

Implementasi dan Analisa QoS pada *Smart Door* yang Terintegrasi dengan Aplikasi Telegram
Aidah Khuriatul Mujtahidah¹, Unan Yusmaniar Oktawati²

¹Departemen Teknik Elektro dan Informatika,
Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada,

²Departemen Teknik Elektro dan Informatika,
Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada,

¹ aidahkhm@gmail.com, ² unan_yusmaniar@ugm.ac.id

Abstract - Home security is a mandatory requirement for every homeowner. With home security, homeowners will always feel safe leaving the house for a long time. In this final project, the author made a smart door with its main components are the HC-SR04 ultrasonic sensor and web camera. The function of the ultrasonic sensor and webcam is to detect a movement in the area around the access of people. In this system, not only can it detect movement, but also send notifications in the form of text and videos through the Telegram application so that homeowners can find out if someone tries to enter the house even though the owner of the house is away from his house. The author also adds dual security in the form of a remote control system, where when the homeowner knows of theft, the homeowner simply sends a "close" message through the Telegram application, so the door automatically locks and keeps the thief for a while until the homeowner arrives at location. This remote control system can also be used when the homeowner forgets to lock the door so that when the owner of the house is away from home, he simply controls the door through the telegram application.

Keywords: smart door, ultrasonic, web camera, raspberry pi, solenoid door lock

Intisari - Home security adalah kebutuhan wajib setiap pemilik rumah. Dengan adanya home security, pemilik rumah akan selalu merasa aman meninggalkan rumah dalam jangka waktu yang lama. Pada proyek akhir ini, penulis membuat sebuah smart door dengan komponen utamanya adalah sensor ultrasonik HC-SR04 dan web camera. Fungsi sensor ultrasonik dan webcam tersebut untuk mendeteksi suatu pergerakan di area sekitar akses masuk-keluarnya orang. Pada sistem ini, tidak hanya dapat mendeteksi gerakan, tetapi juga mengirimkan notifikasi berupa teks dan video melalui aplikasi Telegram sehingga pemilik rumah dapat mengetahui jika ada orang yang mencoba masuk ke dalam rumah walaupun si pemilik rumah sedang berada jauh dari rumahnya. Penulis juga menambahkan keamanan ganda berupa sistem kendali jarak jauh, dimana ketika pemilik rumah telah mengetahui adanya pencurian, si pemilik rumah cukup mengirimkan pesan "close" melalui aplikasi Telegram, sehingga pintu otomatis terkunci dan membuat pencuri akan tertahan untuk beberapa saat sampai pemilik rumah tiba di lokasi. Sistem kendali jarak jauh ini juga dapat digunakan ketika si pemilik rumah lupa mengunci pintu sehingga ketika si pemilik rumah sudah berada jauh dari rumah, dia cukup mengontrol pintu melalui aplikasi telegram tersebut.

Kata kunci: smart door, ultrasonic, web camera, raspberry pi, solenoid door lock

I. PENDAHULUAN

Keamanan memiliki peranan yang sangat penting dalam mengamankan suatu aset berharga dari ancaman pihak luar. Sistem keamanan rumah yang dibangun pada umumnya hanya dapat memberikan peringatan di tempat kejadian berupa sebuah alarm dan tidak terdapat peringatan secara online yang terhubung dengan perangkat ponsel pintar seperti notifikasi email ataupun panel pemantauan jarak jauh yang dapat diakses setiap saat.

Berdasarkan data Polda Metro Jaya, di wilayah DKI Jakarta selama Mei 2018 telah terjadi 1.447 kasus kejahatan. Antara lain, pencurian dengan pemberatan sebanyak 253 kasus, pencurian dengan kekerasan 19 kasus, perampasan 27 kasus, perampokan empat kasus, pembajakan satu kasus, pencurian kendaraan sepeda motor 154 kasus, mobil 56 kasus. Kemudian pembunuhan delapan kasus, penganiayaan berat 146 kasus, pemerasan 38 kasus, pemerkosaan enam kasus, dan narkoba 547 kasus.

Permasalahan terkait kasus pencurian menjadikan suatu drongan bagi para peneliti untuk memberikan solusi dalam beragam model dan metode analisis. Pengendalian akses pintu ruangan dengan cara konvensional sangat rawan pencurian, karena kunci bisa diduplikasi, sehingga bisa saja semua orang menduplikatnya untuk suatu kejahatan. Untuk itu, perlu pembaharuan sistem, salah satunya adalah mengembangkan sistem pemantau dengan menggunakan program motion. Program motion menangani deteksi gerak dan streaming. Selain itu sistem juga dibuat agar dapat mengirimkan notifikasi saat terjadi gerakan melalui email. Untuk alasan keamanan dan backup data, sistem juga akan mengunggah video hasil rekaman ke google drive. Sistem

terdiri dari 1 server dan 1 klien yang saling berhubungan menggunakan jaringan WLAN [1].

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem keamanan rumah otomatis yang dapat mendeteksi suatu gerakan serta memberikan notifikasi berupa teks dan video ketika terdeteksi suatu gerakan, untuk mengamankan aset yang berada di dalam rumah terhadap tindakan pencurian. Serta memberikan keamanan ganda berupa kunci pintu dengan kendali jarak jauh menggunakan aplikasi telegram, agar pengguna atau pemilik rumah dapat mengakses pintu dari jarak jauh ketika pengguna atau pemilik rumah lupa mengunci pintu ataupun ada seseorang yang tidak dikenal masuk ke dalam rumah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Konsep smart door merupakan bagian dari konsep pervasive computing yang telah menjadi isu hangat dari berbagai penelitian di berbagai sumber seperti artikel-artikel penelitian, majalah teknologi, dan internet. Pervasive computing adalah suatu lingkungan dimana sejumlah teknologi (terutama teknologi komputer) digunakan dan menyatu di dalam objek dan aktivitas manusia sehari-hari, sehingga kehadirannya tidak dirasakan sebagai sesuatu yang khusus [2]. Pervasive computing mengacu pada konsep dimana sistem dapat diakses di mana saja, kapan saja saat dibutuhkan dan melibatkan lebih dari satu perangkat seperti laptop, handphone, personal digital assistance dan lainlain. Dalam jurnal yang berjudul "Teknologi dan Teknik Sistem Terdistribusi Pervasif dalam Bidang Logistik: Studi Literatur Sistematis" [3] ditemukan beberapa teknologi seperti RFID, Wireless Sensor Networks, dan teknologi gabungan yang

digunakan untuk bidang logistik. Juga ditemukan beberapa teknik untuk meningkatkan kinerja seperti metode *smoothing*, teknik algoritma *multi-threshold*, dan teknik kalman *filter*. Berdasarkan literatur dapat disimpulkan bahwa beberapa teknik dapat meningkatkan kinerja teknologi.

Pengendalian akses pintu ruangan dengan cara konvensional sangat rawan pencurian, karena kunci bisa diduplikasi, sehingga bisa saja semua orang menduplikatnya untuk suatu kejahatan. Untuk itu, perlu pembaharuan sistem, salah satunya adalah memanfaatkan teknologi NCF/RFID. Selain itu, digunakan *XBee* sebagai protokol jaringan pada akses pintu untuk mendukung beberapa jaringan *node* yang berada di pintu agar dapat dikontrol dari sebuah koordinator. Dari penelitian yang dilakukan oleh Li Xizhi, Zhou Yu, Ai Changsheng, dan Qian Lijun, dapat diketahui bahwa RFID dapat digunakan untuk membuka setiap pintu masuk dari ruangan petugas keamanan. Dengan adanya *XBee* di dalam sistem tersebut, setiap informasi yang didapat dari akses pintu masuk dapat dikirim ke komputer pusat untuk dilakukan *monitoring*. Unit kontrol akses yang menggabungkan teknologi *XBee* dan frekuensi radio seperti RFID diidentifikasi memiliki keuntungan dibandingkan dengan unit kontrol akses konvensional yaitu dalam hal kenyamanan, efektivitas, dan keamanan [4].

Pada tahun 2014, dibuat sebuah penelitian, dimana dirancang sebuah sistem pemantau ruangan berbasis *Mini PC* (*Raspberry Pi*). Sistem pemantauan dibuat menggunakan program *motion*. Program *motion* menangani deteksi gerak dan *streaming*. Selain itu sistem juga dibuat agar dapat mengirimkan notifikasi saat terjadi gerakan melalui *email*. Untuk alasan keamanan dan *backup* data, sistem juga akan mengunggah video hasil rekaman ke *google drive*. Sistem terdiri dari 1 server dan 1 klien yang saling berhubungan menggunakan jaringan WLAN. Penelitian yang berjudul “Sistem Pemantau Ruangan Berbasis *Video Streaming* dengan *Server Raspberry Pi*” [5] ini, juga meninjau dari beberapa penelitian, salah satunya *system monitoring* berbasis *live video streaming* yang dilengkapi dengan notifikasi melalui SMS. Ero telah melakukan penelitian mengenai sistem pemantauan rumah yang menggunakan teknologi *video streaming* dan dalam sistem tersebut dimasukkan juga program, sehingga sistem hanya akan merekam apabila terdeteksi suatu gerakan, sehingga ukuran video yang terekam tidak terlalu besar karena tidak membutuhkan durasi yang panjang. Sistem milik Ero ini juga memberikan notifikasi melalui SMS kepada pemilik ketika terdeteksi gerakan ditempat yang dipantau [6].

Pada tahun 2016, [7] membuat *prototype* kendali lampu rumah berbasis arduino yang terintegrasi dengan SMS gateway. Dimana sistem ini terdiri dari Arduino Uno, *module GSM900*, sensor LDR, *relay*, dan lampu. Prinsip kerja sistem adalah Arduino Uno digunakan untuk mengatur *relay* agar dapat menjalankan fungsi menghidupkan atau mematikan lampu dari jarak jauh.

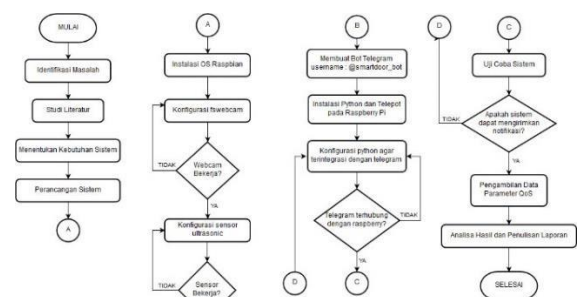
Pada penelitian yang telah dilakukan [8] menjelaskan tentang sistem pemantau ruangan jarak jauh dengan sensor inframerah berbasis mikrokontroler AT89S51. Penelitian

bertujuan untuk membuat sistem pengaman ruangan berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan sensor PIR KC7783R sebagai *detector* inframerah yang dipancarkan ke tubuh manusia. Ketika sensor mendeteksi kehadiran seseorang memasuki ruangan, maka mikrokontroler akan mengaktifkan suara peringatan yang telah disimpan di dalam IC ISD2560 dan suara peringatan akan terdengar melalui *speaker*. Hasil dari penelitian ini berupa frekuensi suara yang dikeluarkan oleh *speaker* yang menandakan adanya seseorang yang masuk.

Kemudian pada tahun yang sama, Alexander Puliano [9] membuat suatu sistem pemantauan ruangan terintegrasi dengan *website* dan *email*, yang dapat diakses setiap saat. Perancangan ini menggunakan sensor PIR untuk membaca pergerakan manusia berupa perubahan radiasi inframerah, radiasi akan terbaca sensor hingga jarak 5 meter dengan sudut pembacaan 90° parabola. Jika terbaca perubahan radiasi lingkungan dengan adanya pancaran radiasi manusia, sensor akan mengirimkan sinyal 1 yang akan diterima dan diproses oleh *Raspberry Pi*. Sinyal akan diolah untuk mengambil gambar dengan *USB Camera* dan disimpan pada *raspberry Pi*. Gambar akan dikirimkan ke *email* melalui jaringan internet sebagai notifikasi peringatan berupa teks, sedangkan gambar akan dikirimkan ke *website*.

III. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam proyek akhir ini pertama yaitu studi literatur dari beberapa jurnal dan buku, melakukan perancangan dan analisa sistem kebutuhan. Melakukan persiapan untuk perangkat keras yang dibutuhkan dan perangkat lunak. Dilanjutkan dengan tahap instalasi sistem operasi raspbian instalasi web camera, membuat Bot Telegram, Konfigurasi sensor ultrasonic, konfigurasi capture data, konfigurasi pengiriman data ke server telegram, dan konfigurasi sistem kendali pintu. Gambar 3.1 adalah diagram alir metode penelitian yang dilakukan oleh penulis.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Alat dan Bahan

Dalam melaksanakan penelitian ini, terdapat beberapa perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan guna menunjang penelitian yang dilakukan. Adapun beberapa perangkat tersebut diantaranya sebagai berikut.

3.1.1 Perangkat Keras

1. Satu (1) Monitor
2. Satu (1) *Mini PC/Raspberry Pi*
3. Satu (1) *Smartphone*

4. Satu (1) Sensor Ultrasonik HC-SR04
5. Satu (1) Web Camera Sturdy
6. Satu (1) Solenoid Door Lock 12V

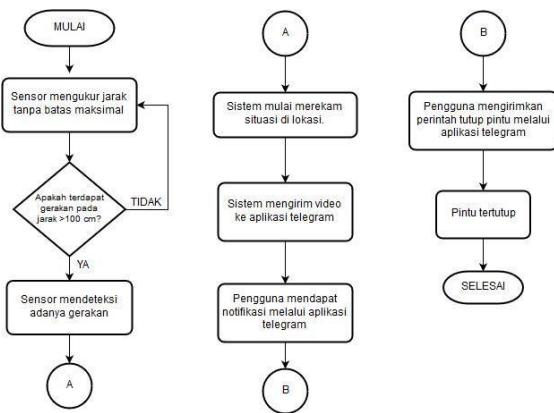
3.1.2 Perangkat Lunak

1. Sistem Operasi Raspbian
2. Python
3. Telegram

3.2 Cara Kerja Sistem

Gambar 3.2 merupakan cara kerja dari *smart door*. Sensor ultrasonik yang diletakkan pada daerah pintu akan memancarkan gelombang lurus dengan jarak maksimal 400 cm. Sistem yang dibuat oleh penulis hanya dapat mendeteksi objek pada jarak maksimal 100 cm. Ketika terdapat objek yang berada pada jarak kurang dari 100 cm, maka gelombang pantulan dari objek akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima. Apabila sensor telah mendapatkan nilai jarak objek, *Raspberry Pi* memerintahkan *web camera* untuk merekam keadaan di daerah pintu. Ketika video sudah mencapai durasi yang diinginkan, *Raspberry Pi* mulai mengirimkan video tersebut ke Telegram.

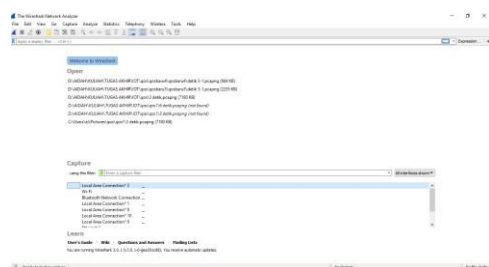
Dimana Telegram yang akan mendapat notifikasi, video hanya Telegram yang *user ID* nya sudah didaftarkan pada sistem di *Raspberry Pi*. Sehingga tidak semua pengguna Telegram akan mendapatkan notifikasi tersebut. Setelah pengguna mendapatkan notifikasi, pengguna kemudian mengirimkan perintah “close” untuk menutup atau mengunci pintu.



Gambar 3.2 Diagram Alir Cara Kerja Sistem

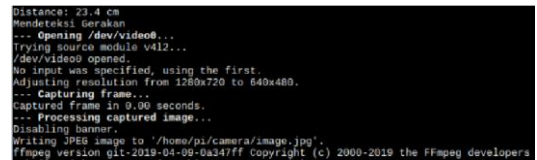
3.3 Cara pengambilan data

- a) Buka Software Wireshark untuk melihat paket data yang masuk Pada Jaringan Wifi dan Klik jaringan yang sudah Terhubung yaitu Wireless Network Connection selanjutnya pilih Capture Lalu Klik Start. Seperti pada Gambar 3.3.



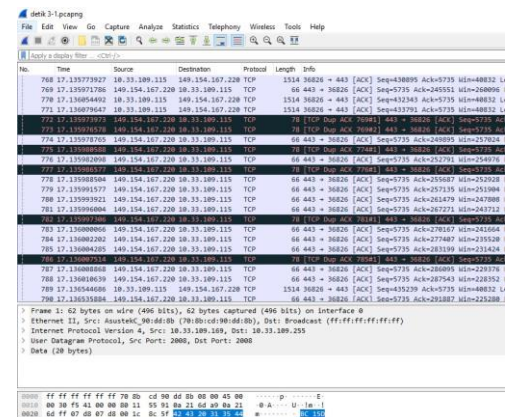
Gambar 3.3 Start Software Wireshark

- b) Pada Raspberry Pi, menjalankan program yang sudah dibuat. Ketika terapat objek berjarak kurang dari 100 cm, maka sistem akan menampilkan pesan “mendeteksi gerakan” kemudian memulai proses rekam video seperti pada Gambar 3.4. Pada Gambar 3.4 dapat dilihat, setelah sistem menampilkan pesan jarak yang dibaca dan pesan “Mendeteksi Gerakan”, sistem membuka perangkat untuk merekam yaitu /dev/video0. Kemudian sistem mulai melakukan *capture frame* yang dimulai dari detik ke-0. Hasil *capture* akan disimpan pada folder /home/pi/camera/.



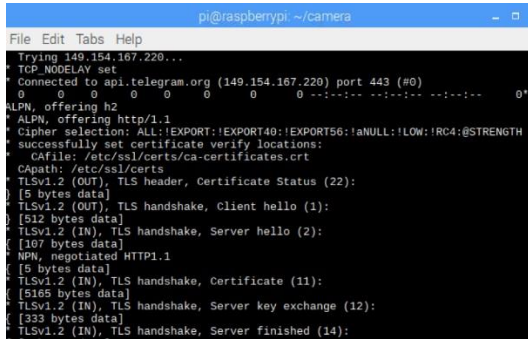
Gambar 3.4 Menjalankan program *smart door*

- c) Lalu Wireshark akan langsung menangkap paket paket data yang berada pada jaringan LAN, biarkan wireshark berjalan sampai waktu yang akan kita tentukan seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Capture Paket Data Wireshark

Gambar 3.6 merupakan proses yang terjadi pada *Raspberry Pi* saat data dikirim ke *server* telegram. Adanya pesan “Trying 149.154.167.220” menunjukkan bahwa *Raspberry Pi* sedang meminta koneksi ke server telegram (*ip server* telegram : 149.154.167.220). Sedangkan Gambar 3.7 merupakan proses monitoring *wireshark* ketika pengiriman data dari *Raspberry Pi* ke *server* telegram. Pada *wireshark* akan menampilkan pesan [SYN] yang berarti meminta koneksi SSL TCP ke port 443 milik protokol HTTPS. TCP dikatakan terhubung ketika *flag* nya berubah menjadi [ACK]. Ketika protokol berubah menjadi TLSv1.2, berarti sertifikat SSL (*Secure Sockets Layer*) sudah berhasil diverifikasi. Tanda bahwa *Raspberry Pi* sudah terhubung dengan *server* telegram adalah ketika sudah muncul pesan “Server Hello Done” di baris ke-43, yang artinya *server* dari Telegram sudah dapat berkomunikasi dengan *Raspberry Pi*. Sehingga *Raspberry Pi* mulai mengirimkan data video nya pada detik ke22 seperti pada Gambar 3.7.

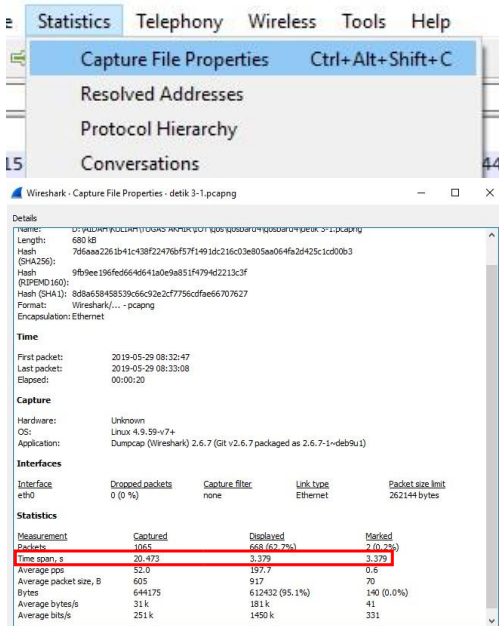


Gambar 3.6 Proses untuk Dapat Berkomunikasi dengan Server Telegram pada Raspberry Pi

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
32	22.09300648	149.154.167.220	10.31.109.115	TCP	60	48800 → 4400 [ACK] Seq=149154167220 Win=0 Len=0
33	22.094097262	10.31.109.115	149.154.167.220	TCP	56	503 CLIENT HELLO
34	22.094097262	149.154.167.220	10.31.109.115	TCP	64	4400 → 4400 [ACK] Seq=149154167220 Win=0 Len=0
37	22.201773239	149.154.167.220	10.31.109.115	TLSv1.2	5534	Server Hello
38	22.201898764	149.154.167.220	10.31.109.115	TCP	5514	443 → 4400 [ACK] Seq=149154167220 Win=0 Len=0
40	22.202000270	10.31.109.115	149.154.167.220	TCP	60	4400 → 443 [ACK] Seq=149154167220 Win=0 Len=0
41	22.202000270	149.154.167.220	10.31.109.115	TCP	5514	443 → 4400 [ACK] Seq=149154167220 Win=0 Len=0
42	22.202000270	10.31.109.115	149.154.167.220	TCP	60	4400 → 443 [ACK] Seq=149154167220 Win=0 Len=0
43	22.202130240	149.154.167.220	10.31.109.115	TLSv1.2	3202	Certificate, Server Key Exchange, Server Hello Done
44	22.202130240	10.31.109.115	149.154.167.220	TCP	60	4400 → 443 [ACK] Seq=149154167220 Win=0 Len=0
45	22.202130240	149.154.167.220	10.31.109.115	TLSv1.2	297	Client Key Exchange, Change Cipher Spec, Encrypted
46	22.488386433	10.31.109.115	149.154.167.220	TLSv1.2	127	Change Cipher Spec, Encrypted Handshake Message
47	22.488386433	149.154.167.220	10.31.109.115	TLSv1.2	368	Application Data

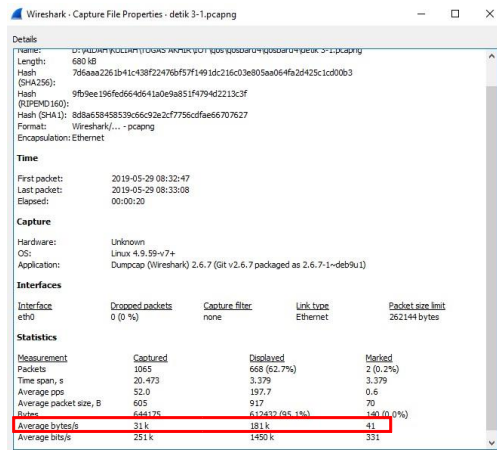
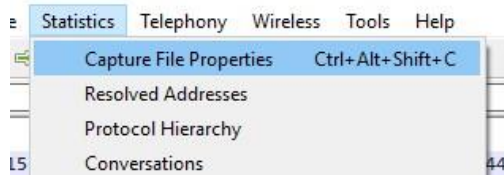
Gambar 3.7 Proses untuk Dapat Berkomunikasi dengan Server Telegram pada Wireshark

- d) Untuk mengetahui data *delay*, masuk ke menu *statistic* *Capture File Properties* di bagian *Time Span* seperti pada Gambar 3.8.



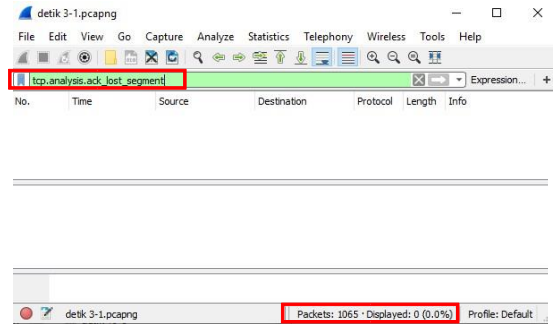
Gambar 3.8 Capture Data Delay

- e) Untuk mengetahui data *throughput*, masuk ke menu *statistic* *Capture File Properties* di bagian *Averages* seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Capture Data Throughput

- f) Untuk mengetahui data *packet loss*, dapat diambil dari aplikasi *wireshark* dengan cara melakukan filterisasi "*tcp.analysis.ack_lost_segment*" seperti pada Gambar 3.10.

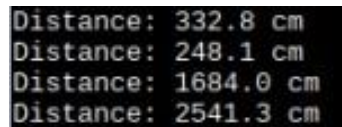


Gambar 3.10 Capture Data Packet Loss

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Notifikasi Telegram

Pada saat sensor tidak terhalang objek, maka pada Raspberry Pi hanya akan menampilkan informasi jarak baca sensor seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pembacaan Sensor Ultrasonik Diatas 100 cm Namun, apabila jarak objek kurang dari 100 cm, maka sistem akan menampilkan pesan "mendeteksi gerakan" kemudian memulai proses rekam video seperti pada Gambar 4.2. Pada Gambar 4.2 dapat dilihat, setelah system menampilkan pesan jarak yang dibaca dan pesan "Mendeteksi Gerakan", sistem membuka perangkat untuk merekam yaitu /dev/video0. Kemudian sistem mulai melakukan *capture frame* yang dimulai dari detik ke-0. Hasil *capture* akan disimpan pada folder /home/pi/camera/.

```
Distance: 23.4 cm
Mendeteksi Gerakan
--- Opening /dev/video0...
Trying source module v4l2...
/dev/video0 opened.
No input was specified, using the first.
Adjusting resolution from 1280x720 to 640x480.
--- Capturing frame...
Captured frame in 0.00 seconds.
--- Processing captured image...
Disabling banner.
Writing JPEG image to '/home/pi/camera/image.jpg'.
ffmpeg version git-2019-04-09-0a347ff Copyright (c)
```

Gambar 4.2 Membuka Perangkat Video pada Raspberry Pi

Setelah *capture* selesai, maka sistem akan mengirimkan video dengan format GIF. Penulis menggunakan format GIF karena tujuan dari sistem hanya ingin melihat objek saja tanpa perlu menggunakan suara. Sistem juga mengirimkan pesan “Terdeteksi” seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Notifikasi pada aplikasi Telegram

3.2 Pengujian Sistem Kendala Pintu Jarak Jauh Menggunakan Solenoida

Untuk mengaktifkan solenoid, ditambahkan *relay* pada rangkaian sebagai saklar atau elektromagnetik *switch* yang kinerjanya dikendalikan oleh magnet listrik. Gambar 4.4 merupakan perintah membuka atau menutup pintu yang dikendalikan melalui aplikasi Telegram. Ketika pengguna mengirimkan sebuah perintah *close* atau *open*, pada Raspberry Pi akan menampilkan informasi bahwa pengguna mengirim pesan *close* atau *open* seperti pada Gambar 4.5. Apabila dikirimkan perintah “close” maka solenoid akan memanjang (merupakan cara kerja solenoid NC / *Normally Close*). Dan apabila dikirimkan perintah “open” maka solenoid akan memendek (merupakan cara kerja solenoid NO / *Normally Open*)



Gambar 4.4 Perintah Buka / Tutup Pintu melalui Telegram

```
pi@raspberrypi:~/camera $ python doorlock.py
{'username': 'u'doorSMART_bot', 'u'first_name': 'u'Door Lock',
 'u'is_bot': True, 'u'id': 872004586}
Up and Running...
Received: close
Received: open
```

Gambar 4.5 Informasi pada Raspberry Pi

4.3 Pengujian Akurasi

Akurasi yang diuji dalam penelitian ini adalah akurasi sensor HC-SR04 dalam membaca jarak, dimana nilai akurasi didapatkan dengan perhitungan *relative error*, dimana nilai membaca jarak dari sensor HC-SR04 dibandingkan dengan nilai jarak nyata yang dihitung menggunakan penggaris seperti pada Gambar 4.6. Untuk jarak yang diuji adalah 25 cm, 50 cm, 75 cm, dan 100 cm.



Gambar 4.6 Objek berjarak 25 cm dari sensor
Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Relative Error* Akurasi

Percobaan ke- n	Jarak ke- n			
	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm
1	24,5	50,0	74,4	87,2
2	24,5	50,0	75,7	98,5
3	24,6	50,4	74,8	98,0
4	24,8	50,1	74,8	94,6
5	24,8	50,0	74,3	99,0
6	25,0	50,2	75,0	98,8
7	25,0	50,0	75,0	100,0
8	24,5	50,0	75,0	99,8
9	25	50,2	75,5	100,0
10	25,1	50,0	75,2	97,5
Rata-rata	24,82	50,09	74,97	97,34
Relative Error Akurasi (%)	0,72	0,18	0,04	2,66

Dapat dilihat dari Tabel 4.1, bahwa sensor tidak selalu bernilai sama dengan jarak sebenarnya namun mendekati. Untuk mendapat nilai *relative error*,

$$\text{rumus } \textit{Relative Error} (\%) = \frac{|AE|}{AV} \times 100,$$

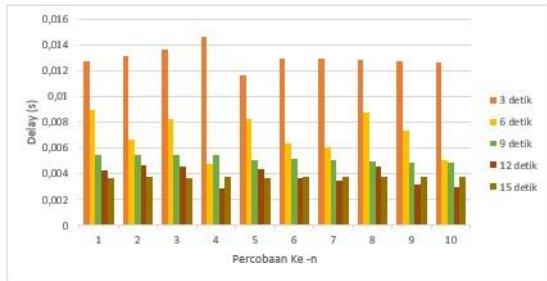
dimana AE adalah *Absolute Error* atau kesalahan pembacaan sensor yang bersifat mutlak, dan AV adalah *Actual Value* atau nilai sebenarnya. Berikut contoh menghitung menghitung nilai *relative error* pada jarak 25 cm.

$$\begin{aligned} \textit{Absolute Error} (AE) &= 25 - 24,82 \\ &= 0,18 \\ \textit{Relative Error} (\%) &= \frac{|AE|}{AV} \times 100 \\ &= \frac{0,18}{25} \times 100 \\ &= 0,72 \% \end{aligned}$$

4.2 Pengujian Delay

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Delay

Percobaan Ke- n	Delay Pada Durasi n Detik				
	3	6	9	12	15
1	0,012723	0,008888	0,005425	0,004222	0,003641
2	0,013127	0,006666	0,005455	0,004637	0,003781
3	0,013598	0,008237	0,005393	0,004493	0,00363
4	0,014568	0,004748	0,005414	0,002845	0,003773
5	0,011664	0,008199	0,005048	0,004316	0,003653
6	0,012932	0,006358	0,005108	0,003621	0,003791
7	0,012865	0,006029	0,005029	0,003461	0,003702
8	0,012797	0,008699	0,004949	0,004519	0,003703
9	0,012729	0,007374	0,004874	0,00314	0,003705
10	0,012662	0,00504	0,004795	0,002979	0,003706
Rata-rata Delay (s)	0,0129665	0,0070238	0,005149	0,0038233	0,0037085



Gambar 4.7 Grafik Data Delay

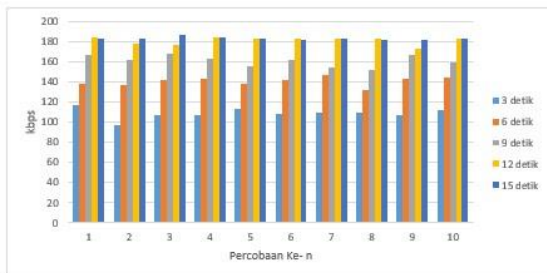
Dapat dilihat pada Tabel 4.2, terdapat lima kali percobaan dengan video berdurasi 3 detik, 6 detik, 9 detik, 12 detik, dan 15 detik. Rata-rata *delay* dalam detik secara urut untuk durasi 3 detik, 6 detik, 9 detik, 12 detik, dan 15 detik adalah 0,0129665 detik, 0,0070238 detik, 0,005149 detik, 0,0038233 detik, dan 0,0037085 detik. Sedangkan rata-rata *delay* dalam satuan milidetik secara urut adalah 12,9665 milidetik, 7,0238 milidetik, 5,149 milidetik, 3,8233 milidetik, dan 3,7085 milidetik.

Dari data tersebut, membuktikan bahwa *delay* pengiriman dari *Raspberry Pi* menuju ke *server* telegram termasuk kategori **Excellent** menurut kategori OWD pada Tabel 2.4 karena rata-rata *delay* pada penelitian ini kurang dari 150 milidetik atau 0,15 detik.

4.3 Pengujian Throughput

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Throughput

Percobaan Ke- n	Throughput Pada Durasi n Detik				
	3	6	9	12	15
1	116	138	166	184	183
2	97	136	161	178	182
3	107	142	167	176	186
4	106	143	163	184	184
5	113	138	155	183	182
6	108	141	161	182	181
7	109	146	154	182	183
8	109	132	152	183	183
9	106	143	166	172	181
10	111	144	159	183	188
Rata-rata Throughput (kbps)	108,2	140,3	160,4	180,7	182,5



Gambar 4.8 Grafik Data Throughput

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa nilai *throughput* saat terjadi pengiriman data dengan durasi 3 detik berkisar

97 kbps hingga 116 kbps. Pada pengiriman berdurasi 6 detik *throughput* yang dihasilkan berada pada angka kisaran 132 kbps hingga 146 kbps. Kemudian pada pengiriman data dengan durasi 9 detik *throughput* berkisar antara 152 kbps hingga 167 kbps. Lalu pada pengiriman data dengan durasi 12 detik *throughput* berkisar antara 172 kbps hingga 184 kbps. Dan pada pengiriman data dengan durasi 15 detik *throughput* berkisar antara 181 kbps hingga 186 kbps.

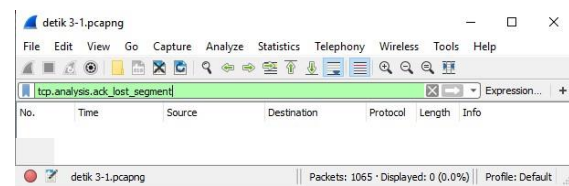
Apabila dilakukan perbandingan antara *delay* dengan *throughput*, nilai *throughput* mempengaruhi nilai *delay*. Dapat dilihat pada Tabel 4.3 dengan Tabel 4.4, Rata-rata dari seluruh percobaan *delay* dan *throughput* menghasilkan hasil yang berkebalikan. Pada durasi 3 detik *throughput* yang dihasilkan sebesar 108,2 kbps dan *delay* yang dihasilkan sebesar 0,0129665 detik, lalu pada pengiriman video berdurasi 6 detik mengalami kenaikan *throughput* menjadi 140,3 kbps dan nilai *delay* turun menjadi 0,0070238 detik, kemudian pada pengiriman video berdurasi 9 detik *throughput* mengalami kenaikan menjadi 160,4 kbps dan nilai *delay* turun menjadi 0,005149 detik. Pada pengiriman video berdurasi 12 detik *throughput* mengalami kenaikan menjadi 180,7 kbps sedangkan *delay* turun menjadi 0,0038233 detik. Dan pada pengiriman video berdurasi 15 detik, *throughput* mengalami kenaikan lagi menjadi 182,5 kbps sedangkan *delay* turun menjadi 0,0037085 detik.

Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin besar *throughput*, maka semakin kecil *delay* yang dihasilkan. Yang artinya, semakin besar *throughput*, maka pengiriman data pun semakin cepat.

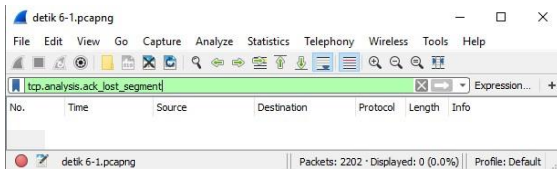
4.4 Pengujian Packet Loss

Penentuan kualitas baik atau buruk parameter *packet loss* dalam penelitian ini menggunakan standar dari *Telecommunications Protocol Harmonization Over Network (TIPHON)*. Dalam pengambilan data *packet loss* dilakukan variasi perubahan durasi video dalam pengambilan data, variasi tersebut adalah 3 detik, 6 detik, 9 detik, 12 detik, dan 15 detik.

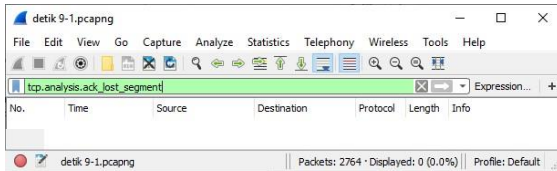
Untuk mendapatkan data *packet loss*, dapat diambil dari aplikasi *wireshark* dengan cara melakukan filterisasi “tcp.analysis.ack_lost_segment” pada bagian kolom filter seperti pada Gambar 4.9 untuk durasi video 3 detik, Gambar 4.10 untuk durasi video 6 detik, Gambar 4.11 untuk durasi video 9 detik, Gambar 4.12 untuk durasi video 12 detik, dan Gambar 4.13 untuk durasi video 15 detik, yang diberi tanda merah. Apabila tidak ada paket yang ditampilkan, maka tidak ada paket yang hilang selama pengiriman paket data, atau *packet loss* nya bernilai 0%.



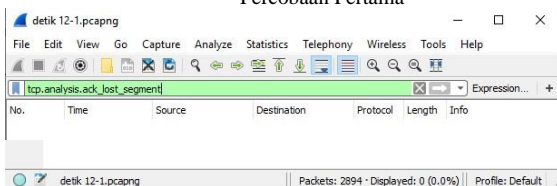
Gambar 4.9 Hasil Capture Packet Loss Durasi 3 detik Percobaan Pertama



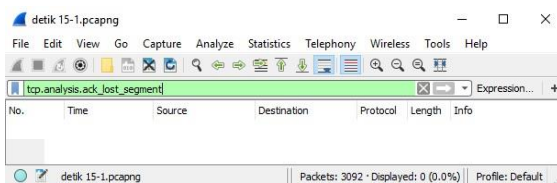
Gambar 4.10 Hasil *Capture Packet Loss* Durasi 6 detik Percobaan Pertama



Gambar 4.11 Hasil *Capture Packet Loss* Durasi 9 detik Percobaan Pertama



Gambar 4.12 Hasil *Capture Packet Loss* Durasi 12 detik Percobaan Pertama



Gambar 4.13 Hasil *Capture Packet Loss* Durasi 15 detik Percobaan Pertama

Setelah dilakukan percobaan 10 kali untuk tiap durasi, packet loss yang didapat bernilai 0% atau dapat dikatakan tidak ada paket yang hilang selama pengiriman berlangsung. Sehingga dapat disimpulkan bahwa packet loss untuk pengiriman data dari *publisher* ke *subscriber* termasuk kategori **sangat bagus**.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan kegiatan penelitian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Durasi video mempengaruhi QoS dalam mengirimkan data ke *server* telegram pada sistem *smartdoor*. Semakin lama durasi video, maka ukuran paket data semakin besar, hal tersebut berpengaruh pada nilai *throughput* dan *delay*.
2. *Delay* yang dihasilkan untuk durasi 3 detik hingga 15 detik mengalami penurunan dari 0,012 detik menjadi 0,003 detik. Sedangkan *throughput* untuk durasi 3 detik hingga 15 detik mengalami kenaikan dari 108,2 kbps menjadi 182,5 kbps. Sedangkan *packet loss* bernilai 0% selama pengujian berlangsung baik pada durasi 3 detik, 6 detik, 9 detik, 12 detik, dan 15 detik.
3. Nilai *throughput* mempengaruhi kecepatan pengiriman data. Ketika *throughput*nya besar, *delay* yang dihasilkan kecil sehingga data yang dikirim lebih cepat sampai.
4. Keakurasian Sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan penulis masih belum stabil atau masih belum

baik. Sensor dapat membaca jarak dengan stabil dalam rentang 3 cm – 99 cm.

5. Sistem yang dibuat berupa alat deteksi gerakan berupa sensor ultrasonik yang dilengkapi *web camera* untuk merekam objek yang berada pada akses pintu masuk rumah. Dimana ketika sensor mendeteksi adanya gerakan dengan jarak maksimal 100 cm dari sensor, *Raspberry Pi* bekerja dengan mengirimkan notifikasi berupa video dan pesan “Terdeteksi” ke aplikasi telegram.
6. *Solenoid Door Lock* bekerja ketika pengguna atau pemilik rumah mengirimkan perintah “*close*” atau “*open*” melalui aplikasi telegram.

5.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran yang dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian berikutnya:

1. Menambahkan konfigurasi agar sistem dapat melakukan rekognisi wajah.
2. Melakukan perubahan pada sensor dengan menggunakan sensor yang keakurasiannya lebih stabil daripada sensor HC-SR04.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. N. Wijatsongko, "Sistem Pemantau Ruang Berbasis Video Streaming dengan Server Raspberry Pi," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2014.
- [2] A. A. Arman, 9 April 2008. [Online]. Available: <https://kupalima.wordpress.com/2008/04/09/pervasiv computing/>.
- [3] E. R. Subhiyanto, D. W. Utomo and P. W. Adi, "Teknologi dan Teknik Sistem Terdistribusi Pervasif dalam Bidang Logistik: Studi Literatur Sistematis," *Jurnal Buana Informatika*, pp. 83-94, 2016.
- [4] X. Li, Y. Zhou, C. Ai and L. Qian, "ICMTMA '14 Proceedings of the 2014 Sixth International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation," *IEEE Computer Society Washington, DC, USA ©2014*, pp. 589-592, 2014.
- [5] E. N. Wijatsongko, "Sistem Pemantau Ruang Berbasis Video Streaming dengan Server Raspberry Pi," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2014.
- [6] J. Ero, "Sistem Monitoring Berbasis Live Video Streaming dan Dilengkapi Notifikasi SMS," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2009.
- [7] P. P. Rahmanto, "Prototype Kendali Lampu Ruma Berbasis Arduino dengan Menggunakan SMS (Short Message Service)," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2016.
- [8] S. Ahadiyah, Muharnis and Agustawan, "Implementasi Sensor Pir Pada Peralatan Elektronik Berbasis Microcontroller," *JURNAL INOVTEK POLBENG*, pp. VOL. 07, NO. 1, 2017.
- [9] A. Puliano, "Sistem Pemantauan Ruang Menggunakan Raspberry Pi Berbasis IoT," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2017.