



Available online at : <http://bit.ly/InfoTekJar>

InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan

ISSN (Print) 2540-7597 | ISSN (Online) 2540-7600



Internet of Things

Sistem Keamanan Ruang Berbasis *Internet of Things* Menggunakan *Single Board Computer*

Rima Dias Ramadhani^{1*}, Afandi Nur Aziz Thohari², Novanda Alim Setya Nugraha¹

¹ Program Studi S1 Informatika, Fakultas Informatika, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, 53147, Indonesia

² Program Studi S1 Rekayasa Perangkat Lunak, Fakultas Informatika, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, 53147, Indonesia

KEYWORDS

CCTV, monitoring, object, surveillance, SBC

CORRESPONDENCE

Phone: +6287 731 680 017

E-mail: rima@ittelkom-pwt.ac.id

A B S T R A C T

Closed Circuit Television (CCTV) is a security system to monitoring a room. In recent years, the use of CCTV is becoming less effective. CCTV usually have expensive rental fees and expensive device. Surveillance system using CCTV still need security officer to monitoring room condition through TV Screen. In this research purposed to build surveillance system using artificial intelligence method. The system features are detect object and send notification through Short Message Service (SMS). Single Board Computer (SBC) is used to processing video data. Technique for detecting objects is Structural Similarity (SSIM). Thought this technique, system have more accuration because it can't read shadow as object. Based on testing result obtained that system can detect object and send notification to user through SMS. System can't read object if low light intensity, but if high intensity of light the system can detect objects that have far position. Maximum frame rate that used to capture video is 60 fps, because limitation of SBC that used.

PENDAHULUAN

Sistem pengawasan pada suatu ruangan biasanya dilakukan menggunakan kamera CCTV (*Closed Circuit Television*). Namun, penggunaan CCTV dewasa ini dirasa kurang efektif. Sebab selain biaya sewanya yang mahal, petugas keamanan juga tetap harus memantau layar monitor untuk mengetahui adanya pergerakan objek. Selain itu, penggunaan CCTV membuat kapasitas memori cepat penuh karena akan terus merekam meskipun tidak terdapat gerakan atau kejadian [1].

Pada era revolusi industri 4.0 ini, penggunaan kecerdasan buatan sudah masif dipakai di berbagai sektor. Salah satu cabang kecerdasan buatan yang biasa digunakan untuk sistem pengawasan adalah *computer vision*. Penerapan *computer vision* membuat kamera dapat mengenali wajah dan objek yang bergerak [2].

Penggunaan kecedasan buatan saja dirasa kurang cukup untuk mencegah kejahatan seperti tindak pencurian. Perlu adanya pemberitahuan secara *real-time* kepada pemilik agar dapat mencegah tindak pencurian. Oleh karena itu, pada penelitian ini

diusulkan sebuah sistem pengawasan yang dapat mengidentifikasi objek dan mengirimkan pesan apabila terdapat objek yang bergerak. Hal ini penting untuk dimplementasikan pada ruangan seperti brankas bank atau bangsal narapidana hukuman mati yang tidak boleh dimasuki oleh siapapun.

Sebelumnya telah terdapat beberapa penelitian yang membahas mengenai sistem keamanan ruangan dengan deteksi objek. Beberapa penelitian menggunakan sensor PIR (*Passive Infrared Sensors*) untuk mengidentifikasi adanya objek [3][4][5][6]. Beberapa yang lain menggunakan metode pengolahan citra untuk identifikasi objek. Contoh penelitian yang menerapkan metode pengolahan citra adalah penelitian yang dilakukan oleh [7][8] dan [9] menggunakan metode *Frame Difference* untuk identifikasi objek yang bergerak. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh [10] dan [11] menggunakan metode *Image Subtraction* untuk deteksi objek.

Pada penelitian ini, digunakan metode SSIM (*Structural Similarity*) untuk mendeteksi adanya objek. Konsep SSIM hampir sama dengan *Frame Difference* dan *Image Subtraction* yaitu menghitung perbedaan piksel. Namun pada SSIM piksel dikelompokkan dalam grup kemudian akan diakumulasikan.

Sehingga dengan menggunakan metode ini, bayangan tidak akan dianggap sebagai objek.

Sistem yang dibangun memiliki fitur dapat menampilkan *bounding box* pada objek yang bergerak, kemudian akan mengirimkan pesan SMS (*Short Message Service*) kepada pemilik. Pada penelitian yang dilakukan oleh [4] juga memiliki pemberitahuan pesan melalui telegram. Hanya saja memiliki keterbatasan apabila pemilik berada ditempat yang sinyal internetnya lemah. Fitur yang lain adalah kemampuan sistem untuk merekam video yang didalamnya sudah terdapat keterangan tanggal, waktu, dan status kehadiran objek.

Sistem pengawasan berbasis IoT (*Internet of Things*) ini diimplementasikan pada sebuah SBC (*Single Board Computer*). Penggunaan SBC pada penelitian ini didasarkan pada ukuran yang kecil, namun memiliki komputasi yang tinggi. Sebab pada SBC sudah memiliki prosesor dan memori (RAM) yang dapat digunakan menangani komputasi data yang berupa citra dan video.

METODOLOGI

Tahapan Penelitian

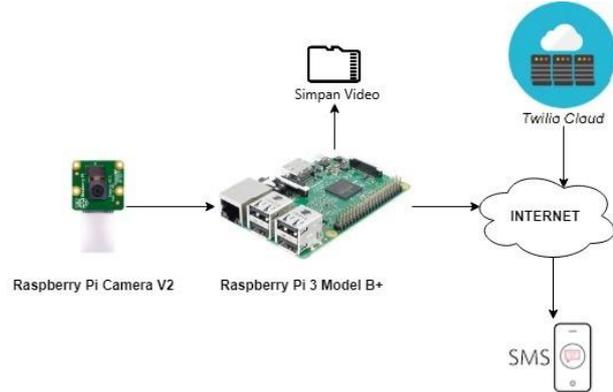
Tahapan penelitian yang dilakukan untuk membangun sistem pengawasan ruang berbasis IoT ditunjukkan pada Gambar 1. Lokasi yang dijadikan tempat observasi dan pengujian adalah CV. Prospect Consulting yang berokasi di jalan wamena II/163 kecamatan Ungaran Timur .



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Sistem yang dibangun adalah sebuah *real-time* video yang dapat mendeteksi adanya objek berdasarkan gerakan. Apabila sistem mendeteksi adanya objek yang bergerak, maka akan memberikan pemberitahuan kepada petugas melalui SMS. Selain itu hasil

tangkapan video juga terekam dalam memori yang ada di SBC. Gambar 2 menunjukkan rancangan sistem yang dibangun.



Gambar 2. Rancangan Sistem Pengawasan Ruang

Terdapat beberapa komponen penting yang digunakan untuk membangun sistem. Salah satu komponen tersebut adalah Raspberry Pi yang berfungsi sebagai tempat untuk memproses data video. Alasan dipilihnya Raspberry Pi karena kemampuan komputasinya yang tinggi dan ukurannya yang kecil. Sehingga cocok dipakai sebagai sistem pengawasan ruangan yang biasanya di tempatkan pada bagian atas ruangan.

Konfigurasi Alat

Perangkat keras yang digunakan untuk pengolahan data adalah Raspberry Pi 4 Model B. Tipe Raspberry Pi ini memiliki spesifikasi yang lebih tinggi dibanding tipe sebelumnya, sebab sudah didukung dengan prosesor quad-core 1,5 GHz dan RAM sebesar 4 Gb. Kemampuan dalam menangkap sinyal wifi juga lebih kuat, sehingga dalam mengirimkan notifikasi ke server twilio jadi lebih cepat. Kamera yang digunakan untuk menangkap video adalah Raspberry Pi Camera V2. Kamera ini kompatibel dengan Raspberry Pi dan memiliki resolusi yang baik yaitu 8 MP. Tampilan perangkat keras dari sistem ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Perangkat Keras

Selain perangkat keras, terdapat perangkat lunak dan pustaka yang harus dipasang. Perangkat lunak tersebut yaitu Raspbian OS, Scikit-learn, OpenCV, Pandas, dan Twilio. Penjelasan fungsi dari masing-masing perangkat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Keras dan Lunak

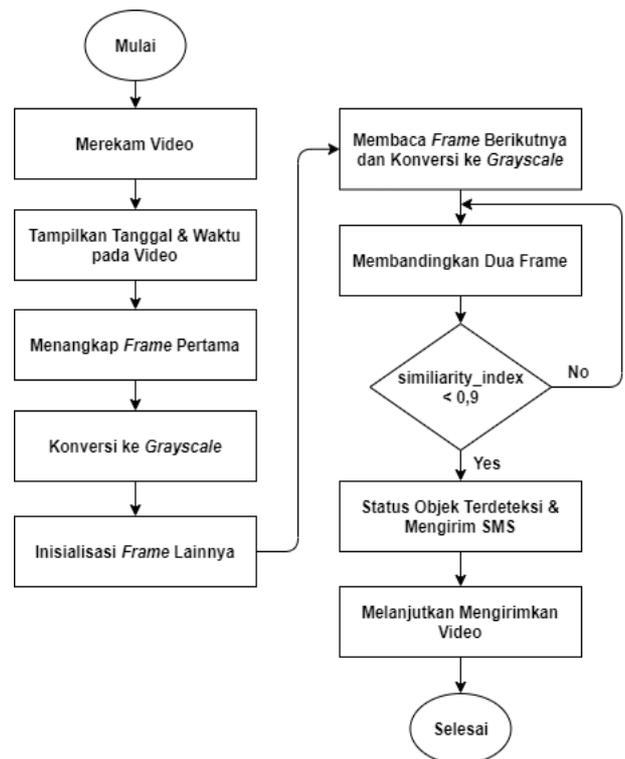
No	Spesifikasi Kebutuhan	Fungsi
1	Raspberry Pi 4 Model B	Mengolah data citra
2	Raspberry Pi Camera V2	Menangkap Video
3	Raspbian Buster	Sistem Operasi
4	OpenCV 3.4.0	Pustaka Pengolahan Citra
5	Scikit-learn 0.19.1	Komputasi SSIM
6	Pandas 0.22.0	Membaca Data
7	Twilio 6.22.1	Mengirim SMS

Teknik Pemrosesan Data

Data yang diproses pada penelitian ini adalah *real-time* video mengenai keadaan suatu ruangan. Data video tersebut akan diolah menggunakan metode pengolahan citra, sehingga dapat dideteksi adanya objek yang bergerak. Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk mendeteksi objek adalah sebagai berikut.

1. Pertama sistem akan membaca masukan dari kamera, kemudian mulai merekam video
2. Video yang terekam akan menampilkan waktu dan tanggal saat ini menggunakan fungsi *timestamp* yang ada di bahasa python
3. Selanjutnya sistem akan mengambil *frame* pertama untuk dijadikan referensi.
4. *Frame* yang terdiri dari kumpulan citra tersebut, diubah kedalam skala keabuan. Tujuannya agar lebih mudah dilakukan perhitungan nilai piksel karena citra keabuan terdiri dari matriks 2 dimensi
5. Kamera yang dihubungkan dengan SBC akan melakukan akuisisi video dan menghasilkan *frame* dari video secara berurutan dalam jangka waktu tertentu.
6. Beberapa *frame* disimpan hingga berjumlah 10 *frame*
7. Tiap grup *frame* yang disimpan tadi kemudian dibandingkan dengan *frame* pertama yang berfungsi sebagai referensi
8. Perbandingan *frame* dilakukan dengan metode SSIM sehingga akan diperoleh nilai indeks *similarity*.
9. Apabila nilai indeks *similarity* kurang dari nilai *threshold* yaitu 0,9, maka sistem akan mengklasifikasikan bahwa citra tersebut berbeda. Artinya terdapat tambahan objek yang muncul saat kamera meng-*capture* video.
10. Jika dinyatakan terdapat objek, sistem akan melakukan pengiriman sinyal pergerakan, mengirimkan notifikasi SMS ke ponsel milik klien

Penjelasan mengenai tahapan pengolahan data, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Pengolahan Data

Persamaan Image Similarity

Seperti yang telah diketahui bahwa sebuah citra terdiri dari pixel (*picture element*). Citra *grayscale* terdiri dari elemen 2 dimensi, sedangkan citra berwarna terdiri dari elemen 3 dimensi. Sebuah citra dengan ukuran piksel 3x3 misalnya, direpresentasikan kedalam matrik 3x3. Maka untuk menghitung nilai keseluruhan piksel digunakan persamaan (1)

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 100 & 50 \\ 0 & 60 & 60 \\ 0 & 200 & 50 \end{bmatrix}$$

Nilai seluruh piksel dapat dihitung sebagai berikut

$$S = (0 + 100 + 50) + (0 + 60 + 60) + (0 + 200 + 50)$$

Sehingga jumlah seluruh piksel dalam sebuah citra dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$S = \sum_{i,j} A_{ij} \quad (1)$$

Menghitung nilai kemiripan citra dapat dilakukan dengan membandingkan nilai seluruh piksel dari citra awal dengan citra selanjutnya. Metode untuk membandingkan kemiripan citra dapat menggunakan *Sum Square Error* (SSE) dan *Structural Similarity* (SSIM).

Sum Square Error (SSE)

SSE adalah salah satu metode statistik yang dipergunakan untuk mengukur selisih total dari nilai sebenarnya terhadap nilai yang tercapai. Istilah SSE disebut juga sebagai *Summed Square of Residuals* (Nalwan, 2004). Pada citra dua dimensi yang terdiri dari matriks *i* dan *j*, maka persamaan dari SSE direpresentasikan sebagai berikut.

$$SSE = \sum_{i,j} (A_{ij} - B_{ij})^2 \quad (2)$$

Dimana,

A = Nilai dari citra referensi

B = Nilai dari citra baru

Nilai A dalam penelitian ini adalah nilai yang pertama disimpan sebagai referensi untuk dibandingkan dengan nilai B sebagai komponen data uji. Nilai SSE yang mendekati 0 menandakan

bahwa model tersebut mempunyai komponen kesalahan acak terkecil dan nilai tersebut akan lebih berguna untuk peramalan terhadap suatu model yang diamati. Sebagai catatan bahwa sebelumnya SSE didefinisikan dalam metode kelayakan kuadrat minimum.

Structural Similarity (SSIM)

SSIM adalah metode yang digunakan untuk mengukur kesamaan antara dua citra. SSE memang bagus untuk mengukur perbedaan kesalahan, tetapi kesalahan pada SSE adalah melihat tiap piksel secara individu dan independen. Berbeda halnya dengan SSE, pada SSIM membandingkan dua citra sebagai grup dari piksel. Membandingkan citra berdasarkan grup piksel dirasa lebih efektif karena lebih sedikit terjadi kesalahan apabila ada *noise*.

$$SSIM(A,B) = \frac{\mu(A,B)}{\mu(A)} \cdot \frac{\mu(A,B)}{\mu(B)} \cdot \frac{s(A,B)}{s(A) \cdot s(B)} \quad (3)$$

Dimana,

A = Citra referensi

B = Citra baru

μ = Luminance

c = Contrast

s = Structure

Representasi citra ketika dilakukan pengelompokan piksel maka akan lebih baik dibanding hanya melihat satu piksel secara individu. Melihat citra dengan kontras, pencahayaan dan struktur yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa citra tersebut tidak sama. Pada SSIM terdapat nilai *upper* dan *lower bound* terhadap nilai indeks SSIM.

$$-1 \leq SSIM \leq 1 \quad (4)$$

Apabila nilai indeks SSIM mendekati 1 maka citra tersebut memiliki kesamaan yang cukup tinggi. Namun apabila nilai indeks SSIM mendekati -1 maka citra tersebut memiliki perbedaan yang cukup tinggi.

HASIL DAN DISKUSI

Pada bagian ini dibahas mengenai hasil yang didapatkan setelah mengimplementasikan algoritma yang telah dirancang sebelumnya. Selain itu juga dilakukan pengujian pada hasil yang diperoleh sehingga dapat diketahui keberhasilan algoritma. Berdasarkan hasil dari pengujian dapat diketahui kekurangan dari sistem sehingga dapat dilakukan pada perbaikan penelitian berikutnya. Pengujian yang dilakukan diantaranya adalah pengujian notifikasi SMS dari deteksi gerak, pengujian jarak dan intensitas cahaya, dan jumlah *frame*.

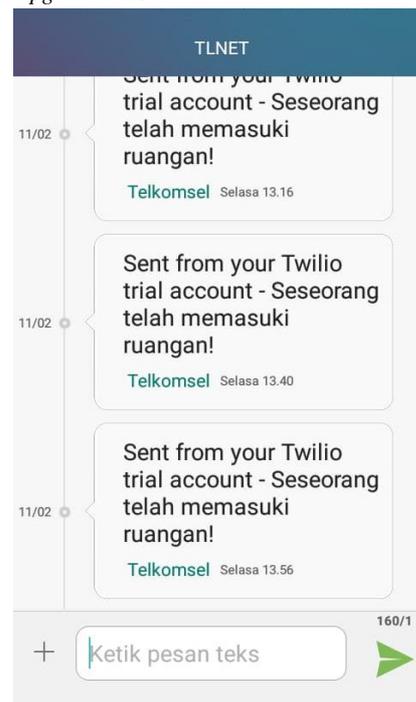
Pengujian Notifikasi SMS pada Deteksi Objek

Cara mengetahui sistem yang dibangun dapat bekerja dengan baik adalah melalui pengujian. Pada pengujian ini dilakukan 10 percobaan untuk mengetahui apakah sistem berhasil mendeteksi objek. Kemudian jika telah berhasil mendeteksi objek, maka harusnya muncul notifikasi SMS. Apabila sistem berhasil mendeteksi objek, maka akan muncul bounding box seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Deteksi Objek

Selain menampilkan *bounding box*, sistem juga menampilkan status ruangan dalam bentuk teks. Selanjutnya apabila objek sudah terdeteksi, maka akan muncul pemberitahuan pesan dari twilio. Hasil pemberitahuan SMS dari twilio ditunjukkan pada Gambar 6. Pada SMS tersebut terdapat teks pesan yang sebelumnya telah ditentukan. Dikarenakan masih menggunakan akun versi trial, maka dalam pesan terdapat keterangan *trial account*. Keterbatasan versi twilio trial yang lain adalah hanya bisa mengirim maksimal 50 SMS. Lebih dari ini pengguna harus melakukan *upgrade account*.



Gambar 6. Hasil Pengujian Pemberitahuan SMS

Berdasarkan pengujian dengan 10 kali percobaan, didapatkan hasil bahwa sistem yang dibangun berhasil untuk mendeteksi objek dan mengirim notifikasi SMS. Namun terdapat perbedaan waktu untuk pesan SMS diterima di *handphone* pengguna. Hasil pengujian notifikasi SMS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Notifikasi SMS

Percobaan	Bounding Box	Notifikasi SMS	Waktu (detik)
1	Ada	Terkirim	2
2	Ada	Terkirim	2
3	Ada	Terkirim	2
4	Ada	Terkirim	3
5	Ada	Terkirim	3
6	Ada	Terkirim	3
7	Ada	Terkirim	2
8	Ada	Terkirim	2
9	Ada	Terkirim	2
10	Ada	Terkirim	3

Perbedaan waktu terjadi karena kondisi provider jaringan yang dipakai. Apabila koneksi kurang dari 4G maka waktunya dapat menjadi lebih lama. Namun perbedaan waktu ini dapat ditolerir karena hanya terpaut 1 detik. Meskipun menggunakan versi trial pengiriman SMS dari server twilio termasuk cepat yaitu maksimal 3 detik

Pengujian Jarak dan Intensitas Cahaya

Salah satu parameter untuk menguji kemunculan objek adalah jarak dan intensitas cahaya. Jarak menjadi penting karena akan mempengaruhi ukuran objek. Semakin jauh objek, maka ukurannya semakin kecil. Selain jarak, intensitas cahaya juga sangat berpengaruh karena kamera yang digunakan bukan kamera inframerah yang dapat menangkap objek dalam keadaan gelap.

Adapun parameter yang digunakan untuk pengujian intensitas cahaya mengacu pada parameter yang ditetapkan oleh *Illuminating Engineering Society* (IES). Berdasarkan IES nilai untuk intensitas cahaya yang tergolong terang adalah lebih dari 100 lux, sedangkan redup nilainya antara 20 sampai 99 lux, dan gelap yang memiliki nilai intensitas kurang dari 20 lux [12]. Hasil pengujian jarak dan intensitas cahaya dari sistem ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Jarak dan Intensitas Cahaya

Jarak	Terang > 100 lux	Redup 20 - 99 lux	Gelap < 20 lux
1 meter	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
2 meter	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
3 meter	Terdeteksi	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
4 meter	Terdeteksi	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
5 meter	Terdeteksi	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
6 meter	Terdeteksi	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
7 meter	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
8 meter	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
9 meter	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
10 meter	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa objek pada jarak 1 sampai 10 meter dapat dideteksi apabila intensitas cahaya terang. Hal ini berarti sistem dapat mengidentifikasi perubahan piksel sekecil apapun jika objeknya terlihat. Berbeda jika intensitas cahayanya kurang atau bahkan tidak ada sama sekali. Maka sistem akan sulit untuk mengidentifikasi adanya objek. Hal ini terjadi karena sistem mengubah citra kedalam skala keabuan, sehingga warna objek menyatu dengan lingkungan. Ketika diubah dalam *grayscale* maka tidak dapat diketahui bagian yang putih dan bagian yang hitam.

Pengujian Jumlah Frame

Frame adalah jumlah citra yang terdapat dalam sebuah video selama satu detik. Semakin besar jumlah *frame* maka kualitas gambar yang dihasilkan akan semakin baik. Namun semakin besar jumlah *frame* akan membebani kinerja dari prosesor. Pengujian jumlah *frame* dilakukan dengan membandingkan *Frame per Second* (FPS) dengan resolusi layar. Nilai FPS yang digunakan adalah standar movie (*moving picture*) dan televisi, yaitu 24, 25, 30, dan 60. Sedangkan resolusi layar maksimal yang diujikan adalah *high definition* (HD) yaitu 1280x720. Hasil pengujian jumlah *frame* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Jumlah Frame per Detik

FPS	Resolusi	Objek	Keterangan
24	426x240	Terdeteksi	Lancar
	640x360	Terdeteksi	Lancar
	854x480	Terdeteksi	Lancar
	1280x720	Terdeteksi	Lancar
25	426x240	Terdeteksi	Lancar
	640x360	Terdeteksi	Lancar
	854x480	Terdeteksi	Lancar
	1280x720	Terdeteksi	Lancar
30	426x240	Terdeteksi	Lancar
	640x360	Terdeteksi	Lancar
	854x480	Terdeteksi	Lancar
	1280x720	Terdeteksi	Patah-patah
60	426x240	Terdeteksi	Lancar
	640x360	Terdeteksi	Patah-Patah
	854x480	Terdeteksi	Patah-Patah
	1280x720	Terdeteksi	<i>Freeze</i>

Berdasarkan data pada Tabel 4 diketahui bahwa sistem dapat merekap sampai kualitas HD, namun dengan *frame rate* dibawah 60. Pada saat merekam video dengan 60 fps maka akan membuat perangkat keras (*raspberry*) bekerja keras. Dikarenakan keterbatasan prosesor dan *graphical processing unit* (*gpu*) dari *raspberry*, membuat rekaman video menjadi patah-patah, bahkan *freeze* pada kualitas HD.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem pengawasan ruangan yang dibangun dapat bekerja dengan baik. Penerapan metode SSIM untuk mendeteksi kehadiran objek lebih akurat dibanding metode lain seperti *background subtraction* atau *frame difference*. Sebab pada metode SSIM tidak menganggap bayangan sebagai objek. Sama seperti sistem pengawasan ruangan pada umumnya, apabila intensitas cahaya kurang maka sulit mendeteksi objek. Pada

sistem yang dibangun, dapat mendeteksi objek sejauh apapun jaraknya jika intensitas cahayanya terang. Selanjutnya untuk jumlah *frame* yang dapat direkam oleh sistem adalah kurang dari 60 fps, sebab keterbatasan perangkat yang digunakan. Terakhir saran untuk pengembang adalah agar menggunakan akun twilio yang berbayar. Sebab apabila menggunakan akun trial, maka jumlah SMS yang dikirim hanya terbatas 50 SMS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada CV. Prospect Consulting yang telah menyediakan tempat untuk observasi dan pengujian. Ucapan terima kasih pula kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) IT Telkom Purwokerto yang telah mendukung penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. V. Namratha M., Pradeep, "Cognitive Security System Based on Image Comparison and Motion Detection with able Memory Usage," *Int. J. Adv. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 323–328, 2014.
- [2] A. Nurhopipah and A. Harjoko, "Motion Detection and Face Recognition for CCTV Surveillance System," *IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.)*, vol. 12, no. 2, p. 107, 2018.
- [3] P. Patel, C. Viraj, J. Swapna, and M. B. Potdar, "Smart Motion Detection System using Raspberry Pi," *Int. J. Appl. Inf. Syst.*, vol. 10, no. 5, pp. 37–40, 2016.
- [4] M. I. Kurniawan, U. Sunarya, and R. Tulloh, "Internet of Things : Sistem Keamanan Rumah berbasis Raspberry Pi dan Telegram Messenger," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2018.
- [5] H. H. Hadwan and Y. P. Reddy, "Smart home control by using Raspberry Pi & Arduino UNO," *Int. J. Adv. Res. Comput. Commun. Eng.*, vol. 5, no. 4, pp. 283–288, 2016.
- [6] D. E. Kurniawan and S. Fani, "Perancangan sistem kamera pengawas berbasis perangkat bergerak menggunakan raspberry pi," *J. Ilm. Teknol. Inf. Terap.*, vol. III, no. 2, pp. 140–146, 2017.
- [7] H. Q. Nguyen, T. T. K. Loan, B. D. Mao, and E. N. Huh, "Low cost real-time system monitoring using Raspberry Pi," *Int. Conf. Ubiquitous Futur. Networks, ICUFN*, vol. 2015-Augus, pp. 857–859, 2015.
- [8] A. N. Ansari, M. Sedky, N. Sharma, and A. Tyagi, "An Internet of things approach for motion detection using Raspberry Pi," *Proc. 2015 Int. Conf. Intell. Comput. Internet Things, ICIT 2015*, pp. 131–134, 2015.
- [9] A. N. A. Thohari and R. D. Ramadhani, "Sistem Pengawasan Berbasis Deteksi Gerak Menggunakan Single Board Computer," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2019.
- [10] V. Franata, E. S. Nugroho, and Y. Fitriasia, "Deteksi Gerak Menggunakan Kamera Pada Raspberry Pi Dengan

Penyimpanan Data Cloud Storage," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 7*, 2015, no. November, pp. 164–168.

- [11] T. R. Perkasa, H. Widyantara, and P. Susanto, "Rancang Bangun Pendeteksi Gerak Menggunakan Metode Image Substraction Pada Single Board Computer (SBC)," *J. Control Netw. Syst.*, vol. 3, no. 2, pp. 90–97, 2014.
- [12] David L. DiLaura, *An Introduction to The IES Lighting Handbook 10*, 10th ed. New York: IES.

BIODATA PENULIS



Rima Dias Ramadhani, S.Kom., M.Kom. Lahir di Semarang pada tahun 1993 dan menyelesaikan pendidikan sekolah dasar hingga sekolah menengah kejuruan di tanah kelahiran. Memperoleh gelar sarjana dari Program S1 Teknik Informatika Universitas Dian Nuswantoro Semarang pada tahun 2014. Kemudian melanjutkan studi pada tahun dan kampus yang sama dan memperoleh gelar magister komputer pada tahun 2015. Saat ini penulis aktif sebagai pengajar di program studi S1 Informatika IT Telkom Purwokerto.

Afandi Nur Aziz Thohari, S.T., M.Cs. Lahir di Semarang pada tahun 1990 dan menyelesaikan sekolah dasar hingga pendidikan sarjana di tanah kelahiran. Memperoleh gelar sarjana dari Program S1 Teknik Komputer Universitas Diponegoro Semarang pada tahun 2013. Kemudian melanjutkan studi program pasca sarjana di Universitas Gadjah Mada dan mendapat gelar magister ilmu komputer pada tahun 2016. Saat ini penulis aktif sebagai pengajar di program studi S1 Rekayasa Perangkat Lunak IT Telkom Purwokerto.



Novanda Alim Setya Nugraha, S.S., M.Hum. Lahir di Kebumen pada tahun 1990 dan menyelesaikan pendidikan sekolah dasar hingga sekolah menengah kejuruan di tanah kelahiran. Memperoleh gelar sarjana dari Program S1 Bahasa Inggris Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2013. Kemudian melanjutkan studi S2 pada tahun yang sama di Universitas Negeri Jakarta dan memperoleh gelar magister humaniora pada tahun 2016. Saat ini penulis aktif sebagai pengajar di program studi S1 Informatika IT Telkom Purwokerto.