

Pemantau Ruangan Menggunakan Raspberry Pi Terintegrasi Dengan *Bot* Telegram Dan Halaman *Web*

Ferry Satria¹, Tira Sundara², Hertog Nugroho³, Malayusfi⁴

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung, 40012, tlp 022 2013789, fax 022 2013889

ferrypolban@gmail.com¹, sundaralinus@gmail.com², hertog@polban.ac.id³, malayusfi@polban.ac.id⁴

Abstrak - Sistem pemantau ruangan merupakan sistem yang berfungsi untuk meningkatkan keamanan suatu ruangan, khususnya jika dalam ruangan tersebut terdapat barang berharga. Pada karya ini telah dirancang dan direalisasikan sebuah sistem pemantau ruangan berbasis Raspberry Pi. Sistem ini memiliki dua mode kerja yakni mode *Motion Detection* dan mode *Web Stream*. Mode *Motion Detection* memiliki kemampuan untuk mendeteksi gerakan dan *auto-tracking*. Kemudian mode yang kedua adalah mode *Web Stream* yang berfungsi agar pengguna dapat melihat video stream mengenai keadaan rumahnya secara *live* melalui halaman web. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kedua mode dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci: *Raspberry Pi*, pemantau ruangan, keamanan, pendeteksi gerakan, *auto-tracking*.

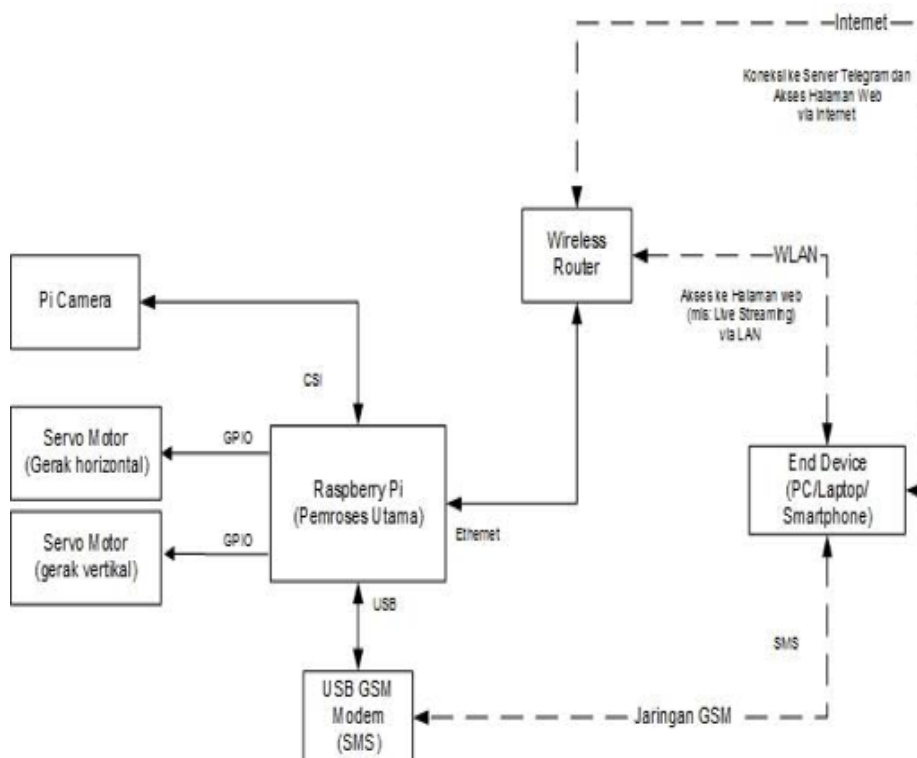
1. Latar Belakang

Maraknya kasus perampokan pada suatu rumah menyebabkan kerugian-kerugian kepada pemilik rumah baik itu kerugian materil maupun imateril. Terlebih lagi kurangnya bukti mengenai ciri-ciri pelaku perampokan menyulitkan pihak berwajib untuk menyelesaikan kasus seperti ini. Saat ini telah banyak dikembangkan sistem pemantau keamanan ruangan menggunakan perangkat kamera seperti CCTV. Tetapi kelemahan pada sistem berbasis CCTV adalah pemborosan kapasitas media penyimpanan karena CCTV tersebut tetap merekam video meskipun tidak terdapat event penting, selain itu pada umumnya sistem seperti ini tidak memiliki fitur notifikasi otomatis kepada pemilik rumah sehingga sulit untuk melakukan tindakan preventif jika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan, dan biasanya security camera seperti CCTV tidak dapat bergerak/statis.

Beberapa sistem pemantau ruangan telah dibuat dengan beberapa fitur berbeda. Seperti pada [1] telah dirancang dan direalisasikan sistem pemantau ruangan menggunakan 2 buah mikrokontroler arduino uno, dan antarmuka pengguna (user interface) berbasis program android. Sistem tersebut telah memiliki fitur *auto-tracking* yakni pada saat sistem mendeteksi adanya gerakan, kamera akan bergerak mengikuti pergerakan objek tersebut. Kemudian pada [2] dan [3] juga telah dirancang dan direalisasikan sistem pemantau ruangan menggunakan 3 buah arduino mini, sistem ini memiliki fitur notifikasi via SMS saat terdeteksi adanya gerakan. Kelemahan-kelemahan yang perlu dikembangkan dari kedua sistem tersebut adalah jangkauan akses user ke sistem masih sebatas jaringan lokal (LAN), sistem tersebut juga belum mempunyai fitur *auto-recording* yakni kemampuan sistem untuk merekam video secara otomatis saat sistem mendeteksi adanya gerakan.

2. Sistem Pemantau Ruang yang diusulkan

Pada karya ini telah dikembangkan suatu sistem pemantau ruangan berbasis Raspberry Pi dengan menggunakan modul Pi Camera dan motor servo sebagai penggerakannya, serta menambah fitur untuk mengatasi masalah-masalah di atas. Gambar 1 memperlihatkan sistem yang dikembangkan. Permasalahan pertama mengenai pemborosan media penyimpanan dapat diatasi dengan menambahkan kemampuan program pendeteksi gerakan agar kamera hanya akan mengambil gambar atau merekam video pada saat terdeteksi adanya gerakan saja, dengan begitu foto/video yang tersimpan adalah yang berisi event penting saja, sehingga penggunaan media penyimpanan pada sistem bisa lebih optimal. Permasalahan yang kedua adalah mengenai pentingnya fitur notifikasi otomatis yang bersifat real-time kepada pemilik rumah ketika sistem mendeteksi adanya gerakan didalam ruangan. Hal ini dapat diatasi dengan membuat program bot Telegram yang mengirimkan pesan notifikasi peringatan melalui modem USB dan wireless router. Lalu sebagai notifikasi alternatif, sistem ini dilengkapi dengan pilihan untuk mengirimkan notifikasi melalui SMS ke end devices (PC, Laptop atau Smartphone).



Gambar 1 Diagram blok sistem

Sistem pemantau ruangan ini memiliki 2 mode, yakni mode Motion Detection dan mode Web Stream. Mode Motion Detection digunakan untuk mendeteksi gerakan dan melakukan hal-hal berikut ini saat sistem mendeteksi adanya gerakan:

- Auto-capture, mengambil gambar dan menyimpannya ke disk dan database secara otomatis.
- Auto-recording, merekam video dan menyimpannya ke disk dan database secara otomatis. Lalu proses recording otomatis berhenti saat sistem tidak mendeteksi lagi adanya gerakan dalam periode waktu tertentu.
- Auto-alert, mengirimkan notifikasi otomatis ke akun Telegram user (berupa teks dan gambar real-time) atau SMS ke nomor handphone-nya.
- Auto-tracking, kamera dapat bergerak secara otomatis mengikuti pergerakan objek yang bergerak di ruangan tersebut.

Mode Motion Detection merupakan mode yang paling membebani CPU, karena pada mode ini terdapat proses pengolahan citra sehingga tidak heran jika kualitas foto/video yang dihasilkan tidak begitu baik melihat spesifikasi Raspberry Pi yang masih sangat sederhana untuk keperluan olah citra.

Mode yang kedua merupakan Web Stream. Pada mode ini Raspberry Pi berfungsi sebagai sumber feed video stream ke halaman web. Berikut adalah fitur-fitur yang ada pada mode streaming:

- a. Interface berbasis web dengan login user, sehingga orang yang tidak memiliki akun pada sistem ini tidak akan bisa mengakses halaman web utama
- b. Interface berbasis web untuk live streaming video real-time
- c. Interface berbasis web untuk mengontrol gerak servo (horizontal & vertikal) secara manual pada saat live streaming
- d. Interface berbasis web untuk melihat foto-foto atau untuk mengunduh video yang tersimpan di database
- e. Akses ke halaman web secara lokal global selama user terkoneksi ke internet.

Karena pada mode ini sistem hanya bertindak sebagai web server dan stream server tanpa melakukan pengolahan citra maka CPU tidak begitu terbebani sehingga kualitas video yang ditampilkan pada saat streaming bisa lebih baik dibanding mode pertama. Resolusi video pada mode ini adalah 1280x720.

2.1. Pendeteksi Gerakan dengan metode background-subtraction

Metode background-substraction [4] merupakan salah satu metode penting dalam banyak aplikasi Computer Vision. Metode ini biasanya digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan yang melewati pintu tol, menghitung jumlah orang yang masuk dan keluar toko, dan dalam karya ini metode background subtraction digunakan untuk mendeteksi gerakan (motion). Pada karya ini telah diterapkan dua metode utama yang diambil dari [5], [6] dan [7].

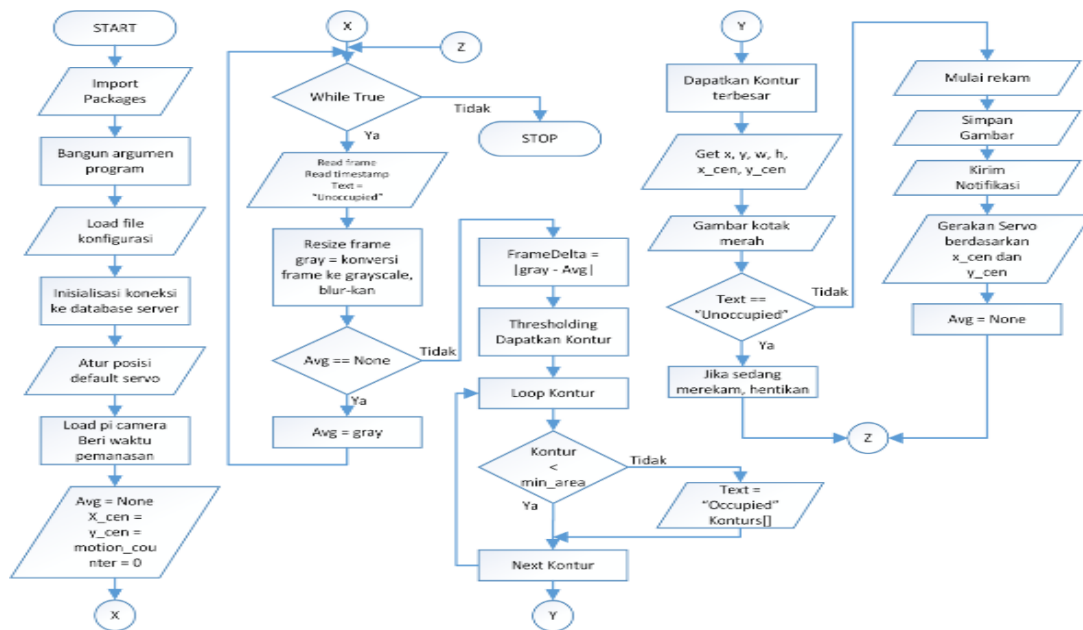
Kedua fungsi tersebut bekerja dengan cara memisahkan background dengan foreground. Sesuatu yang dianggap background dalam suatu video biasanya adalah bagian statis yang tidak berubah dalam jumlah frame yang cukup banyak pada sebuah video. Oleh karena itu, jika background telah berhasil dimodelkan maka dapat dipantau apakah terdapat suatu perubahan yang signifikan. Jika memang terdapat perubahan yang memenuhi nilai threshold yang sudah ditentukan maka dapat didefinisikan bahwa perubahan tersebut adalah motion.

Pada dunia nyata asumsi seperti ini bisa dengan mudah gagal, karena efek shadowing, pemantulan, kondisi pencahayaan, dan kemungkinan perubahan lingkungan lainnya yang membuat bagian yang disebut sebagai background mengalami perubahan (tidak statis lagi), sehingga hal ini bisa menimbulkan salah deteksi. Itulah sebabnya metode background-subtraction yang paling berhasil adalah menggunakan kamera yang ditempatkan secara tetap dan kondisi pencahayaan yang terkendali. Gambar 2 menunjukkan pemisahan antara background dan foreground.

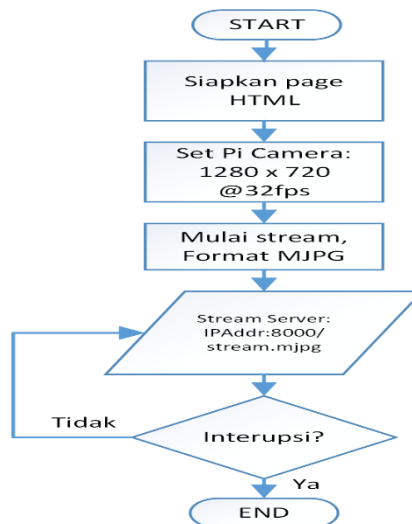


Gambar 2 Pemisahan antara background dengan foreground

Program pendeteksi gerakan bekerja dengan cara mengurangkan secara absolut frame saat ini dengan kumulatif frame sebelumnya, hasil dari proses pengurangan ini disebut sebagai frame delta. Selanjutnya untuk melakukan proses pemisahan antara background dan foreground maka dilakukan thresholding, piksel-piksel yang bernilai dibawah nilai threshold diberi warna hitam dan sisanya putih. Dengan begitu dapat diketahui bahwa yang hitam adalah bagian background sedangkan yang putih adalah foreground yang dapat diartikan juga sebagai gerakan. Gambar 3 menunjukkan diagram alir program untuk mode Motion Detection.



Gambar 3 Diagram alir program pendeteksi gerakan



Gambar 4 Diagram alir program untuk mode Web Stream

2.2. Web Stream

Gambar 4 menunjukkan diagram alir program untuk mode Web Stream, program ini berfungsi untuk menyediakan stream server berbasis python yang mana pada server ini tersedia file stream.mjpg yang berisi feed video stream dari Pi Camera. Cara mengakses stream server ini adalah dengan mengetikkan url berikut: http://IPAddr_RaspberryPi:port/stream.mjpg. Parameter

kualitas video stream seperti resolusi dapat diatur dalam program. Video stream pada sistem ini memiliki resolusi 1280x720. Program pada mode ini membuka layanan python web server pada port 8000 dan membuat file stream.mjpg yang berisi aliran frame yang dapat diakses menggunakan web browser.







3. Hasil

3.1. Pengujian Sensitivitas Sistem dalam Mendeteksi Gerakan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari nilai threshlod yang digunakan terhadap tingkat sensitivitas sistem dalam mendeteksi gerakan. Pada pengujian ini objek bergerak (manusia) ditempatkan pada jarak yang tetap (~20 meter) dari kamera sementara operator melakukan perubahan variabel threshold pada program.

Hasil pengujian sensitivitas sistem dalam mendeteksi gerakan disajikan dalam tabel 1. Garis berwarna hijau muda yang membentuk persegi atau kotak menunjukkan luas motion yang berhasil dideteksi oleh sistem.

Tabel 1 Hasil pengujian sensitivitas program pendeteksi gerakan

No	Thres	Hasil	No	Thres	Hasil
1	1		2	3	
3	5		4	7	
5	9		6	12	

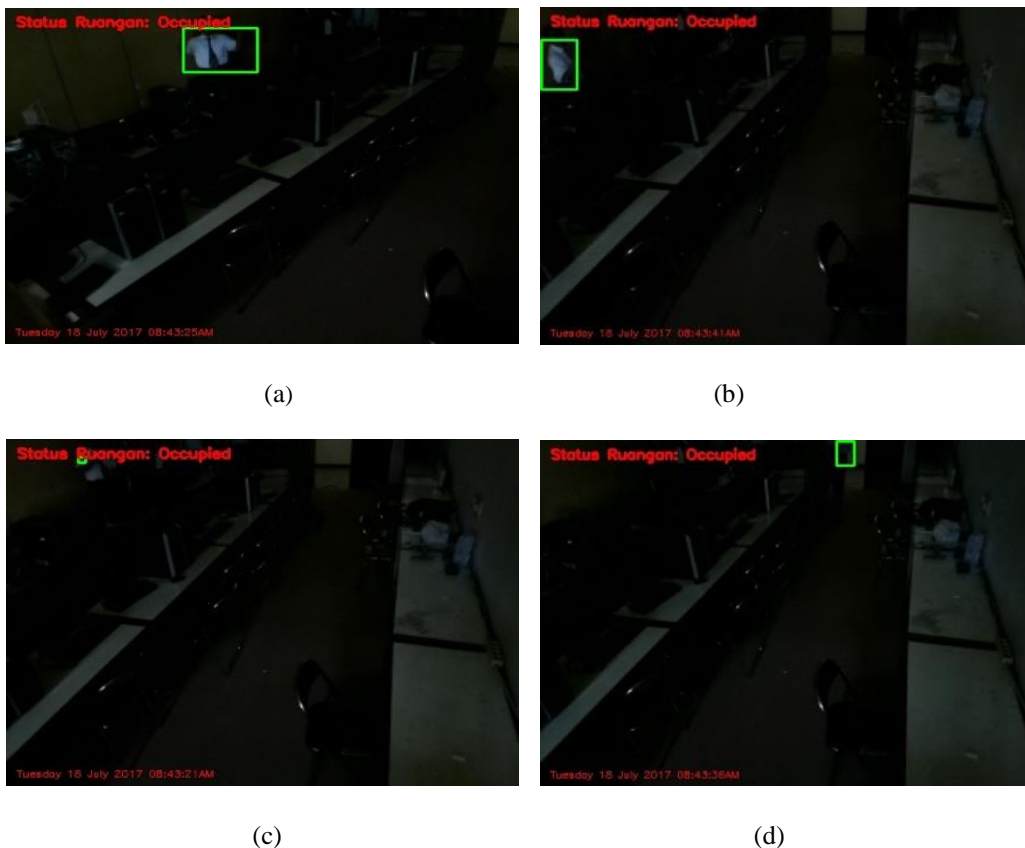
Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai delta threshold yang digunakan menentukan tingkat sensitivitas program dalam mendeteksi motion. Semakin besar nilai delta threshold yang digunakan maka semakin sedikit juga motion yang dideteksinya terbukti pada gambar di baris ke-5 dan 6. Penentuan nilai threshold tepat tergantung pada kondisi ruangan yang dipantau, nilai threshold yang rendah (misal 1) memang sensitif dalam mendeteksi motion tetapi jika ruangan yang dipantaunya memiliki tingkat pencahayaan yang tidak stabil maka semakin besar besar juga kemungkinan program menghasilkan false-alarm. False-alarm adalah kondisi dimana sistem berhasil mendeteksi adanya gerakan di ruangan yang dipantaunya tetapi gerakan yang terdeteksi tersebut bukan bersumber dari gerakan manusia melainkan dari objek lain (misal: benda jatuh, perubahan intensitas cahaya, dan sebagainya). Hal ini bisa terjadi karena pada saat terjadi benda jatuh atau perubahan intensitas cahaya pada ruangan yang sedang dipantau sistem membaca adanya perubahan nilai pixel pada frame, dan jika nilai threshold yang digunakan sangat

rendah (misal $\text{threshold}=1$) maka sistem akan mudah mendeteksi perubahan pixel tersebut sebagai adanya motion.

3.2. Pengujian Keandalan Sistem dalam Mendeteksi Gerakan pada Ruangan Rendah Cahaya (Low Light)

Selain pengujian sensitivitas, telah dilakukan juga pengujian kemampuan sistem dalam mendeteksi gerakan pada ruangan dengan kondisi rendah cahaya (low light). Pengujian dilakukan di Lab. Telematika I Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Bandung pada jam 08.40 WIB dengan kondisi lampu dimatikan.

Gambar 5.(a), (b), (c), dan (d) menunjukkan hasil dari pengujian program pendeteksi gerakan di dalam ruangan yang rendah cahaya.



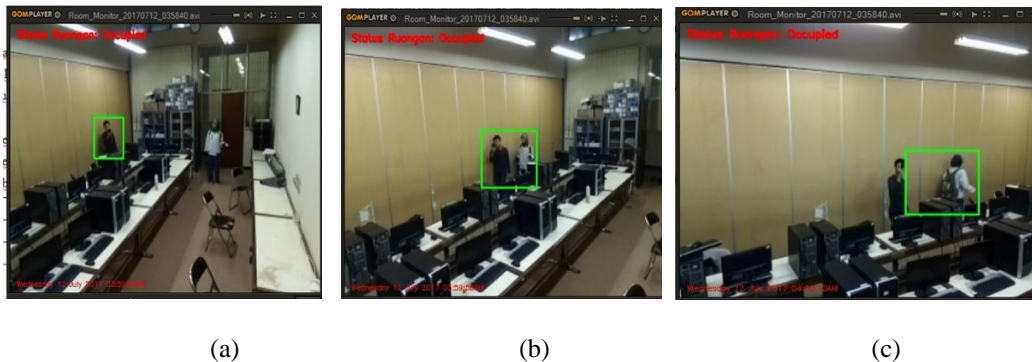
Gambar 5 Hasil uji low light

Dari hasil pengujian pada gambar dapat dilihat bahwa meskipun sistem pemantau ruangan ini dipasang di dalam ruangan yang rendah cahaya (low light) sistem masih mampu mendeteksi adanya motion dalam ruangan tersebut dengan catatan: bahwa objek yang bergerak harus berwarna kontras dengan warna background (dalam pengujian ini objek mengenakan kemeja berwarna putih sedangkan background berwarna hitam), dan kondisi ruangan yang dipantau adalah dalam keadaan rendah cahaya (low light) bukan gelap gulita.

3.3. Pengujian Fitur Auto-tracking Jika Terdapat Lebih dari satu Objek dalam Ruangan

Fitur auto-tracking adalah fitur yang memungkinkan kamera bergerak secara otomatis mengikuti pergerakan dari objek yang ada dalam frame. Keandalan fitur auto-tracking diuji dengan cara menempatkan dua objek bergerak dalam satu ruangan yang sedang dipantau untuk

mengetahui ke arah manakah kamera akan bergerak jika terdapat 2 objek bergerak di dalam ruangan yang sedang dipantaunya. Hasil uji fitur auto-tracking disajikan pada gambar 6. (a), (b), dan (c).



Gambar 6 Hasil dari fitur auto-tracking

Cara kerja dari fitur ini adalah dengan memanfaatkan nilai koordinat x , y , variabel w , dan h yang didapat pada saat menggambar garis berwarna hijau muda yang berbentuk kotak atau persegi sebagai tanda luas motion yang terdeteksi. Frame dengan lebar 500px ini dibagi menjadi 3 area, area kiri berada pada pixel 0 s/d 150, area tengah pada pixel 151 s/d 350, dan area kanan pada pixel 351 s/d 500. Dengan memanfaatkan variabel x , y , w , h dapat diketahui nilai x center = $(x + (w/2))$, setelah itu cari dimanakah area x center tersebut berada, jika x center berada di area kiri maka gerakan servo ke kiri, jika x center di area tengah maka servo tidak perlu digerakan, dan jika x center di area kanan maka gerakan servo ke kanan.

Dari hasil uji coba, pada gambar 6. (a), (b), dan (c) dapat dilihat bahwa ketika terdapat dua objek bergerak dalam ruangan, sistem berhasil menyeleksi salah satunya saja yang akan diikuti. Hal ini disebabkan program dirancang agar sistem memilih objek yang menghasilkan area motion yang paling luas diantara objek bergerak lainnya dalam ruangan tersebut. Hal ini diperkuat kembali pada saat kedua objek tersebut berada dalam posisi berdekatan seperti ditunjukkan pada gambar 6 (c), program mendeteksi area motion yang merupakan gabungan dari area motion objek 1 dengan area motion objek 2 sehingga menghasilkan area motion yang paling luas di dalam frame tersebut.

Sebenarnya metode background-subtraction tidak cocok untuk digunakan pada sistem dengan kamera yang tidak statis (bergerak) karena pada saat kamera bergerak, program akan mendapatkan perubahan background yang signifikan sehingga mendefinisikan sebagai adanya suatu motion dalam frame yang berarti ini juga memungkinkan terjadinya false-alarm. Tapi hal tersebut sudah teratasi dengan sedikit hack, yakni pada saat kamera bergerak maka reset kembali frame default (frame akumulasi) sehingga program tidak mendeteksi adanya perubahan nilai piksel yang signifikan.

4. Kesimpulan dan Saran

Proses perancangan dan realisasi sistem pemantau ruangan telah berhasil dilakukan. Hasil dari perancangan dan realisasi sistem ini dapat disimpulkan:

- Sistem mampu mendeteksi adanya gerakan objek asing meskipun dalam situasi rendah cahaya.
- Semakin rendah nilai threshold pada program pendeteksi gerakan maka sistem akan semakin sensitif dalam mendeteksi gerakan tetapi memperbesar juga kemungkinan terjadi false-alarm.
- Berfungsinya fitur auto-tracking untuk mengikuti pergerakan objek dalam ruangan yang sedang dipantau dengan jangkauan gerakan servo motor per-step sebesar 18° .

Saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut yaitu:

- a. Gunakan perangkat pemroses yang lebih tinggi spesifikasinya, sehingga tidak terjadi penurunan kualitas foto/video
- b. Gunakan metode untuk menyimpan video dalam format mp4 agar video dapat langsung dimainkan pada web browser
- c. Lakukan pengembangan agar sistem dapat memantau lebih dari satu ruangan secara bersamaan.

Daftar Pustaka

- [1] P. F. Ramadhona. *Desain dan Implementasi Sistem Pengendali Gerak Kamera Untuk Pemantauan Keamanan Suatu Ruangan Dalam Rumah Dengan Pendeteksi Pergerakan Objek*. Skripsi. Bandung. Politeknik Negeri Bandung; 2014.
- [2] A. R. Utami. *Perencanaan dan Realisasi Sistem Pemantauan Keamanan Ruangan Menggunakan Webcam dan Sensor Passive Infrared (Bagian Aplikasi untuk Android dan Website)*. Skripsi. Bandung. Politeknik Negeri Bandung; 2016.
- [3] G. A. Danajaya. *Perencanaan dan Realisasi Sistem Pemantauan Keamanan Ruangan Menggunakan Webcam dan Sensor Passive Infrared (Bagian Moving Object Detector)*. Skripsi. Bandung. Politeknik Negeri Bandung; 2016.
- [4] A. Rosebrock, "PyImageSearch," 01 06 2015. [Online]. Available: <http://www.pyimagesearch.com/2015/06/01/home-surveillance-and-motion-detection-with-the-raspberry-pi-python-and-opencv/>. [Diakses 03 05 2017].
- [5] P. KaewTraKulPong, R. Bowden. *An Improved Adaptive Background Mixture Model for Real-time Tracking with Shadow Detection*. Proc. 2nd European Workshop on Advanced Video Based Surveillance Systems, AVBS01. Kingston upon Thames, UK. 2001.
- [6] Zoran Zivkovic. *Improved adaptive Gaussian mixture model for background subtraction*. Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition. Cambridge, UK. 2004.
- [7] Z. Zivkovic, F. van der Heijden. *Efficient Adaptive Density Estimation per Image Pixel for the Task of Background Subtraction*. Pattern Recognition Letters. 2006; 27(7): 773-780