakili model input kontrol yang diterapkan pada vektor kontrol u_k . Namun dalam kasus pelacakan kita tidak memiliki kontrol yang diketahui. Jadi proses *equation* menjadi: $x_k = Ax_{k-1} + w_{k-1}$. Maka w_{k-1} adalah variabel acak yang merupakan proses *noise* yang diasumsikan diambil dari nol, dengan distribusi probabilitas normal p (w).

$$p(w) \sim N(0, Q) \quad (2)$$

Dimana Q adalah matriks kovarian proses *noise*, bisa berubah setiap langkah atau pengukuran. Saat prediksi state x mendapatkan model transisi seperti:

$$x = \begin{bmatrix} x \\ dx \end{bmatrix} \quad (3)$$

Dengan persamaan transisi :

$$x_{new} = dx + x \quad (4)$$

$$dx_{new} = dx \quad (5)$$

Sehingga didapat matriks transisi state A:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

2. Measurement equation

$$z_k = Hx_k + v_k \quad (7)$$

Dimana matriks H adalah model observasi pengukuran z_k dengan orde $m \times n$ dan z_k adalah pengukuran yang diamati pada langkah waktu k-1 sampai k. Kemudian v_k adalah variabel acak yang merupakan parameter pengukuran, dengan distribusi probabilitas normal p (v).

$$p(v) \sim N(0, R) \quad (8)$$

Dimana R adalah matriks kovarian noise pengukuran, bisa berubah setiap langkah atau pengukuran.

3. Time update equation

Kalman filter harus memilih salah satu model linier di atas sebagai faktor yang diyakini kebenarannya, dalam hal ini adalah z_k karena informasi yang diberikan oleh z_k berasal dari pengukuran, sedangkan x_k tidak melakukan pengukuran secara langsung. Untuk itu z_k digunakan sebagai factor update pada state x_k yang tidak diketahui. Prediksi apriori tentang keadaan \hat{x}_k^- dan kovariansi error estimasi P_k^- digunakan untuk keadaan waktu berikutnya.

$$\hat{x}_k^- = Ax_{k-1} + w_{k-1} \quad (9)$$

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q \quad (10)$$

4. Measurement update equation

Ini adalah fase koreksi dan *update*, dimana akan memberikan umpan balik terhadap sistem. Tujuan fase ini untuk memperkirakan estimasi aposteriori \hat{x}_k yang merupakan kombinasi linear dari perkiraan apriori dan pengukuran z_k yang baru. Berikut persamaannya:

$$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1} \quad (11)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K(z_k - H\hat{x}_k^-) \quad (12)$$

$$P_k = (1 - K_k H)P_k^- \quad (13)$$

K_k adalah gain kalman, yang berasal dari perhitungan persamaan update waktu. Perhitungan K_k didapatkan dari kovarian *error* pada saat *update* waktu. Setelah itu perkiraan aposteriori \hat{x}_k dan perkiraan kesalahan aposteriori P_k dihitung dengan pengukuran update. Persamaan waktu dan pengukuran dihitung secara rekursif dengan perkiraan aposteriori sebelumnya untuk memprediksi estimasi apriori baru. Perilaku rekursif untuk memperkirakan keadaan adalah salah satu keunggulan dari Kalman filter.

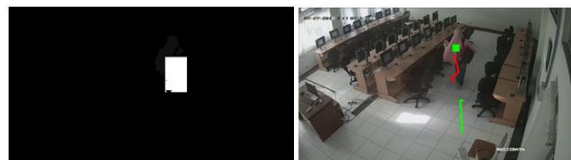
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan penelitian ini akan membahas terkait analisis kaulitatif. Analisis kualitatif dilihat dari implementasi sistem secara keseluruhan dan dibahas per blok diagram, sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 3. Blok pertama adalah mengambil gambar atau frame, kemudian dari frame tersebut diubah menjadi gray level image. Gray level image ini lah yang akan diproses dalam blok selanjutnya yaitu background subtraction. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 5(a), hasil dari background subtraction ini masih terdapat banyak noise dan masih terdapat level warna gray, sehingga perlu dilakukan proses untuk menghilangkan noise. Hasil dari background subtraction ini kemudian diproses dengan dua proses yaitu threshold converter 5(b) dan filter noise (c).



Gambar 5. (a) Hasil Background Subtraction; (b) Black and White; (c) Filter

Setelah memfilter noise blok proses selanjutnya adalah deteksi objek dalam hal ini kami memanfaatkan informasi centroid yang terdapat pada blob objek, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Sampai pada proses ini sistem telah mendapatkan centroid dari objek namun belum dapat melakukan pelacakan posisi dari objek. Kendalanya jika sistem tidak dapat mengetahui perpindahan objek maka akan terjadi reduksi jumlah objek yang terdeteksi pada frame selanjutnya, dimana setiap perpindahan objek akan dianggap sebagai objek baru. Hal ini akan memberikan kesalahan informasi pada proses kendali peralatan.



Gambar 6. Hasil Deteksi Objek

Dalam mengukur keberhasilan deteksi dari implementasi metode yang diusulkan kami menggunakan *recall*, dimana nilai *recall* dihitung dari persentase *true positives* dibagi dengan jumlah *true positives* dan *false negatives* (J. Davis, 2006). Dalam kasus ini *true positives* merupakan jumlah deteksi yang berhasil dilakukan dimana titik deteksi berada pada objek, sedangkan *false negatives* merupakan jumlah deteksi yang salah, dimana deteksi ditemukan diluar objek yang diamati. Dari hasil percobaan yang dilakukan, diperoleh nilai *recall* sekitar 95,65%, tanpa menggunakan proses filter *noise* dengan kondisi lingkungan dan pencahayaan yang ada maka didapatkan nilai *recall* sebesar 54.80%. Hasil percobaan ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. (a) Tanpa Filter Noise; (b) Dengan Filter Noise

4. SIMPULAN

Pada penelitian ini diperoleh rancang sistem kendali otomatis dengan memanfaatkan CCTV dengan raspberry pi sebagai pusat kendali. Pengolahan citra dengan metode pengembangan kalman filter berjalan dengan baik, sehingga sistem yang dibuat berhasil melakukan pengontrolan perangkat sesuai informasi yang diterima melalui CCTV. Pada implementasinya membutuhkan blok yang berfungsi untuk memfilter noise dari lingkungan. Dengan menambahkan blok proses filter noise ini berhasil meningkatkan akurasi yang didapat. Data yang diperoleh tanpa menggunakan proses filter noise, nilai *recall* yang didapat sekitar 54.80%. Sedangkan setelah ditambahkan proses filter noise, nilai *recall* mengalami perbaikan yang signifikan yaitu sekitar 95.65%.

DAFTAR PUSTAKA

- EAMTHANAKUL, B., KETCHAM, M., & CHUMUANG, N. (2017). The Traffic Congestion Investigating System by Image Processing from CCTV Camera. *International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT)* (pp. 240 - 245). Chiang Mai, Thailand: IEEE.
- HAMED TABKHI, R. B. (2013). Algorithm and Architecture Co-Design of Mixture of Gaussian (MoG) Background Subtraction for Embedded Vision. *Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*. Grove: IEEE.
- ILLANGARATHNE, N. C., & CHINTHAKA, M. K. (2014). Object sensing, tracking and reconstructing using Extended Kalman Filter algorithm. *11th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)* (pp. 1 - 6). Nakhon Ratchasima, Thailand: IEEE.
- J. DAVIS, M. G. (2006). The Relationship between Precision-Recall and ROC Curves. *Proc. Int'l Conf. Machine Learning* (pp. 233-240). IEEE.
- JEONG, J.-M., YOON, T.-S., & PARK, J.-B. (2014). Kalman filter based multiple objects detection-tracking algorithm robust to occlusion. *Proceedings of the SICE Annual Conference (SICE)* (pp. 941 - 946). Sapporo, Japan: IEEE.
- NANDASHRI D, S. P. (2015). An Efficient Tracking of Multi Object Visual Motion using Hungarian Method. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 1307-1310.
- SENAN, M. F., ABDULLAH, S. N., KHARUDIN, W. M., & SAUPI, N. A. (2017). CCTV quality assessment for forensics facial recognition analysis. *7th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering - Confluence* (pp. 649 - 655). Noida, India: IEEE.
- SMEULDERS, A. W., CHU, D. M., CUCCHIARA, R., CALDERARA, S., DEGHAN, A., & SHAH, M. (2014). Visual Tracking: An Experimental Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence Volume: 36, Issue: 7,* 1442 - 1468.
- TOMASUA, S., TRIYANTO, D., & NIRMALA, I. (2016). Sistem Kendali Dan Monitoring Penggunaan Peralatan Listrik Di Rumah Menggunakan Raspberry Pi Dan Web Service. *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan, Volume 4, No. 3,* 85 -96.
- WELCH, G. B. (2001). *An Introduction to the Kalman Filter*. SIGGRAPH .