

DESAIN PERANGKAT KERAS UNTUK UNIT PENGATURAN RUMAH BERBASIS SISTEM TERTANAM

DESIGN OF EMBEDDED SYSTEM HARDWARE FOR HOME CONTROL AUTOMATION AND SECURITY SYSTEM

M Agung Baskoro, Agung Nugroho Jati S.T., M.T., Casi Setianingsih S.T., M.T.

Prodi S1 Teknik Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
agungbas@student.telkomuniversity.ac.id, agungnj@telkomuniversity.ac.id, casiesn@gmail.com

Abstrak

Sistem otomasi dan keamanan rumah adalah suatu sistem yang mengintegrasikan dan mengontrol peralatan listrik rumah. Sistem otomasi dan keamanan rumah biasanya terdiri dari *sensor*, *controller*, dan aktuator. Suatu *controller* sistem otomasi dan keamanan rumah biasanya beroperasi secara statis yang artinya, *controller* harus diprogram ulang jika ditambahkan sensor maupun aktuator.

Dalam sejarah perkembangan, sistem otomasi rumah sudah mengalami perkembangan karena kebutuhan rumah yang semakin meningkat. Dengan banyaknya perangkat elektronik yang mampu mendukung sistem otomasi, maka banyak juga sistem yang mampu digabung dengan sistem yang lain.

Untuk itulah dibutuhkan perangkat keras berupa papan kontrol yang mampu melakukan integrasi dengan sistem yang lain. Fitur yang ditawarkan dalam pembuatan modul papan control sendiri mewakili dari fungsi dari sistem otomasi rumah sehingga fungsi dari sistem otomasi rumah mampu dioptimalkan dengan baik sesuai dengan kebutuhan user.

Pada penelitian ini, dibuat sebuah modul papan kontrol yang mendukung beberapa fungsi sistem otomasi. Papan kontrol ini berfungsi sebagai pusat kendali beberapa modul agar menjadi suatu sistem otomasi rumah. Kemudian jumlah *input* dan *output* disesuaikan dengan kebutuhan *user*. Perangkat dikonfigurasi terlebih dahulu menggunakan aplikasi, setelah dikonfigurasi perangkat dapat dipantau menggunakan aplikasi *mobile* maupun *desktop*.

Kata Kunci: mikrokontroler, STM32, board controller, home automation

Abstract

Home automation and security systems are systems that integrate and control home electrical equipment. Home automation and security systems usually consist of sensors, controllers and actuators. A home automation and security system controller usually operate statically which means that the controller must be reprogrammed if a sensor or actuator is added.

In the history of development, the home automation system has experienced growth due to the increasing needs of homes. With so many electronic devices that can support automation systems, many systems are also able to be combined with other systems.

For this reason, hardware is needed in the form of a control board capable of integrating with other systems. The features offered in the manufacture of the control board module itself represent the function of the home automation system so that the function of the home automation system can be optimized properly according to user needs.

In this study, a control board module was created that supports several automation system functions. This control board functions as a control center for several modules to become a home automation system. Then the number of inputs and outputs is tailored to the needs of the user. The device is configured in advance using the application, after being configured the device can be monitored using a mobile or desktop application.

Keywords: microcontroller, STM32, board controller, home automation

1. Pendahuluan

Untuk meningkatkan kenyamanan dalam rumah dan banyak permintaan untuk mengatur berbagai kebutuhan rumah. Sebagian besar produk rumah otomasi kurang sistematis. Jika ingin menambah beberapa perangkat diperlukan pengaturan kembali. Kekurangan tersebut tentu menjadi momok bagi beberapa pengguna yang ingin memasang berbagai produk dari home automation.

Suatu controller sistem otomasi rumah biasanya beroperasi secara statis yang artinya, controller harus diprogram ulang jika ditambahkan sensor maupun aktuator. Hal ini dapat mengganggu kemudahan pemilik rumah dalam menyesuaikan fungsi sistem dengan kebutuhannya karena sistem harus diprogram kembali sesuai dengan modifikasi yang dilakukan. Teknologi embedded system memungkinkan dibuatnya suatu kontroler otomatis yang bersifat dinamis. Maka dari itu dibuatlah sebuah sistem yang dapat menggabungkan beberapa perangkat tanpa konfigurasi kembali. Maka dari itu digunakan mikrokontroler untuk dapat digunakan dalam implementasi ini. Pada pembahasan kali ini, penulis menggunakan mikrokontroler STM32F407 yang mempunyai clock hingga 168 MHz, 82 GPIO, 3 SPI, dan 3 I2C [1]. Untuk desain mikro input output terdapat 8 I/O serta 4 USB. Sehingga, diharapkan jika ingin menambahkan sensor maupun aktuator, kerja controller dapat dikonfigurasi kembali menggunakan aplikasi desktop dan dapat dipantau dan dikontrol menggunakan aplikasi mobile.

2. Landasan Teori

2.1 Sistem Otomasi dan Keamanan Rumah

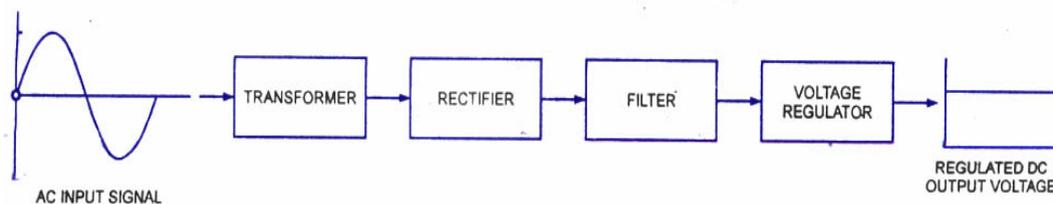
Papan kontrol adalah suatu papan elektronik yang berbasis mikrokontroler atau mikroprosesor yang diprogram untuk melakukan kontrol terhadap perangkat lain maupun melakukan deteksi keadaan di sekitarnya. Suatu papan pengontrol biasanya terdiri dari unit kontroler/pemroses dan unit *input/output*. Unit kontroler/pemroses dapat berbasis mikrokontroler seperti keluarga PIC, ATMEL, berbasis mikroprosesor seperti ARM atau berbasis FPGA. Keuntungan menggunakan ARM adalah hemat biaya, dan pengembangan yang cepat. Unit *input/output* dapat dibuat satu board dengan unit kontroler maupun terpisah dari *board* unit kontroler. Unit *input/output* yang terpisah dari *board* unit kontroler dapat dilengkapi dengan mikrokontroler sehingga dapat berfungsi secara mandiri dan fleksibel.

2.2 Sistem Tertanam

Sistem tertanam atau embedded system merupakan suatu sistem komputer yang dibuat dengan tujuan khusus. Contoh penerapannya adalah instrumentasi medis, sistem RFID, jam tangan digital, vehicle tracking, automated vehicle system, network and communication system, dan lain-lain. Pada umumnya embedded system adalah suatu papan elektronik yang terdiri dari mikroprosesor atau mikrokontroler, integrated circuit (IC), dan komponen-komponen elektronik lainnya yang menjalankan program untuk tujuan tertentu, tidak seperti personal computer (PC) yang dibuat untuk tujuan umum.

2.3 Catu Daya

Catu daya atau sering disebut dengan Power Supply adalah perangkat elektronika yang berguna sebagai sumber daya untuk perangkat lain. Secara umum istilah catu daya berarti suatu sistem penyearah-filter yang mengubah ac menjadi dc murni. Sumber DC seringkali dapat menjalankan peralatan-peralatan elektronika secara langsung, meskipun mungkin diperlukan beberapa cara untuk meregulasi dan menjaga suatu ggl agar tetap meskipun beban berubah-ubah. Energi yang paling mudah tersedia adalah arus bolak-balik, harus diubah atau disearahkan menjadi dc berpulsa (pulsating dc), yang selanjutnya harus diratakan atau disaring menjadi tegangan yang tidak berubah-ubah. Tegangan dc juga memerlukan regulasi tegangan agar dapat menjalankan rangkaian dengan sebaiknya. Secara garis besar, pencatu daya listrik dibagi menjadi dua macam, yaitu pencatu daya tak distabilkan dan pencatu daya distabilkan. Pencatu daya tak distabilkan merupakan jenis pencatu daya yang paling sederhana. Pada pencatu daya jenis ini, tegangan maupun arus keluaran dari pencatu daya tidak distabilkan, sehingga berubah-ubah sesuai keadaan tegangan masukan dan beban pada keluaran. Pencatu daya jenis ini biasanya digunakan pada peranti elektronika sederhana yang tidak sensitif akan perubahan tegangan. Pencatu jenis ini juga banyak digunakan pada penguat daya tinggi untuk mengkompensasi lonjakan tegangan keluaran pada penguat. Pencatu daya distabilkan pencatu jenis ini menggunakan suatu mekanisme lolos balik untuk menstabilkan tegangan keluarannya, bebas dari variasi tegangan masukan, beban keluaran, maupun



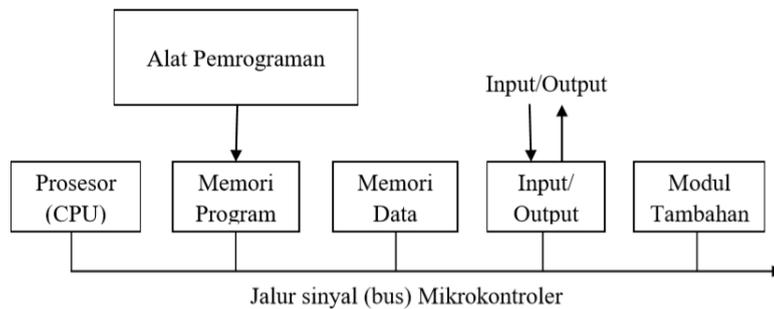
dengung.

Gambar 2.1 Blok Diagram Catu Daya

2.4 Mikroprosesor dan Mikrokontroler

Mikroprosesor adalah sebuah CPU yang dibangun dalam single chip semiconductor yang terdiri dari unit pengontrol dan ALU. Mikroprosesor mengambil program instruksi dari memori eksternal kemudian menjalankannya. Contoh mikroprosesor adalah keluarga intel, AMD, dan Motorola.

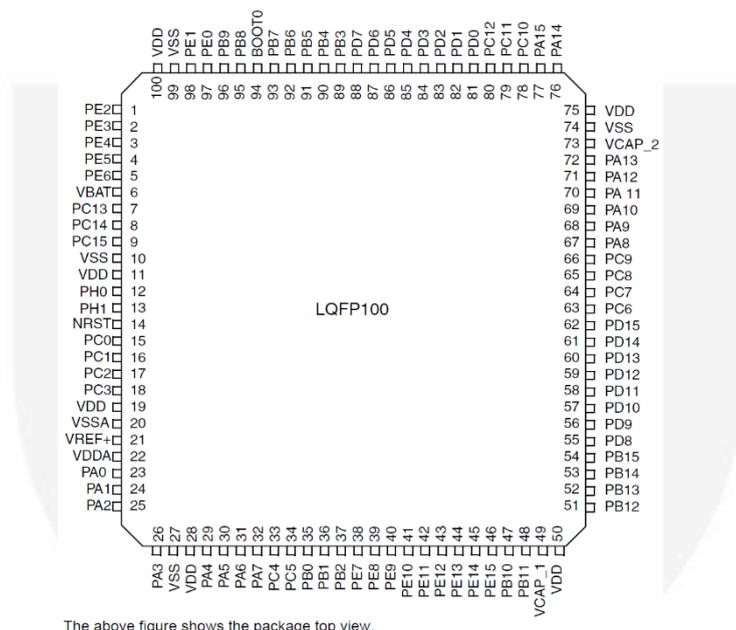
Mikrokontroler adalah sebuah alat pengendali (kontroler) berukuran mikro atau sangat kecil yang dikemas dalam bentuk chip. Sebuah mikrokontroler pada dasarnya bekerja seperti sebuah mikroprosesor pada computer. Keduanya memiliki sebuah Central Processing Unit (CPU) yang menjalankan instruksi program, melakukan logika dasar, dan pemindahan data. Namun agar dapat digunakan, sebuah mikroprosesor memerlukan tambahan komponen, seperti memori untuk menyimpan program dan data, juga interface input-output untuk berhubungan dengan dunia luar. Sebuah mikrokontroler telah memiliki memori dan interface input-output di dalamnya, bahkan beberapa mikrokontroler memiliki unit ADC yang dapat menerima masukan sinyal analog secara langsung. Karena berukuran kecil, murah, dan menyerap daya yang rendah, mikrokontroler merupakan alat kontrol yang paling tepat untuk ditanamkan pada berbagai peralatan.



Gambar 2.2 Blok diagram Mikrokontroler

2.5 Mikrokontroler STM32F407

Mikrokontroler STM32F407 adalah mikrokontroler yang diproduksi oleh ST Microelectronic. mikrokontroler ini memiliki clock dan kerjanya tinggi 168 MHz, ukuran flash memorinya cukup besar, kapasistas SRAM sebesar 192 KiloByte, 3 SPI, 3I²C, 4USART, mendukung USB OTG, 82 PIN I/O



The above figure shows the package top view.

Gambar 2.3 Konfigurasi PIN STM32F407

2.6 Komunikasi Data Serial

a. UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

UART adalah suatu komunikasi serial yang mengkonversi data byte pada jalur paralel menjadi serial bit stream yang dapat dikirimkan pada sebuah jalur komunikasi. Ketika serial bit stream sampai pada UART yang lain (perangkat penerima), serial bit stream tersebut dikonversi kembali menjadi data byte. UART banyak digunakan dalam embedded system untuk komunikasi

serial seperti modul Wi-Fi, Bluetooth, RFID, dan modem GSM. UART dibangun dengan dua buah pin, yaitu TX (transmit) dan RX (receive) [8].

b. *SPI (Serial Peripheral Interface)*

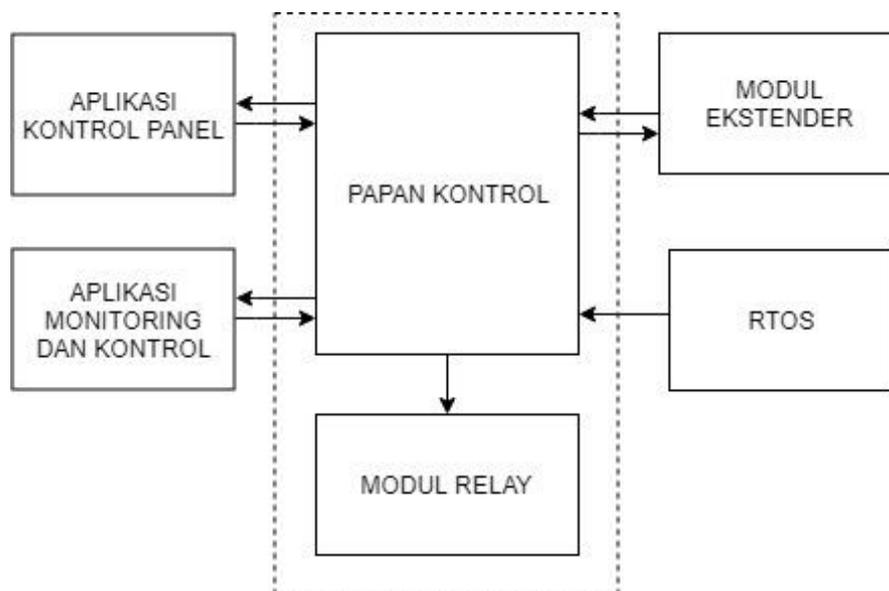
SPI adalah komunikasi serial yang dibangun dengan tiga buah pin, yaitu Serial Data Output (SDO) untuk men-transmit 8 bit data serial, Serial Data Input (SDI) untuk menerima 8 bit data serial, dan Serial Clock (SCK) untuk sinkronisasi clock antar perangkat. Pada komunikasi SPI, perangkat yang dihubungkan bisa lebih dari dua dengan ketentuan satu perangkat master dan yang lain sebagai slave. Dalam hal ini, perangkat master membangkitkan clock dan memilih perangkat slave yang akan diajak berkomunikasi, sehingga hanya perangkat master dan perangkat slave yang dipilih yang dapat berkomunikasi pada satu waktu. Perangkat master memilih perangkat slave yang akan diajak berkomunikasi dengan mengirimkan sinyal Enable ke pin Chip Enable (CE) pada perangkat slave [7]. Contoh penggunaan komunikasi ini adalah untuk antarmuka mikrokontroler dengan SD Card.

c. *I2C (Inter-Integrated Circuit)*

I2C adalah komunikasi serial yang dibangun dengan dua buah pin, yaitu Serial Clock (SCL) dan Serial Data (SDA). Ketika tidak ada data yang ditransfer, maka kedua pin ini di-pulled up ke level tegangan HIGH dengan resistor pull-up. Komunikasi serial ini mendukung komunikasi lebih dari dua perangkat dan komunikasi dua arah karena setiap perangkat dapat bertindak sebagai master. Setiap perangkat diprogram dengan alamat masing-masing dan pada saat suatu perangkat master mengirimkan data ke alamat tertentu, maka data akan melalui kedua pin komunikasi ini dan semua perangkat yang terhubung akan menerima data tersebut, tetapi hanya alamat yang dikirim yang dapat mengenali data tersebut [7]. Komunikasi ini biasanya digunakan untuk antarmuka mikrokontroler dengan perangkat real-time clock (RTC).

3. Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Sistem



Gambar 3.1 Gambaran Umum Sistem

Adapun gambaran umum sistem terdiri dari aplikasi desktop, modul ekstender, papan pengontrol, server di internet, dan aplikasi mobile.

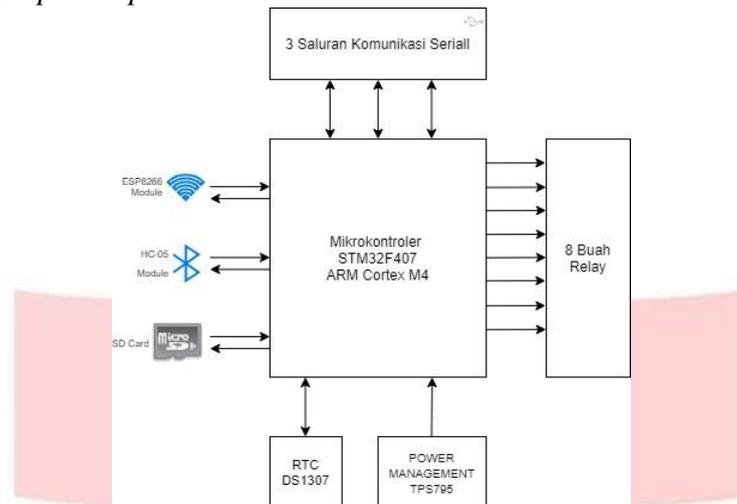
Berdasarkan gambaran umum sistem pada gambar 3.1, focus tugas akhir ini adalah papan pengontrol, modul input/output serta papan catu daya. (blok dikelilingi oleh garis putus-putus). Adapun mekanisme sistem secara umum

adalah sebagai berikut.

- Aplikasi desktop terhubung dengan papan pengontrol/controller melalui Bluetooth. Pada aplikasi desktop ini dilakukan konfigurasi terhadap papan kontrol dengan aktivasi atau menonaktifkan kanal *input* dan *ouput*, data tersebut juga dikirimkan melalui aplikasi *desktop* ke server untuk data antarmuka pada aplikasi *mobile*.
- Controller* memeriksa apakah sinyal pada masing – masing *input* dan memberikan sinyal ON/OFF pada masing – masing kanal *ouput*.
- Modul ekstender terhubung dengan papan pentonrol melalui USB
- Modul relay terhubung dengan papan pengontrol dan dikendalikan melalui RTOS.

3.2 Perancangan Modul Papan Utama

Secara keseluruhan sistem terdiri dari modul papan utama, modul *input/output*, dan modul catu daya. Modul papan utama terdiri dari komunikasi menggunakan Bluetooth HC-05, WiFi ESP8266, serta modul penyimpanan menggunakan SD Card. Untuk modul *input/output* terdiri dari delapan buah relay untuk pengaturan pada tegangan AC dilengkapi dengan lampu notifikasi serta modul extender yang dihubungkan dengan USB. Kemudian ada modul catu daya yang berisi rangkaian regulator sebagai suplai daya kepada modul papan utama dan modul *input/output*



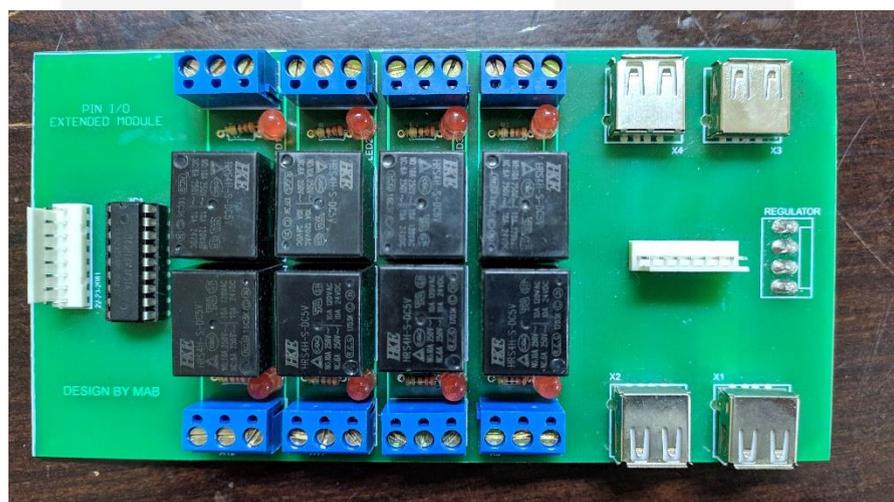
Gambar 3.2 Skema Papan Utama

3.3 Perancangan Modul Input/Output

Delapan buah relay digunakan untuk secara langsung mengontrol peralatan listrik untuk fungsi ON/OFF saja. Masing-masing relay dikendalikan oleh satu pin output IC ULN2803 (Darlington Transistor Array). Delapan pin input IC ULN2803 terhubung dengan mikrokontroler.

Delapan kanal input/output digunakan untuk menerima input/output analog maupun digital dengan batas tegangan 5 volt dan 3.3 volt. Delapan kanal input tersebut terhubung langsung dengan mikrokontroler.

Empat saluran komunikasi serial digunakan untuk menghubungkan papan pengontrol dengan modul *extender*. Komunikasi yang digunakan adalah UART.



Gambar 3.3 Modul *input/output*

3.4 Label klasifikasi kelas kayu

Pada papan modul catu daya, digunakan trafo *step down* dari tegangan 220V AC dengan *output* 12V DC. Kemudian diperhalus dengan menggunakan kapasitor lalu diturunkan lagi menggunakan regulator LM7805 agar diperoleh *output* 5V. Hasil keluaran tersebut lalu disalurkan ke dalam modul papan utama dan papan input/output

4. Implementasi dan Pengujian Sistem

4.1 Pengujian Partisi Data

Pengujian Blok pada Papan Pengontrol

Pengujian blok pada papan pengontrol dilakukan untuk memastikan bahwa setiap blok dapat berfungsi. Pada pengujian ini digunakan program sederhana untuk memastikan fungsi masing-masing blok.

Pengujian pertama adalah pengujian regulator yang akan digunakan untuk mensuplai daya kedalam mikrokontroler. Kemudian dilakukan pengujian secara berurutan untuk blok RTC, SD Card, Bluetooth, dan Wi-Fi. Masing-masing data dari blok ini ditampilkan pada *Desktop Application* dan *Mobile application* untuk mengetahui masing-masing blok dapat berfungsi atau tidak.

Modul	Tegangan (V)	Bekerja
STM32F407	5.15 V	Ya
SD Card	5.15 V	Ya
Sensor PIR	5.15 V	Ya
Sensor DHT-22	5.15 V	Ya
Wifi ESP8266	5.15 V	Ya
Input 1	5.15 V	Ya
Input 2	5.15 V	Ya
Input 3	5.15 V	Ya
Input 4	5.15 V	Ya
Input 5	5.15 V	Ya
Input 6	5.15 V	Ya
Input 7	5.15 V	Ya
Input 8	5.15 V	Ya

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Papan Utama

Pengujian Blok pada Papan Relay

Pengujian blok pada relay dilakukan untuk memastikan bahwa setiap blok dapat berfungsi. Pada pengujian ini digunakan program sederhana untuk memastikan fungsi masing-masing blok.

Pengujian pertama adalah pengujian relay yang akan digunakan untuk memberi output untuk peralatan listrik yang tersambung. Kemudian dilakukan pengujian untuk blok USB. Pada output relay dipasang lampu bohlam sebagai indikator bahwa relay dapat berfungsi. Pengujian tetap menggunakan program sederhana, yaitu dengan mengaktifkan relay secara berurutan untuk mengetahui semua relay dapat berfungsi atau tidak.

Input/Output	Tegangan (V)	Bekerja
ULN2803	5.10 V	Ya
Relay 1	5.15 V	Ya
Relay 2	5.15 V	Ya
Relay 3	5.15 V	Ya
Relay 4	5.15 V	Ya
Relay 5	5.15 V	Ya
Relay 6	5.15 V	Ya

Relay 7	5.15 V	Ya
Relay 8	5.15 V	Ya
USB 1	5.15 V	Ya
USB 2	5.15 V	Ya
USB 3	5.15 V	Ya
USB 4	5.15 V	Ya

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Papan Relay

Pengujian Blok pada Papan Catu Daya

Pengujian blok pada papan catu daya dilakukan untuk memastikan bahwa setiap blok dapat berfungsi. Pada pengujian ini digunakan tegangan masukan AC 220/50 Hz dan keluaran 5V/3A DC. Pengujian dilakukan dengan waktu interval selama satu minggu dan diukur menggunakan alat multimeter

Waktu Pengujian	Input Tegangan (AC)	Output Tegangan (DC)
13/5/2019	220V/50Hz	5.15V
14/5/2019	220V/50Hz	5.12V
15/5/2019	220V/50Hz	5.14V
16/5/2019	220V/50Hz	5.13V
17/5/2019	220V/50Hz	5.11V
18/5/2019	220V/50Hz	5.13V
19/5/2019	220V/50Hz	5.14V
20/5/2019	220V/50Hz	5.15V
21/5/2019	220V/50Hz	5.12V
22/5/2019	220V/50Hz	5.14V

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Papan Catu Daya

Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada pengujian sistem keseluruhan, dilakukan pengujian menggunakan aplikasi *control panel* dan aplikasi *monitoring* dan kontrol. Aplikasi *control panel* digunakan untuk melakukan *setting* terhadap papan pengontrol, sedangkan aplikasi *monitoring* dan kontrol digunakan untuk *me-monitoring* kerja dari papan pengontrol.

Pengujian dimulai dengan pengujian *setting*. Aplikasi *control panel* akan terkoneksi dengan papan pengontrol melalui Bluetooth dan diminta melakukan autentikasi untuk masuk ke mode *setting* dari papan pengontrol, kemudian aplikasi akan menerima data *setting*-an terakhir dari papan pengontrol. Keberhasilan sistem ditandai dengan kerja papan pengontrol yang sesuai dengan hasil *setting* dari aplikasi *control panel*.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Papan pengontrol dapat dibuat berbasis embedded system dan dapat digunakan sebagai controller umum untuk sistem otomasi dan keamanan rumah dengan spesifikasi yang telah dituliskan pada bab sebelumnya.
2. Tegangan keluaran modul step-down 1 yang masuk ke beberapa komponen pada papan pengontrol mengalami penurunan rata-rata 0.03 volt yang kemungkinan disebabkan oleh resistansi kabel jumper dan jalur tembaga PCB.

5.2. Saran

Saran yang dapat disampaikan penulis untuk mengembangkan sistem menjadi lebih baik adalah sebagai berikut :

1. Perubahan rancangan kanal-kanal masukan agar dapat menerima sinyal yang lebih variatif, tidak hanya sinyal HIGH dan LOW.
2. Mengganti relay pada kanal-kanal keluaran dengan relay dengan spesifikasi yang lebih tinggi.
3. Mikrokontroler dapat diganti dengan mikroprosesor agar pemrosesan menjadi lebih cepat.
4. Papan pengontrol dan modul extender akan lebih user-friendly jika dapat dihubungkan secara wireless.

Daftar Pustaka

- [1] STMicroelectronics, "STM32F4 Datasheet," January 2012. [Online]. Available: https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/reference_manual/3d/6d/5a/66/b4/99/40/d4/DM00031020.pdf/files/DM00031020.pdf/jcr:content/translations/en.DM00031020.pdf. [Accessed September 2018].
- [2] I. Kaur, "Microcontroller Based Home Automation System with Security," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 1, no. 6, pp. 60-65, 2010.
- [3] P. S. a. J.-Y. P. Y. T. Park, "Smart Digital Door Lock for the Home Automation," *IEEE Region 10 Conference*, 2009.
- [4] M. J. K. G. A. V. G. V. Himashu Verma, "Smart Home System Based on Internet of Things," *International Conference on Computing for Sustainable Global Development*, pp. 2073-2075, 2016.
- [5] H. K. N. M. R. U. S. A. A. K. Vikram.N, "A Low Cost Home Automation System Using Wi-Fi Based Wireless Sensor Network Incorporating Internet of Things (IoT)," *IEEE 7th International Advance Computing Conference*, 2017.
- [6] S. E. S. M. R. a. R. P. M. Bharani, "An Embedded System Based Smart Sensor Interface for Monitoring Industries using Real Time Operating System (RTOS)," *International Journal of Advanced Information and Communication Technology*, pp. 496-498, 2014.
- [7] F. Zappa, *Microcontrollers. Hardware and Firmware for 8-bit and 32-bit devices*, Bologna: Societa Editrice Esculapio, 2017.
- [8] X. J. Wei, "Intelligent Monitoring System Based on STM32," *19th International Conference on E-health Networking, Application & Services*, 2017.
- [9] S. M. S. S. M. R. b. Md. Saidur Rahman, "Web Based Electric Home Appliance Controller and Monitoring System," *8th Annual Ubiquitous Computing, Electronics and Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 2017.
- [10] R. J. Karishma Yadav, "SENSORS FOR HOME AUTOMATION," *IJS DR*, vol. 1, no. 4, 2016.
- [11] Y. H. G. C. Liu Ningqing, "Design and implementation of a smart home control system," *Third International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control*, pp. 1533-1538, 2013.
- [12] R. K. K. a. K. S. Mahesh, "Low Cost Implementation of Smart Home Automation," *IEEE*, pp. 461-466, 2017.
- [13] JFNY, "MC306 Crystal," 2009. [Online]. Available: www.jfny.com. [Accessed September 2018].
- [14] Z. Xiaodong and Z. Jie, "Design and implementation of smart home control system based on STM32,"

The 30th Chinese Control and Decision Conference (2018CCDC), pp. 3023-3027, 2018.

- [15] D. A. a. O. R. Andrés Tovar, "SERIAL DATA TRANSMISSION THROUGH THE MICRO-USB PORT OF THE SYSTEM STM32F40," *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 13, no. 2, pp. 638-643, 2018.
- [16] Herman, "SIMULASI RUMAH PINTAR DENGAN ANDROID SEBAGAI PENGENDALI," *Jurnal TIMES*, vol. IV, no. 2, pp. 45-48, 2015.
- [17] M. F. H. A. S. Agus Bejo, "Perancangan Smart Card Reader Menggunakan STM32F4 Discovery Kit," *JNTETI*, vol. VI, no. 3, pp. 342-351, 2017.
- [18] I. Kaur, "Microcontroller Based Home Automation System with Security," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 1, no. 6, pp. 60-65, 2010.

