

Sistem Keamanan pada Lingkungan Pondok Pesantren Menggunakan *Raspberry Pi*

Nur Ahmad Syahid, Dr. Muhammad Rivai S.T., M.T., dan Suwito, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: muhammad_rivai@ee.its.ac.id, nur.ahmad.syahid12@ee.its.ac.id

Abstrak—Salah satu pelanggaran kedisiplinan yang sering dilakukan oleh para santri ialah keluar dari pondok pesantren pada saat jam belajar pondok maupun saat tidak ada kegiatan pondok, oleh karena itu diperlukan alat bantu modern untuk membantu para ustaz mengawasi lingkungan pondok pesantren. Dimana alat tersebut diimplementasikan dengan *Raspberry Pi* dan sensor PIR (*passive infrared*) serta modul kamera yang digunakan untuk mengawasi santri. Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi adanya gerakan. Setelah terdeteksi sebuah gerakan, modul kamera akan diaktifkan kemudian akan melihat dan mendeteksi objek menggunakan *histogram oriented of gradient* (HOG). Ketika objek terdeteksi adalah manusia maka objek itu difoto kemudian pesan pemberitahuan pelanggaran yang berisi gambar hasil foto dan pesan singkat akan dikirim melalui *e-mail* ke *e-mail* ustaz.

Dari Uji coba sistem yang dibuat didapatkan hasil pendeteksian gerakan oleh sensor PIR dengan maksimal jarak 6 meter dan jarak pendeteksian oleh HOG berkisar antara 2 meter hingga 6 meter dan idealnya alat ini diletakkan 3 meter dari objek sehingga alat ini tepat digunakan untuk membantu meningkatkan penerapan ilmu kedisiplinan di lingkungan pondok pesantren.

Kata kunci—Pondok Pesantren, Modul Kamera, *Raspberry Pi*, Sensor PIR, *Histogram Oriented of Gradient*

I. PENDAHULUAN

PONDOK pesantren adalah sebuah lembaga yang menerapkan pendidikan agama yang terpadu dan diiringi dengan pendidikan formal yang bermutu sebagai bentuk sekolah formal yang ada. Pondok pesantren juga membantu orang tua dalam menanamkan pendidikan moral dan kedisiplinan dalam kegiatan sehari-hari yang sangat bersinergi dengan pendidikan agama.

Sesuai dengan perkembangan zaman yang semakin maju pondok pesantren banyak dijadikan prioritas utama oleh orang tua dalam memberikan pendidikan kepada anak sehingga jumlah santri dari tahun ke tahun semakin banyak, hal ini tidak sebanding dengan sumber daya guru atau ustaz yang relatif sedikit. Oleh karena itu dalam hal mengawasi lingkungan pondok pesantren sangat kurang karena jumlah santri yang bertambah dan para ustaz yang sedikit mengakibatkan sulitnya menerapkan kedisiplinan dan pendidikan moral. Pelanggaran kedisiplinan yang paling sering dilakukan oleh para santri ialah keluar dari pondok pesantren pada saat jam belajar pondok, oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem yang modern untuk mengawasi teritorial pondok pesantren.

Dengan kemajuan teknologi sekarang, banyak teknologi yang dapat membantu kehidupan sehari-hari, salah satunya

embedded system. Berbagai *embedded system* telah dibuat sebelumnya seperti contohnya *Surveillance Cam* [1]. Proyek ini memiliki tujuan yaitu membuat suatu sistem pengawasan ruangan menggunakan teknologi *Raspberry Pi* dan modul kamera, namun proyek ini *outputnya* hanya *streaming video* yang disajikan dalam *web* adapun kekurangan dalam proyek ini adalah tidak adanya suatu notifikasi apabila terjadinya suatu situasi yang mencurigakan maupun tidak ada notifikasi yang *real time*.

Dalam Tugas Akhir ini penulis ingin membuat sistem yang lebih *real time*, fitur notifikasi, dan hemat listrik. Sistem yang dibuat digunakan untuk mengawasi area pondok pesantren yang peletakkan sistemnya di area pagar ataupun tembok. Sistem ini memanfaatkan teknologi *Raspberry Pi* sebagai pusat semua perangkat, sensor PIR sebagai pendeteksi adanya suatu gerakan, dan yang terakhir modul kamera *Raspberry Pi* tipe NoIR yang digunakan untuk mengambil gambar objek manusia tersebut.

II. URAIAN PENELITIAN

A. *Raspberry Pi*

Raspberry Pi adalah sebuah *Single Board Computer* seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh *Raspberry Foundation* dari UK dengan tujuan mempromosikan pengajaran ilmu komputer di sekolah dasar. *Raspberry Pi* menggunakan *system on a chip* (SoC) dari *Broadcom BCM2835*, dan juga termasuk prosesor *ARM1176JZF-S 700 MHz*, *GPU VideoCore IV* dan penyimpanan data jangka panjang. Meskipun mempunyai hampir semua kemampuan yang dimiliki komputer biasa, namun kemampuan komputasi *Raspberry Pi* tidak secepat komputer pada umumnya. Aplikasi-aplikasi *open source* pun bisa dipasang ke dalam komputer mini tersebut seperti *Libre Office*, *web browser* ataupun *programming* [2]. Pada Tugas Akhir ini *Raspberry Pi* dijadikan suatu *main system* dari perangkat perangkat yang lain.

B. *HC-SR501 Passive Infrared Sensor (PIR)*

PIR adalah sebuah perangkat sensor dimana perangkat tersebut berguna untuk mendeteksi adanya gerakan suatu objek di sekitarnya. Sensor PIR bersifat pasif, artinya sensor ini tidak memancarkan sinar infra merah tetapi hanya menerima radiasi sinar infra merah dari luar, ketika sebuah gerakan terdeteksi dengan adanya suatu sumber radiasi dengan suhu tertentu yaitu manusia melewati sumber infra merah disekitarnya dengan suhu berbeda, maka sensor akan membandingkan pancaran infra merah yang diterima setiap

satuan waktu, sehingga jika ada pergerakan maka akan terjadi perubahan pembacaan pada sensor. Tipe PIR yang khusus digunakan untuk mendeteksi manusia adalah tipe HC-SR501 *Body Sensor Module Pyroelectric Infrared*.

HC-SR501 *Body Sensor Module Pyroelectric Infrared* didasarkan pada teknologi inframerah dengan sensitivitas yang tinggi dan modus operasi *ultra-low-voltage*. Sensor ini memiliki *voltage 5V-20V*, *Power Consumption 65mA*, *TTL output* mencapai 3.3V, 0V. Suhu yang dideteksi memiliki temperatur 20-70 derajat. jarak sensor bisa mencapai 5-7 meter dengan sudut pancaran mencapai kurang lebih 120 derajat [3]. Dalam Tugas Akhir ini sensor PIR digunakan sebagai pendeteksi adanya suatu gerakan.

C. Modul Kamera Raspberry Pi NoIR

Modul kamera *Raspberry Pi NoIR* adalah modul kamera yang dirancang khusus *add-on* untuk *Raspberry Pi* yang tidak memiliki *IR cut filter* yang dipasang seperti pada kamera biasa, dengan hanya memasangkan ke salah satu soket kecil di permukaan atas *Raspberry Pi*. *Interface* soket ini menggunakan *CSI interface* yang khusus, yang mana dirancang khusus untuk *interfacing* pada kamera.

Versi NoIR adalah hal yang terbaik karena dapat digunakan pada malam hari, karena modul kamera *Raspberry Pi NoIR* dapat memancarkan cahaya inframerah [4]. Pada Tugas Akhir ini modul kamera digunakan untuk mengambil gambar.

D. Raspbian OS

Raspbian adalah sistem operasi Linux *distro* Debian yang dioptimalkan untuk penggunaan perangkat komputer mini *Raspberry Pi*. Sistem operasi ini memiliki beberapa *program* standard dan beberapa alat bantu untuk dapat menjalankan perangkat keras dari komputer mini *Raspberry Pi*. Di dalam sistem operasi *Raspbian* ini sudah lengkap daripada sistem operasi yang murni pada komputer umum, karena *Raspbian* berisi lebih dari 35.000 paket dan *pre-compiled* perangkat lunak yang tersaji dalam bentuk format yang mudah untuk dipasang dalam komputer mini *Raspberry Pi* [5]. Pada Tugas Akhir ini operasi sistem yang digunakan adalah *Raspbian*.

E. SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)

Simple Mail Transfer Protocol atau SMTP adalah sebuah protokol yang dimana berfungsi untuk membantu dalam hal pengiriman *e-mail* dan penjaluran pengiriman *e-mail*. Dalam bahasa pemrograman Python disediakan *smtp* modul, yang dimana dapat menerjemahkan sebuah objek *client session* SMTP yang digunakan untuk melakukan pengiriman *e-mail* ke semua perangkat internet yang mendukung pembacaan SMTP Daemon [6]. Pada Tugas Akhir ini menggunakan SMTP untuk mengirimkan notifikasi melalui *e-mail*.

F. OpenCV

OpenCV adalah suatu *library* gratis yang dikembangkan oleh *developer-developer* Intel Corporation. *Library* ini terdiri dari fungsi-fungsi *computer vision* dan API (*Application Programming Interface*) untuk *image processing high level* maupun *low level* dan sebagai optimasi aplikasi *realtime*. *OpenCV* sangat disarankan untuk *programmer* yang akan berkecukupan pada bidang *computer vision*, karena *library*nya mampu membuat aplikasi yang handal dibidang *digital vision*

dan mempunyai fitur yang mirip dengan cara pengolahan visual pada manusia [7]. Tugas Akhir ini menggunakan *library OpenCV* untuk mendeteksi objek manusia.

Berikut ini adalah beberapa fitur pada *library OpenCV*:

- Manipulasi data gambar (alokasi memori, melepaskan memori, setting serta konversi gambar)
- *Image/Video I/O* (Bisa menggunakan kamera yang sudah didukung oleh *library* ini)
- Manipulasi matriks dan vektor serta terdapat juga *routines linier algebra (products, solvers, eigenvalues, SVD)*
- *Image processing* dasar (*filtering, edge detection, pendeteksian tepi, sampling* dan interpolasi, konversi warna, operasi morfologi, *histograms* [8], *image pyramids*)
- Analisis struktural
- Kalibrasi kamera
- Pendeteksian gerak
- Pengenalan objek (Hewan, Manusia, Tumbuhan dll)
- *Basic GUI (Display gambar/video, mouse/keyboard control, scrollbar)*
- *Image Labelling (line, conic, polygon, text drawing)*

G. HOG (Histogram of Oriented)

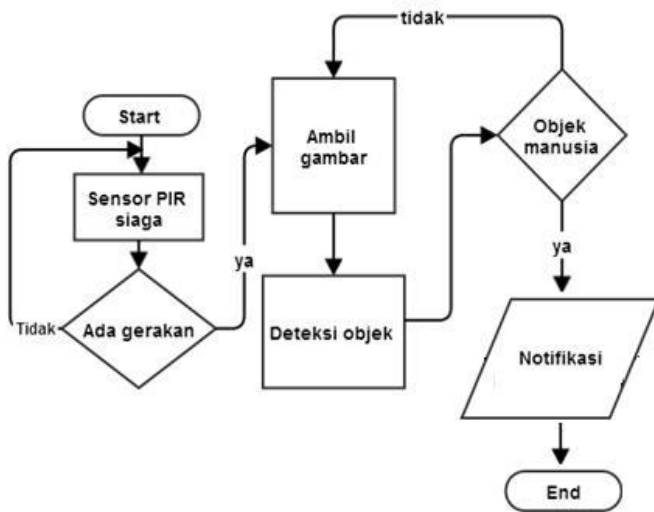
Histogram of Oriented Gradients ini digunakan untuk mengekstraksi fitur pada obyek gambar dengan menggunakan obyek manusia. Berdasarkan langkahnya, proses awal pada metode HOG adalah mengkonversi citra RGB (*Red, Green, Blue*) menjadi *grayscale*, yang kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai gradien setiap piksel. Setelah mendapatkan nilai gradien, maka proses selanjutnya yaitu menentukan jumlah bin orientasi yang akan digunakan dalam pembuatan *histogram*. Proses ini disebut *spatial orientation binning*. Namun sebelumnya pada proses *gradient compute* gambar pelatihan dibagi menjadi beberapa *cell* dan dikelompokkan menjadi ukuran lebih besar yang dinamakan *block*. Sedangkan pada proses normalisasi *block* digunakan perhitungan geometri R-HOG. Proses ini dilakukan karena terdapat *block* yang saling tumpang tindih. Berbeda dengan proses pembuatan *histogram* citra yang menggunakan nilai-nilai intensitas piksel dari suatu citra atau bagian tertentu dari citra untuk pembuatan *histogram*-nya [9].

III. PERANCANGAN SISTEM

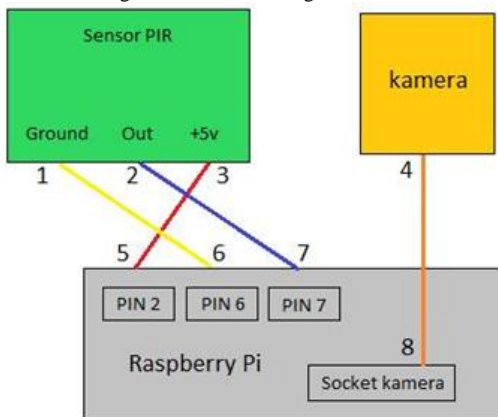
A. Deskripsi Umum

Pada Tugas Akhir ini dibangun sebuah sistem pengawas pondok pesantren berbasis *Raspberry Pi*. Sistem ini dirancang dengan studi kasus untuk mengawasi pondok pesantren dari pelanggaran santri yang keluar pondok tanpa izin.

Sistem ini menggunakan sensor PIR untuk mendeteksi adanya suatu gerakan yang mencurigakan di tempat yang rawan digunakan kabur dan sebagai trigger yang nantinya akan diteruskan ke modul kamera yang akan mengambil gambar objek tersebut dan mendeteksi objek pada gambar tersebut. Dan yang terakhir hasil informasi dari perangkat sistem ini akan dikirimkan ke *e-mail* tujuan sebagai bentuk notifikasi.



Gambar 1. Diagram Alir Sistem Pengawasan Batas Teritorial Pondok Pesantren



Gambar 2. Rangkaian Perangkat Keras

B. Arsitektur Sistem

Rancangan arsitektur sistem ditunjukkan seperti pada gambar 1. Pada pada gambar 1 menunjukkan diagram alir dari proses kerja dari sistem pengawas menggunakan *Raspberry Pi*. Pertama proses inisialisasi *start* kemudian mengaktifkan sensor PIR dan modul kamera dari *Raspberry Pi* agar sensor dan kamera pada posisi siaga, lalu jika terjadi gerakan maka sensor mendeteksi gerakan tersebut dan langsung memberikan sinyal ke *Raspberry Pi* agar modul kamera diaktifkan, setelah itu gambar dari kamera akan dideteksi menggunakan *HOG descriptor* agar dapat mengetahui apakah objek tersebut manusia atau bukan, jika manusia maka kamera melakukan perintah ambil gambar.. Kemudian *Raspberry Pi* mengirim notifikasi, dan gambar ke *e-mail* tujuan.

C. Perancangan Perangkat Keras

Pada subbab ini akan dijelaskan bagaimana perancangan perangkat keras pada *Raspberry Pi* agar semua perangkat keras dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan susunan yang ditentukan agar sistem pengawasan ini dapat berjalan dengan sempurna.

Pada gambar 2 menunjukkan rangkaian hubung antara *Raspberry Pi* dengan sensor PIR dan modul kamera melalui *socket* GPIO *Raspberry Pi*. Dibutuhkan beberapa kabel GPIO pelangi untuk menghubungkan *socket* dari sensor dan modul kamera ke *Raspberry Pi* melalui beberapa *socket* GPIO.



Gambar 1. Hasil Implementasi Perangkat Keras

Pada gambar 3 menunjukkan hasil pembuatan perangkat keras yang akan digunakan pada sistem pengawasan pondok pesantren menggunakan *Raspberry Pi*, perangkat keras ini diawali dengan sebuah prototipe untuk menguji apakah perangkat keras dapat berfungsi sebagai sistem pengawas pondok pesantren. berikut penjabaran dari perangkat keras yang digunakan:

- 1 buah mini komputer *Raspberry Pi* 3 model B.
- 1 buah sensor PIR tipe HC-SR501
- 1 buah sensor deteksi jarak HC-SR04
- 1 buah modul kamera *Raspberry Pi* NoIR
- 6 buah led *infrared* dan 2 resistor 22 ohm.
- sepotong PCB
- 11 buah kabel pelangi *male to female*
- 1 buah *powerbank* oren 10050mah
- 1 buah SDHC *card* Sandisk Ultra 32GB
- 1 buah *casing* akrilik persegi

IV. PENGUJIAN DAN EVALUASI

A. Uji Coba Fungsionalitas Sistem

Uji coba fungsionalitas ini merupakan sebuah pengujian terhadap jalannya fungsi–fungsi utama yang ada pada sistem. Pada sistem ini terdiri dari *Raspberry Pi*, modul kamera dan sensor infra merah. Uji coba fungsionalias ini dilakukan pada ketiga bagian sistem tersebut yang dimana sebagai pendeteksian gerakan manusia, penangkap gambar menggunakan *video streaming*, dan pengiriman pesan singkat berupa notifikasi dan gambar melalui *e-mail*.

Contoh potongan salah satu kode program untuk menjalankan alat yaitu pada fungsi kirim ini adalah sebagai berikut:

```
#library untuk kirim e-mail
import os
import sys
from datetime import datetime
import smtplib
from e-mail.mime.text import MIMEText
from e-mail.mime.image import MIMEImage
from e-mail.mime.multipart import MIMEMultipart
def kirimE-mail():
    strFrom = 'nur.ahmad.syahid12@mhs.ee.its.ac.id'
    strTo = 'nurahmadsyahid@gmail.com'
    msgRoot= MIMEMultipart('related')
    msgRoot['Subject']= 'Laporan Pelanggaran'
    msgRoot['From']= strFrom
    msgRoot['To']= strTo
    msgRoot.preamble = 'This is a multi-part message in MIME format'
    dt = str(datetime.now())
    text_html = ""<html>
    <head>
    </head>
    <body><br>Assalamualaikum Wr.Wb.<br>
        Telah terjadi pelanggaran oleh santri<br>
        Terima Kasih<br>
    </body></html>""
    msgText = MIMEText (text_html,'html')
```

Tabel 1.
Uji Coba Sensor PIR Berdasarkan Jarak

No.	Jarak	Keberhasilan
1	1 meter	Sukses
2	2 meter	Sukses
3	3 meter	Sukses
4	4 meter	Sukses
5	5 meter	Sukses
6	6 meter	Sukses
7	7 meter	Gagal
8	8 meter	Gagal
9	9 meter	Gagal
10	10 meter	Gagal

Tabel 2.
Uji Coba Fitur HOG Berdasarkan Jarak

No.	Jarak	Keberhasilan
1	0 meter	Gagal
2	0.5 meter	Gagal
3	1 meter	Gagal
4	1.5 meter	Gagal
5	2 meter	Sukses
6	2.5 meter	Sukses
7	3 meter	Sukses
8	3.5 meter	Sukses
9	4 meter	Sukses
10	4.5 meter	Sukses
11	5 meter	Sukses
12	5.5 meter	Sukses
13	6 meter	Sukses
14	6.5 meter	Gagal
15	7 meter	Gagal

B. Uji Coba Fungsionalitas Sistem Pendeteksian Objek Bergerak dengan Sensor PIR Berdasarkan jarak

Pendeteksian objek bergerak menggunakan sensor PIR merupakan bagian inti dari sistem karena sensor PIR disini berperan penting sebagai penerima sinyal dari panas tubuh manusia yang akan melewati suatu tembok yang akan dipantau oleh perangkat sistem ini. Sensor PIR akan menangkap gelombang yang dipancarkan oleh panas tubuh seseorang. Pada uji coba ini sensor PIR di uji berdasarkan jarak, hasil uji coba ditunjukkan pada tabel 1.

C. Uji Coba Fungsionalitas Pendeteksian Objek Manusia Dengan Kamera dan Fitur HOG Berdasarkan Jarak.

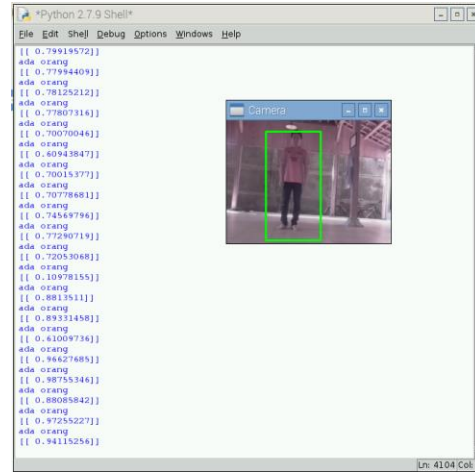
Kamera dan HOG disini berperan penting sebagai penangkap dan pendeteksian objek manusia. Kamera akan menyala setelah sensor PIR mendeteksi adanya gerakan setelah itu objek akan dideteksi apakah itu manusia atau tidak menggunakan fitur HOG. Pada uji coba ini kamera dan HOG diletakkan 50 cm diatas permukaan tanah dan diuji daya tangkap berdasarkan jarak, hasil uji coba ditunjukkan pada tabel 2. Dari tabel 2 di atas didapatkan bahwa objek pada jarak yang dapat dideteksi oleh HOG adalah 2 meter hingga 6 meter. Dari gambar 4 menunjukkan jarak ideal pendeteksian objek dan penempatan perangkat sistem pengawas yaitu 3 meter dari objek.

D. Uji Coba Fungsionalitas Pendeteksian Objek Manusia Dengan Kamera dan Fitur HOG Berdasarkan Noise.

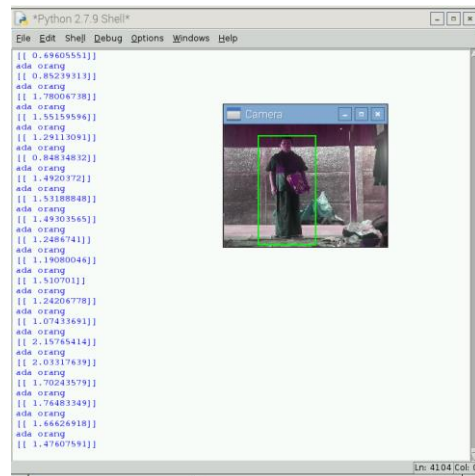
Pada uji coba ini dilakukan pendeteksian objek manusia dengan memberikan beberapa *noise* berupa pemakaian atribut.

Atribut yang dipakai adalah peci, sarung, dan sajadah yang dimana merupakan ciri khas dari santri pondok pesantren.

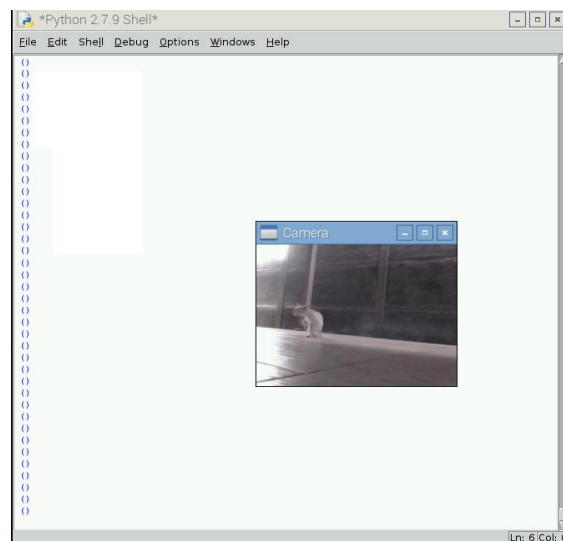
Pada gambar 5 menunjukkan kondisi seseorang dengan berbusana ala santri pondok pesantren. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa pemakaian atribut tidak mempengaruhi pendeteksian objek oleh sistem ini.



Gambar 4. Uji Coba HOG Jarak 3 Meter



Gambar 5. Uji Coba Penambahan Noise



Gambar 6. Hasil Uji Coba Pada Hewan

Tabel 3.
Hasil Uji Coba Skenario

Posisi	
Objek	Menghadap ke depan
Manusia	
Sensor	
PIR	Bekerja
Kamera	Bekerja
HOG	Bekerja
Laporan	Terkirim
Tempat	Laboratorium Elektronika B402

E. Uji Coba Fungsionalitas Objek Bukan Manusia

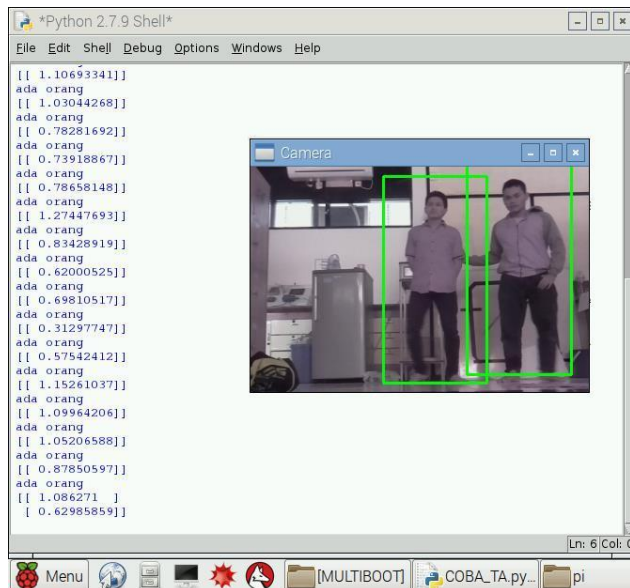
Uji coba ini adalah pengujian perangkat sistem berdasarkan pendeteksian objek selain manusia. Uji coba ini dilakukan terhadap salah satu hewan yaitu kucing.

Dari hasil uji coba pada gambar 6 dapat diketahui gerakan hewan bisa terdeteksi oleh sensor PIR namun sistem HOG tidak membaca sehingga fungsi *capture* kamera tidak bekerja dan begitu pula pada laporan *e-mail*-nya tidak akan terkirim

F. Skenario Uji Coba Seluruh perangkat Sistem

Skenario uji coba adalah pengujian seluruh perangkat sistem dari pendeteksian gerakan, pendeteksian objek manusia, hingga pengiriman informasi berupa *e-mail*. Uji coba ini dilakukan di Laboratorium Elektronika B402 Teknik Elektro.

Dari hasil uji coba pada tabel 3 dapat diketahui beberapa informasi dari perangkat sistem ini yaitu kondisi kerja sistem. Pada gambar 7 menunjukkan proses kerja sistem yang dimana juga menguji berdasarkan jumlah manusia yang akan dideteksi dan gambar 8 menunjukkan hasil fungsi kirim informasi *e-mail* berupa waktu, pesan singkat dan gambar.



Gambar 7. Hasil Uji Coba



Gambar 8. Hasil Uji Coba

V. KESIMPULAN

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan terhadap perangkat sistem pengawasan pondok pesantren menggunakan perangkat *Raspberry Pi* dapat disimpulkan bahwa perangkat sistem ini dapat mendeteksi gerakan manusia yang bergerak hingga berjarak 6 meter dan objek manusia dapat terdeteksi oleh algoritma HOG pada jarak antar 2 meter hingga 6 meter, idealnya alat ini diletakkan 3 meter dari objek atau sasaran tempat pelanggaran santri. Perangkat masih dapat mendeteksi manusia meskipun dengan penambahan sedikit *noise* berupa pemakaian atribut ala santri pondok pesantren.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Surveillance Cam *Raspberry Pi*," [Online]. Available: <http://www.raspberrypi.org/turn-your-pi-into-a-low-cost-hd-surveillance-cam/>. [Accessed 20 Mei 2016].
- [2] "*Raspberry Pi*: FAQs," [Online]. Available: <http://www.raspberrypi.org/faqs#introWhatIs>. [Accessed 12 April 2016].
- [3] "Sensor PIR," [Online]. Available: <https://learn.adafruit.com/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor/overview>. [Accessed 14 April 2016].
- [4] "5MP *Raspberry Pi* Camera Board NoIR," [Online]. Available: <https://www.modmypi.com/raspberry-pi-noir-camera-board>. [Accessed 16 April 2016].
- [5] "*Raspbian* OS," [Online]. Available: <http://www.raspbian.org/>. [Accessed April 2016].
- [6] "SMTP," [Online]. Available: http://www.tutorialspoint.com/python/python_sending_e-mail.htm. [Accessed 17 April 2016].
- [7] "OpenCV," [Online]. Available: <http://docs.opencv.org/modules/core/doc/intro.html>. [Accessed 22 April 2014].
- [8] "HOG," [Online]. Available: http://docs.opencv.org/modules/gpu/doc/object_detection.html#gpu-hogdescriptor-detectmultiscale. [Accessed Mei 2016].
- [9] Dalal, Navneet and Triggs, Bill, *Histograms of Oriented gradients for Human Detection In IEEE Computer Society Conference on Computer vision and Pattern Recognition (CVPR 2005)*. San Diego, CA. N.