

INTEGRASI TEKNIK PENDETEKSIAN OBYEK MENGUNAKAN SENSOR *PIR* DENGAN KONTROL PERGERAKAN *SLIDING CAMERA* PADA SISTEM KEAMANAN BENGKEL

Deni Kurnia

Program Studi Teknik Mekatronika
Politeknik Enjineri Indorama
Email: deni.kurnia@pei.ac.id

Rizky Fitri Hidayatulloh

Program Studi Teknik Mekatronika
Politeknik Enjineri Indorama
Email: rizkyfitrihidayatullah@gmail.com

ABSTRAK

Keamanan merupakan salah satu faktor yang diperlukan dalam setiap aktivitas manusia dan *area* yang ditempatinya. Salah satu *area* yang perlu mendapatkan perhatian keamanannya adalah gedung-gedung yang memiliki aset bernilai tinggi, seperti pabrik, bengkel, *laboratorium*, gudang dll. Metodologi penelitian dilakukan dengan cara merancang sistem elektronika, mekanika dan program untuk menangani sistem keamanan *laboratorium* yang mengintegrasikan kemampuan deteksi *sensor PIR* dengan *sliding camera* yang didesain khusus agar memiliki jangkauan yang luas. Pengontrolan gerakan kamera selain bekerja secara otomatis, juga bisa secara *manual* melalui *web*, baik melalui PC atau *smartphone*. Prinsip kerjanya, sistem akan memberikan peringatan melalui *alarm* sekaligus mengaktifkan *solenoid doorlock* saat itu juga untuk mengunci *lab* jika ada pencuri yang masuk kedalam *lab*. Disaat yang sama kamera dapat merekam kejadian tersebut secara *realtime* dan disimpan dalam bentuk data *video* dan gambar sebagai bukti bahwa pencuri yang bersangkutan masuk kedalam *lab*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa sistem yang dirancang dapat bekerja dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang telah dibuat.

Kata kunci: sistem keamanan gedung, *PIR sensor*, *web monitoring*, *sliding camera*.

ABSTRACT

Security is one of the necessary factors in every human activity and the area they occupy. One area of concern is the security of buildings that have high-value assets, such as factories, workshops, laboratories, warehouses etc. The method of this research is focusing on developing electronics, mechanic and programming for security system in the laboratory that integrates capabilities of PIR sensor with a sliding camera which is specially designed to have a wide and dynamic monitoring. The function of the camera, beside it can run automatically, also can be controlled manually through the web via a PC or smartphone. The works principle are, the system will give a warning by the alarm sound and activate the solenoid doorlock to lock the lab if there are thieves who entered to lab. At the same time, camera can record the event in a real time and stored the data in video and image format. The data as a proof that the thief has entered to the lab. The result of research indicate us that system can work properly in accordance with the design that has been made.

Keywords: *security of buildings system, PIR sensors, web monitoring, sliding camera.*

1. PENDAHULUAN

Keamanan merupakan salah satu faktor yang diperlukan dalam setiap aktivitas manusia dan *area* yang ditempatinya. Salah satu *area* yang perlu mendapatkan perhatian keamanannya adalah gedung-gedung yang memiliki aset bernilai tinggi, seperti pabrik, bengkel, *laboratorium*, gudang dll.

Saat ini telah banyak sistem keamanan gedung yang tersedia di pasaran, seperti *CCTV*, *alarm* anti maling, dll. Namun, sistem tersebut masih memiliki keterbatasan, sehingga pengamanan masih bersifat parsial dan belum terintegrasi menjadi satu sistem keamanan yang lengkap.

Beberapa penelitian tentang sistem keamanan gedung ini pun telah dilakukan sebelumnya. Diantaranya oleh Muchlis, 2010 [1] yang melakukan penelitian sistem keamanan pintu rumah menggunakan *sensor magnet* berbasis mikro dan *sms gateway*. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Tri Priyono, 2011 [2] dengan melakukan perancangan sistem deteksi gerak menggunakan sinar laser dan mikrokontroler untuk sistem keamanan *lab*.

Kemudian Nurkholis, 2015 melakukan penelitian tentang sistem keamanan rumah menggunakan *laser pointer*, *LDR* dan kamera digital [3]. Selanjutnya Nita Wahyu, 2015 [4] melakukan penelitian tentang sistem keamanan ruangan menggunakan *sensor passive infrared* dengan kontroler menggunakan AT89s51. Setahun kemudian Hariani Rika, 2016 [5] melakukan penelitian tentang keamanan pintu *lab* menggunakan *RFID* berbasis *arduino uno*. Pada tahun yang sama Shandy, Yan Detha, dkk, 2016 [6] menerapkan sistem penguncian pintu otomatis pada sistem keamanan smart home melalui *SMS Gateway*.

Dari semua penelitian tersebut, sistem keamanan yang dibangun belum ada yang mengembangkan sistem pendeteksian obyek menggunakan sensor *Passive Infra Red (PIR)* yang terintegrasi dengan sistem *monitoring* menggunakan *sliding camera* otomatis yang mampu merekam *area* pengontrolan secara dinamis.

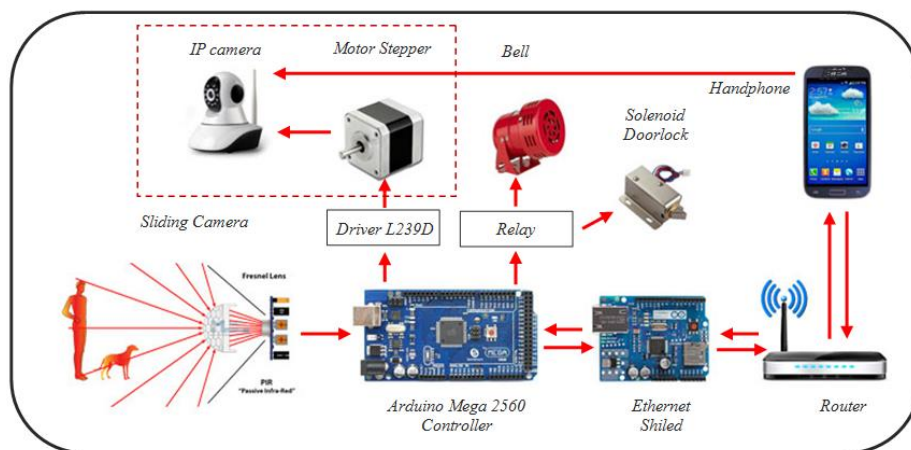
2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dalam pengembangan sistem ini dilakukan dengan cara mengidentifikasi masalah, kemudian menentukan rumusan masalah, selanjutnya menentukan tujuan serta batasan masalah penelitian.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun suatu sistem keamanan *lab* yang handal baik secara preventif maupun represif. Dari rumusan masalah tersebut dapat ditentukan tujuan penelitian yaitu untuk membangun suatu sistem keamanan *lab* yang handal dalam mengamankan *asset lab* dari tindakan pencurian yang terintegrasi dengan sistem *monitoring lab* secara *real time*. Supaya penelitian ini fokus dan terarah maka lingkup penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

- Sistem yang dibangun pada tahap awal dilakukan di bengkel Teknik Mekatronika Politeknik Enjinereng Indorama (<http://pei.ac.id>).
- Untuk membangun sistem preventif, teknik pendeteksian obyek menggunakan sensor *PIR (Passive Infra Red)* sebagai input yang terintegrasi dengan sistem *monitoring* menggunakan *sliding camera* yang bergerak secara otomatis.
- Selain mode otomatis, *sliding camera* pun dapat dikendalikan secara manual melalui *handphone* dan *monitoring lab* dapat diakses melalui *browser*.
- Untuk membangun sistem represif, jika pencuri berhasil masuk kedalam *lab*, sistem *warning* yang dilakukan adalah dengan cara mengaktifkan *alarm* dan pintu *lab* akan terkunci secara otomatis.

Dari batasan masalah, maka muncul spesifikasi alat dengan skema rancangan sistem sebagai berikut (gambar 1):



Gambar 1. Skema Rancangan Sistem

Berdasarkan skema rancangan sistem, maka dalam penelitian ini dilakukan perancangan sebagai berikut :

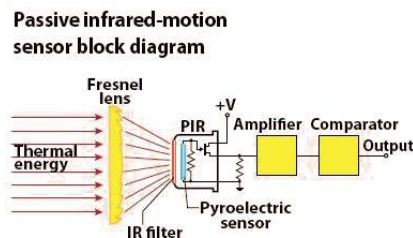
- Sistem elektronik
- Sistem mekanik
- Program pengontrol *sliding camera*

2.1 Perancangan Sistem Elektronik

Dalam perancangan sistem elektronik, komponen *input* yang langsung terhubung kedalam *controller* adalah *sensor PIR (Passive Infra Merah)*. *Sensor PIR* merupakan *sensor* yang bekerja dengan menangkap energi panas yang dihasilkan dari pancaran sinar *infra merah pasif* yang dimiliki setiap benda dengan suhu benda diatas nol mutlak, misalnya suhu tubuh manusia yang memiliki suhu tubuh di kisaran 32°C. *IR filter* yang terdapat pada

sensor PIR ini mampu menyaring panjang gelombang *sinar infra merah pasif* antara 8 sampai 14 mikrometer [7]. Pancaran sinar *infra merah* inilah yang kemudian ditangkap oleh sensor *pyroelectric* yang merupakan inti dari sensor PIR. Akibatnya sensor *pyroelectric* yang terdiri dari *gallium nitrida*, *caesium nitrat* dan *litium tantalate* menghasilkan arus listrik (gambar 2).

Dalam penelitian ini sensor PIR yang digunakan adalah tipe HC-SR501. Kebutuhan input sensor HC-SR501 menurut *datasheet*-nya adalah 4.5-20V DC dengan arus maksimum 50uA. Kemampuan mendeteksi sensor mulai 3-7 meter dengan *delay* antara 5-200 detik. Adapun sudut jangkauannya adalah 140°

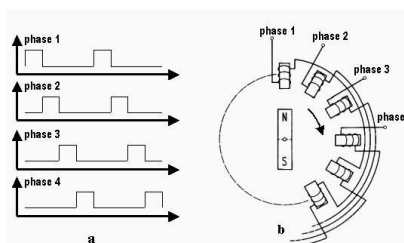


Gambar 2. Blok Diagram Sensor PIR

Controller yang dipakai untuk memproses data adalah *Arduino Mega 2560*. Pemilihan controller ini didasari oleh pertimbangan bahwa dengan jumlah pin I/O sebanyak 54 saluran, diharapkan mampu mengakomodasi lebih banyak *device input* maupun *output*.

Pada bagian *output*, komponen yang terhubung ke *arduino* adalah *Motor drive shield L293D*, *Ethernet Shield W5100* dan *Modul Relay 5V*.

Motor drive shield ini merupakan driver yang dirancang menggunakan IC L293D dengan desain 4 H bridge. Bekerja dengan level tegangan DC 4.5-36 V dengan konsumsi arus pada setiap bridge adalah 0.6 – 1 Ampere. Pentingnya digunakan driver motor dalam sistem ini adalah sebagai media pengendali maju-mundur motor stepper yang menopang gerak mekanik maju-mundur kamera (*sliding camera*). Dalam penelitian menggunakan motor stepper bipolar Nema 17 tipe hybrid dengan torsi 0.48N.m. Motor stepper ini memiliki putaran 1.8 derajat setiap langkahnya. Secara konsep prinsip kerja motor stepper adalah dengan cara memberikan pulsa-pulsa input menjadi gerakan mekanis diskrit. Kecepatan putaran rotor ditentukan oleh kecepatan perpindahan pulsa [8]. Sudut putarannya berbanding lurus dengan banyaknya pulsa yang diberikan. Jadi jika motor stepper yang digunakan memiliki putaran 1.8 derajat setiap langkahnya, artinya setiap satu pulsa input menghasilkan perputaran sejauh 1.8 derajat. Sehingga untuk memutar motor sebesar 360 derajat dibutuhkan 200 pulsa.

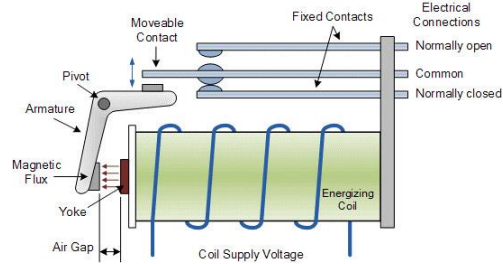


Gambar 3. Grafik Pulsa dan Konstruksi Motor Stepper

Komponen selanjutnya adalah kamera IP (*IP camera*). Kamera IP atau ada juga yang menyebutnya *Netcam* (*Network Camera*) merupakan perangkat pengambil gambar dan perekam objek yang memiliki kemampuan memproses *visual* dan *audio* serta dapat diakses komputer secara langsung, atau melalui LAN, internet, dan jaringan telepon seluler [9].

Perangkat elektronik lainnya adalah *ethernet shield* dengan tipe *W5100*. Merupakan media yang berfungsi untuk menghubungkan kontroler dengan jaringan lokal ataupun internet. Dengan menggunakan kabel UTP dengan sambungan RJ-45 tipe *cross*, maka shield ini dapat dihubungkan dengan *router*. *Ethernet shield* ini bekerja pada tegangan 5V DC dengan kecepatan koneksi di kisaran 10/100M.

Bagian *output* terakhir adalah *relay* dan *solenoid doorlock*. *Relay* dan *solenoid doorlock* merupakan komponen yang bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetis [10]. Prinsip kerja ini memungkinkan terjadinya gerak mekanik yang dapat digunakan untuk memutuskan atau menyambungkan arus listrik (gambar 4).



Gambar 4. Konstruksi dan Prinsip Kerja Relay

2.2 Perancangan Sistem Mekanik

Pada bagian perancangan mekanik, komponen penunjang gerak motor adalah rangka dan ulir. Rangka yang dibuat dipilih materialnya menggunakan besi *hollow* 2x2 cm dengan metode penyambungan menggunakan *welder* (las). Adapun ulir yang digunakan adalah ulir berukuran 8mm. Dalam sistem kerja mekanik fungsi ulir disini adalah sebagai penerus daya, artinya sistem ulir digunakan untuk memindahkan suatu daya menjadi daya lain misalnya sistem ulir pada dongkrak, sistem ulir pada poros berulir (transportir) pada mesin-mesin produksi, dan sebagainya. Dengan adanya sistem ulir ini maka beban yang relatif berat dapat ditahan/diangkat dengan daya yang relatif ringan.



(a)

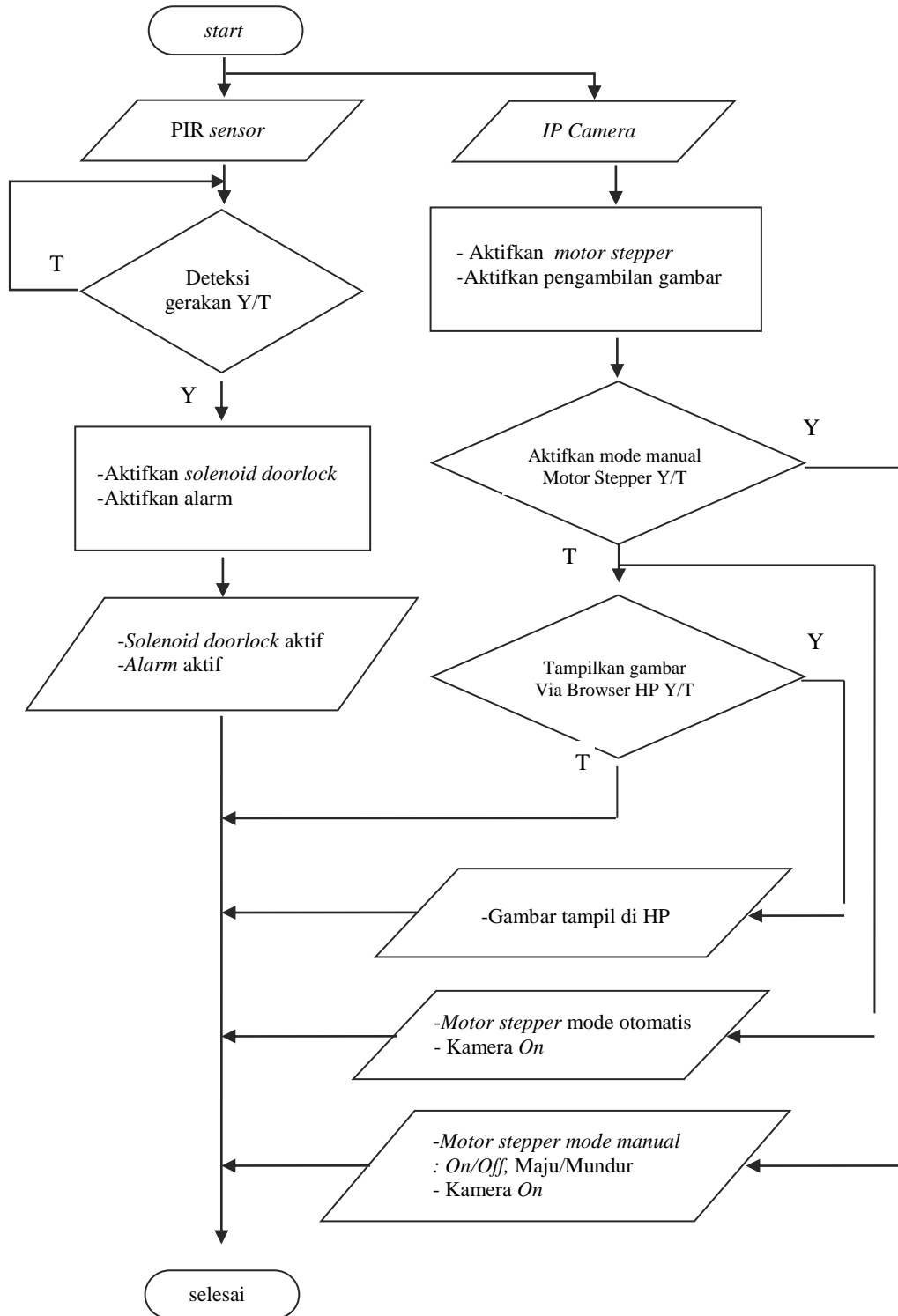


(b)

Gambar 5. Besi *Hollow* 2 x 2 (a) dan Ulir (b)

2.3 Perancangan Program

Bagian terakhir adalah perancangan program pengontrol *sliding camera* menggunakan IDE (*Integrated Development Environment*) Arduino yang terdiri dari editor *program*, *compiler* dan *uploader*. Secara lengkap diagram alir perancangan sistem dapat digambarkan sebagai berikut (gambar 6) :



Gambar 6. Diagram Alir Perancangan Sistem

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Untuk mengaktifkan sensor PIR, pada blok *setup* maka sensor dihubungkan ke *pin digital 2 arduino*, lalu dilakukan inisiasi program sebagai berikut :

```

int pirSensor = 2;
//...
    
```

Langkah selanjutnya pada saat *system on*, matikan terlebih dahulu sensor dengan memberikan logika *low* dan buat variable untuk membaca status pin :

```
//...  
int sensorState = LOW;  
int val = 0;
```

Selanjutnya pada blok *loop*, dilakukan perintah ke *arduino* bahwa *pin 2* dijadikan mode *input* :

```
pinMode(pirSensor, INPUT);
```

Agar fungsi *motor stepper* bisa digunakan, maka dilakukan pemanggilan *library motor stepper* sebagai berikut:

```
#include <Stepper.h>
```

Kemudian dilakukan inisiasi *pin* :

```
int inputDriverStep1 = 5;  
int inputDriverStep2 = 6;  
int inputDriverStep3 = 7;  
int inputDriverStep4 = 8;  
int delay = 1;  
int timeDelay=300000;  
//...
```

Selanjutnya pada blok *setup* dibuat fungsi maju dan mundur otomatis :

```
//...  
void setup()  
{// inisiasi pin arduino}  
void maju()  
{// syntax clockwise/maju (searah putaran jarum jam)}  
void mundur()  
{// syntax counterclockwise/mundur (berlawanan putaran jarum jam)}
```

Untuk mengaktifkan *solenoid doorlock* dan *alarm* maka diaktifkan *pin digital* 3 dan 4 sebagai berikut, dan dijadikan *mode output* :

```
int solenoid = 3;  
int alarm = 4;  
//...  
pinMode(solenoid, OUTPUT);  
pinMode(alarm, OUTPUT);
```

Untuk memfungsikan *ethernet shield*, maka dipanggil *library* dan dilakukan *setting IP Adress* :

```
#include <SPI.h>  
#include <Ethernet.h>  
byte mac[] = { 0x00, 0xAA, 0xBB, 0xCC, 0xDE, 0x02 };  
byte ip[] = { 192, 168, 0, 133};  
EthernetServer server(80);  
String readString;
```

Selanjutnya untuk menggerakkan *motor stepper* secara manual melalui *IP Adress*, maka diberikan *pin 9* dan *10* dengan menjadikannya *mode output* :

```
//...  
int kontrolMaju = 9;  
int kontrolMundur = 10;  
//...  
pinMode(kontrolMaju, OUTPUT);  
pinMode(kontrolMundur, OUTPUT);
```

Untuk menggerakkan maju dan mundur secara manual melalui *browser*, maka instruksi yang diperoleh *controller* adalah melalui string maju dan mundur dengan *syntax* :

```
}  
if(readString.indexOf("?maju") > 0)  
{  
  digitalWrite(kontrolMaju, HIGH);  
  digitalWrite(kontrolMundur, LOW);  
}  
if(readString.indexOf("?mundur") > 0)  
{  
  digitalWrite(kontrolMundur, HIGH);  
  digitalWrite(kontrolMaju, LOW);  
}  
readString="";  
}
```

Pada bagian mekanik, *slidding camera (slider)* yang dibuat diharapkan mampu maju dan mundur sejauh 80cm untuk meningkatkan area pemantauan. Komponen ini terdiri dari kerangka *slider*, dudukan *stepper motor*, *bearing*, ulir 6 mm dengan panjang 100 cm. Rangka *slider* menggunakan bahan besi *hollow 2x2* dengan ukuran: 100 cm x 20 mm . *Slider* terbuat dari akrilik dengan ukuran 30 cm x 20 cm. Tempat *driver stepper motor* menggunakan bahan kotak berwarna hitam dengan ukuran: 20 cm x 15 cm x 10 cm. Roda *slider* menggunakan *bearing* dengan diameter luar 22 mm dan diameter dalam sebesar 8 mm. *Shaft* untuk bearing menggunakan ulir dengan diameter 8 mm yang sudah dipotong dengan panjang 10 cm. Gambar 7 berikut ini menampilkan rancangan dan hasil konstruksi mekanik untuk *slidding camera*.



(a)



(b)

Gambar 7. (a) Desain Awal Dengan Software 3D, (b) Hasil Rancangan

Setelah semua tahap perancangan dan pembuatan selesai, selanjutnya dilakukan tahap pengujian sebagai berikut :

- a) Pengujian respon *sensor PIR* terhadap respon *alarm* :
Dari tabel 1 dapat dijelaskan bahwa setelah dilakukan pengujian, jarak minimum sensor agar dapat mendeteksi obyek manusia adalah 20 cm dan maksimumnya adalah 300 cm. Hal ini terbukti pada saat pengujian dilakukan, jika obyek melewati jarak 300 cm maka sensor sudah tidak mampu lagi mendeteksi.

Tabel 1. Pengujian respon sensor PIR terhadap respon alarm

<i>Kondisi Ruang</i>	<i>Jarak Sensor dengan Manusia (cm)</i>	<i>Tegangan Input Sensor (Volt)</i>	<i>Keterangan Alarm</i>	<i>Keterangan Objek</i>
Ada manusia	20	4.9	ON	Terdeteksi
Ada manusia	100	4.9	ON	Terdeteksi
Ada manusia	200	4.9	ON	Terdeteksi
Ada manusia	300	4.9	ON	Terdeteksi

- b) Pengujian sirine alarm berdasarkan variasi tegangan input :

Hasil pengujian pada tabel 2 menunjukkan bahwa sirine alarm hanya akan mulai bekerja (berbunyi) jika tegangan yang masuk bernilai 5 Volt, walaupun menghasilkan bunyi yang lemah. Namun jika bunyi alarm ingin terdengar kencang/kuat maka tegangan ideal yang masuk ke sensor adalah 12 Volt DC.

Tabel 2. Pengujian sirine alarm berdasarkan variasi tegangan input

<i>Tegangan (VDC)</i>	<i>Output Sirine Alarm</i>	<i>Kekuatan Suara</i>
3.3	OFF	Tidak Ada
5	ON	Lemah
9	ON	Sedang
12	ON	Kuat

- c) Pengujian gerakan sliding camera melalui smartphone :

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian gerakan sliding camera yang pengontrolannya dilakukan melalui smartphone. Dari tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa untuk menempuh pergerakan maju atau mundur sejauh 80 cm, diperlukan waktu 3.5 menit oleh sliding camera. Waktu tempuh ini ideal untuk merekam obyek di area lab, sehingga kualitas gambar sesuai dengan yang diharapkan. Respon kamera tidak menunjukkan adanya delay ketika perintah maju (forward) dan mundur (reverse) dilakukan melalui smartphone.

Tabel 3. Pengujian gerakan sliding camera melalui smartphone

<i>Arah Pergerakan Sliding Camera</i>	<i>Perintah input pada UI smartphone</i>	<i>Respon Sliding Camera</i>	<i>Waktu yang dibutuhkan maju/mundur</i>	<i>Jarak tempuh</i>
Maju (menjauh dari stepper motor)	Forward	Bergerak	3.5 Menit	80cm
Mundur (mendekat ke stepper motor)	Reverse	Bergerak	3.5 Menit	80cm

- d) Pengujian Hasil Perekaman IP Camera :

Pengujian IP Camera dilakukan dengan cara menguji hasil perekaman video dan image. Tabel 4 menunjukkan bahwa untuk durasi 10 menit, file video yang dihasilkan berukuran 142 MB, ukuran file meningkat menjadi 864 MB ketika durasi perekaman berlangsung 60 menit. Untuk menampung jumlah file yang sangat besar maka digunakan ruang penyimpanan yang berukuran besar (3 terabyte).

Selanjutnya untuk hasil perekaman image, ditunjukkan pada tabel 5. Ukuran file hasil capture image cukup kecil yaitu dikisaran 300-400 kb saja dengan hasil tangkapan gambar yang sangat baik pada saat sliding camera bekerja. Pengujian dilakukan melalui smartphone seperti yang ditunjukkan pada gambar 7.

Tabel 4. Hasil perekaman video menggunakan IP camera

<i>No</i>	<i>Durasi</i>	<i>Ukuran File Video (kb)</i>
1	10 menit	142363
2	30 menit	427089
3	60 menit	864178

Tabel 5. Hasil perekaman gambar menggunakan IP camera

No	File	Ukuran File Gambar (kb)
1	20160721_130456.bmp	367
2	20160802_140158.bmp	577
3	20160802_140223.bmp	382



Gambar 7. Hasil Capture Sliding Camera Melalui Smartphone

4. KESIMPULAN

Setelah melewati tahap desain, implementasi dan evaluasi, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Sensor* bekerja dengan baik ketika menangkap gerakan manusia dengan rentang jangkauan antara 20-300 cm dan langsung memberikan sinyal *HIGH* ke *controller* untuk diproses ke tahap selanjutnya.
- Sirine* akan bekerja jika memperoleh tegangan dengan rentang antara 5-12 V dari *output controller* (dalam hal ini *relay*). Besarnya tegangan yang masuk sangat menentukan kekerasan suara *sirine alarm*.
- Sliding camera* dapat dikontrol secara otomatis dan manual melalui *browser* yang dikendalikan melalui *smartphone* dengan jarak maksimum maju dan mundur sejauh 80cm.
- Penggunaan sistem ulir cukup efektif sebagai fungsi penyalur daya, sehingga kerja *motor stepper* menjadi lebih ringan dan tidak cepat panas.
- Area pemantauan *lab* menjadi lebih luas dan lebar dengan adanya sistem *sliding camera* ini.
- Sistem akan *ON* dan *OFF* secara otomatis mulai pukul 18.00 sd 06.00 WIB.
- Sistem pengamanan secara keseluruhan dapat bekerja dengan baik. Ketika sistem *ON*, maka jika ada orang masuk melalui pintu *lab*, sensor *PIR* bekerja dan *alarm* berbunyi. Pada saat yang sama pintu akan menutup secara otomatis dan *solenoid doorlock* bekerja (mengunci pintu) kemudian kamera terus merekam pergerakan dalam area jangkauannya sampai *security* menghentikan sistem menjadi *OFF* dan menangkap pelaku.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muchlis, Muhamad. *Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Sensor Magnet Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8 dan SMS Gateway*, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, 2010.
- [2] Tri Priyono, Denis, dkk. *Perancangan Sistem Deteksi Gerak Dengan Sinar Laser Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8 Pada Laboratorium Komputer Sekolah Tinggi Keguruan Dan Ilmu Pendidikan PGRI Pacitan*, Universitas Surakarta, 2011
- [3] Nurkholis. *Implementasi Sistem Kunci Pintu Otomatis Untuk Smart Home Menggunakan SMS Gateway*, UIN Kalijaga, Jogjakarta, 2015.
- [4] Wahyu, Nita. *Tugas Akhir Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan Sensor Passive Infrared (PIR) Kc7783r dengan Mikrokontroler AT89s51*, Universitas Diponegoro, 2015.
- [5] Hariany, Rika. *Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu Laboratorium Kimia Menggunakan Radio Frequency Identification (RFID) Berbasis Arduino Uno*, Universitas Gunadarma, 2016
- [6] Shandy, Yan Detha, dkk. *Implementasi Sistem Kunci Pintu Otomatis Untuk Smart Home Menggunakan SMS Gateway*. Telkom University, 2016
- [7] Wilson, Jon S. *Sensor Technology Handbook*, Elsevier.Inc. 2005.
- [8] Acarnley, Paul. *Stepping Motors: A Guide to Theory and Practice (Control, Robotics and Sensors)*, Institution of Engineering and Technology, 2007.
- [9] Maulana, Asep Erlan. *Instalasi Perangkat Jaringan LAN*. 2015.

- [10] Platt, Charles. *Make Electronics – Learning by Discovery by (2nd Edition)*, O'Reilly Media Inc. 2009.
- [11] Kadir, Abdul. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemogramannya*, 2013.
- [12] Solichin, Ahmad. *Pemrograman Web dengan PHP dan Mysql*. Universitas Budi Luhur, 2014.