

PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PENGENDALI PERANGKAT ELEKTRONIK MENGGUNAKAN PEMROGRAMAN JAVA DAN C++

SANDY KOSASI

Program Studi Sistem Informasi
Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Pontianak
Jln. Merdeka No. 372 Pontianak, Kalimantan Barat
sandykosasi@yahoo.co.id dan sandykosasi@stmikpontianak.ac.id

ABSTRACT

A controlling information system is a system designed to control an object or an environment. The research yields an information system design controlling electronic device that can be done through a desktop application enabling users to control the electronic equipments connected to the system designed in this research. It also enables users to obtain information from the controlling environment by using sensors attached to a system environment. This research uses an experimental method by studying literature and documents. The designed method uses OOAD (Object Oriented Analysis and Design) method. The controlling information system uses signal conditioning circuit and arduino UNO as a part of hardware functioning to obtain data from the sensor, send the signal to an actuator, and translate it between hardware and software. The programming languages of Java and C++ are used as the software to develop desktop based application.

Keywords: *Controlling Information System, Experimental Method, Java Programming, C++, OOAD, and UML.*

PENDAHULUAN

Sistem informasi pengendali merupakan sistem informasi yang dapat melakukan pengendalian terhadap sejumlah media perangkat keras melalui media sensor. Sensor merupakan sebuah perangkat keras yang dirancang untuk dapat menerima input dari lingkungannya, tergantung apa tujuan dibuatnya sensor itu (Kuc, 2014). Input yang diterima oleh sensor, akan diteruskan kedalam sistem dalam bentuk sinyal digital yang kemudian dapat dibaca oleh komputer dan diproses lebih lanjut. Secara umum sensor dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu sensor thermal, sensor mekanis (gerak), dan sensor optic (cahaya). Penelitian ini, menggunakan beberapa perangkat yang berfungsi sebagai sensor antara lain PIR *Motion Sensor* sebagai sensor keberadaan manusia, sensor suhu, sensor cahaya, dan sensor pengukur jarak dengan inframerah dan ultasonik. Sensor-sensor tersebut akan diaplikasikan pada sistem pengendali peralatan elektronik untuk membantu dalam pengendalian sistem *smart home*. Sistem ini bekerja untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan perangkat elektronik berdasarkan konfigurasi dari pengguna atau input dari sensor-sensor yang terpasang. Sistem yang dirancang terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras. Perancangan perangkat lunak adalah perangkat lunak desktop dengan GUI (*Graphical User Interface*) yang mudah digunakan sehingga dapat dioperasikan (Pressman at al., 2014).

Aplikasi perangkat lunak yang dihasilkan tidak dapat secara langsung melakukan pengendalian terhadap peralatan elektronik yang diinginkan karena untuk dapat berkomunikasi dengan peralatan elektronik, sebuah komputer memerlukan *driver* yang dapat membantu komputer untuk mengenali perangkat keras yang terhubung ke komputer (Kuc, 2014). Selain itu data digital yang diberikan oleh komputer sebagai output juga tidak dapat langsung dikenali oleh perangkat elektronik, sehingga membutuhkan sebuah perangkat keras rangkaian pengkondisi sinyal, yaitu rangkaian yang menerjemahkan sinyal digital dari komputer menjadi sinyal yang dapat men-drive perangkat elektronik sehingga peralatan elektronik akan merespon terhadap sinyal yang diberikan dari komputer. Perangkat keras tersebut berfungsi sebagai interface antara peralatan elektronik dan komputer (Sommerville, 2011). Perancangan perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman Java dengan menggunakan konsep pemrograman

berorientasi objek, dan menggunakan bahasa pemrograman ASM di dalam C++.

Penelitian ini merujuk kepada penelitian sebelumnya yang pernah dipublikasikan oleh Demiris, George et al (2008) yang membahas mengenai penggunaan teknologi sensor dalam smart home guna membantu orang-orang yang sudah lanjut usia untuk dapat tetap secara mandiri hidup di rumah mereka. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa para lanjut usia setuju dengan instalasi teknologi sensor pada rumah mereka karena para lanjut usia berpendapat bahwa penggunaan teknologi ini terbukti berguna bagi mereka. Selanjutnya penelitian dari Rahmad (2012), yang membahas mengenai pengukuran volume zat cair (bahan bakar) secara manual seringkali terkendala masalah ketepatan dan kecepatan. Hasil penelitian berupa sebuah prototipe alat pengukur tinggi benda digital menggunakan sensor Ultrasonik Parallax sebagai sensor jarak dengan gelombang ultrasonik berbasis mikrokontroler Atmega 8 dan Arduino. Bahasa yang digunakan dalam pemrograman mikrokontroler adalah bahasa C.

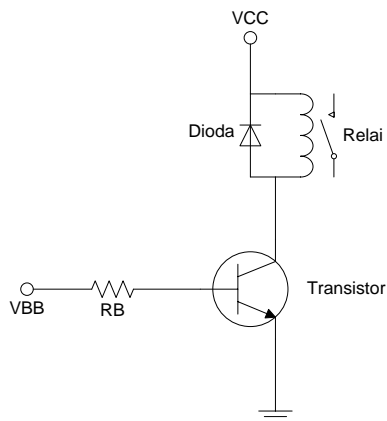
SISTEM KENDALI

Sistem kendali adalah sebuah sistem yang bertujuan untuk mengendalikan sebuah komponen dari sistem tersebut (White, 2012). Pengendalian yang dimaksud dalam hal ini adalah pengendalian alat (*hardware*) melalui perangkat lunak (*software*). Pengendalian berkaitan erat dengan metode yang memungkinkan sebuah komputer berperan sebagai otak dalam sistem pengendalian yang mengontrol dan menerima input data dari alat terkendali (Valvano, 2012). Strategi inilah yang dikenal sebagai teori pengendalian, yaitu sistem pengendali loop terbuka dan sistem pengendali loop tertutup. Sistem pengendali loop terbuka adalah sistem pengendali yang sinyal keluarannya tidak berpengaruh terhadap aksi pengendalian. Hal ini dikarenakan di dalam sistem pengendali terbuka tidak terdapat proses umpan balik sinyal output yang menuju ke sinyal input". Dengan demikian di dalam sistem pengendali jenis ini tidak ada proses untuk membandingkan antara sinyal keluaran dengan sinyal masukan. Sistem pengendali loop tertutup adalah sistem pengendali yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung terhadap aksi pengendalian. Ciri utama dari

pengendalian loop tertutup adalah adanya sinyal umpan balik. Dalam sistem kendali ini memiliki perintah komparator yang memiliki fungsi melakukan error detector agar dapat bekerja secara baik dan lancar dalam melakukan pengkondisian sinyal elektronik (White, 2012).

RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL

Rangkaian pengkondisi sinyal adalah susunan rangkaian yang berfungsi menerjemahkan keluaran dari komputer yang berupa sinyal digital menjadi sinyal yang mampu *drive* saklar pada susunan rangkaian utama (Kuc, 2014). Rangkaian ini memungkinkan terjadinya hubungan komputer dan perangkat keras yang akan dikendalikan. Rangkaian ini menggunakan 2 jenis saklar, yaitu saklar elektronik dan elektromagnetik. Komponen yang digunakan sebagai saklar elektronik adalah transistor sedangkan komponen yang digunakan sebagai saklar elektromagnetik adalah relay (gambar 1).



Gambar 1. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Sistem pengendali untuk pengkondisi sinyal harus merujuk kepada modul tester sebagai masukan dalam mengendalikan perangkat. Modul Tester Input adalah rangkaian yang berfungsi untuk membaca jenis inputan dari perangkat keras kepada komputer. Rangkaian ini memiliki switch yang

berfungsi memberikan input 1 kepada komputer melalui port paralel. Pada rangkaian terdapat 8 buah switch yang apabila pada kondisi off, maka akan berstatus 0 dan apabila pada kondisi on akan berstatus 1. Perangkat keras akan memberikan kode dalam bentuk biner, dan komputer akan membacanya dalam bentuk heksadesimal. Modul Tester Output adalah sebuah rangkaian sebagai indikator keluaran dari komputer kepada perangkat keras. Rangkaian ini disebut modul tester output. Rangkaian ini berfungsi sebagai indikator keluaran berupa data dari komputer melalui parallel port. Pada rangkaian ini terdapat 8 buah lampu led yang berfungsi sebagai lampu indicator, yang apabila menyala, berarti telah terjadi keluaran data dari parallel port. Apabila diberikan logika 1, maka lampu LED akan menyala. Lampu LED yang tidak menyala menandakan logika 0 pada pin (Blum, 2013).

EMBEDDED SYSTEM

Embedded System dapat dianggap sebagai sistem yang reaktif, yang berarti sistem tersebut harus memberikan reaksi terhadap lingkungan sistem tersebut dalam kecepatan dari lingkungan itu sendiri (Denger, 2003). Embedded system merupakan sistem reaktif yang bereaksi pada kejadian-kejadian di lingkungannya, pendekatan yang paling umum untuk perancangan *embedded real-time software* adalah berdasarkan model stimulus-response (White, 2012). Response adalah sinyal atau pesan yang dikirimkan oleh sebuah perangkat lunak kepada lingkungannya. Sifat dari sistem real-time dapat di definisikan dengan membuat daftar stimuli yang diterima oleh sistem, respon-respon yang terkait, dan kapan respon akan diproduksi oleh sistem (Valvano, 2012). Kecepatan respon dibatasi oleh hukum fisika, sehingga kadang berbanding terbalik dengan kebutuhan dan kenyamanan dari manusia. Perbedaan ini tampak jelas apabila dibandingkan dengan sistem-sistem *software* lainnya dimana kecepatan respon sistem dikendalikan oleh kecepatan interaksi, misalkan pada *software* word processor dimana kecepatan hasil ketikan akan bergantung pada kecepatan ketikan dari pengguna. Selanjutnya untuk kegiatan *embedded system* membutuhkan sebuah stimulus (White, 2012). Stimulus adalah kejadian-kejadian yang timbul pada lingkungan sistem *software* yang mengakibatkan sistem untuk bereaksi dalam cara tertentu misalkan dengan sensor. Standar perancangan

untuk desain proses *embedded system* masih belum ditentukan hingga saat ini, oleh karena itu bermacam-macam proses dapat digunakan dalam proses perancangan namun disesuaikan dengan jenis sistem, *hardware* yang digunakan, dan organisasi/perusahaan yang mengembangkan perangkat lunak tersebut.

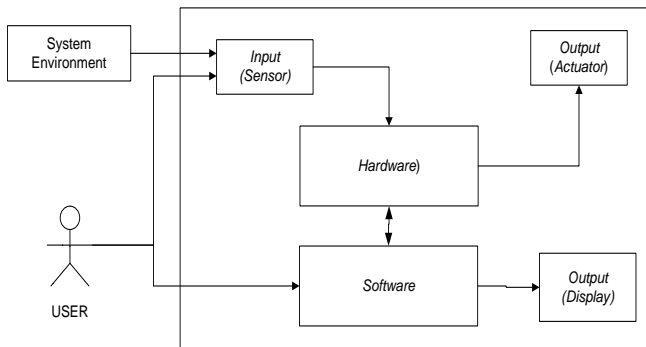
METODOLOGI PENELITIAN

Bentuk penelitian yang digunakan adalah eksperimental, dimana penelitian akan dilakukan pada suatu variabel, dalam hal ini adalah sistem pengendali peralatan elektronik, yang terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Metode pengumpulan datanya menggunakan jenis data sekunder. Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu studi literature dan studi dokumentasi. Mekanisme penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan dan mempelajari sejumlah dokumen yang berhubungan secara langsung dengan penelitian ini. Metode perancangan perangkat lunaknya menggunakan metode *Object Oriented Design* dengan bahasa pemrograman Java dan C++. Sementara untuk model perancangannya menggunakan UML (*Unified Modeling Language*) (Wazlawick, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem informasi pengendali yang akan dibangun dalam penelitian ini adalah sistem pengendali peralatan elektronik yang dirancang untuk dapat melakukan pengendalian terhadap berbagai peralatan elektronik yang tergabung kedalam sistem, dimana pada sistem ini terdapat sensor yang dapat menerima masukan dari lingkungan sistem (gambar 2). Perancangan sistem ini untuk dapat melakukan pengontrolan terhadap peralatan-peralatan elektronik. Selain melakukan pengendalian, sistem ini juga dapat menerima input dari switch atau sensor. Sesuai dengan rancangan, sensor yang dapat dipasang juga berjumlah sesuai dengan jumlah perangkat elektronik yang terpasang, yaitu 8 buah. Sensor yang digunakan yaitu PIR Motion Sensor sebagai sensor untuk mendeteksi adanya individu yang melakukan akses kedalam ruangan. PIR Motion Sensor merupakan sensor gerakan yang mendeteksi adanya gerakan menggunakan gelombang tertentu, misalnya inframerah atau ultrasonik. Dengan kemampuan sensor

tersebut, maka sistem akan dapat mendeteksi keberadaan orang dalam ruangan atau meninggalkan ruangan. Sensor lain yang akan digunakan adalah sensor cahaya, ultrasonic, dan gerak yang akan digunakan sebagai pengendali peralatan elektronik. Pengguna melakukan gerakan khusus untuk menyalakan atau mematikan lampu, terjadinya perubahan suhu ruangan untuk menyalakan atau mematikan kipas, atau posisi pengguna pada bagian tertentu untuk mengaktifkan lampu yang dibutuhkan. Keseluruhan sensor ini nantinya akan dipadukan agar perangkat lunak dapat secara otomatis melakukan pengendalian.



Gambar 2. Rancangan Arsitektur Sistem Informasi Pengendali

Perangkat lunak ini tidak hanya dapat mengendalikan perangkat elektronik secara langsung, namun juga dapat dilakukan penyetelan agar bekerja secara otomatis sesuai dengan prosedur yang ditentukan, sehingga tanpa pengguna yang mengoperasikannya, perangkat lunak ini tetap dapat melakukan pengendalian alat-alat elektronik. Selain itu, dengan menggunakan sensor-sensor yang diaplikasikan kepada sistem, perangkat lunak sendiri dapat mengendalikan sistem tanpa harus ada pengguna yang mengontrolnya secara langsung. Dengan demikian, pengguna tidak perlu berada di depan komputer untuk melakukan pengendalian. Perangkat lunak ini mampu mengendalikan alat-alat elektronik seperti pendingin ruangan, lampu, kulkas, pompa air, penyiram taman, televisi, kipas angin, penghangat ruangan, dan segala jenis alat elektronik yang terhubung ke sumber listrik melalui kabel.

Perangkat keras yang digunakan adalah rangkaian elektronik yang terdiri dari beberapa rangkaian yang memiliki fungsi yang berbeda, yang dirangkai menjadi sebuah rangkaian perangkat keras untuk mendukung keseluruhan sistem pengendalian pada penelitian ini. Perangkat keras terdiri dari 4 modul rangkaian, antara lain :

- a. Rangkaian *Tester Input*, yaitu rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai pengirim sinyal input kepada komputer melalui jalur parallel. Rangkaian ini akan berfungsi ketika mendapat sinyal dari sensor atau switch dan akan meneruskan sinyal tersebut kepada komputer, agar dapat diproses oleh perangkat lunak.
- b. Rangkaian *Tester Output*, yaitu rangkaian elektronik yang berfungsi menerima sinyal dari komputer melalui jalur paralel. Rangkaian ini akan menerima sinyal digital dan mengirimkannya menuju perangkat lain melalui perangkat keras. Perangkat lain yang dimaksud bias berupa *actuator*, dimana *actuator* dalam penelitian ini adalah *relay* yang berfungsi sebagai *switch* yang akan memutuskan atau menyambungkan hubungan listrik.
- c. Rangkaian *Catu Daya*, adalah rangkaian elektronik yang berfungsi untuk menahan daya listrik dan mengatur arus listrik agar sesuai dengan kapasitas dari perangkat keras yang dirancang. Perangkat keras ini dirancang untuk mampu menangani peralatan elektronik seperti pompa air atau pendingin ruangan (AC), oleh karena itu rangkaian catu daya menjadi sangat penting di dalam rangkaian ini.
- d. Rangkaian *Pengkondisi Sinyal*, adalah rangkaian elektronik yang berfungsi menerjemahkan *output* dari komputer yang berupa sinyal digital menjadi sinyal yang mampu *drive* saklar pada susunan rangkaian utama. Keberadaan rangkaian pengkondisi sinyal inilah yang memungkinkan perangkat keras untuk berkomunikasi dengan komputer, perangkat lunak, dan *actuator*.

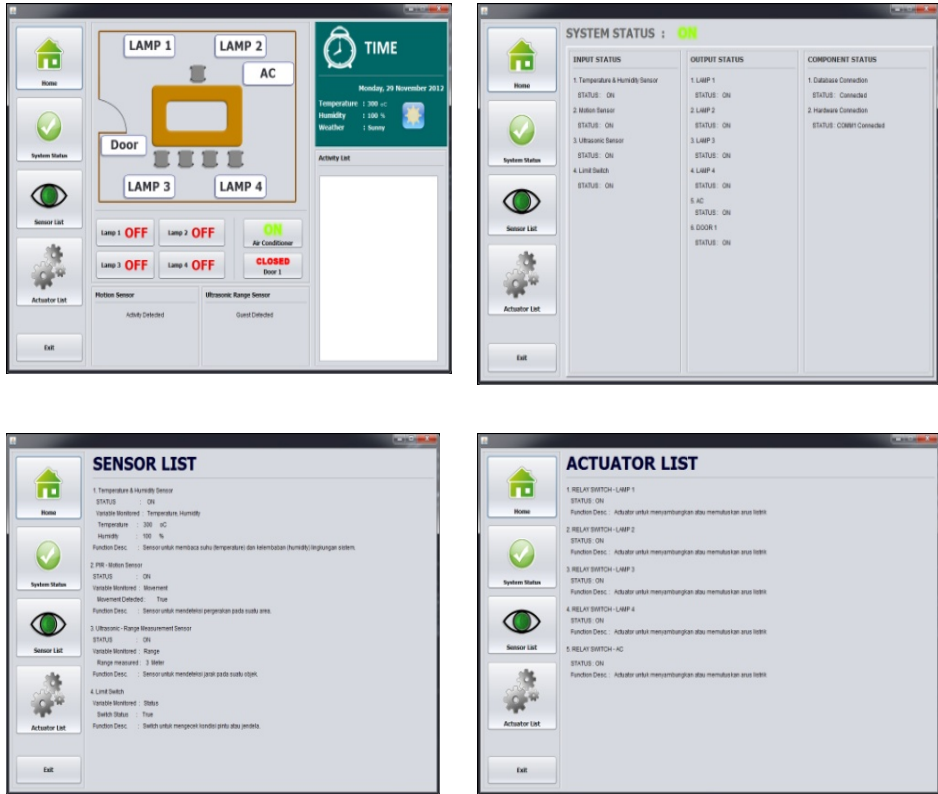
Untuk sistem perangkat kerasnya menggunakan Arduino UNO. Perangkat keras ini merupakan rangkaian dalam melakukan pengkondisian sinyal untuk menggerakkan suatu benda. Perangkat Arduino UNO memiliki

kelebihan dimana perangkat memiliki ukuran yang lebih kecil karena merupakan perangkat keras buatan dari pabrik sehingga lebih praktis dan hemat tempat (Blum, 2013). Perangkat Arduino UNO digunakan sebagai alat bantu tambahan untuk menerima input, dan sebagai alat bantu untuk melakukan komunikasi kepada komputer. Perangkat Arduino UNO adalah perangkat yang dilengkapi dengan Port USB 2.0 sehingga memudahkan proses pertukaran data antar perangkat keras dan perangkat lunak.

Sistem pengendali pengkondisian sinyal menggunakan beberapa sensor sebagai perangkat untuk menerima masukan baik dari lingkungan maupun dari pengguna. Sensor-sensor yang digunakan antara lain GROVE - PIR Motion Sensor, yaitu sensor gerakan yang akan digunakan sebagai indikator pada pintu masuk untuk mendeteksi adanya individu yang melakukan akses ke dalam ruangan. GROVE - Temperature and Humidity Sensor, yaitu sensor yang berfungsi mengukur suhu ruangan dan mengirimkannya ke perangkat lunak agar ditampilkan pada tampilan program. SEN136B8B-Ultrasonic Range Measurement Module, sensor ultrasonic yang akan digunakan pada posisi tertentu untuk menentukan keberadaan individu dalam sebuah ruangan agar kemudian informasi tersebut dapat diolah kembali oleh perangkat lunak. Limit switch akan digunakan pada pintu dan jendela untuk mendeteksi apabila status jendela dan pintu terbuka atau tertutup. LDR akan digunakan sebagai pendeteksi nyala lampu baik didalam maupun diluar ruangan agar dapat diproses kembali pada perangkat lunak. Actuator yang digunakan oleh peneliti adalah Relay Switch, yaitu saklar listrik yang dapat dinyalakan atau dimatikan dengan menggunakan arus listrik. Sejumlah fitur perangkat lunak pengendali sinyal elektronik memiliki beberapa bagian (gambar 3).

Tampilan Home terdiri atas beberapa bagian, dimana pada halaman Home ini pengguna akan melakukan pengendalian terhadap sistem melalui *button-button* yang tersedia. Pengendalian hanya dapat dilakukan pada halaman Home, sedangkan pada halaman lain, pemakai hanya dapat melakukan monitoring dan menerima informasi. Pengendalian peralatan elektronik dapat pengguna lakukan dengan menekan *button* yang tersedia. *Interface* perangkat lunak telah tersedia denah ruangan yang menjadi *system environment*, dimana peralatan elektronik sudah dirancang untuk dikendalikan. Pengguna memperoleh informasi mengenai peralatan yang

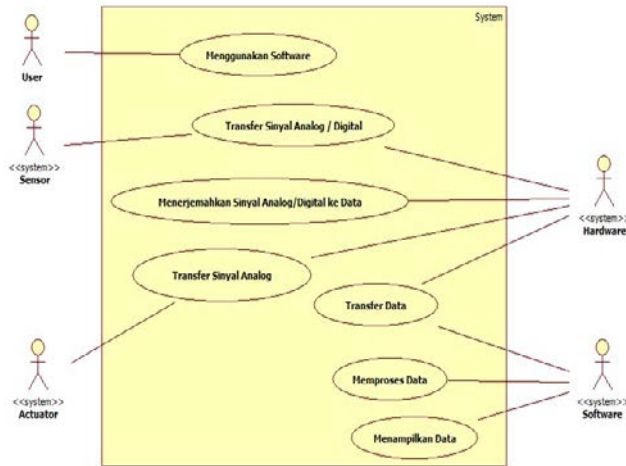
dapat dikendalikan melalui denah yang sudah dilengkapi dengan informasi peralatan elektronik yang tersedia, terlihat bahwa peralatan elektronik yang dapat dikendalikan diberikan nama LAMP1, LAMP2, LAMP3, LAMP4, dan AC, sedangkan *button* DOOR 1 adalah *button* untuk informasi status pintu pada ruangan. Melalui penekanan tombol yang tersedia pada perangkat lunak, sistem akan memproses perintah dan mengirimkannya kepada actuator, yang kemudian akan menyalakan lampu yang dipilih oleh pengguna. Setelah lampu menyala, maka status pada *button* akan berubah dari OFF menjadi ON. Selain mengendalikan LAMP, pengguna juga dapat mengendalikan AC, sesuai dengan tampilan pada *interface*. Selain melakukan pengendalian terhadap peralatan elektronik, sistem pengendalian ini juga dimaksudkan untuk memperoleh informasi dari lingkungan sekitarnya, antara lain informasi mengenai jam, cuaca, temperatur, kelembaban, dan keberadaan pengguna dalam ruangan. Seluruh informasi tersebut hanya bisa diperoleh pengguna pada halaman Home. Form System Status adalah form yang berfungsi untuk menampilkan keadaan dari setiap komponen didalam sistem. Dalam form ini user akan memperoleh informasi mengenai keaktifan setiap komponen dari sistem yang terbagi atas 3 panel, panel kiri yang terdiri dari status sensor yang sedang aktif, panel tengah yang terdiri dari status actuator yang sedang aktif, dan panel kanan yang terdiri dari informasi komponen tambahan yang mendukung berjalannya sistem pengendalian. Dikarenakan tidak disediakannya sarana input pada form ini, maka user tidak dapat melakukan pengendalian pada form ini dan hanya dapat melihat informasi yang disediakan. Form Sensor List adalah form yang menampilkan informasi mengenai sensor secara mendetail, antara lain status aktif, variable yang di monitor, nilai dari variable-variabel, serta deskripsi mengenai fungsi dari sensor. Form Actuator List adalah form yang menampilkan setiap actuator yang digunakan dalam sistem pengendalian. Form ini memberikan user informasi mengenai actuator yang digunakan, status actuator, dan deskripsi mengenai actuator yang digunakan.



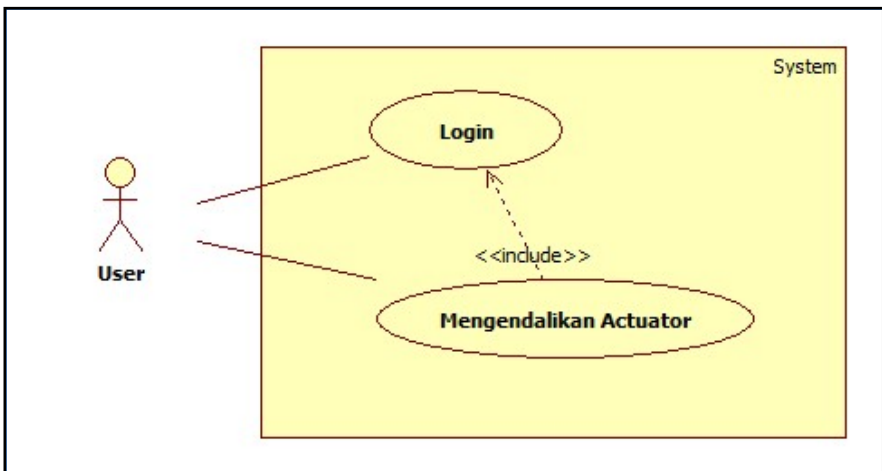
Gambar 3. Hasil Rancangan Perangkat lunak Pengendali Peralatan Elektronik

Untuk melakukan pengendalian terhadap perangkat keras, membutuhkan sebuah perangkat lunak yang berfungsi sebagai pusat pengendalian yang akan digunakan oleh pengguna. Perancangan perangkat lunak menggunakan UML, dengan menggunakan Use Case Diagram untuk menjelaskan sistem secara keseluruhan (gambar 4 dan 5). Sistem informasi pengendalian peralatan elektronik akan digunakan untuk mengendalikan 4 buah lampu dan 1 buah kipas. Sistem juga akan menerima data dari sensor temperatur dan kelembaban, sensor gerak, sensor jarak, dan limit switch. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat perangkat lunak adalah bahasa pemrograman java, dengan bantuan C++ untuk mengirimkan perintah kepada actuator. Jalur komunikasi yang digunakan adalah port serial (usb port), dimana perangkat lunak akan mengirimkan data kepada perangkat keras. Perangkat keras terdiri atas 2 bagian, yaitu arduino UNO

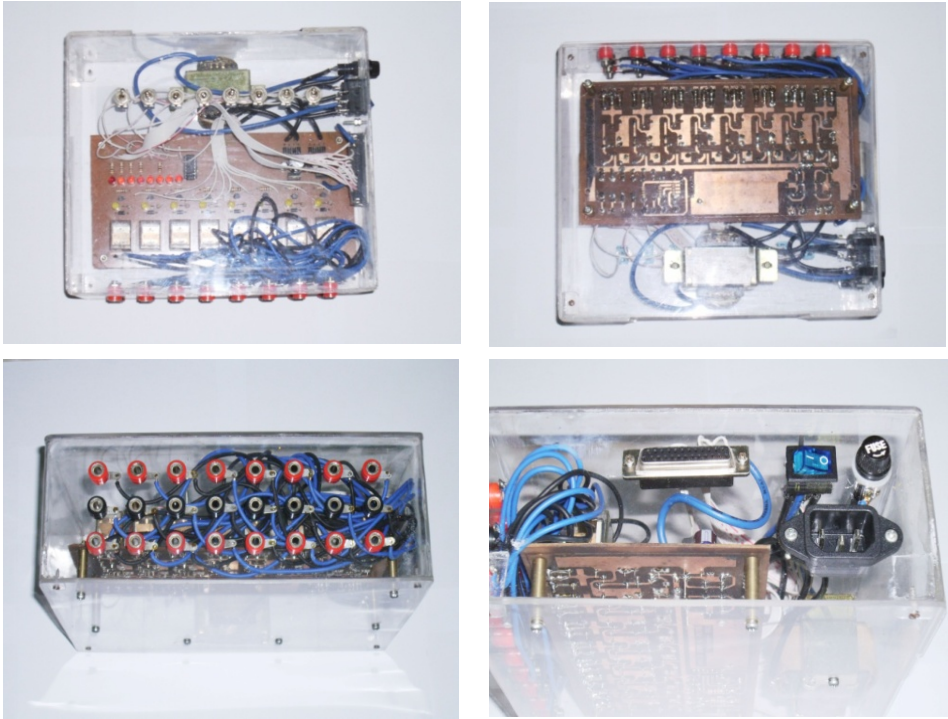
yang bertugas menerima data dari perangkat lunak dan sensor, menerjemahkannya menjadi kode digital atau analog. Bagian ke 2 nya adalah perangkat keras yang bertugas mengirimkan data analog/digital yang telah diterjemahkan untuk dieksekusi oleh actuator (gambar 6).



Gambar 4. Diagram Use Case Sistem Pengendali Peralatan Elektronik



Gambar 5. Diagram Use Case Sistem Perangkat lunak Pengendali Elektronik



Gambar 6. Hasil Rancangan Perangkat Keras Pengendali Elektronik

Setelah melakukan verifikasi struktur logika, bahwa sistem pengendali peralatan elektronik sudah dapat berjalan dengan lancar dengan software yang ada saat ini, dimana struktur logika dari *software* sudah mampu mendukung tujuan dari sistem ini, yaitu pengendalian dan pengiriman serta penerimaan data. Ketiga struktur utama yang dilakukan pengujian verifikasi struktur yaitu akses, penyimpanan, dan pengambilan data dari database, pembacaan dan pengiriman data melalui serial port, dan pembacaan data dari sensor, telah berjalan dengan baik. Sementara untuk validasi fungsi pengendalian *software* kepada actuator dan fungsi input sensor kepada *software* juga memperlihatkan hasil yang tepat dan berjalan dengan lancar.

KESIMPULAN

Penggunaan rangkaian pengkondisi sinyal dan arduino UNO membuka banyak sekali kemungkinan pengembangan sistem informasi pengendalian perangkat keras dan perangkat lunak, dibantu dengan modul-modul sensor yang sudah tersedia dan siap digunakan, sehingga pengembangan hanya fokus pada sistem dan perangkat lunak. Perancangan perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman Java dan C++ yang memungkinkan kemudahan berkomunikasi melalui port serial (USB), yaitu port yang sama yang digunakan pada Arduino UNO. Agar sistem informasi pengendali perangkat elektronik ini dapat di manfaatkan dengan baik, maka perlu dilanjutkan kepada tahapan pengujiannya. Hal ini penting mengingat rangkaian pengkondisianl sinyal ini akan sangat bermanfaat dan memberikan implikasi positif untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

REFERENSI

- Blum, Jeremy. 2013. *Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardy*, First Edition, Wiley.
- Demiris, George et al. 2008. Senior residents' perceived need of and preferences for "smart home" sensor technologies, Page 120-124, *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, Cambridge, U.S.A.
- Denger, Christian, et al. 2003. *Guidelines - Creating Use Cases for Embedded Systems*, Fraunhofer IESE., Kaiserslautern.
- Kuc, Roman. 2014. *The Digital Information Age: An Introduction to Electrical Engineering*, Second Edition, Cengage Learning.
- Pressman, Roger and Maxim, Bruce. 2014. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, Eighth Edition, McGraw-Hill Science/Engineering/Math.

- Rahmad, Iwan F. 2012. Pengukur Volume Zat Cair Residu Berbasis Gelombang Ultrasonik Menggunakan Arduino Pada PT. PLN Persero Belawan, hal 48-54, *Jurnal SNif2012*, STMIK Potensi Utama, Medan.
- Sommerville. Ian. 2011. *Software Engineering - Ninth Edition*, Pearson Education Inc., Massachusetts.
- Valvano, Jonathan. 2012. *Embedded Systems: Real-Time Operating Systems for Arm Cortex M Microcontrollers*, CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Wazlawick, Raul Sidnei. 2014. *Object-Oriented Analysis and Design for Information System: Modeling With UML, OCL and IFML*, First Edition, Morgan Kaufmann.
- White, Elecia. 2012. *Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software*, First Edition, O'Reilly Media.