RANCANG BANGUN PURWARUPA SISTEM *HOME AUTOMATION* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (STUDI KASUS DI HOTEL BUKIT JUANDA)

Agung Setyawan[1], Angga Setiyadi[2]

[1,2] Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipati Ukur No. 102-116 Telp. (022) 2504119, 2506634, 2533603 Fax. (022) 2533754
E-mail: setyawan_agung@outlook.com[1], angga.setiyadi@email.unikom.ac.id[2]

ABSTRAK

Home automation yaitu tempat tinggal yang dilengkapi dengan teknologi informasi yang dapat merespon kebutuhan penghuni rumah, dengan mengandalkan efisiensi, otomatisasi, kenyamanan, keamanan. Pembangunan sistem ini bertujuan untuk mengukur penggunaan listrik disetiap kamar hotel; dapat mengendalikan perangkat elektronik di dalam kamar hotel menjadi lebih mudah, karena dapat dikendalikan oleh pegawai hotel di luar kamar; dapat memberikan notifikasi saat kamar perlu untuk dibersihkan; serta dapat memberikan notifikasi saat terjadi kebocoran gas LPG. Pembangunan sistem menggunakan Raspberry Pi dan Arduino, serta aplikasi berbasis *web* sebagai antarmuka untuk tamu hotel dan pegawai hotel. Tahap pengerjaan dimulai dengan membangun *web service* RESTful API. *Web service* ini akan terkoneksi pada sebuah *database*. *Web service* akan menerima data dari aplikasi web tamu *home automation* pada Raspberry Pi dan aplikasi web pegawai *monitoring* yang selanjutnya data disimpan pada *database*, kemudian apabila aplikasi-aplikasi membutuhkan data tersebut maka *web service* akan mengirimkan data tersebut sesuai dengan kebutuhannya. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa apabila menggunakan Raspberry Pi dan Arduino secara bersamaan, maka sistem masih akan bekerja dengan baik pada sisi pengguna tamu hotel meskipun sedang terjadi masalah jaringan internet, karena menggunakan *web server* lokal dari Raspberry Pi, namun pada sisi pengguna pegawai hotel untuk *monitoring* akan terganggu, karena Raspberry Pi tidak mengirimkan data ke *web service* pada saat terjadi masalah jaringan internet.

Kata Kunci: Arduino, *Home Automation*, *Internet of Things*, Raspberry Pi, *Web*

1. PENDAHULUAN

Hotel merupakan salah satu bisnis yang cukup berkembang di Indonesia, khususnya untuk daerah-daerah yang memiliki objek wisata dan banyak dikunjungi oleh wisatawan domestik maupun mancanegara. Sebagai salah satu hotel yang baru dibangun dan sedang berkembang di kawasan Bandung, Hotel Bukit Juanda memiliki akses yang luas serta mudah, karena dekat dengan beberapa tempat wisata di Kota Bandung.

Hotel Bukit Juanda termasuk hotel yang masih baru berdiri dan sedang berkembang, maka biaya pengeluaran hotel perlu diminimalisir, khususnya untuk biaya pembayaran listrik PLN. Menurut Bapak Devy Harryanto selaku Manajer Operasional menyebutkan bahwa hampir 3 banding 4 dari tamu hotel masih ada yang menyalakan alat elektronik, khususnya lampu, televisi, dan AC di dalam kamar hotel secara terus-menerus pada saat mereka keluar kamar. Karena kurang pemantauan dari pegawai hotel itulah, maka dapat mengakibatkan biaya yang dikeluarkan untuk listrik PLN menjadi bertambah besar.

Lingkungan yang sehat merupakan prioritas hotel untuk menciptakan kesehatan para tamu, khususnya di dalam kamar hotel. Maka dari itu perlu dilakukan pemantauan pada setiap kamar hotelnya. Dari hal tersebut, bagian *housekeeping* selalu memeriksa kamar satu per satu. Menurut Bapak Devy Harryanto menyebutkan bahwa kegiatan tersebut dinilai kurang efektif apabila dilakukan setiap saat, sedangkan kamar tersebut bisa saja masih dalam keadaan masih bersih.

Dari pernyataan tersebut maka dibutuhkan sebuah sistem yang dapat memberikan notifikasi kepada bagian *housekeeping* apabila kamar hotel perlu dibersihkan setelah kadar kandungan debu telah mencapai batas maksimal. Menurut Keputusan Menteri Kesehatan No. 1405/Menkes/SK/XI/2002 menyebutkan bahwa kandungan debu maksimal didalam udara ruangan dalam pengukuran rata-rata 8 jam adalah dengan konsentrasi maksimal debu total sebesar 0,15 mg/m^3[1].

Kebocoran gas LPG mungkin saja terjadi, dan dapat mengakibatkan kebakaran. Sempat terjadi fenomena sebuah hotel terbakar akibat kebocoran gas, yaitu hotel Remaja Pacitan, menurut data yang didapat dari beritajatim.com, dapur hotel yang berada di Jalan Panglima Sudirman berawal dari karyawan handak melakukan aktivitas memasak. Namun tidak sadar bahwa tabung gas 12 kg yang biasa digunakan memasak bocor [2]. Dari fenomena itulah maka dibutuhkan sebuah sistem yang mampu memberikan notifikasi kepada pegawai hotel jika terjadi kebocoran gas di dapur, yang bertujuan untuk melakukan pencegahan secara cepat saat hal itu terjadi. Menurut Badan Perlindungan Konsumen Nasional (BPKN, 2010), gas LPG tidak beracun tapi

jika terhirup lebih dari 1.000 ppm atau 0,1% (100% = 1.000.000 ppm) akan menyebabkan mengantuk, mimpi kemudian meninggal. Gas LPG dapat menyebabkan ledakan pada konsentrasi gas 18.000 ppm sampai dengan 100.000 ppm [3].

Dari permasalahan tersebut maka dapat dimanfaatkan teknologi dari sistem *home automation* untuk dipasang pada setiap kamar hotel. *Home automation* dapat didefinisikan sebagai tempat tinggal yang dilengkapi dengan komputasi data dan teknologi informasi yang dapat merespon kebutuhan penghuni rumah atau hotel, bekerja dengan mengandalkan efisiensi, otomatisasi perangkat, kenyamanan, keamanan, penghematan.

Berdasarkan masalah diatas, maka solusi yang dapat dilakukan adalah dengan "Rancang Bangun Purwarupa Sistem *Home Automation* Berbasis *Internet of Things* Studi Kasus di Hotel Bukit Juanda".

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka maksud dari pembangunan sistem ini adalah untuk membangun purwarupa sistem *Home Automation* berbasis *Internet of Things* (IoT) berdasarkan studi kasus di Hotel Bukit Juanda, dan memberikan kenyamanan, keamanan dan kemudahan bagi para tamu hotel maupun pegawai hotel.

Adapun tujuan yang akan dicapai dari pembangunan sistem ini adalah sebagai berikut:

1 Penggunaan listrik menjadi lebih terukur untuk setiap kamar hotel.
2 Pengendalian terhadap perangkat elektronik di dalam kamar hotel menjadi lebih mudah, karena dapat dikendalikan oleh pegawai hotel di luar kamar dan listrik akan otomatis padam apabila tidak ada gerakan di dalam kamar.
3 *Housekeeping* lebih efektif dalam membersihkan kamar hotel, karena akan memberikan notifikasi untuk membersihkan kamar apabila keadaan suatu kamar hotel sudah melebihi kadar debu yang ditentukan.
4 Pemantauan hotel yang meliputi asap atau kebocoran gas LPG menjadi lebih mudah.

2. ISI PENELITIAN

2.1 Landasan Teori

Landasan teori dari pembangunan sistem ini menguraikan teori-teori dasar untuk proses analisis sistem serta mendukung proses rancang bangun purwarupa sistem *home automation* berbasis *Internet of Things* dengan studi kasus di Hotel Bukit Juanda.

2.2.1 *Home Automation*

Home Automation dapat dikatakan sebagai ekstensi perumahan dari "otomatisasi bangunan/ *building automation*". Hal ini berhubungan dengan kegiatan dan pekerjaan di rumah yang otomatis terlaksana. *Home Automation* mungkin termasuk kontrol yang terpusat pada pencahayaan, HVAC (pemanas, ventilasi dan AC), peralatan, dan sistem lainnya, untuk memberikan kenyamanan, keamanan, efisiensi energi dan kemudahan yang lebih baik [4]. Saat ini *home automation* untuk pamantauan dan pengendalian jarak jauh telah menggunakan jaringan internet, dengan kata lain *home automation* dapat dikategorikan sebagai pemanfaatan dari *Internet of Things*.

2.2.2 Raspberry Pi

Raspberry Pi, sering disingkat dengan nama Raspi, adalah komputer papan tunggal (*single-board circuit*; SBC) yang seukuran dengan kartu kredit yang dapat digunakan untuk menjalankan program perkantoran, permainan komputer, dan sebagai pemutar media hingga *video* beresolusi tinggi. Raspberry Pi dikembangkan oleh yayasan nirlaba, Raspberry Pi Foundation, yang digawangi sejumlah pengembang dan ahli komputer dari Universitas Cambridge, Inggris [5].

Raspberry Pi menggunakan sistem operasi berbasis *kernel Linux. Raspbian* merupakan Sistem operasi berbasis *Debian* yang dapat bebas dioptimalkan untuk perangkat keras *Raspberry Pi*, yang dirilis pada bulan Juli 2012. Pada 19 Februari 2012, Yayasan Raspberry Pi merilis bukti konsep kartu SD *image* yang dapat dimuat ke *SD Card* untuk menghasilkan sebuah sistem operasi yang pertama. *Image* didasarkan pada *Debian 6.0* dengan LXDE *desktop* dan *Midori browser*, ditambah berbagai alat pemrograman. *image* tersebut berjalan pada QEMU yang memungkinkan Raspberry Pi akan ditiru pada berbagai *platform* lainnya. Raspberry Pi ini digunakan untuk sebagai otak sistem rumah pintar yang untuk mengontrol semua perangkat yang ada pada rumah pintar [6].

2.2.3 Arduino

Arduino adalah *kit* elektronik atau papan rangkaian elektronik *Open source* yang didalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis *Advanced Versatile RISC* (AVR) dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau *intergrated circuit* (IC) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamakan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* sesuai dengan yang diinginkan. Jadi mikrokontroler sebagai otak *input*, *output* dan proses pada sebuah rangkaian elektronika [4].

Secara umum, Arduino terbagi dari dua bagian,yaitu:

1 *Hardware* berupa papan *input*/*output* (I/O) yang *Open source*.
2 *Software* arduino yang juga *Open source*, meliputi software arduino IDE untuk menulis program dan *driver* untuk koneksi dengan komputer.

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATMEGA328 yang memiliki 14 pin digital *input*/*output*, 6 diantarnya digunakan sebagai *output*

Pulse Width Modulation (PWM), 6 *input analog*, *clock speed* 16MHz, koneksi USB, Jack listrik, *header* ICSP, dan tombol *reset*. *Board* ini menggunakan daya yang terhubung ke komputer dengan kabel USB atau daya *external* dengan adaptor AC-DC atau baterai [4].

Arduino Uno adalah pilihan yang baik untuk pertama kali atau pemula yang ingin mengenal Arduino. Di samping sifatnya yang *reliabel* juga harga yang terjangkau [4].

Tabel 1. Spesifikasi Board Arduino Uno

Mikrokontroler	ATMEGA328
Tegangan Operasi	5V
Tegangan Input	7-12V
Batas tegangan Input	6-20V
Pin digital I/O	14 (6 pin PWM)
Pin analog input	6
Arus DC per I/O Pin	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Flash memory	32KB(ATmega328) 0,5 KB boot loader
SRAM	2KB (ATmega328)
EEPROM	1KB(ATmega328)
Clock	16MHz

Arduino dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya *Eksternal*. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya *Eksternal* (Non-USB) dapat berasal dari *adapter* AC ke DC atau baterai. *Adaptor* ini dapat dihubungkan dengan menancapkan power jack, dapat juga dihubungkan pada Power pin (Gnd dan Vin) [4].

Board Arduino Uno dapat beroperasi pada pasokan *Eksternal* dari 6 sampai 20 volt. Jika disuplai kurang 7V. Meskipun pin 5V dapat di suplai kurang dari 5V, *board* mungkin tidak stabil. Jika menggunakan teganggan lebih dari 12V , *regular* tegangan bisa panas dan merusak *board*. Kisaran yang di sarankan adalah 7 sampai 12 Volt [4].

Adapun pin *power supply* pada arduino uno adalah:

- **VIN.** Tegangan *input* board aduino ketika menggunakan sumber daya (5volts dari sambungan USB atau dari sumber *regulator* lain). Anda dapat mensuplai tegangan pada pin ini, jika suplai tegangan lewat power jack, dapat melakukan akses melalui pin ini.
- **5V.** Keluaran pin ini telah diatur sebesar 5V dari *regulator* pada board. Board dapat di suplai melalui pin 5V atau 3.3V *bypasses regulator*, dapat merusak *board*.
- **3v3**. Suplai 3,3 volt dihasilkan oleh *regulator* pada board. Dengan menarik arus maksimal 50mA.
- **GND.** Pin ground.

2.2.4 Sensor Gas MQ-2

Bahan sensitif sensor gas MQ-2 adalah SnO2, dengan konduktivitas rendah di udara bersih. Bila terdapat gar yang mudah terbakar, Konduktivitas sensor lebih tinggi seiring dengan kenaikan konsentrasi gas. Sensor gas MQ-2 memiliki sensitivitas tinggi terhadap LPG, Propana dan Hidrogen, juga dapat digunakan untuk Metana dan gas yang mudah terbakar lainnya, dengan biaya rendah dan sesuai untuk aplikasi yang berbeda-beda. [7]

2.2.5 Sensor Suhu DHT 11

DHT 11 adalah salah satu sensor yang dapat mengukur dua parameter lingkungan sekaligus, yakni suhu dan kelembaban udara (*humidity*). Dalam sensor ini terdapat sebuah thermistor tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*) untuk mengukur suhu, sebuah mikrokontroller 8-bit yang mengolah kedua sensor tersebut dan mengirim hasilnya ke pin output dengan format *single-wire bi-directional* (kabel tunggal dua arah) [8].

2.2.6 Sensor PIR HC-SR501

PIR merupakan sebuah sensor berbasis infrared. Akan tetapi, tidak seperti sensor infrared kebanyakan yang terdiri dari IR LED dan fototransistor. PIR tidak memancarkan apapun seperti IR LED. Sesuai namanya "*Passive*", sensor ini hanya merespon energi dari pancaran sinar inframerah pasif yang dimiliki oleh setiap benda yang terdeteksi olehnya. Benda yang dapat dideteksi oleh sensor ini biasanya adalah tubuh manusia [6].

2.2.7 Sensor Cahaya

Sensor cahaya adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran cayaha menjadi besaran listrik. Salah satu jenis sensor cahaya yaitu LDR. Sensor LDR (Light Dependent Resistor) merupakan suatu elemen yang konduktivitasnya berubah-ubah tergantung dari intensitas cahaya yang diterima permukaan elemen tersebut, akan tetapi keluaran yang pada sensor tidak sama dengan apa yang diketahui dari sebuah teori dan hasil simulasi [9].

2.2.8 RFID Mifare RC522

Mifare RC522 RFID *Reader Module* adalah sebuah modul berbasis IC Philips MFRC522 yang dapat membaca RFID dengan penggunaan yang mudah dan harga yang murah, karena modul ini sudah berisi komponen-komponen yang diperlukan oleh MFRC522 untuk dapat bekerja. Modul ini dapat digunakan langsung oleh MCU dengan menggunakan interface SPI, dengan suplai tegangan sebesar 3,3 Volt [10].

2.2.9 Tag RFID

Tag ini bekerja saat antena mendapatkan sinyal dari reader RFID dan sinyal tersebut akan dipantulkan lagi, sinyal pantul ini biasanya sudah ditambahkan dengan data yang dimiliki tag tersebut. RFID tag ukurannya dapat berbeda-beda, pada umumnya kecil [10].

2.2.10 Sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F

GP2Y1010AU0F adalah sensor debu dengan sistem penginderaan optik. Dioda pemancar

inframerah (IRED) dan fototransistor disusun secara diagonal ke perangkat ini. Ini mendeteksi cahaya debu yang dipantulkan di udara. Terutama, efektif untuk mendeteksi partikel yang sangat halus seperti asap rokok. Selain itu bisa membedakan asap dari debu rumah dengan pola pulsa tegangan output. Sensor ini dapat diaplikasikan untuk mendeteksi debu di udara, contohnya digunakan pada pembersih udara, AC, monitoring udara [11].

2.2.11 Buzzer

Buzzer adalah suatu alat yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. Pada umumnya buzzer digunakan untuk alarm, karena penggunaannya yang cukup mudah yaitu dengan memberikan tegangan *input* maka buzzer akan mengeluarkan bunyi. Frekuensi suara yang dikeluarkan oleh buzzer yaitu antara 1 sampai 5 kHz. Pada tugas akhir ini menggunakan buzzer sebagai keamanan pada rumah pintar yang akan mengeluarkan peringatan seperti getaran suara atau alarm [6].

2.2.12 Relay

Relay adalah Saklar *(Switch)* yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A [6].

2.2.13 Solenoid

Solenoid adalah peralatan yang dipakai untuk mengkonversi sinyal elektrik atau arus listrik menjadi gerak mekanik. Solenoid dibuat dari kumparan dan inti besi yang dapat digerakkan yang berfungsi sebagai aktuator untuk membuka kunci otomatis pada brankas [6].

2.2.14 Sensor Arus ACS712

Pengukuran arus biasanya membutuhkan resistor *shunt* yaitu resistor yang dihubungkan secara seri pada beban dan mengubah arus menjadi tegangan. Tegangan tersebut biasanya diumpankan ke *current transformer* terlebih dahulu sebelum masuk ke rangkaian kondisi signal. Teknologi *hall effect* yang diterapkan oleh perusahaan *Allegro* menggantikan *resistor shunt* dan *current transformer* menjadi sebuah sensor yang ukuran yang relatif jauh lebih kecil [12].

2.2.15 Sensor Sentuh TTP223

TTP223-BA6 adalah IC detektor sentuh yang mempunyai 1 tombol sentuh. IC deteksi sentuhan dirancang untuk mengganti saklar biasa dengan beragam ukuran pad. Konsumsi daya rendah dan tegangan untuk operasi kontak saklar pada aplikasi DC atau AC [13].

2.2 Analisis Sistem

Analisis sistem dapat didefinisikan sebagai penguraian dari suatu sistem yang utuh kedalam bagian-bagian komponennya dengan maksud untuk mengidentifikasikan dan mengevaluasi permasalahan-permasalahan, hambatan-hambatan yang terjadi dan kebutuhan yang diharapkan.

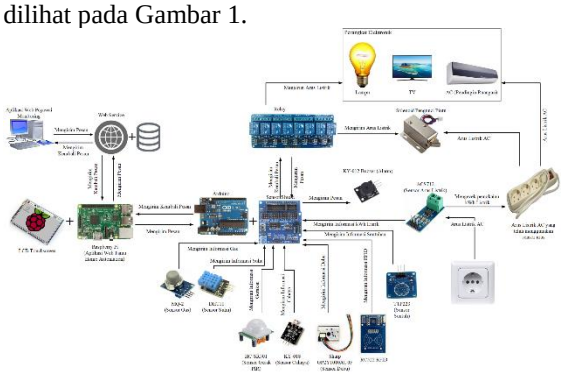
2.2.1 Analisis Masalah

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat permasalahan yang terjadi sehingga dibangunnya sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan listrik yang tidak terukur pada setiap kamar hotel, karena masih ada tamu hotel yang menyalakan perangkat elektronik, tetapi sedang berada di luar kamar.
2. Pegawai hotel memiliki keterbatasan dalam mengendalikan perangkat elektronik di dalam kamar hotel, jika tamu sedang berada di luar kamar.
3. Pekerjaan *housekeeping* yang kurang efektif dalam membersihkan kamar hotel jika kamar selalu dibersihkan setiap hari, itu terjadi karena tidak tersedianya alat pemantau kebersihan kamar.
4. Pemantauan hotel yang meliputi pemantauan asap atau kebocoran gas LPG sangat terbatas, karena tidak tersedianya alat pemantauan gas.

2.2.2 Analisis Arsitektur Sistem

Analisis arsitektur sistem merupakan sistem yang akan dibangun, aplikasi *home automation* yang berbasis internet ini akan berkomunikasi dengan Raspberry Pi yang dijembatani oleh *web service* dengan menggunakan pertukaran bahasa JSON, adapun rancangan sistem yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Perancangan Sistem

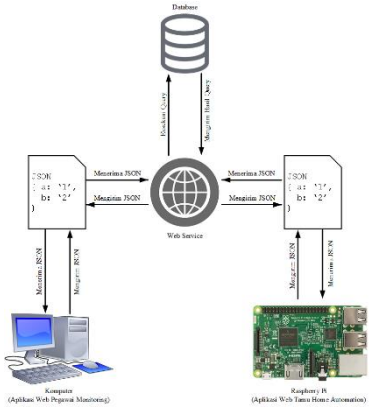
Berikut penjelasan dari gambaran arsitektur Rancang Bangun Purwarupa Sistem *Home Automation* Berbasis *Internet of Things* Studi Kasus di Hotel Bukit Juanda.

1. Aplikasi pada web pegawai *monitoring* digunakan untuk melakukan pendaftaran id tamu, yang akan digunakan untuk melakukan login pada Raspberry Pi di kamar hotel.

2. Selain itu aplikasi pada web pegawai *monitoring* dapat digunakan untuk *monitoring* dan status perangkat setiap kamar hotel.
3. *Web service* digunakan sebagai pertukaran data antara aplikasi web pegawai *monitoring* dan aplikasi web tamu *home automation* yang ada pada Raspberry Pi dengan *database* pada *server*.
4. Raspberry Pi dipasang pada setiap kamar hotel sebagai *interface* aplikasi untuk pengguna tamu dengan dipasang LCD *touch screen*.
5. Selain itu Raspberry Pi juga berguna untuk menjembatani data yang didapat dari Arduino untuk dilanjutkan ke *web service*.
6. Arduino digunakan untuk membaca nilai sensor *digital* maupun sensor *analog* dengan memasang *module* tambahan yaitu Arduino Sensor Shield, *module sensor shield* ini digunakan karena untuk memudahkan pemasangan semua sensor.
7. Sensor arus listrik yang digunakan adalah ACS712, sensor ini digunakan untuk mengukur pemakaian listrik yang digunakan oleh perangkat elektronik disetiap kamar hotel. Data kWh pada pemakaian listrik didapat dari perangkat elektronik yang menyala atau padam yang ada di kamar hotel. Data ini berguna untuk menaksir biaya yang dikeluarkan untuk pembayaran listrik. Mengecek pemakaian listrik yang digunakan oleh perangkat elektronik.
8. Relay digunakan sebagai saklar otomatis untuk perangkat elektronik, sesuai dengan inputan data pada Arduino, relay ini akan menyalakan lampu, televisi, pendingin ruangan (AC), dan menyalakan solenoid.
9. Solenoid pengunci pintu digunakan untuk kunci otomatis pada pintu kamar hotel yang disambungkan dengan Relay, jika relay nyala maka solenoid ini akan membuka kunci pintu kamar hotel.
10. RC522 RFID digunakan untuk verifikasi RFID Tag apakah dapat masuk kamar hotel atau tidak. Jika RC522 RFID ini memverifikasi RFID Tag yang sesuai, maka akan menyalakan relay untuk membuka solenoid. RC522 RFID ini dipasang di luar kamar hotel.
11. Sensor sentuh yang digunakan adalah TTP223, sensor ini digunakan untuk menyalakan relay untuk membuka solenoid. Sensor sentuh ini dipasang di dalam kamar hotel.
12. Sensor gerak PIR yang digunakan adalah HC-SR501, sensor *digital* ini digunakan untuk mendeteksi gerakan dari tamu, jika tamu berada di dalam kamar hotel, maka Arduino akan mengembalikan nilai status tamu di dalam. Sebaliknya jika tamu tidak berada di dalam kamar hotel, maka Arduino akan mengembalikan nilai status tamu di luar. Jika status tamu di luar kamar hotel melebihi 10 menit, maka otomatis perangkat elektronik yang ada di kamar akan padam semua. Sensor gerak PIR ini dipasang di dalam kamar hotel.
13. Sensor gas yang digunakan adalah MQ-2, sensor *analog* ini digunakan untuk memantau besaran gas, khususnya gas LPG dengan satuan ppm. Apabila nilai sensor telah melebihi batas maksimal, maka akan mengaktifkan buzzer sebagai alarm. Sensor gas MQ-2 ini dipasang di dalam kamar hotel.
14. Sensor suhu yang digunakan adalah DHT11, sensor *digital* ini digunakan untuk memantau suhu, dengan satuan °C. Selain itu juga sensor ini digunakan untuk menyalakan pendingin ruangan (AC) jika suhu telah melebihi batas maksimal, dan memadamkan pendingin ruangan (AC) jika suhu telah lebih rendah dari batas minimal. Sensor suhu DHT11 ini dipasang di dalam kamar hotel.
15. Sensor cahaya yang digunakan adalah KY-018, sensor *analog* ini digunakan untuk memantau cahaya di luar kamar, dengan satuan lux. Selain itu juga sensor ini digunakan untuk menyalakan lampu jika cahaya telah melebihi batas maksimal, dan memadamkan lampu jika cahaya telah lebih rendah dari batas minimal. Sensor cahaya KY-018 ini dipasang di luar kamar hotel.
16. Sensor debu yang digunakan adalah Sharp GP2Y1010AU0F, sensor *analog* ini digunakan untuk memantau keadaan debu yang pada setiap kamar hotel dengan satuan mg/m^3. Apabila nilai sensor telah melebihi batas maksimal, maka akan mengaktifkan buzzer sebagai alarm. Sensor debu ini dipasang di dalam kamar hotel.

2.2.3 Analisis Web Service

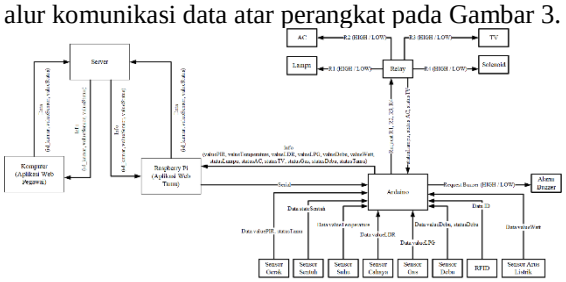
Dalam pembangunan *web service* ini yang berbasis RESTful dengan pertukaran data berbasis JSON. *Web service* ini akan terkoneksi pada sebuah *database*. *Web service* yang nantinya akan menerima data dari aplikasi web tamu *home automation* pada Raspberry Pi dan aplikasi web pegawai *monitoring* yang selanjutnya data disimpan pada *database*, kemudian apabila kedua aplikasi membutuhkan data tersebut maka *web service* akan mengirimkan data sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Berikut adalah gambar dari alur data *web service* pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Data Web Service

2.2.4 Analisis Komunikasi Data

Komunikasi data merupakan suatu hal yang sangat penting, karena tanpa adanya komunikasi data, suatu aplikasi yang dibangun tidak akan bisa berjalan dengan baik. Komunikasi data yang digunakan pada aplikasi *Home Automation* berbasis *Internet of Things* ini adalah dengan menggunakan Serial Arduino untuk komunikasi antara Arduino dengan Raspberry Pi, sedangkan untuk komunikasi antara Raspberry Pi atau komputer dengan w*eb service* menggunakan data JSON. Berikut ini adalah alur komunikasi data atar perangkat pada Gambar 3.



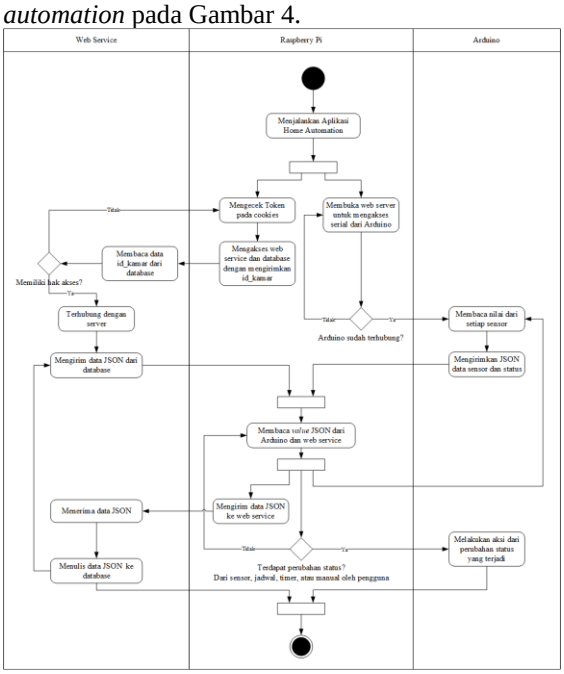
Gambar 3. Alur Komunikasi Data

Berikut ini adalah penjelasan dari alur komunikasi data diantaranya:

1. Semua sensor mengirim data *value* dari sensornya masing-masing ke Arduino.
2. RFID mengirimkan data ID dari RFID Tag yang ditempelkan pada RFID ke Arduino.
3. Arduino akan mengirimkan *request buzzer* ke Alarm Buzzer jika ada interaksi ataupun *warning* (*HIGH* atau *LOW*).
4. Arduino akan mengirimkan *request* R1, R2, R3, R4 ke Relay jika ada Serial yang dimasukkan (*HIGH* atau *LOW*).
5. Arduino akan mengirimkan data dengan format JSON ke Raspberry Pi.
6. Arduino menerima Serial yang dimasukkan dari Raspberry Pi sesuai dengan interaksi atau kondisi yang terjadi.
7. Raspberry Pi akan mengirimkan secara berkala data (id_kamar, valueSensor, valueStatus) ke *Server* dan sebaliknya *Server* juga mengirimkan info (id_kamar, valueSensor, valueStatus) ke Raspberry Pi jika dibutuhkan.
8. Komputer Pegawai akan menerima secara berkala info (id_kamar, valueSensor, valueStatus) dari *Server* dan sebaliknya *Server* juga menerima data (id_kamar, valueSensor, valueStatus) dari Komputer Pegawai.

2.2.5 Analisis Sistem Kerja Raspberry Pi, Arduino, *Web Service* pada *Home Automation*

Sistem kerja Raspberry Pi berfungsi sebagai *device* untuk tamu hotel yang digunakan menjalankan aplikasi *home automation*, dan sebagai *interface* untuk interaksi tamu dengan aplikasi web tamu *home automation*. Arduino digunakan untuk mengendalikan perangkat elektronik dan mengirimkan data dari beberapa sensor yang akan diolah oleh aplikasi web tamu *home automation* pada Raspberry Pi. Sedangkan *web service* digunakan untuk menjembatani pertukaran data antara aplikasi web pegawai *monitoring* dan aplikasi web tamu *home automation* yang ada pada Raspberry Pi dengan *database* pada *server*. Berikut adalah gambar dari analisis sistem kerja *home automation* pada Gambar 4.



Gambar 4. Sistem Kerja Raspberry Pi, Arduino, *Web Service* pada *Home Automation*

2.2.6 Analisis Kebutuhan Non Fungsional

Analisis kebutuhan non fungsional merupakan analisis yang dibutuhkan untuk spesifikasi kebutuhan sistem. Kebutuhan non fungsional yang dibutuhkan untuk membangun sistem ini terdiri dari tiga hal, diantaranya kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak, dan kebutuhan pengguna.

2.2.6.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras yang akan digunakan berdasarkan kebutuhan minimal yang harus terpenuhi yaitu:

1. Komputer Untuk Pegawai Hotel
2. Raspberry Pi 3 Type B Untuk Kamar Hotel
3. Server *Hosting*
4. Arduino Uno
5. Sensor Arus Listrik ACS712 30A
6. Relay
7. Solenoid
8. RC522 RFID
9. Sensor Sentuh TTP223
10. Sensor PIR HC-SR 501
11. Sensor Gas MQ-2
12. Sensor DHT 11
13. Sensor Cahaya KY-018
14. Sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F
15. Alarm Buzzer KY-012

2.2.6.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Analisis kebutuhan perangkat lunak merupakan proses analisis yang lebih menekankan kepada aspek pemanfaatan perangkat lunak. Kebutuhan minimum spesifikasi perangkat lunak pada komputer yang akan menggunakan aplikasi ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Minimum Perangkat Lunak Komputer

Perangkat Lunak	Kebutuhan minimal
Sistem Operasi	Microsoft Windows 7
Web Browser	Google Chrome

Sedangkan untuk kebutuhan minimum spesifikasi perangkat lunak pada Raspberry Pi yang akan menggunakan aplikasi ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Minimum Perangkat Lunak Raspberry Pi

Perangkat Lunak	Kebutuhan minimal
Sistem Operasi	Raspbian Jessie with PIXEL 2017.04.10
Web Browser	Chromium
Node JS *Version*	7.9.0

Serta untuk kebutuhan minimum spesifikasi perangkat lunak pada *server hosting* yang akan dipasang aplikasi web pegawai *monitoring* dan *web service* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Minimum Perangkat Lunak *Server Hosting*

Perangkat Lunak	Kebutuhan minimal
cPanel *Version*	64.0 (build 19)
Apache *Version*	2.4.25
PHP *Version*	5.6.30
MySQL *Version*	10.0.30-MariaDB
Architecture	x86 / x64
Operating System	Linux
Perl *Version*	5.10.1
Kernel *Version*	2.6.32-673.26.1. lve1.4.22.el6.x86_64

2.2.6.3 Analisis Kebutuhan Pengguna

Analisis pengguna dimaksudkan untuk mengetahui siapa saja pengguna yang terlibat beserta karakteristiknya sehingga dapat diketahui tingkat pengalaman dan pemahaman pengguna terhadap komputer. Analisis kebutuhan pengguna dapat dilihat pada Tabel 5.

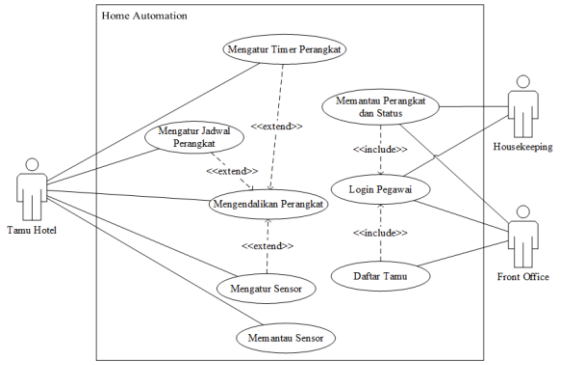
Tabel 5. Analisis Kebutuhan Pengguna

No.	Pengguna	Spesifikasi
1	*Front Office*	Pendidikan S1 Dapat menggunakan sistem operasi Windows Dapat menggunakan aplikasi berbasis web
2	*Housekeeping*	Pendidikan SMA Dapat menggunakan sistem operasi Windows Dapat menggunakan aplikasi berbasis web
3	Tamu Hotel	Dapat menggunakan aplikasi berbasis web

2.2.7 Analisis Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional menggambarkan proses kegiatan yang akan diterapkan dalam sistem dan menjelaskan kebutuhan yang diperlukan agar sistem dapat dibangun dengan baik serta sesuai dengan kebutuhan sistem.

Use case diagram adalah diagram yang menunjukkan fungsionalitas suatu sistem atau kelas dan bagaimana sistem tersebut berinteraksi dengan dunia luar dan menjelaskan sistem secara fungsional yang terlihat pengguna. Dari identifikasi aktor yang terlibat di atas maka *use case* diagram dapat dilihat pada Gambar 5.



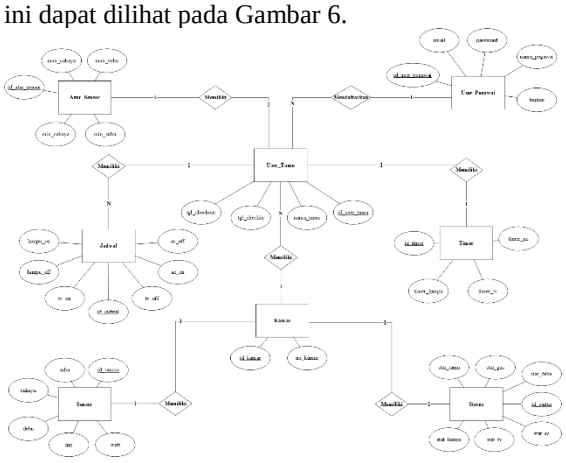
Gambar 5. *Use Case Diagram*

2.2.8 Analisis Basis Data

Analisis basis data adalah kegiatan menganalisis data yang akan diolah dan disimpan dalam *database*. Dalam analisis ini direpresentasikan dari mana data berasal dan atribut dari data tersebut.

Entity Relationship Diagram (ERD) merupakan sebuah teknik untuk menggambarkan informasi yang dibutuhkan dalam sistem, dan hubungan antara data-data tersebut, untuk menggambarkannya digunakan beberapa notasi dan simbol. Dalam

sistem ini terdapat beberapa buah entitas, yaitu user, log, sensor, jadwal, max_sensor, timer, status. Adapun ERD pada pembangunan sistem basis data ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Entity Relationship Diagram*

2.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem merupakan bagian yang penting dalam siklus pembangunan perangkat lunak. Tujuan dari pengujian sistem ini adalah untuk menemukan kesalahan-kesalahan atau kekurangan-kekurangan yang terdapat pada perangkat lunak yang diuji. Pengujian dilakukan untuk mengetahui perangkat lunak yang dibangun sudah memenuhi kriteria yang sesuai dengan tujuan perancangan perangkat lunak tersebut. Pengujian dilakukan kepada sub sistem Web Pegawai *Monitoring* dan Web Tamu *Home Automation*.

2.3.1 Pengujian Sub Sistem Web Pegawai *Monitoring* dan Web Tamu *Home Automation*

Berdasarkan pengujian terhadap fungsionalitas kedua sub sistem dengan menggunakan metode *black box* yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun sudah bekerja sesuai dengan harapan.

2.3.2 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras bertujuan untuk menjamin bahwa perangkat keras dapat bekerja dan memiliki kualitas yang handal.

2.3.2.1 Pengujian Sensor Gas MQ-2

Pengujian sensor gas MQ-2 bertujuan untuk mengetahui jarak kepekaan deteksi gas LPG. Sebelum melakukan pengujian, sensor sudah terhubung dengan Arduino untuk membaca keluaran *analog* sensor yang telah terkalibrasi untuk mendeteksi kadar gas LPG dengan satuan ppm. Pengujian ini dilakukan pada ruangan dengan ventilasi tertutup pada ukuran ruangan 2x3x3 m^3. Berikut hasil pengujian yang dilakukan pada sensor MQ-2 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Sensor Gas MQ-2

No.	Jarak	Waktu Semprot Gas	Waktu Respon Sensor	Kadar Gas (ppm)
1	5 cm	00 detik 880 ms	01 detik 520 ms	1266
2	10 cm	01 detik 230 ms	03 detik 750 ms	1933
3	20 cm	03 detik 560 ms	04 detik 060 ms	9103
4	50 cm	02 detik 000 ms	02 detik 380 ms	6687
5	75 cm	04 detik 570 ms	05 detik 810 ms	239
6	100 cm	05 detik 320 ms	08 detik 620 ms	2751
7	150 cm	06 detik 120 ms	-	-

Dari hasil pengujian diatas maka jarak kepekaan dan kadar gas dipengaruhi oleh waktu semprot gas atau besar gas yang dikeluarkan dan waktu respon sensor juga dipengaruhi oleh jarak dan waktu semprot gas. Jarak optimal pada ruangan dengan ukuran 2x3x3 m^3 adalah 1 meter dengan tempat gas LPG disimpan.

2.3.2.2 Pengujian Sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F

Pengujian sensor debu sharp GP2Y1010AU0F bertujuan untuk mengetahui jarak kepekaan mendeteksi debu. Sebelum melakukan pengujian, sensor sudah terhubung dengan Arduino untuk membaca keluaran *analog* sensor yang telah terkalibrasi untuk mendeteksi debu dengan satuan mg/m^3. Pengujian ini dilakukan pada ruangan dengan ventilasi terbuka pada ukuran ruangan 2x3x3 m^3. Berikut hasil pengujian yang dilakukan pada sensor Sharp GP2Y1010AU0F dapat dilihat Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Sensor Debu Sharp

No.	Jarak	Kadar Debu (mg/m^3)
1	5 cm	0.52
2	10 cm	0.52
3	20 cm	0.48
4	30 cm	0.43
5	40 cm	0.38
6	50 cm	0.33
7	60 cm	0.31
8	70 cm	0.27
9	80 cm	0.22
10	90 cm	0.16
11	100 cm	0.08

Dari hasil pengujian diatas maka jarak kepekaan dan kadar debu dipengaruhi oleh jarak dari debu yang diberikan, hal lain yang mempengaruhi adalah faktor dari sirkulasi udara. Jarak optimal pada ruangan dengan ukuran 2x3x3 m^3 adalah 90 cm masih dapat mendeteksi debu.

2.3.2.3 Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian sensor arus ACS712 bertujuan untuk membandingkan KWh yang terpakai saat menggunakan sistem *automation* dengan sebelum menggunakan sistem *automation*. Sebelum melakukan pengujian, sensor sudah terhubung dengan Arduino untuk membaca keluaran *analog* sensor yang telah terkalibrasi untuk mendeteksi arus listrik dan dikonversi langsung ke satuan Wh, agar nanti dapat dihitung berapa KWh yang yang terpakai. Pengujian ini dilakukan dengan beban listrik dari 3 buah lampu masing-masing 3 Watt. Berikut hasil pengujian yang dilakukan pada sensor ACS712 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengujian Sensor Arus ACS712

No.	Waktu	KWh sebelum *automation*	KWh sesudah *automation*
1	12.00.00 – 13.00.00	0.06	0.03
2	13.00.00 – 14.00.00	0.06	0.03
3	14.00.00 – 15.00.00	0.06	0.03
4	15.00.00 – 16.00.00	0.09	0.06
5	16.00.00 – 17.00.00	0.09	0.06
6	17.00.00 – 18.00.00	0.06	0.06
7	18.00.00 – 19.00.00	0.06	0.06
8	19.00.00 – 20.00.00	0.06	0.06
9	20.00.00 – 21.00.00	0.06	0.06
Jumlah KWh		6.00	4.5

Dari hasil pengujian diatas maka dapat disimpulkan dengan adanya sistem ini dapat mengukur penggunaan listrik, dan besar KWh listrik yang digunakan sesudah menggunakan sistem *automation* lebih efisien sekitar 25% atau 1.33 KWh dibandingkan dengan sebelum menggunakan sistem *automation*.

2.3.2.4 Pengujian Sambungan Modem *Wireless*

Pengujian sambungan modem *wireless* bertujuan untuk mengetahui jarak yang dapat dijangkau oleh Wi-Fi dari Raspberry Pi. Pengujian sambungan modem *wireless* dilakukan dengan menyambungkan Wi-Fi dari Raspberry Pi dengan modem via *wireless* sehingga Raspberry dapat terkoneksi dengan internet dan dapat melakukan aktivitas mengirim dan menerima data dari *server* (*web service*). Berikut hasil pengujian yang dilakukan pada sambungan modem *wireless* dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengujian Sambungan Modem *Wireless*

Jarak Modem *Wireless*	Koneksi Internet	Dapat melakukan pengiriman dan penerimaan data	Dapat melakukan *automation* dan *controlling*
1 meter	Ya	Ya	Ya
2 meter	Ya	Ya	Ya
3 meter	Ya	Ya	Ya
4 meter	Ya	Ya	Ya
5 meter	Ya	Ya	Ya
6 meter	Ya	Ya	Ya
7 meter	Ya	Ya	Ya
8 meter	Ya	Ya	Ya
9 meter	Ya	Ya	Ya
10 m	Ya	Ya	Ya
11 m	Tidak	Tidak	Ya

Dari hasil pengujian sambungan modem *wireless* dengan Wi-Fi Raspberry Pi dapat dijangkau pada radius 10 meter pada halangan normal dengan masih tersedia akses internet sehingga dapat melakukan pengiriman dan penerimaan data dengan server (*web service*), tetapi jika lebih dari radius 10 meter, maka koneksi dengan modem akan terputus. Sedangkan untuk proses *automation* dan *controlling* meskipun tidak terhubung dengan modem atau tidak mempunyai koneksi internet masih akan beralan dengan lancar pada sisi pengguna tamu hotel meskipun sedang terjadi masalah jaringan internet, karena menggunakan *web server* lokal dari Raspberry Pi, namun pada sisi pengguna pegawai hotel untuk *monitoring* akan terganggu, karena Raspberry Pi tidak mengirimkan data ke *web service* pada saat terjadi masalah jaringan internet.

2.3.3 Pengujian Beta

Berdasarkan hasil pengujian beta melalui wawancara dengan Manajer Operasional, maka dapat disimpulkan bahwa rancang bangun purwarupa sistem *home automation* berbasis *Internet of Things* (studi kasus di Hotel Bukit Juanda) ini sudah sesuai dengan tujuan yang diharapkan yaitu dapat mengukur penggunaan listrik disetiap kamar hotel; dapat mengendalikan perangkat elektronik di dalam kamar hotel menjadi lebih mudah, karena dapat dikendalikan oleh pegawai hotel di luar kamar; dapat memberikan notifikasi saat kamar perlu untuk dibersihkan, namun harus dicoba langsung dengan mengimplementasikannya pada kamar hotel untuk mengetahui apakah tugas *housekeeping* dalam membersihkan kamar hotel itu sudah efektif atau belum; serta dapat memberikan notifikasi saat terjadi kebocoran gas LPG, tetapi hanya diperlukan di ruang dapur saja tidak perlu di setiap kamar hotel.

Sedangkan hasil pengujian beta melalui kuesioner dengan beberapa responden yang mencoba aplikasi yang diimplementasikan pada prototipe kamar hotel, maka dapat disimpulkan

responden sangat setuju bahwa aplikasi ini membantu untuk mengontrol peralatan elektronik seperti lampu, TV, AC, dan peringatan keamanan di kamar hotel jika terjadi kebocoran gas; responden sangat setuju bahwa aplikasi ini membantu mengatur waktu pemakaian (menu timer) perangkat elektronik kamar hotel dengan tepat waktu; responden sangat setuju bahwa aplikasi ini membantu mengatur waktu nyala dan padam (menu penjadwalan) perangkat elektronik kamar hotel dengan tepat waktu; responden sangat setuju bahwa aplikasi ini membantu memudahkan nyala dan padam (menu pengaturan sensor) perangkat elektronik kamar hotel sesuai dengan kondisi kamar menggunakan mode *automation*; responden setuju bahwa aplikasi ini menu monitoring kondisi kamar ini membantu dalam mengetahui informasi kondisi kamar hotel.

3. PENUTUP

3.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir yang mengacu pada tujuan penelitian, maka dapat disimpulkan.

1. Purwarupa ini sudah dapat mengukur penggunaan listrik disetiap kamar hotel.
2. Purwarupa ini sudah dapat mengendalikan perangkat elektronik di dalam kamar hotel menjadi lebih mudah, karena dapat dikendalikan di luar kamar dan listrik akan otomatis padam apabila tidak ada gerakan di dalam kamar yang menandakan bahwa tamu hotel sedang berada di luar kamar.
3. Purwarupa ini sudah dapat memberikan notifikasi untuk membersihkan kamar apabila keadaan suatu kamar hotel sudah melebihi kadar debu yang ditentukan, tetapi untuk mengefektifkan pekerjaan *housekeeping* perlu dicoba langsung dengan mengimplementasikannya pada kamar hotel.
4. Purwarupa ini sudah dapat memberikan notifikasi apabila terjadi kebocoran gas LPG, tetapi sebaiknya hanya dibutuhkan untuk ruang dapur saja, tidak perlu di setiap kamar hotel.

3.2 Saran

Purwarupa sistem *home automation* ini masih perlu pengembangan lebih lanjut lagi, diantaranya:

1. Purwarupa ini belum memiliki sistem yang dapat melakukan pengaturan perangkat elektronik, seperti mengubah pengaturan suhu AC, dapat memindahkan *channel* TV tanpa menggunakan papan tombol (*remote*) dari perangkatnya aslinya.
2. Dalam mengimplementasikan purwarupa ini, relay yang digunakan untuk saklar alat elektronik seharusnya menggunakan *Solid State Relay*.
3. Dalam mengimplementasikan purwarupa ini memerlukan pemahaman yang ahli tentang kelistrikan tegangan tinggi pada bangunan hotel.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Menteri Kesehatan Republik Indonesia, "Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/Menkes/SK/XI/2002," Jakarta, 2002.

[2] P. Kusumaningrum, "Hotel Remaja Pacitan Terbakar - beritajatim.com," 2016. [Daring]. Tersedia pada: http://m.beritajatim.com/peristiwa/280290/hotel_remaja_pacitan_terbakar.html. [Diakses: 07-Apr-2017].

[3] R. Susana, D. Nataliana, dan U. Atiah, "Sistem Monitoring Pendeteksi Kebocoran LPG berbasis Mikrokontroller ATmega16 menggunakan RF APC220," *J. ELKOMIKA*, vol. 3, no. 2, hal. 191–211, 2015.

[4] A. M. Rohman, "Pembangunan Sistem Home Automation Menggunakan Arduino Berbasis Android Terhadap Lighting Control," Universitas Komputer Indonesia, 2015.

[5] R. Cellan-Jones, "A 15 pound computer to inspire young programmers," *BBC*, 2011. [Daring]. Tersedia pada: ww.bbc.co.uk/blogs/thereporters/rorycellanjones/2011/05/a_15_computer_to_inspire_young.html. [Diakses: 02-Apr-2017].

[6] P. Meilia, "Pembangunan Sistem Rumah Pintar Menggunakan Raspberry Pi dan Smartphone Android," Universitas Komputer Indonesia, 2016.

[7] T. Data, "MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible Gas," *Pololu*. hal. 1–3, 2016.

[8] D-robotics UK, "Temperature Sensor DHT 11 Humidity & Temperature Sensor," *D-Robotics*. hal. 1–9, 2010.

[9] R. Wiryadinata, J. Lelono, dan Alimuddin, "Aplikasi Sensor LDR (Light Dependent Resistant) sebagai Pendeteksi Warna Berbasis Mikrokontroler," *J. Sist. Komput.*, vol. 4, no. 1, hal. 12–16, 2014.

[10] W. Adam dan L. Sagala, "Sistem Absensi Menggunakan Teknologi RFID." 2014.

[11] Sharp Corporation, "GP2Y1010AU0F Compact Optical Dust Sensor." Filifina, hal. 1–9, 2006.

[12] Honeywell Inc, "Hall Effect Sensing and Application," *MICRO SWITCH Sensing and Control*. Illinois, hal. 1–126.

[13] TT Electronical, "1 Key Touch Pad Detector IC." hal. 1–8, 2008.