

Pembuatan Purwarupa Sistem Otomasi Rumah Memanfaatkan BeagleBone Black Dan Perangkat Mobile

Briantono Pryana; Resmana Lim; Petrus Santoso
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia
E-Mail: m23412026@john.petra.ac.id

Abstrak— Otomasi dan perangkat mobile adalah salah satu bidang teknologi yang cukup berkembang hingga saat ini. Salah satu perkembangan tersebut adalah dalam bidang otomasi rumah tangga yang dapat dikontrol melalui perangkat mobile untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan rumah tangga sehari-hari

Dalam sistem ini, BeagleBone Black dikonfigurasi menjadi server yang melakukan komunikasi dengan perangkat mobile. Perangkat mobile ini bertindak sebagai *interface* kepada pengguna melalui koneksi Internet. BeagleBone Black juga menjadi kontroler dari aktuator-aktuator dan sensor-sensor yang ada di dalam sistem, dan berfungsi sebagai server dari XiaoYi IP camera. Semua sensor dan aktuator terhubung kepada BeagleBone Black, yang terdiri dari 3 buah sensor *proximity*, 2 buah motor DC, 3 buah lampu, dan 3 buah universal relay.

Dari hasil pengujian, diperlukan adanya rangkaian *voltage level converter* untuk menyesuaikan tegangan BeagleBone Black dengan perangkat keras lainnya dan didapatkan delay pada *streaming video* yang di-*broadcast* oleh BeagleBone Black dikarenakan proses pengolahan video dan untuk pesan perintah didapatkan delay kurang dari 0.5s.

Kata Kunci—BeagleBone Black, Home Automation, Motor DC, XiaoYi Ip Camera, Sensor Proximity, GCM, FCM

I. PENDAHULUAN

Pada zaman yang semakin berkembang ini, sistem otomasi rumah memiliki potensi yang sangat besar. BeagleBone Black memiliki kekuatan *processing* yang lebih besar daripada Raspberry Pi dan memiliki I/O yang lebih banyak daripada Arduino Uno sehingga menjadikan BeagleBone Black pilihan yang cukup populer untuk proyek sistem otomasi rumah *DIY*.

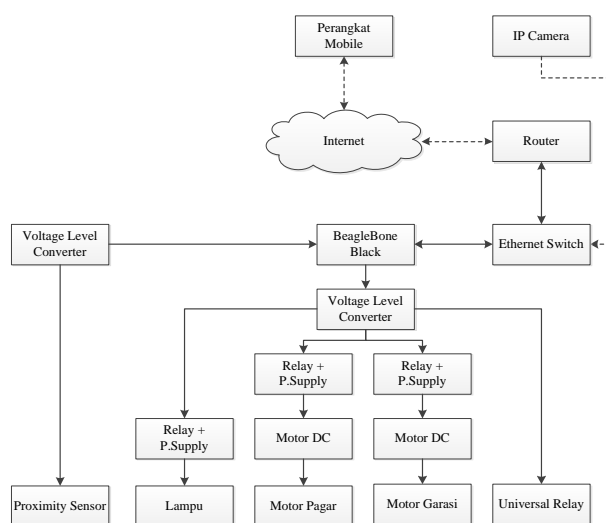
II. PERANCANGAN SISTEM

A. Gambaran Umum Sistem

Sistem otomasi rumah *DIY* ini dikendalikan oleh BeagleBone Black. BeagleBone Black akan menerima *input* dari pesan yang dikirimkan oleh aplikasi pada perangkat mobile melalui Internet. Kemudian BeagleBone Black akan memroses pesan tersebut dengan program yang telah dibuat sehingga dapat memberikan *output* kepada aktuator yang berupa motor-motor yang terhubung ke pagar dan garasi. BeagleBone Black juga akan menerima *input* dari sensor *proximity* dan mengirimkan *feedback* kepada aplikasi Android berupa indikator dan *push notification*. Di sisi lain BeagleBone Black juga akan mengambil *live feed* video dari XiaoYi IP camera dan memroses video tersebut dan segera menyiarkan video tersebut melalui port yang telah diatur sebelumnya.

untuk dikembangkan. Hal ini dikarenakan permintaan pada bidang ini semakin lama semakin tinggi[1]. Pemicu ledakan permintaan ini adalah kebutuhan manusia yang semakin lama semakin banyak, seperti kemampuan mobilitas yang tinggi, kemudahan penggunaan, hemat energy, dan lainnya. Pemegang peran utama dalam aplikasi sistem otomasi rumah ini adalah Pencahayaan, Keamanan, HVAC (Pemanas, Ventilasi, dan Pendingin Ruangan), Hiburan (Sistem Audio dan Video), dan lainnya (seperti kesehatan, dan robotika)[2].

Sistem otomasi rumah [2] terbagi menjadi 4 tipe yaitu 1) Sistem otomasi rumah mewah (pembuatan berdasarkan pesanan); 2) Sistem otomasi rumah yang sudah populer atau pasaran; 3) Jasa pengelolaan sistem otomasi rumah; dan 4) sistem otomasi rumah *DIY* (*Do It Yourself*). Untuk menggunakan 3 tipe sistem otomasi pertama tersebut akan menghabiskan banyak biaya, sehingga tipe sistem otomasi rumah *DIY* merupakan pilihan alternative yang cukup terjangkau. Untuk membuat sistem otomasi *DIY*, terdapat banyak *board* yang populer diantaranya adalah “Arduino Uno”[3], “Raspberry Pi”[4], dan “BeagleBone Black”[5]. BeagleBone Black dapat dikatakan sebagai kombinasi antara Arduino Uno dan Raspberry Pi, karena BeagleBone

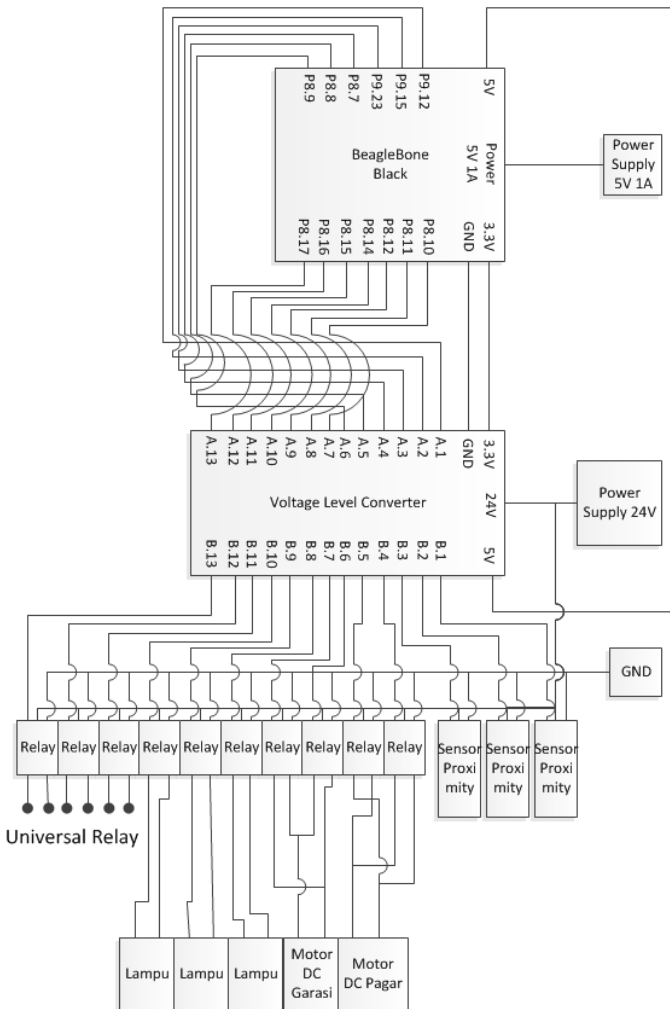


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

B. Desain Hardware

Desain *hardware* yang digunakan pada sistem ini terdiri dari maket rumah sederhana yang berfungsi sebagai sensor *input* dan aktuator yang terhubung kepada BeagleBone Black, perangkat mobile yang berfungsi sebagai *input* perintah yang

terhubung kepada BeagleBone Black untuk melakukan kontrol terhadap maket rumah sederhana. Desain pengkabelan sistem Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Pengkabelan Sistem TA Secara Keseluruhan

C. Desain Rangkaian Kontroler

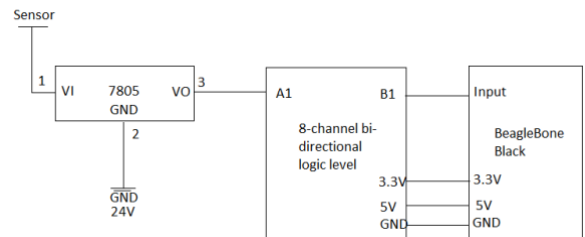
Rangkaian kontroler pada sistem ini menggunakan BeagleBone Black. Daftar Pin yang digunakan sebagai *input* dari sensor dan *output* menuju maket rumah sederhana adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Daftar Penggunaan Pin BeagleBone Black

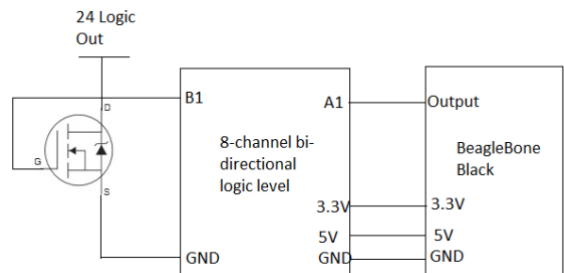
Pin	Fungsi
P9.3 (VDD_3V3)	Sumber tegangan 3.3V rangkaian <i>voltage level converter</i>
P9.1 (DGND)	Ground rangkaian <i>voltage level converter</i>
P9.6(VDD_5V)	Sumber tegangan 5V rangkaian <i>voltage level converter</i>
P9.12	Sensor <i>proximity</i> Fotek PL-05N pagar buka
P9.15	Sensor <i>proximity</i> Fotek PL-05N pagar tutup
P9.23	Sensor <i>proximity</i> Fotek PL-05N garasi
P8.7	Lampu 1
P8.8	Lampu 2
P8.9	Lampu 3
P8.10	Universal relay 1

P8.11	Motor DC pagar tutup
P8.12	Motor DC pagar buka
P8.14	Motor DC garasi tutup
P8.15	Motor DC garasi buka
P8.16	Universal relay 2
P8.17	Universal relay 3

Untuk menyesuaikan tegangan antara BeagleBone Black dan perangkat keras yang dihubungkan, dibutuhkan rangkaian *voltage level converter* yang menggunakan 2 buah 8-channel *bi-directional logic level converter*, 4 buah *voltage regulator* 7805, 10 buah IRF 540 *Power Mosfet*. Rangkaian ini digunakan untuk mengubah tegangan 3.3V menjadi 24V maupun sebaliknya. Contoh skema yang digunakan untuk membuat rangkaian *voltage level converter* ini dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Contoh Skema *Voltage Level Converter* 24V Menjadi 3.3V



Gambar 4. Contoh Skema *Voltage Level Converter* 3.3V Menjadi 24V

D. Desain Software BeagleBone Black

Desain *software* pada BeagleBone Black ini terdiri dari *software* untuk *live streaming* video dari IP camera dan mengontrol GPIO sesuai dengan *input*.

Untuk *live streaming* video, sistem dimulai dengan pembacaan konfigurasi aplikasi FFServer yang sudah diatur sebelumnya, dilanjutkan dengan pengambilan video dari IP camera. Kemudian video *feed* dikirimkan kepada aplikasi FFServer. Video yang didapat akan diolah dan disiarkan melalui IP dan Port yang telah diatur dalam konfigurasi FFServer. *Flowchart streaming* video dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Flowchart Streaming Video

Untuk desain pengontrolan GPIO sesuai dengan *input*, sistem dimulai dengan mengimport *library* yang dibutuhkan. Dilanjutkan dengan inialisasi variabel-variabel yang akan digunakan seperti status pagar, status garasi, perintah pagar, perintah garasi, motor pagar, motor garasi, registration ID GCM, dan GPIO. Kemudian mendefinisikan objek-objek *threading* yang akan digunakan seperti kirim pesan, kirim GCM, motor pagar tutup, motor garasi buka, motor garasi tutup, motor pagar buka, jadwal lampu nyala, baca sensor pagar buka, baca sensor pagar tutup, baca sensor garasi. Setelah selesai mendefinisikan objek-objek *threading* tersebut, dilanjutkan dengan menjalankan objek-objek *threading* tersebut secara berurutan. Setelah selesai menjalankan semua objek-objek *threading* tersebut akan dijalankan program utamanya. Program utama ini akan menginisialisasi server dan menunggu pesan dari perangkat mobile. Jika BeagleBone Black menerima pesan dari perangkat mobile, pesan akan diproses sesuai dengan header dan perintah yang diterima. Jika pesan yang diterima memiliki header “L”, berarti pesan tersebut ditujukan untuk melakukan *login*. Jika *login* berhasil, BeagleBone Black akan memberikan *feedback* kepada perangkat mobile berupa pesan loginsukses dan akan mengupdate alamat IP dan Port di database sesuai dengan alamat perangkat mobile tersebut. Tetapi jika *login* gagal, maka BeagleBone Black akan memberikan *feedback* kepada perangkat mobile berupa pesan logingagal. Jika pesan yang diterima memiliki header “P”, berarti pesan tersebut ditujukan untuk memberikan perintah kepada BeagleBone Black untuk mengontrol sebuah aktuator.

E. Desain Software pada Android

Aplikasi android pada perangkat mobile ini memiliki 3 halaman yaitu halaman IP Server, halaman *Login*, dan halaman Utama. Saat sistem dijalankan, halaman yang akan tampil adalah halaman IP Server. Halaman ini digunakan untuk memasukan dan menyimpan alamat BeagleBone Black yang bertindak sebagai server. Setelah menginputkan alamat server, halaman *Login* akan terbuka. Halaman *Login* ini digunakan

untuk inialisasi server yang akan mengkoneksikan perangkat mobile dengan IP Server yang telah dimasukan pada halaman sebelumnya kepada Port 11111, mendaftarkan perangkat mobile kepada server GCM untuk mendapatkan ID GCM serta mengambil *user*, *password* dari pengguna dan mengirimkannya kepada BeagleBone Black dengan tambahan header “L” dan ID GCM perangkat mobile tersebut. Setelah berhasil melakukan *login*, halaman utama akan terbuka. Pada halaman utama ini terdapat banyak tombol untuk mengirimkan pesan perintah kepada BeagleBone Black dan sebuah tampilan Video View untuk menampilkan *live video* yang disiarkan oleh BeagleBone Black. Setiap tombol memiliki pesan perintah tersendiri sesuai dengan label tombol tersebut. Halaman Utama ini juga akan menerima pesan dari BeagleBone Black dan server GCM secara *real-time* untuk memberikan indikator berupa *toggle button*, *push notification*, dan pesan *toast*.

III. PENGUJIAN SISTEM

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan jaringan WiFi dengan SSID “Greenlist” pada alamat Kutisari Indah Barat 1 No. 104, Surabaya, dengan konfigurasi LAN yang dapat dilihat pada gambar 6.

LAN	
IP Address:	192.168.0.1 / 24
IP Network:	192.168.0.0
Decimal NetMask:	255.255.255.0
Broadcast:	192.168.0.255

Gambar 6. Konfigurasi LAN Jaringan

Jaringan ini menggunakan koneksi First Media dengan konfigurasi WAN yang dapat dilihat pada Gambar 7.

WAN	
IP Address:	140.0.167.143
Subnet Mask:	255.255.255.0
Gateway IP:	140.0.167.1
Duration:	D: 00 H: 01 M: 00 S: 00
Expires:	Tue Dec 06 11:32:40 2016
IPv4 DNS Servers:	140.0.223.250
	111.94.159.250
	61.247.0.133
MAC Address:	08:80:39:b5:60:b5

Gambar 7. Konfigurasi WAN Jaringan

Pada jaringan ini, BeagleBone Black dihubungkan secara langsung dengan Router jaringan dengan menggunakan kabel RJ-45 dan mendapatkan IP dengan alamat “192.168.0.17” yang dapat dilihat seperti pada Gambar 8.

6cecebbaa775	192.168.0.0.017	255.255.255.000	D:00 H:01 M:00 S:00	Tue Dec 06 11:30:18 2016
--------------	-----------------	-----------------	---------------------	--------------------------

Gambar 8. IP BeagleBone Black Pada Jaringan

Pada jaringan ini, XiaoYi IP camera dihubungkan dengan WiFi jaringan dan mendapatkan IP dengan alamat “192.168.0.19” yang dapat dilihat seperti pada Gambar 9.

60d59d63d69e	192.168.0.0.019	255.255.255.000	D:00 H:01 M:00 S:00	Tue Dec 06 11:44:27 2016
--------------	-----------------	-----------------	---------------------	--------------------------

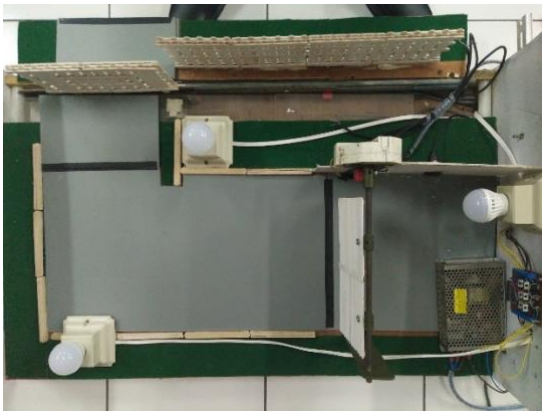
Gambar 9. IP XiaoYi IP Camera Pada Jaringan

Untuk dapat diakses dari jaringan luar, konfigurasi *Port Forwarding* yang digunakan dapat dilihat seperti pada Gambar 10.

Port Forwarding				
Local IP Adr	Start Port	End Port	Protocol	Enable
192.168.0.17	11111	11111	Both ▼	<input checked="" type="checkbox"/>
192.168.0.17	8091	8091	Both ▼	<input checked="" type="checkbox"/>
0.0.0.0	0	0	TCP ▼	<input type="checkbox"/>
0.0.0.0	0	0	TCP ▼	<input type="checkbox"/>
0.0.0.0	0	0	TCP ▼	<input type="checkbox"/>
0.0.0.0	0	0	TCP ▼	<input type="checkbox"/>
0.0.0.0	0	0	TCP ▼	<input type="checkbox"/>
0.0.0.0	0	0	TCP ▼	<input type="checkbox"/>
0.0.0.0	0	0	TCP ▼	<input type="checkbox"/>
0.0.0.0	0	0	TCP ▼	<input type="checkbox"/>

Gambar 10. Konfigurasi Port Forwarding Jaringan

Untuk mendukung pengujian digunakan maket rumah sederhana yang tersusun dari perangkat-perangkat keras yang digunakan yang dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13, Gambar 14, dan Gambar 15.



Gambar 11. Maket Rumah Sederhana Tampak Atas



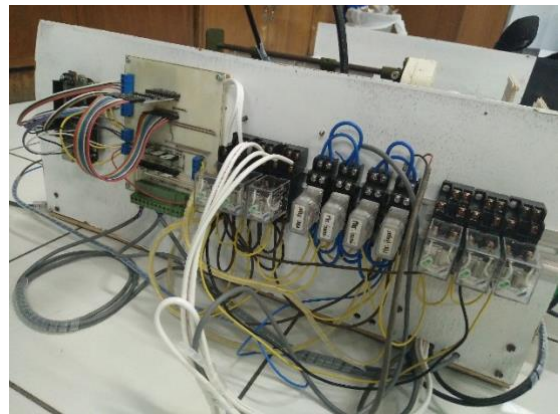
Gambar 12. Maket Rumah Sederhana Tampak Depan



Gambar 13. Sensor Proximity Pada Sistem Pagar Otomatis

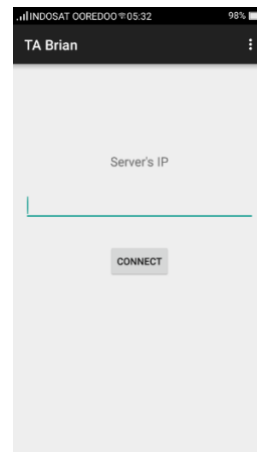


Gambar 14. Sensor Proximity Pada Sistem garasi Otomatis

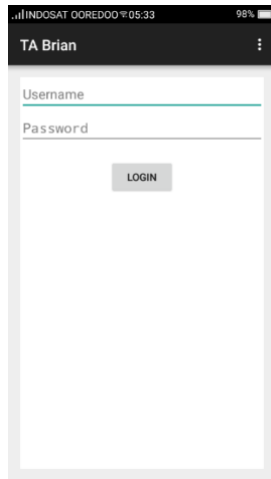


Gambar 15. Sistem Kontrol Maket Rumah Sederhana Beserta Relay

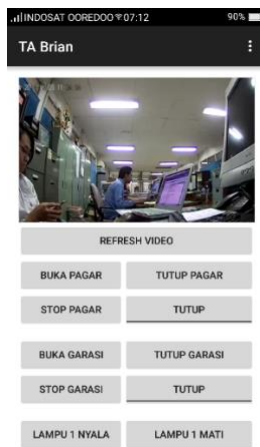
Pada pengujian sistem ini akan digunakan aplikasi yang dibuat pada *Operating System* Android 5.1.1 Lollipop dengan bantuan program Android Studio sebagai *interface* perangkat mobile kepada pengguna. Tampilan halaman aplikasi ini dapat dilihat pada Gambar 16, Gambar 17, dan Gambar 18.



Gambar 16. Halaman IP Server



Gambar 17. Halaman Login



Gambar 18. Contoh Halaman Utama

A. Pengujian Error Rate Dari Sistem Sensor

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya *error rate* dari sistem sensor *proximity* yang diimplementasikan dengan metode mengaktifkan motor yang terhubung kepada BeagleBone Black dengan perantara *voltage level converter* dan relay, dan memberhentikan motor tersebut saat sensor *proximity* mendapatkan pembacaan *falling edge* secara berulang-ulang

Dalam 10 kali pengujian, sensor berhasil memberhentikan motor saat sensor mendapatkan pembacaan *falling edge* sebanyak 10 kali. Dari hasil percobaan, dapat ditarik kesimpulan bahwa *error rate* pada sisi sistem sensor adalah sebesar 0%

B. Pengujian Error Rate Dari Sistem Lampu Otomatis

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya *error rate* dari sistem lampu otomatis yang diimplementasikan dengan metode menjalankan program untuk menyalakan lampu yang terhubung kepada BeagleBone Black dengan perantara *voltage level converter* dan relay sesuai dengan waktu yang telah diatur dalam program tersebut secara berulang-ulang.

Dalam 10 kali pengujian, lampu berhasil dinyalakan sesuai dengan waktu yang diatur sesuai dengan program sebanyak 10

kali. Dari hasil percobaan, dapat ditarik kesimpulan bahwa *error rate* pada sisi sistem sensor adalah sebesar 0%.

C. Pengujian Error Rate Dari Aplikasi Perangkat Mobile

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya *error rate* dari aplikasi perangkat mobile yang dibuat dan digunakan dengan metode perangkat mobile mengirimkan pesan kepada BeagleBone Black dan BeagleBone Black mengembalikan *feedback* untuk mengaktifkan dan mematikan tampilan *toggle button* pada aplikasi perangkat mobile secara berulang-ulang.

Dalam 10 kali pengujian, perangkat mobile berhasil mengirimkan pesan yang kemudian diterima oleh BeagleBone Black tanpa adanya *error*. Kemudian saat BeagleBone Black mengirimkan *feedback* kepada perangkat mobile, perangkat mobile berhasil menerima *feedback* tersebut dan berhasil mengaktifkan dan mematikan tampilan *toggle button* sesuai dengan pengaturan tanpa adanya *error*. Dari hasil percobaan, dapat ditarik kesimpulan bahwa *error rate* pada sisi sistem sensor adalah sebesar 0%.

D. Pengujian Kecepatan Respon Dari Server Terhadap Request Live Video Streaming Dari Aplikasi Perangkat Mobile

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan respon dari server terhadap *request live video streaming* dari aplikasi perangkat mobile dengan metode menghitung waktu yang ditempuh dari pada saat tombol *refresh* video pada aplikasi perangkat video ditekan sampai dengan video berhasil ditampilkan sebanyak 10 kali. Dengan kondisi BeagleBone Black menjalankan aplikasi FFMPEG untuk melakukan *live streaming* video dari IP camera. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Percobaan Kecepatan Respon Server Untuk Live Streaming Video Dari Aplikasi Perangkat Mobile

Nomor percobaan	Waktu yang ditempuh
1	11s
2	13s
3	13s
4	12s
5	11s
6	14s
7	15s
8	13s
9	12s
10	11s

E. Pengujian Kecepatan Respon Dari Server Terhadap Perintah Untuk Mengendalikan Perangkat Keras Dari Aplikasi Perangkat Mobile

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan respon dari server terhadap perintah untuk mengendalikan perangkat keras yang terhubung kepada BeagleBone Black dari aplikasi perangkat mobile dengan metode menghitung waktu yang ditempuh dari pada saat tombol perintah pada aplikasi perangkat mobile ditekan sampai dengan BeagleBone Black berhasil mengendalikan perangkat keras yang dituju sebanyak 10 kali dan mendapatkan delay kurang dari 0.5s untuk setiap percobaannya.

F. Pengujian Program BeagleBone Black Saat Menangani Multi-User Multi-Device Untuk Login

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui reaksi BeagleBone Black ketika mendapatkan pesan *login* yang dikirimkan oleh 3 perangkat secara bersamaan.

Pesan dari pengguna menumpuk pada BeagleBone Black, kemudian pesan diproses secara berurutan sesuai dengan urutan pesan masuk. Dalam kondisi ini *login* dari kedua perangkat tetap diterima oleh BeagleBone Black sesuai dengan urutannya. Saat kedua perangkat *login* dengan menggunakan *username* dan *password* yang sama, alamat pengguna pertama akan disimpan dalam variabel IP, Port, dan GCM. Alamat perangkat ke-2 akan disimpan di dalam variabel IP2, Port2, dan GCM2. Jika perangkat ke-3 mencoba untuk *login* dengan menggunakan *username* dan *password* yang sama, perangkat ke-3 tidak dapat *login* dan mendapat pesan "loggingagal".

G. Pengujian Program BeagleBone Black Saat Menangani Multi-User Untuk Pesan Perintah

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui reaksi BeagleBone Black ketika mendapat pesan perintah yang dikirimkan oleh 3 pengguna secara bersamaan.

Pada pengujian ini pesan dari pengguna menumpuk pada BeagleBone Black, kemudian pesan diproses secara berurutan sesuai dengan urutan pesan masuk. Dalam kondisi ini pesan perintah dari ketiga pengguna tetap diterima oleh BeagleBone Black sesuai dengan urutannya. Saat ketiga pengguna memberikan pesan perintah yang sama, pengguna yang lebih lambat akan diberikan pesan oleh server bahwa pagar atau garasi sibuk.

H. Pengujian Program BeagleBone Black Untuk Menangani Push Notification GCM

Pengujian ini memiliki tujuan untuk mengetahui reaksi BeagleBone Black dan perangkat mobile terhadap kondisi-kondisi Internet yang berbeda. Metode pengujian adalah dengan menggunakan 4 kondisi Internet yang berbeda. Kondisi pertama adalah kondisi tidak ada Internet sama sekali, kondisi ke-2 adalah kondisi Internet lambat, kondisi ke 3 adalah kondisi Internet lancar, dan kondisi ke-4 adalah kondisi tidak ada Internet tetapi pengiriman pesan GCM menggunakan program "try" dan "except".

Pengujian dengan kondisi pertama memberikan hasil sebagai berikut:

- Program BeagleBone mengalami error dan force close saat mencoba mengirim pesan kepada server GCM.
- Perangkat mobile tidak menerima pesan push notification dan feedback.

Pengujian dengan kondisi ke-2 memberikan hasil sebagai berikut:

- Program BeagleBone berjalan lancar saat mencoba mengirimkan pesan kepada server GCM, tetapi pesan GCM yang dikirimkan dan pesan feedback kepada perangkat mobile mengalami delay sebesar 2 detik sebelum diterima perangkat mobile.
- Perangkat mobile menerima pesan GCM dengan delay sebesar 2 detik.

Pengujian dengan kondisi ke-3 memberikan hasil sebagai berikut:

- Program BeagleBone Black berjalan lancar.
- Perangkat mobile menerima pesan GCM dengan lancar.

Pengujian dengan kondisi ke-4 memberikan hasil sebagai berikut:

- Program BeagleBone Black mengalami delay sebesar 6 detik saat mencoba mengirimkan pesan kepada server GCM dan menghambat program lainnya yang sedang bekerja.
- Perangkat mobile tidak menerima pesan GCM.

IV. KESIMPULAN

Telah dibuat sebuah sistem otomasi rumah DIY (*Do It Yourself*) dengan menggunakan BeagleBone Black sebagai servernya yang ditambah sebuah *channel IP Camera XiaoYi* yang dapat dikendalikan melalui perangkat mobile berbasis Android. Dari hasil pengujian diperoleh:

Untuk melakukan *multi user live streaming* video melalui BeagleBone Black dapat menggunakan FFmpeg, atau dapat langsung mengambil video *feed* dari *IP Camera*.

Untuk pengendalian perangkat keras diperlukan rangkaian *voltage level converter* dan relay dikarenakan tegangan *output* dari BeagleBone Black hanya sebesar 3.3V dengan arus maksimal sebesar 6mA

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Markets and markets, "Home Automation and Control Market Worth \$12.81 Billion by 2020," 2015. [Online]. Available: <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/home-automation-control-systems.asp>. [Accessed: 09-Mar-2016].
- [2] Transparency market research, "Home Automation Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast 2014 – 2020," 2015. [Online]. Available: <http://www.transparencymarketresearch.com/home-automation-market.html>. [Accessed: 09-Mar-2016].
- [3] Arduino, "Arduino UNO & Genuino UNO." [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. [Accessed: 09-Mar-2016].
- [4] Raspberrypi, "PRODUCTS." [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/>. [Accessed: 09-Mar-2016].
- [5] Beagleboard, "BeagleBone Black." [Online]. Available: <https://beagleboard.org/black>. [Accessed: 09-Mar-2016].