

Jurnal ***Rekayasa Elektrika***

VOLUME 14 NOMOR 1

APRIL 2018

**Penerapan Embedded System pada Sistem Pintar Pengendali Multi Perangkat
dalam Kelas berbasis Intel Galileo dan Web** 51-61

Silfia Rifka, Firdaus, dan Waldito Febri Ramadhan

JRE	Vol. 14	No. 1	Hal 1-82	Banda Aceh, April 2018	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X
-----	---------	-------	----------	---------------------------	--------------------------------------

Penerapan Embedded System pada Sistem Pintar Pengendali Multi Perangkat dalam Kelas berbasis Intel Galileo dan Web

Silfia Rifka, Firdaus, dan Waldito Febri Ramadhan
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang
Kampus Politeknik Negeri Padang Limau Manis, Padang 25000
e-mail: silfiarifka@gmail.com

Abstrak—Sistem pintar banyak digunakan dalam *smart building*, *smart home*, *smart car*, *smart class*, dan lainnya. Sistem pintar dalam artikel ini yang merupakan hasil penelitian, memanfaatkan modul mikrokontroler Intel Galileo dan teknologi *Internet of Things* (IoT) sebagai pengendali, dimana perangkat yang dikendalikan terhubung dengan sistem pengendali jarak jauh berbasis web yang diakses melalui *smart devices* (*smart phone*, *tablet*, dan *laptop*). Intel Galileo merupakan modul mikrokontroler yang menggabungkan mini komputer dan arduino yang *open source* serta mendukung teknologi IoT dan web. Pemilihan web sebagai pengendali jarak jauh dalam penelitian ini untuk mempermudah pengguna sistem agar dapat mengendalikan sistem dari jarak jauh dengan memanfaatkan *browser* yang ada pada *smart devices* walaupun sistem operasi berbeda. Perangkat yang dikontrol dalam sistem ini adalah lampu LED (*on-off* otomatis dan pengaturan intensitas cahaya lampu), AC (*on-off* otomatis, pengaturan suhu), proyektor (*on-off*) dan IP camera (digerakkan ke atas, bawah, kiri, dan kanan) untuk memonitor ruangan. Semua perangkat dikontrol secara *embedded* untuk memudahkan dalam pengendalian dan efektif dalam penggunaan sehingga menghasilkan sistem pintar pengendali terpusat untuk multi perangkat dalam kelas dalam upaya mewujudkan *smart class*.

Kata kunci: *sistem pintar, embedded system, smart devices, IoT*

Abstract—Smart systems are widely used in *smart building*, *smart home*, *smart car*, *smart class*, and others. The smart system in this paper is the result of research, exploit module microcontroller Intel Galileo technology and the *Internet of Things* (IoT) as a controller, which controlled devices connected to the system remote control from a web-based accessible via smart devices (*smartphones*, *tablets*, and *laptops*). Intel Galileo is a microcontroller module that combines a mini computer and Arduino is open source and supports IOT technology and the web. Web selection as a remote control in this research to facilitate system users to be able to control the system remotely by using the existing browsers on smart devices although the operating system is different. The devices controlled in this system are the LED (*on-off* automatically and setting the intensity of light), air conditioning (*on-off* automatically, temperature settings), a projector (*on-off*), and the IP camera (moved up, down, left and right) to monitor the room. All controlled embedded devices to facilitate the control and effective use of smart controllers resulting in a centralized system for multi-devices in the classroom to realize the smart class.

Keywords: *smart system, embedded system, smart devices, IoT*

Copyright © 2018 Jurnal Rekayasa Elektrika. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Sistem tertanam (*embedded system*) adalah suatu sistem yang dirancang untuk tujuan khusus [1],[2] untuk meningkatkan fungsi suatu mesin dan biasanya diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler [3]. Aplikasi *embedded system* seperti sistem medis, proses kontrol, pengontrolan otomatis kendaraan dan sistem telekomunikasi [3].

Sistem pintar (*smart system*) merupakan suatu sistem yang mampu menggabungkan beberapa teknologi yang memberikan pelayanan dengan fungsi tertentu, dengan

tujuan agar sistem berjalan efektif, efisien, nyaman, dan aman. Dalam Sistem pintar juga memanfaatkan *Internet of Thing* (IoT) agar sistem dapat dijalankan dimana saja dan setiap saat dengan memanfaatkan jaringan internet [4], [5]. Konsep IoT digunakan dalam inovasi baru dalam sistem pintar seperti *smart building*, *smart home*, *smart class*, *smart car*, dan lain-lain dengan elemen dari IoT adalah identifikasi, deteksi, teknologi komunikasi, komputasi, layanan, dan sumber daya [6]. Suatu sistem dikatakan pintar apabila sistem tersebut mampu mengendalikan sistem secara otomatis dan dapat dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan

aplikasi yang diakses melalui *smart devices* seperti *smart phone*, tablet, dan laptop. Sistem pintar dimanfaatkan dalam berbagai hal, dalam penelitian ini sistem pintar dimanfaatkan untuk mengendalikan perangkat dalam ruang kelas seperti lampu, *Air Conditioner* (AC), *IP camera*, dan LCD proyektor. Penelitian ini bertujuan untuk mengupayakan proses mewujudkan ruangan belajar (kelas) dan laboratorium menjadi *smart class*. Penelitian yang dilakukan terdiri dari dua bagian utama, pertama bagian *hardware* dengan cara membuat sistem pengendali pengendali tertanam pada modul mikrokontroler Intel Galileo Gen 2 sehingga sistem pengendali terpusat dalam satu alat yang berfungsi multi kendali karena mengendalikan beberapa perangkat yang berbeda. Bagian kedua adalah *software* dengan membuat sistem pengendali jarak jauh berbasis web. Pemilihan web sebagai pengendali jarak jauh akan lebih mudah bagi pengguna sistem karena hanya membutuhkan *browser* yang ada pada *smart devices* untuk mengendalikan perangkat dari jarak jauh dan dapat dijalankan pada sistem operasi yang berbeda. Server web pada sistem ini diintegrasikan ke dalam modul Intel Galileo karena Intel Galileo menyediakan fasilitas untuk menerapkan teknologi IoT.

Pada penelitian sebelumnya seperti [7] pengendali hanya terfokus kepada satu perangkat yaitu lampu, pengendali lampu untuk *on-off* di beberapa ruangan, berjalan pada LAN dan pada tampilan web difokuskan untuk menampilkan berapa daya yang terpakai. Dalam [8], artikel ini mengusulkan pengembangan *button based remote control* yang dilengkapi dengan layar LCD sederhana dan operasi yang dilakukan hanya *on* dan *off* perangkat, begitu juga untuk peneliti [9] melakukan penelitian *embedded hardware* meliputi garasi, lampu, AC, pintu, kulkas namun penelitian masih bekerja untuk *smart on-off* dengan pengontrolan jarak jauh berbasis android. Sedangkan dalam penelitian ini lampu dan AC akan *on* dan *off* secara otomatis dengan cara mendekteksi orang yang masuk dan keluar dari dalam ruangan dengan memanfaatkan sensor *infra red* dan lampu dalam ruangan tersebut tidak hanya dapat di *on-off* tetapi juga dilakukan pengaturan intensitas cahaya lampu dan suhu yang dikendalikan dari jarak jauh menggunakan web.

Pengaturan intensitas cahaya dalam ruangan ini sangat diperlukan khususnya dalam kelas karena saat melakukan proses belajar mengajar yang menggunakan proyektor sebagai media dalam pembelajaran maka perlu diatur cahaya dalam ruangan agar tampilan yang dikeluarkan oleh proyektor dapat terlihat dengan jelas dan cahaya lampu dapat diatur kembali ke posisi cahaya yang dibutuhkan. Konsep ini juga dapat diterapkan pada *smart home* untuk pengaturan cahaya pada kamar tidur, gedung, perkantoran, rumah sakit dan lain-lain. Lampu yang digunakan dalam penelitian ini adalah lampu LED DC, dengan memanfaatkan keluaran *Pulse Width Modulation* (PWM) pada pin Intel Galileo untuk pengaturan intensitas cahaya. Pengendalian lampu LED AC sudah di uji coba pada penelitian [10] menggunakan modul Intel Galileo dan pengendali jarak jauh berbasis android.

Proyektor dikendalikan dari web untuk *on-off* dan tidak dibuat otomatis karena dalam proses belajar mengajar tidak selalu menggunakan proyektor tetapi digunakan apabila dibutuhkan. Untuk mengetahui kondisi belajar mengajar atau berfungsi sebagai monitoring ruangan yang terhubung ke router dan menampilkan *live video* dalam ruangan tersebut maka dalam penelitian ini juga dilakukan pengendalian *IP camera* yang dapat digerakkan (atas, bawah, kiri, dan kanan) dan ditampilkan hasil *live video* melalui web sehingga sistem berjalan secara *real time*. Dalam paper ini pada saat pengujian sistem, IP camera dimanfaatkan untuk melihat lampu, AC dan proyektor yang dikendalikan dari Intel Galileo dan dari jarak jauh melalui web, apakah sudah menjalankan fungsi kendalinya masing-masing.

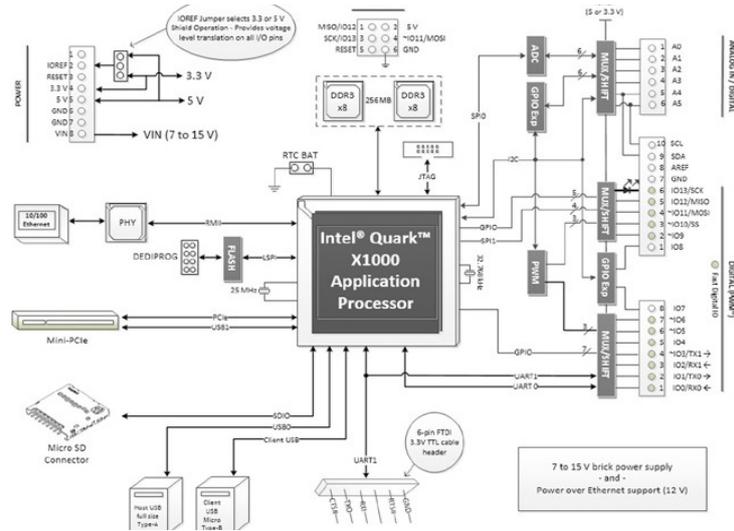
II. STUDI PUSTAKA

A. Intel Galileo

Modul Intel Galileo adalah modul dengan arsitektur intel yang dirancang menjadi *hardware* dan *software* dengan pin yang sesuai dengan Arduino [11] dan merupakan modul pertama berbasis intel. Dalam sistem ini, digunakan modul Intel Galileo generasi ke 2 yang disebut dengan Intel Galileo Gen 2. Pemilihan Intel Galileo sebagai modul mikrokontroler dalam sistem pintar ini karena mendukung IoT yang menggabungkan konsep komputer mini dengan Arduino. Intel Galileo menggunakan *Processor Intel Quark SoC X1000* memiliki prosesor 32-bit dengan arsitektur yang setara dengan Intel Pentium III. Terdapat dua konektor *micro USB* yang bekerja sebagai antarmuka *client* dan host, konektor *Joint Test Action Group* (JTAG) 10 pin, slot mini-PCIe, dua chip memori DDR3 dengan 256MB pada masing-masingnya serta *Serial Peripheral Interface* (SPI) yang terhubung langsung ke Intel Quark SoC. Intel Galileo mampu berkomunikasi dengan perangkat seperti sensor, aktuator, ataupun rangkaian elektronika lainnya.

Disamping itu juga terdapat slot jaringan komputer dan slot *SD card* menggunakan bus SDIO yang terhubung ke Intel Quark dan mendukung *SD card* hingga 32GB, seperti terlihat pada Gambar 1. Intel Galileo juga dapat digunakan untuk berkomunikasi melalui internet sehingga pengguna dapat mengakses data dan memberikan perintah melalui internet [11]. Intel Galileo memiliki kelebihan tidak hanya bisa berjalan pada *host-resident* yang menggunakan linux tetapi juga dapat berjalan pada sistem operasi Windows, dan Mac OS serta memiliki lisensi Arduino yang *open source*.

Modul Intel Galileo ini digunakan sebagai server pengendali perangkat baik secara otomatis maupun pengendali jarak jauh melalui web. Dengan memanfaatkan fitur yang ada pada Intel Galileo maka modul ini bisa dimanfaatkan sebagai pusat pengendali dalam sistem ini.



Gambar 1. Diagram koneksi modul Intel Galileo Gen 2 [11]

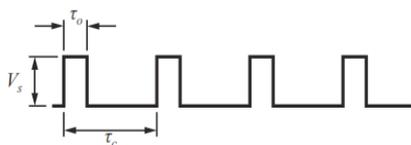
B. Pulse Width Modulation (PWM)

Intel Galileo mempunyai pin dengan keluaran sinyal PWM. PWM merupakan metode untuk menghasilkan sinyal analog menggunakan sumber digital yang terdiri dari dua komponen utama yaitu *duty cycle* dan frekuensi [12], [13]. *Duty cycle* menggambarkan jumlah waktu sinyal berada dalam keadaan tinggi (*on*) dengan membandingkan siklus *on* dan satu siklus penuh [12]. Seberapa cepat PWM menyelesaikan siklus terlihat pada frekuensi. Ketika perangkat yang menerima sinyal memiliki respon waktu yang lebih lambat dari frekuensi pulsa maka akan berfungsi seperti sinyal DC [13]. Menggunakan teknik PWM pada LED menyebabkan perubahan intensitas cahaya (*on* dan *off*). Cahaya lampu yang terlihat terang atau redup tergantung pada lebar pulsa pada output PWM [13].

Gambar 2 menunjukkan sinyal tegangan yang terdiri dari durasi pulsa τ_0 dan kontinu setiap unit waktu. Keluaran dari kanal PWM adalah V_s (volt) selama pulsa *on* atau 0 volt pada kondisi yang lain. Jika sinyal ini diberikan sebagai masukan ke perangkat yang memiliki respon waktu yang jauh lebih besar daripada τ_c , perangkat akan mengalami sinyal sebagai masukan DC dengan tegangan efektif yang dihitung dengan persamaan 1 berikut [13]:

$$V_{ef} = V_s \left(\frac{\tau_0}{\tau_c} \right) \tag{1}$$

Dimana V_{ef} adalah Tegangan efektif (Volt), V_s Tegangan keluaran dari sinyal PWM (V_{pp}), τ_0 adalah durasi untuk kondisi *on* (detik) dan τ_c adalah perioda untuk sinyal PWM (detik). *Duty cycle* adalah perbandingan τ_0 / τ_c . Tegangan



Gambar 2. Sinyal PWM duty cycle

digital output dari arduino adalah 0V dan 5V.

Khusus untuk level keluaran PWM, dengan *analogWrite* adalah 8 bit yang menghimpun tegangan efektif dengan rentang 0 hingga 5V dan dapat dihitung dengan persamaan berikut [16]:

$$PWM_{output_level} = 255 \left(\frac{\delta_0}{\delta_c} \right) = 255 \left(\frac{V_{ef}}{V_s} \right) \tag{2}$$

Dan *duty cycle* dihitung dengan persamaan:

$$Duty\ cycle = \left(\frac{\delta_0}{\delta_c} \right) 100\% \tag{3}$$

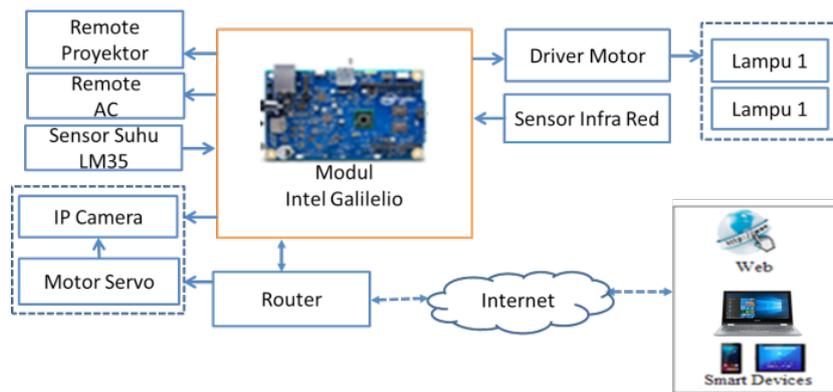
Teknik PWM digunakan untuk mengatur intensitas cahaya lampu LED dengan melihat perubahan lebar pulsa *high* dan *low* dari sinyal PWM tersebut. Level output PWM merupakan nilai intensitas cahaya lampu, nilai 255 menyatakan nilai intensitas tertinggi dengan indikator lampu menyala paling terang dan nilai 0 indikator lampu *off* atau mendekati 0 menyatakan lampu paling redup.

III. METODE

A. Skema Sistem Pintar Pengendali Kendali Multi Perangkat

Sistem ini terdiri dari beberapa bagian seperti terlihat pada Gambar 3.

1. Perangkat yang akan dikendalikan yaitu lampu LED (*on-off* dan intensitas cahaya lampu), AC (*on-off* dan pengaturan suhu), LCD proyektor (*on-off*), dan IP camera (*live video*, gerakan kamera ke atas, bawah, kiri, dan kanan). Untuk AC dan LCD proyektor, *keypad* pada kedua *remote* tersebut dihubungkan ke Intel Galileo dengan tujuan agar perangkat yang dikendalikan tersebut sesuai dengan pengendali yang dibuat sehingga sistem dapat berjalan dengan baik.
2. Router berfungsi untuk menghubungkan Intel Galileo ke dalam jaringan internet.
3. Intel Galileo berfungsi sebagai pengendali utama dan



Gambar 3. Skema sistem pintar pengendali multi perangkat

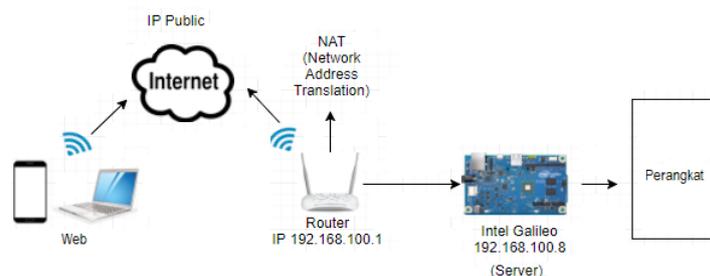
terpusat yang berperan sebagai server yang terhubung ke jaringan.

4. *Driver* motor (*driver* lampu) berfungsi mengatur tegangan keluaran berdasarkan *output* PWM pada pin PWM Intel Galileo dimana besar PWM diatur dari data yang diterima oleh Intel Galileo. Tegangan yang keluar pada *driver* motor akan disalurkan ke lampu sehingga lampu bisa redup dan terang. *Driver* motor yang digunakan adalah tipe L298N. *Driver* motor mempunyai pin input sebanyak 6 buah dan output sebanyak 2 buah. Untuk input terdiri dari IN1, IN2, IN3, IN4 dan 2 buah *enable* untuk mengatur tegangan keluaran berupa PWM yang berasal dari pin Intel Galileo. Masing-masing input terpasang ke pin-pin digital Intel Galileo yaitu pin 5 dan pin 10 merupakan *enable* pin PWM pada Intel Galileo. Kemudian pin 6, 7, 8, 9 adalah pin yang terpasang dari input driver motor ke pin digital Intel Galileo. Nilai maksimum intensitas cahaya diatur dalam program adalah 255_d (8 bit data biner) dengan nilai pengurangan dan penambahan cahaya lampu adalah 15_d .
5. Sensor *infrared* (IR) berfungsi sebagai *counter* dan otomatis menghidupkan serta mematikan lampu. Sensor IR pada sistem berfungsi sebagai *counter* ketika sensor mendapat halangan dan otomatis menghidupkan dan mematikan lampu. Sensor IR yang digunakan sebanyak 2 buah. Sensor IR1 berfungsi untuk mendeteksi orang yang memasuki ruangan dan sensor IR2 berfungsi untuk mendeteksi orang keluar dari ruangan. Ketika sensor terkena penghalang (orang pertama memasuki ruangan) maka sensor secara otomatis menghidupkan lampu ruangan dan *counter* akan diberikan nilai 1 dan nilai *counter* akan

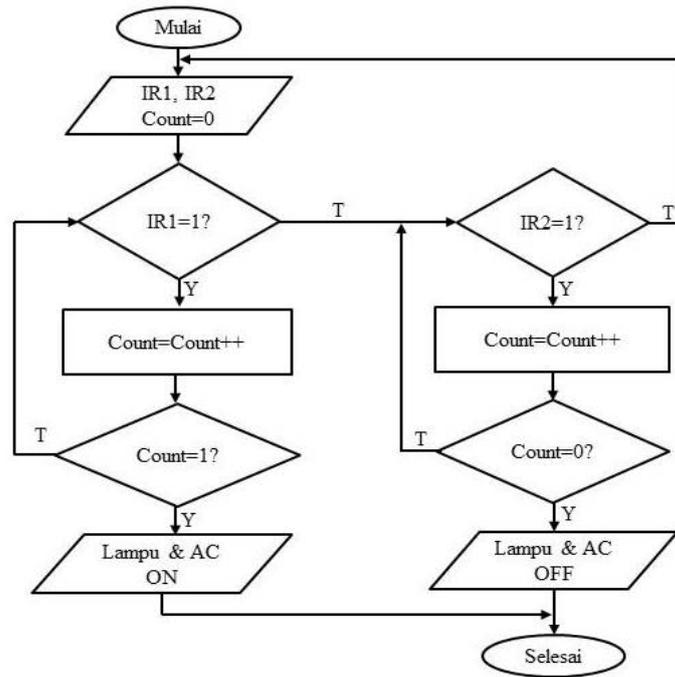
bertambah dengan perhitungan $counter++$ jika orang berikutnya masuk ke dalam ruangan. Sebaliknya jika orang melewati sensor IR2 maka *counter* akan menghitung secara menurun $counter--$, jika nilai $counter=0$ maka lampu akan mati (*off*). Masing-masing sensor terpasang pada pin analog Intel Galileo yaitu pin A0 dan pin A1.

6. Motor servo berfungsi sebagai pengatur arah IP camera. Dalam sistem ini digunakan dua buah motor servo untuk pergerakan atas-bawah dan kiri-kanan. Motor servo terpasang pada pin 3 dan 11 Intel Galileo.
7. *Smart devices* berfungsi sebagai pengirim data informasi melalui jaringan internet yang diakses melalui web yang nantinya diterima Intel Galileo untuk dieksekusi. *Smart devices* yang digunakan adalah perangkat *mobile* seperti laptop, tablet, dan *smartphone* yang telah terpasang *browser* didalamnya.
8. Web merupakan aplikasi yang dibuat untuk pengendali jarak jauh yang diakses dari *smart devices*. Web berfungsi sebagai antarmuka pengontrolan alat. Web dirancang menggunakan aplikasi kode editor yaitu *bracket*. Setelah dirancang kode tersebut dipindahkan ke *software* pemrograman Arduino IDE untuk digabungkan dengan program utama alat.
9. Jaringan Internet

Sistem pintar pengontrolan lampu dan IP camera melalui antarmuka web ini dapat diakses dari jarak jauh. Terlebih dahulu Intel Galileo diprogram sebagai web server yang bisa diakses untuk mengontrol perangkat. IP untuk Intel Galileo dikonfigurasi dengan IP statik yaitu 192.168.100.8 yang terhubung ke *router* dengan *gateway* 192.168.100.1. Pada Gambar 4 merupakan skema jaringan untuk sistem pintar pengontrolan



Gambar 4. Skema jaringan sistem pengendali



Gambar 5. Flowchart sistem pengendali otomatis

lampu dan IP camera melalui web. Terlihat bahwa IP *private* yang dikonfigurasi pada Intel Galileo agar bisa dikenal oleh publik maka dilakukan proses *Network Address Translation* (NAT). NAT adalah suatu metode untuk menghubungkan lebih dari satu komputer ke jaringan internet dengan menggunakan satu alamat IP. Operasi yang dilakukan untuk semua perangkat yang dikendalikan dalam sistem dapat dilihat pada Tabel 1.

B. Flowchart Sistem Pintar

Flowchart sistem pengendalian otomatis untuk lampu dan AC *on-off* berdasarkan orang yang masuk dan keluar ruangan yang melintasi sensor IR yang dipasang pada pintu kelas dan *up-down* counter yang dihitung melalui Intel Galileo, terlihat pada Gambar 5. IR1 digunakan untuk mendeteksi orang masuk dan IR2 untuk mendeteksi orang keluar dari kelas. Dengan menggunakan algoritma yang digambarkan melalui *flowchart* pada Gambar 5 maka sistem kendali otomatis melalui Intel Galileo dapat dilakukan.

Pengendalian perangkat melalui *smart devices* dilakukan dengan menggunakan algoritma yang dituangkan dalam *flowchart* sistem pengendali jarak jauh seperti terlihat pada Gambar 6.

Tabel 1. Operasi pada Sistem Pintar

Perangkat	Operasi
Lampu	On,Off Intensitas Cahaya (Tambah dan Kurang)
AC	On,Off Tambah dan Kurang Suhu
LCD Proyektor	On. Off
IP Camera	Gerak ke atas, bawah, kiri dan kanan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pintar pengendali multi perangkat yang dibuat ini digunakan dalam ruangan praktikum (laboratorium) komputer. Namun sistem ini dibuat tidak hanya digunakan pada ruangan belajar seperti kelas atau laboratorium, tetapi dapat juga dimanfaatkan untuk *smart home*, *smart building* dan lainnya.

A. Sistem Pintar Pengendali Multi Perangkat (Hardware)

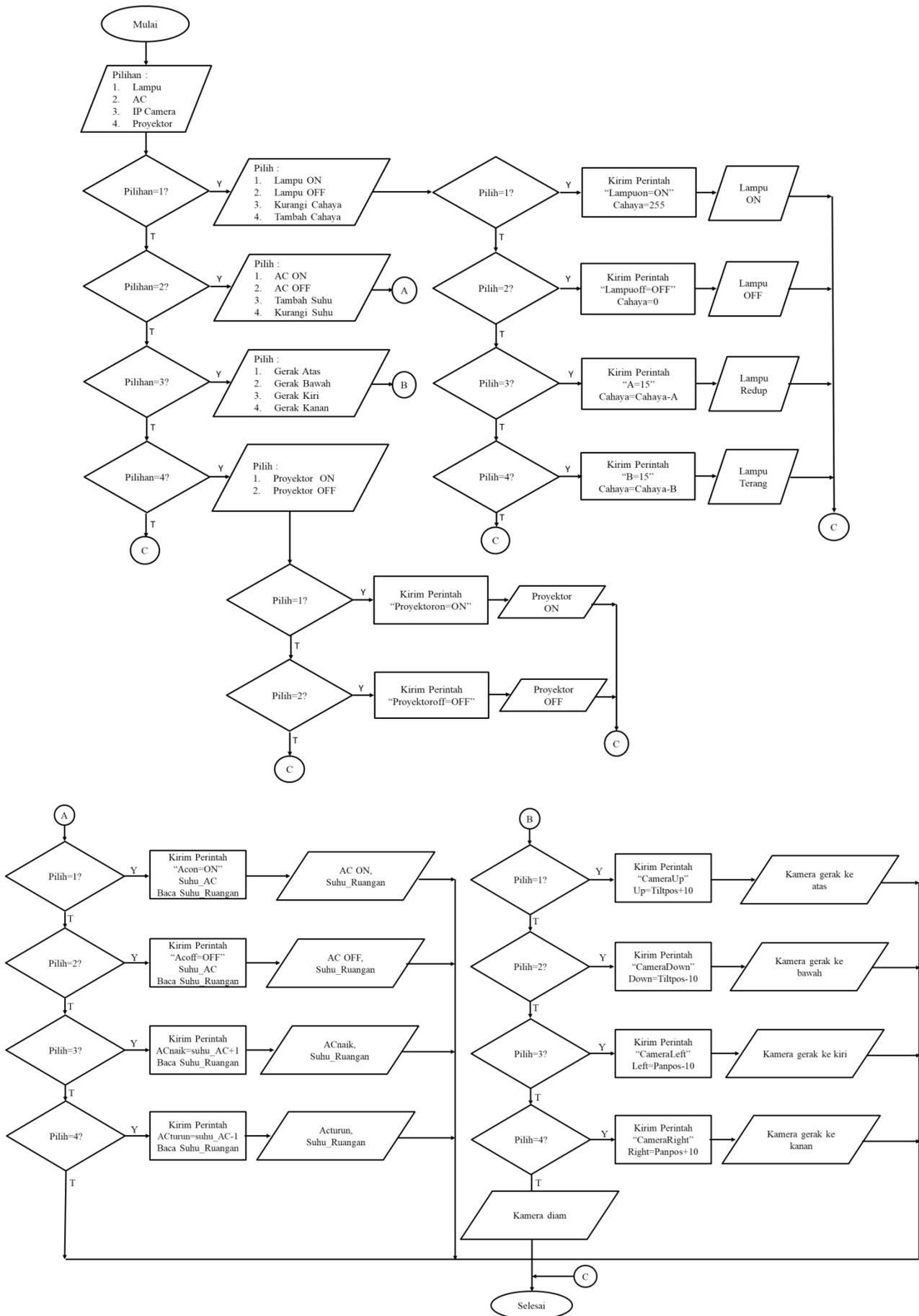
Bentuk alat sistem pengendali yang dibuat dalam penelitian ini terlihat pada Gambar 7.

B. Tampilan Web Pengendali (Software)

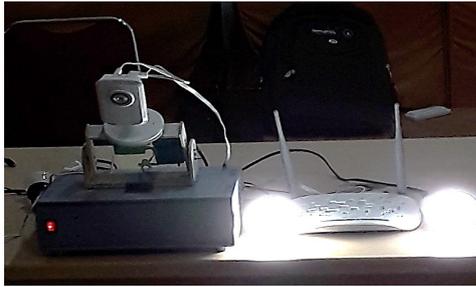
Pada halaman web dibuat sistem pengendali multi perangkat seperti lampu, IP Camera, AC, dan proyektor dengan menggunakan *button* yang dirancang menggunakan *html* kemudian perangkat lunak web ini disimpan ke dalam sistem Intel Galileo sehingga *web server* juga terpusat di perangkat keras berbasis Intel Galileo. Tampilan web secara utuh terlihat pada Gambar 9.

C. Pengujian dan Pengukuran Sistem

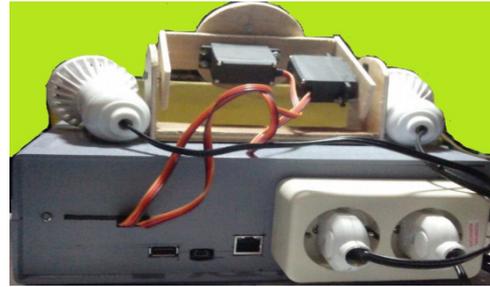
Untuk menjalankan web dilakukan dengan cara mengetikkan IP adress perangkat pada bagian URL *browser*, melakukan tes ping ke alamat IP perangkat, dan mengakses DNS alat pada *browser* seperti terlihat pada Gambar 8 dan setelah dijalankan maka akan memperlihatkan tampilan seperti pada Gambar 9.



Gambar 6. Flowchart sistem pintar pengendali multi perangkat berbasis Web

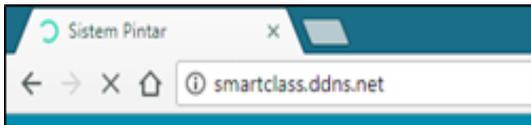


(a)



(b)

Gambar 7. Alat pengendali multi perangkat; a) Tampak depan b) Tampak belakang

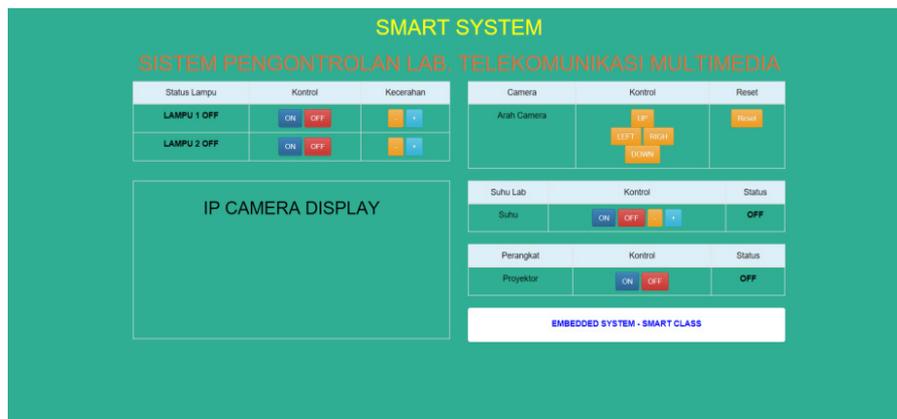


Gambar 8. Mengakses alamat perangkat menggunakan DNS untuk mengendalikan perangkat dari Web

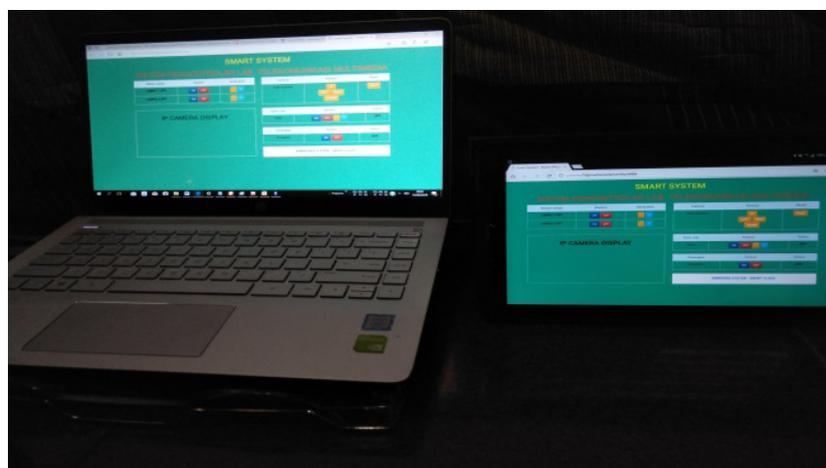
D. Pengendali Lampu

Pengendali lampu dilakukan dengan dua cara yaitu pengendalian otomatis dan jarak jauh. Pengendalian otomatis menggunakan sensor IR sebanyak 2 buah yang berfungsi untuk mendeteksi orang masuk dan keluar

melalui pintu ruangan. Sistem pengendali lampu ini dibuat otomatis dengan cara jika orang pertama memasuki ruangan maka lampu akan *on* dan sistem akan menghitung secara naik (*up counter*) orang yang memasuki ruangan dan sebaliknya sistem akan menghitung secara turun (*down counter*) orang yang keluar ruangan. Jika nilai $counter=1$ (orang pertama memasuki ruangan) maka lampu *on*, jika $counter > 1$ maka lampu akan tetap menyala namun jika nilai $counter=0$ (orang terakhir melintasi sensor IR) maka lampu akan *off*. Untuk pengendalian jarak jauh dilakukan melalui aplikasi yang dibuat pada web. Pengaturan intensitas cahaya lampu dilakukan dengan memanfaatkan keluaran sinyal PWM

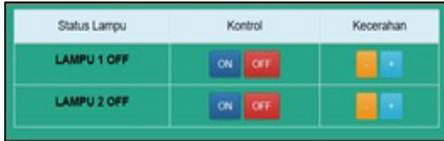


(a)



(b)

Gambar 9. Web untuk pengendali jarak jauh a) Detail Web b) Web ketika diakses dari smart devices



Gambar 10. Tampilan web pengendali lampu

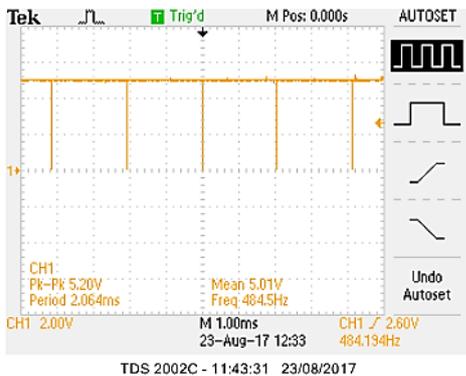
dari modul Intel Galileo.

Pengukuran sinyal PWM pada pin 5 dan 10 Intel Galileo Gen 2, perubahan sinyal PWM terlihat ketika tombol “-“ dan “+” pada *interface* web ditekan dengan hasil seperti terlihat pada Gambar 10. Pengambilan data dilakukan dengan cara menekan tombol “ON”, “-“, “+” dan “OFF”, untuk status lampu (ON/OFF) akan ditampilkan bagian “status lampu” pada pengendali lampu melalui web.

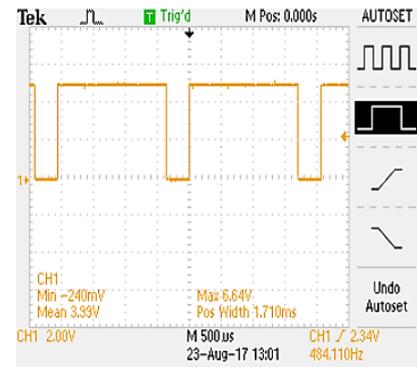
Lampu di-*set* dalam sistem akan mengeluarkan cahaya yang paling terang saat lampu pertama kali *on*.

Dari hasil pengukuran sinyal PWM pada osiloskop terlihat pada Gambar 11 didapatkan tegangan efektif $V_{ef} = 5,01V$ dengan τ_0 maksimum, frekuensi $f=484,5Hz$ dan berdasarkan (2) didapatkan $PWM_{output_level} = 255$, serta berdasarkan (3) *duty cycle* bernilai 100%.

Selanjutnya dilakukan dengan pengukuran untuk pengurangan intensitas cahaya dengan cara menekan tombol “-“ pertama kali pada web, dan hasil pengukuran seperti terlihat pada Gambar 12(a) dimana $\tau_0 = 1950 \mu s$ dan $\tau_c = 2098 \mu s$ dan nilai V_{ef} hasil pengukuran adalah 4,72V. Berdasarkan hasil perhitungan (1) maka didapatkan nilai $V_{ef} = 4,8V$, $f=476,64 Hz$, $PWM_{output_level} = 237$ (2) dengan perbedaan nilai level intensitas cahaya dari level maksimum (255) adalah 18. *Duty cycle*=65,44%. Kemudian menekan tombol “-“ kembali (ke-2) seperti terlihat pada Gambar 12(b) didapatkan $\tau_0 = 1800 \mu s$ dan $\tau_c = 2098 \mu s$. $V_{ef} = 4,36V$. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan $V_{ef} = 4,5V$, $PWM_{output_level} = 219$, *duty cycle*=60,4% dan perbedaan nilai intensitas 36. Kondisi paling redup dari intensitas cahaya lampu ketika penekanan tombol “-“ ke 17 terlihat pada Gambar 12(c) nilai V_{ef} sudah mendekati 0 yaitu sebesar 58,3mV dengan hasil perhitungan (2) $PWM_{output_level} = 0$ dan *duty cycle*=0, artinya kondisi lampu sudah mati (*off*). Berdasarkan hasil sinyal PWM terlihat bahwa semakin redup (intensitas cahaya berkurang) maka semakin kecil lebar pulsa *on* dan semakin kecil juga nilai level output



(a)



(b)



(c)

Gambar 11. Hasil Pengukuran Sinyal Keluaran PWM pada Lampu LED kondisi on pertama kali

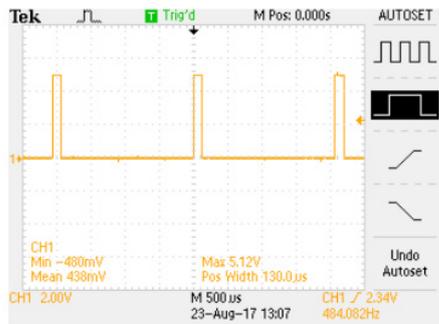
PWM, V_{ef} serta *duty cycle* yang dihasilkan.

Penambahan intensitas cahaya lampu LED dapat dilakukan dengan cara menekan tombol “+” pada web. Pada Gambar 13(a) didapatkan $V_{ef} = 438mV$, $\tau_0 = 100 \mu s$, $\tau_c = 2100 \mu s$. Hasil perhitungan didapatkan nilai $V_{ef} = 0,2V$ (1), $PWM_{output_level} = 12$ (2) dan *duty cycle*= 4,76% (3). Pada Gambar 13(b) didapatkan $V_{ef} = 800mV$, $\tau_0 = 250 \mu s$, $\tau_c = 2100 \mu s$.

Nilai V_{ef} berdasarkan perhitungan adalah 0,6V, $PWM_{output_level} = 32$ dan *duty cycle*=11,9% serta perbedaan level PWM adalah 32. Pada Gambar 13(c) didapatkan $V_{ef} = 5,01mV$, $\tau_0 = 2100 \mu s$, $\tau_c = 2100 \mu s$. Nilai V_{ef} berdasarkan perhitungan adalah 5,2V, $PWM_{output_level} = 255$ dan *duty cycle*= 100% serta perbedaan level PWM adalah 0.

Pertambahan intensitas cahaya seperti terlihat pada

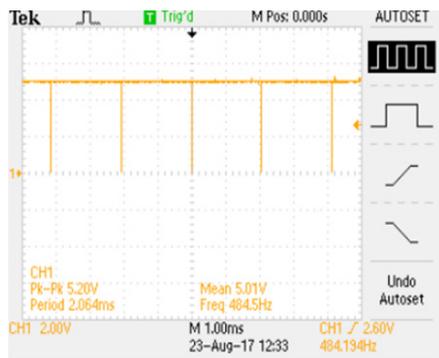
Gambar 12. Sinyal keluaran PWM untuk pengendali pengurangan intensitas cahaya lampu a) Penekan tombol “-“ ke-1, b) Penekanan tombol “-“ ke-2 dan c) Penekanan tombol “-“ ke-17



(a)



(b)



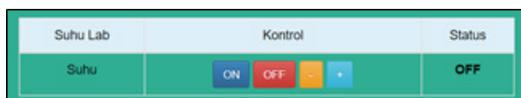
(c)

Gambar 13. Sinyal keluaran PWM untuk pengendali penambahan intensitas cahaya lampu a) Menekan tombol “+” ke-1, b) Menekan tombol “+” ke-2, c) Menekan tombol “+” ke-17

Gambar 13, terlihat bahwa tegangan efektif, level output PWM dan *duty cycle* akan semakin besar dengan indikator semakin terang cahaya lampu yang dikeluarkan.

E. Pengendali Air Conditioner (AC)

Pengendalian AC ini, sebagaimana halnya pengendalian lampu juga dilakukan pengendalian otomatis dan jarak jauh. Untuk pengendalian otomatis dilakukan bersamaan dan dengan cara yang sama dengan pengendalian lampu. Perangkat AC perlu dinyalakan secara otomatis karena dalam penelitian ini sistem pengendali dibuat untuk pengendalian perangkat yang ada pada laboratorium



Gambar 14. Pengendalian jarak jauh AC berbasis Web

Tabel 2. Hasil pengukuran tegangan keluaran LM35 terhadap perubahan suhu ruangan

Suhu ruangan (°C)	Tegangan (mV)
20	200
21	210
23	230
24	240
25	250
26	260
27	270
28	280
29	290
30	300

dengan perangkat utamanya adalah komputer, yang membutuhkan suhu ruangan yang terjaga agar komputer tidak panas. Sedangkan untuk pengendalian jarak jauh dilakukan dengan menggunakan aplikasi yang dibuat pada web seperti terlihat pada Gambar 14. Suhu ruangan yang terbaca akan ditampilkan pada bagian “Suhu” di tampilan web. Pengendalian yang dapat dilakukan adalah “ON”, “OFF” dan pengaturan suhu AC secara naik (“+”) dan turun (“-”) seperti terlihat pada Gambar 14.

Pembacaan suhu ruangan dibaca oleh sensor suhu LM35, dengan perubahan suhu yang terjadi diindikasikan dengan perubahan tegangan keluaran dari LM35 seperti terlihat pada Tabel 2.

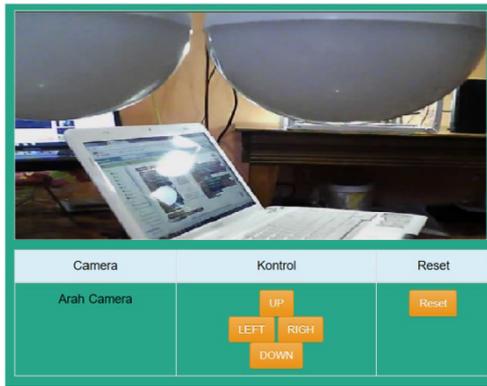
Pengukuran keluaran pada LM35 dilakukan dengan cara mengatur suhu AC melalui web sehingga terbaca suhu ruangan dan ditampilkan pada web. Perubahan nilai tegangan (Tabel 2), terlihat bahwa setiap kenaikan 1°C menghasilkan tegangan keluaran 10 mV.

Pengukuran keluaran pada LM35 dilakukan dengan cara mengatur suhu AC melalui web sehingga terbaca suhu ruangan dan ditampilkan pada web. Perubahan nilai tegangan (Tabel 2), terlihat bahwa setiap kenaikan 1°C menghasilkan tegangan keluaran 10 mV.

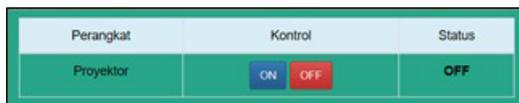
F. Pengendali IP Camera

IP camera dalam penelitian ini digunakan untuk memonitoring kegiatan belajar mengajar di kelas atau laboratorium. Untuk mengetahui kondisi belajar dan ruangan maka IP camera dikendalikan dengan cara menggerakkan kamera ke atas, bawah, kiri, dan kanan menggunakan motor servo dengan tujuan agar seluruh sisi ruangan dapat terlihat melalui web. Di samping itu IP camera ini juga dapat digunakan sebagai indikator keberhasilan pengujian sistem pengendali lampu, AC dan proyektor yang dilakukan dari jarak jauh menggunakan jaringan internet yang diakses melalui web dengan cara melihat perangkat yang diuji apakah sudah berjalan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Gambar 15 merupakan tampilan web pengendalian IP camera.

Kontrol arah pada IP camera menggunakan 2 buah motor servo. Motor servo pertama digunakan untuk arah



Gambar 15. Tampilan Video IP Camera melalui Web



Gambar 16. Pengendali proyektor melalui Web

Tabel 3. Hasil pengukuran parameter input dan output pengendalian proyektor

Input		Output	
Logika	Tegangan (V)	Arus relay (mA)	Cahaya infrared remote
High	4,8	42	Ada
Low	0,1	0	Tidak ada

kamera ke atas dan ke bawah (*tilt*), dan motor *servo* kedua berfungsi untuk arah kamera ke kiri dan ke kanan (*pan*). Pada Gambar 15 merupakan tampilan untuk mengontrol IP camera melalui web, terdapat juga tampilan untuk melihat *live video* yang bertujuan sebagai monitoring keadaan ruangan. Tombol “UP”, “DOWN”, “LEFT” dan “RIGHT” mengirim ke sistem kontrol Intel Galileo, maka motor servo secara otomatis menggerakkan kamera ke atas atau ke bawah.

G. Pengendali LCD Proyektor

Proyektor dikendalikan untuk operasi *on* dan *off*. Pengendalian dilakukan dengan menggunakan aplikasi web seperti terlihat pada Gambar 16. Dengan mengirimkan perintah logika “LOW” untuk operasi *OFF* proyektor dan “HIGH” untuk perintah *ON* melalui web.

Tabel 3 merupakan hasil pengukuran tegangan input saat memberikan perintah *ON* dan *OFF* melalui web dengan indikator keluaran dilihat pada cahaya *infrared* (IR) pada *remote*. Saat logika *HIGH* didapatkan tegangan input 4,8 V dengan indikator IR mengeluarkan cahaya dan saat logika *LOW* dengan tegangan 0,1 V dengan indikator IR tidak mengeluarkan cahaya.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini sudah selesai pada tahapan pembuatan pengendali multi perangkat yang ada dalam ruangan belajar (kelas) meliputi lampu, AC, LCD proyektor dan

IP camera dengan komponen utama yaitu alat (*hardware*) pengendali berbasis Intel Galileo sebagai server atau kendali terpusat dengan sistem yang sudah tertanam (*embedded*) dan perangkat lunak (*software*) menggunakan aplikasi web untuk mengendalikan multi perangkat dari jarak jauh dengan memanfaatkan teknologi IoT dan diakses dari jarak jauh melalui *smart devices* dalam hal ini laptop, tablet, dan *smart phone*. Manfaat paling utama menggunakan web sebagai pengendali jarak jauh adalah dapat diakses dengan sistem operasi yang berbeda dengan memanfaatkan internet dan *browser* yang sudah terpasang pada *smart devices*. Dengan adanya sistem pintar ini tidak hanya dapat dimanfaatkan untuk multi perangkat dalam kelas, tetapi juga dapat digunakan untuk sistem pengendali lain yang juga memanfaatkan perangkat sejenis seperti *smart building*, *smart home*, dan lainnya. Penelitian ini akan dilanjutkan untuk membuat sistem pengendalian dan pengelolaan kegiatan belajar mengajar dengan memanfaatkan jaringan komputer dan IoT dengan pengendali jarak jauh tetap menggunakan web agar ruangan belajar tersebut menjadi *smart class*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan Penelitian Produk Terapan yang didanai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, Tahun 2017.

REFERENSI

- [1] S. Heath, *Embedded Systems Design*. Oxford : Newnes Linacre, House, Jordan Hill, 2003
- [2] A. Godse, *Embedded Systems*. Pune : Technical Publications., 2009
- [3] T. Arsan , “Smart Systems From Design to Implementation of Embedded Smart Systems”, IEEE , pp.59-64 , 2016
- [4] C. Zhu, V. M. Leung, L. Shu, and E.H. Ngai, “Green Internet of Things for Smart World”, IEEE, pp. 2151-2162, 2015
- [5] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista and M. Zorzi, “Internet of Things for Smart Cities”, IEEE Internet of Things Journal, Vol. 1, No. 1 , pp. 22-32, February 2014.
- [6] M. Khan, B. N. Silva, K. Han, “Internet of Things based Energy Aware Smart Home Control System”, IEEE, 2016
- [7] M. Kusriyanto and B. D. Putra, “Smart Home Using Local Area Network (LAN) Based Arduino Mega 2560”, IEEE, pp. 127-131, 2016
- [8] H. Fitriyah, E. R. Widasari, D. Sagita, and H. Bagus, “Design of Remote Control for Smart Home Using Interaction Design Method”, IEEE, pp. 91-96, 2016
- [9] H. Stojanoski, D. C. Bogatinoska, A. B. Salem, and V. Srebenkoska, “Practical, Cheap Smart Home Implementation with General Purpose Embedded Hardware Raspberry Pi”, in *Proc. The 8th IEEE International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS 2017)*, pp. 335-341, 2017
- [10] S. Rifka and Firdaus, “Utilization of Intel Galileo Module For Smart System As AC LED Lamp Controller”, in *Proc. International Conference of Applied Science on Engineering, Business, Linguistics and Information Technology (Ico-Asnitech*

2017), pp. 191-196, 2017

- [11] M.C. Ramon, *Intel®Galileo and Intel® Galileo Gen 2 API Features and Arduino Projects for Linux Programmers*, New York : Apress Media, LLC, 2014
- [12] Satish, *Pulse Width Modulation: Analysis and Performance in Multilevel Inverters*, Berlin, Germany: Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2017
- [13] G. Recktenwald. (view Juli 2017). Basic Pulse Width Modulation [Online]. Available : <http://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM>

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net

Telp/Fax: (0651) 7554336

