

Simulasi Sistem Otomasi Rumah Hemat Energi Berbasis *Programmable Logic Controller*

Syafrudi, Dieta Wahyu Asry Ningtias

Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Bulaksumur, Yogyakarta, Indonesia
E-mail: syafrudi@mail.ugm.ac.id

Naskah Masuk: 15 Februari 2022; Diterima: 28 Februari 2022; Terbit: 25 Maret 2022

ABSTRAK

Abstrak – Sistem *smart home* yang meliputi efisiensi energi, kenyamanan dan keamanan rumah merupakan faktor penting bagi kegiatan modern. Sistem ini dikontrol secara otomatis, hemat energi, dan diimplementasikan pada *smart home* dengan fitur dasar pada kenyamanan dan keamanan penghuni rumah. Peralatan rumah seperti lampu ruangan, lampu taman, motor pintu garasi, dan motor pintu digunakan sebagai beban yang nantinya dikontrol oleh PLC menggunakan program utama berupa diagram ladder. Sensor LDR dan sensor PIR yang terhubung dengan PLC menjadikan lampu ruangan dapat dikontrol penggunaannya sesuai kondisi lingkungan untuk memenuhi kebutuhan efisiensi energi. Pintu gerbang dan pintu garasi dapat dikontrol secara otomatis maupun manual sehingga dapat meningkatkan kenyamanan penghuni rumah. Fasilitas keamanan juga ditambahkan dengan menggunakan sensor. Hasil pengujian *endurance testing* menunjukkan tingkat keberhasilan kinerja prototipe sebesar 100% pada operasi manual, 100% pada mode keamanan, dan 90% pada otomatisasi. Sementara penilaian oleh ahli/pakar menunjukkan bahwa prototipe sudah baik dan layak untuk diimplementasikan sebagai *smart home*.

Kata kunci: Otomatisasi Rumah Pintar, PLC, Sistem Kontrol

ABSTRACT

Abstract - Smart home systems that include energy efficiency, comfort, and home security are essential for everyday activities. The system is automatically controlled, energy-efficient, and implemented in smart homes with basic features for the comfort and safety of the occupants. Home appliances such as room lights, garden lights, a garage door motor, and gate motor are used as loads which will be controlled by a PLC using the main program in the form of a ladder diagram. The LDR sensor and PIR sensor connected to the PLC allow room lights to be controlled according to environmental conditions to meet energy efficiency needs. The gate and garage door can be controlled automatically or manually to increase the comfort of the house's occupants. Security facilities are also added by using sensors. The results of the endurance testing test show that the prototype performance success rate is 100% in manual operation, 100% in safety mode, and 90% in automation. Meanwhile, the assessment by experts/experts shows that the prototype is good and feasible to be implemented as smart home automation.

Keywords: Smart Home Automation, PLC, Control Systems

Copyright © 2022 Universitas Muhammadiyah Jember.

1. PENDAHULUAN

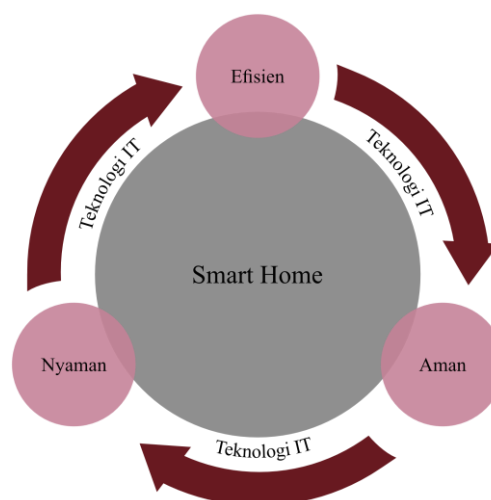
Kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yang semakin meningkat membuat proses automasi telah dikembangkan dan digunakan pada lingkungan rumah atau dikenal dengan istilah *smart home*. Konsep *smart home automation* telah dikembangkan sejak tahun 1984 oleh *American Association of House Builders* [1]. Gagasan utama dibalik pengembangan *smart home automation* tersebut adalah sepenuhnya melakukan automasi kontrol berbagai perangkat dan peralatan yang ada di dalam suatu rumah. Selain itu pengembangan tersebut dimaksudkan agar membuat kehidupan sehari-hari lebih didominasi dengan sentuhan teknologi, mudah dan dapat terkelola dengan baik. Dalam merancang sistem *smart home automation*, sistem tersebut harus fleksibel, terjangkau, dan terukur untuk dapat diintegrasikan dengan perangkat baru ke dalam sistem [2]. Dan juga sistem *smart home* seharusnya dapat menjadi pengurang rasa penat dan kebosanan bagi penghuninya. Perhatian penting dari sistem *smart home* adalah pengurangan konsumsi energi sehingga dapat mengurangi biaya tagihan konsumsi listrik [3].

Meskipun saat ini telah banyak sistem *smart home* yang tersedia di pasaran, sistem yang dirancang secara sederhana, berbiaya rendah, hemat energi dan fleksibel tersedia untuk orang awam masih sangat dibutuhkan. Sistem yang telah dikembangkan tersebut menggunakan teknologi yang beraneka ragam seperti teknologi *Internet of Thing* (IoT), Bluetooth, Zigbee, berbasis *cloud*, berbasis *smartphone*, dan berbasis *Personal Computer* (PC) [4]. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun simulasi sistem *smart home automation* berbasis PLC. Sistem ini dikontrol secara otomatis, hemat energi, dan dapat diimplementasikan pada *smart home* dengan fitur dasar pada kenyamanan dan keamanan penghuni rumah. Sistem ini menggabungkan operasi piranti rumah dengan operasi secara manual dan otomatis. Sistem yang kami bangun terdiri dari peralatan rumah seperti lampu ruangan, lampu taman, motor pintu garasi, dan motor pintu gerbang. PLC Omron CP1E N30 digunakan sebagai pengontrol utama dalam penelitian ini. Pemrograman dilakukan dengan menggunakan diagram ladder untuk merancang program utama pada PLC. Sensor yang digunakan adalah sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) dan sensor *Passive Infra Red* (PIR) yang terhubung dengan PLC yang ditujukan untuk mengontrol ruangan sesuai dengan kondisi lingkungan sekitar sehingga dapat memenuhi efisiensi energi. Pintu gerbang dan pintu garasi dikontrol secara otomatis maupun manual sehingga dapat meningkatkan kenyamanan penghuni rumah. Fasilitas keamanan juga ditambahkan dengan menggunakan sensor laser yang tertanam pada halaman rumah.

Penelitian [5] telah merancang sistem otomatisasi rumah hemat energi berbasis PLC dengan penjadwalan tugas yang cerdas. Sistem tersebut dikontrol secara otomatis, hemat energi, dan sangat skalabel pada rumah pintar dengan fitur dasar yang menghemat energi dan kenyamanan penghuni. Sistem itu terdiri dari peralatan rumah tangga seperti lampu taman, lampu luar, motor pompa, motor taman dan pemanas ruangan yang dikendalikan menggunakan PLC dan relay dengan jadwal yang telah ditentukan. Penelitian tersebut menghasilkan penjadwalan berdasarkan satu hari penuh untuk mengontrol beban yang bergantung pada waktu nyata sesuai waktu yang ditentukan pengguna. Penelitian tersebut menggunakan sensor PIR sebagai ganti sensor *Grid-eye* dalam simulasi Proteus untuk mendeteksi orang di sebuah ruangan. Pada operasi secara otomatis, penghuni rumah akan merasa lebih rileks dan bebas dari operasi manual. Bahkan orang tidak perlu menggunakan aplikasi seluler apa pun untuk menghidupkan/mematikan utilitas apa pun dalam situasi normal. Namun otomatisasi terkadang harus dapat dikontrol oleh manusia untuk memenuhi aspek fleksibilitas sehingga kombinasi antara sistem manual dan otomatis perlu dilakukan.

2. KAJIAN PUSTAKA

Smart home dapat didefinisikan sebagai lingkungan hidup yang memberikan kemudahan dan efisiensi energi didalamnya. Selain itu, lingkungan rumah tersebut disertai dengan kenyamanan dan keamanan kepada penghuninya dengan memanfaatkan teknologi IT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konsep *smart home* [6]

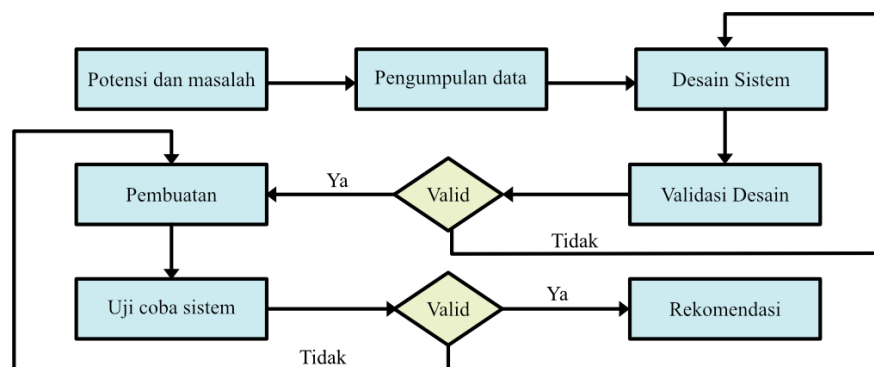
Implementasi *smart home* dapat memberikan beberapa keuntungan [6]. Pertama, *smart home* dapat memberikan kenyamanan. *Smart home* dapat membawa kenyamanan karena lingkungan rumah dapat membantu mengurus banyak hal kecil yang harusnya dilakukan oleh penghuni rumah. Keuntungan kedua yaitu aman. Sistem *smart home* dapat memberikan rasa aman karena sistem pemantauan dari invasi luar, dan juga bisa mengambil langkah tindak lanjut dari kejadian atau kecelakaan dikarenakan pemberitahuan segera kepada orang lain dengan merasakan dan memantau kejadian yang dialami penghuni di dalamnya.

Ketiga, efisien dan menghemat energi. Dikarenakan pengguna adalah manusia, bisa jadi tidak dapat melakukan sesuatu dengan sempurna. Ini berarti mereka bisa membuang energi karena kesalahan atau kecelakaan seperti menyalakan lampu, air dan peralatan lain meski tidak digunakan. Akan mempengaruhi penghematan energi apabila lingkungan sekitar dapat mendeteksi dan mencegah pemborosan seperti itu. Selanjutnya, hal tersebut dinilai efisien untuk mencegah penggunaan energi secara berlebihan seperti menggunakan pemanas dan pendingin ruangan pada saat yang bersamaan. Untuk alasan tersebut, *smart home* memberikan pengguna lingkungan rumah yang lebih canggih dan lebih manfaat dibandingkan dengan rumah biasa.

PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi semisal logika, *sequencing*, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmetika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses dan dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman. PLC memiliki karakteristik yang kokoh dan dirancang untuk tahan terhadap getaran, suhu, kelembaban, dan kebisingan. Selain itu, antarmuka untuk masukan dan keluaran telah tersedia secara *built-in* di dalamnya. PLC mudah diprogram dan menggunakan sebuah bahasa pemrograman yang mudah dipahami, yang sebagian besar berkaitan dengan operasi-operasi logika dan penyambungan. Penelitian [7] menggunakan PLC sebagai solusi untuk mengurangi tagihan listrik khususnya di apartemen hunian dilakukan dengan *smart metering* dan sistem manajemen daya yang mengontrol konsumsi setiap alat di rumah. Dalam sistem tersebut, *human-machine interface* (HMI) digunakan untuk mengontrol beban dengan menampilkan opsi tentang apa yang harus dihidupkan/dimatikan oleh pengguna untuk mencapai tagihan yang rendah. Untuk itu, sistem harus menerima harga tagihan yang ingin dibayar pengguna pada akhir bulan dan kemudian akan mulai bekerja sesuai dengan itu.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Prosedur penelitian ini terdiri dari potensi dan masalah, pengumpulan data, desain sistem, validasi desain, pembuatan, uji coba sistem, dan rekomendasi. Uji coba sistem ini terdiri dari dua tahap. Pada uji coba tahap awal, peneliti melakukan pengujian komponen sistem. Pada tahap uji coba akhir, peneliti menggunakan uji coba *black box testing* dengan metode *endurance testing* serta uji kelayakan oleh pakar/ahli untuk mendapatkan penilaian dan rekomendasi. Alur penelitian dijelaskan pada Gambar 2 berikut.

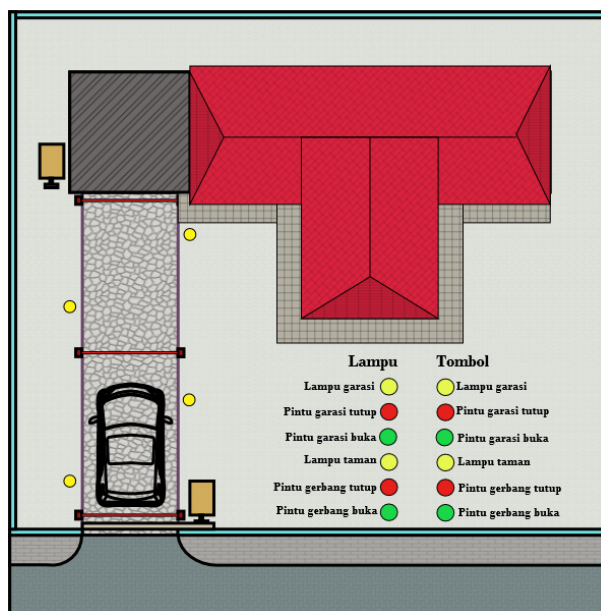


Gambar 2. Alur penelitian

Produk dari sistem yang dihasilkan merupakan prototipe bentuk rumah yang dilengkapi dengan pintu gerbang dan ruang garasi seperti Gambar 3. Secara keseluruhan, prototipe yang dihasilkan adalah bentuk rumah yang disertai dengan garasi, halaman rumah, pintu gerbang, lampu taman serta *driveway*. Lampu indikator ditambahkan agar memberikan keterangan mengenai komponen mana yang sedang bekerja. Ditambahkan pula tombol yang digunakan untuk pengoperasian secara manual.



Gambar 3. Penerapan sistem yang diusulkan



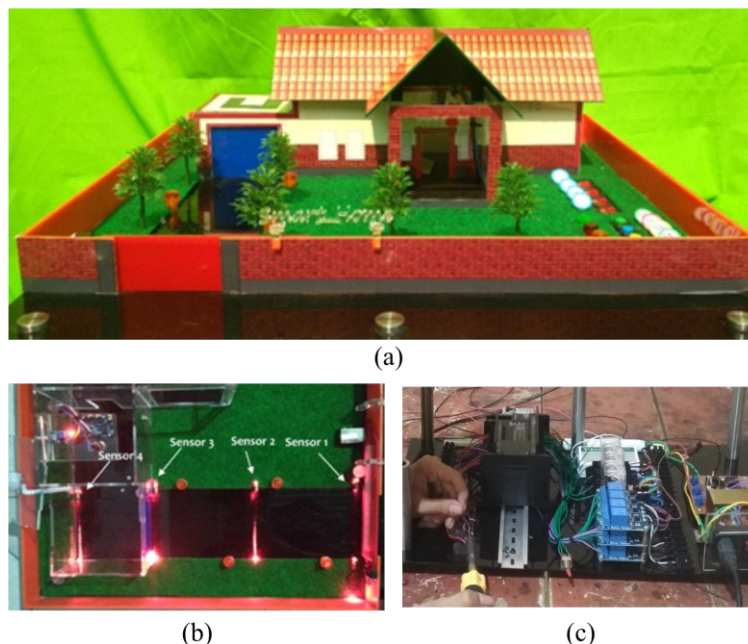
Gambar 4. Desain prototipe

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip kerja dari sistem yang dihasilkan berupa operasi secara manual, mode keamanan, dan mode otomatis. Pada pengaturan pintu gerbang dan pintu garasi, operasi manual dilakukan dengan menggunakan tombol dan *digital remote control switch* untuk mengoperasikan buka tutup pintu gerbang dan pintu garasi, lampu taman, dan lampu garasi. Sementara pada penggunaan lampu ruangan, operasi manual dapat dilakukan dengan menekan tombol untuk menyalakan dan sekaligus mematikan lampu. Mode keamanan pada sistem ini merupakan suatu tanda peringatan berupa bunyi sirine dan lampu taman yang menyala berkedip. Tanda peringatan tersebut akan aktif apabila terdapat invasi dari luar, seperti pencurian, perampokan, dan lain sebagainya. Mode tersebut menggunakan sensor laser yang dipasang di pintu gerbang, *driveway*, pintu garasi, dan di dalam garasi.

Mode otomatis pada proses membuka dan menutup pintu gerbang dan pintu garasi dibagi menjadi dua yaitu otomatisasi saat mobil keluar rumah dan otomatisasi saat mobil masuk rumah. Otomatisasi tersebut juga memanfaatkan sensor laser yang ada pada *driveway*. Sementara mode otomatis pada operasi lampu ruangan dilakukan dengan menggunakan sensor PIR dan LDR dengan mengatur fungsi sensor sesuai dengan kebutuhan ruangan. Gambar 5 berikut merupakan prototipe dari sistem yang dihasilkan. Ada dua langkah pengujian yang dilakukan yaitu uji coba tahap awal dan uji coba tahap akhir. Uji coba tahap awal merupakan langkah untuk menguji kinerja prototipe dengan cara melakukan pemeriksaan komponen berdasarkan karakteristik dan fungsi masing-masing komponen sebelum program dijalankan. Yang kedua

merupakan uji coba tahap akhir yang terdiri dari *black box testing* dan penelitian kelayakan prototipe yang diteliti melalui pengujian oleh pakar/ahli untuk mendapatkan rekomendasi.



Gambar 5. (a) Prototipe sistem otomatisasi rumah hemat energi berbasis PLC, (b) Sensor laser pada *driveway*, (c) PLC Omron CP1E N30 digunakan sebagai pengontrol utama

Pengujian operasi secara manual untuk mengoperasikan prototipe menggunakan panel kendali yang terdiri dari beberapa tombol. Selain itu pengoperasian manual juga dapat dilakukan secara nirkabel menggunakan sinyal *Radio Frequency* (RF) menggunakan *remote control*. Pengujian ini dilakukan dengan cara *endurance testing*. Metode ini melibatkan kasus uji yang diulang-ulang dengan jumlah tertentu dengan tujuan untuk mengevaluasi program apakah sesuai dengan spesifikasi kebutuhan. Pengulangan dilakukan sebanyak dua puluh kali dengan hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa sistem dapat dioperasikan secara manual dengan baik (Gambar 6).

Dengan metode yang sama, pengujian mode keamanan dilakukan. Mode keamanan yang dirancang pada penelitian ini merupakan suatu tanda peringatan berupa bunyi sirine dan lampu yang menyala berkedip. Tanda peringatan tersebut akan aktif apabila terdapat invasi dari luar, seperti pencurian, perampokan, dan lain sebagainya. Mode keamanan tersebut peneliti asumsikan sebagai mode yang mana dapat digunakan oleh penghuni rumah ketika malam hari menjelang waktu tidur tiba serta dengan situasi mobil penghuni rumah yang berada di dalam garasi. Mode ini memanfaatkan sensor laser yang juga digunakan pada proses otomatisasi pintu gerbang dan pintu garasi. Terdapat beberapa sensor yang peneliti tempatkan seperti pada gambar 5(b). Hasil pengujian dengan *endurance testing* menunjukkan hasil yang baik (Gambar 6).

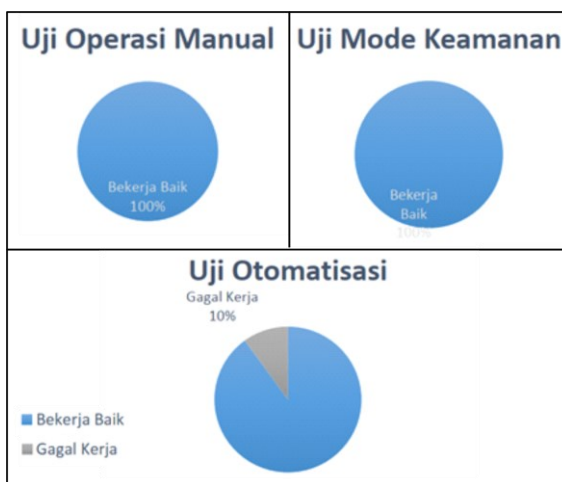
Pada mode otomatis, pengujian *endurance testing* dilakukan pada piranti lampu serta pada proses buka dan tutup pintu gerbang. Pada piranti lampu pengujian menunjukkan hasil yang baik. Namun pada proses buka dan tutup pintu gerbang dan garasi baik saat mobil masuk maupun keluar, terdapat kesalahan yang diakibatkan sensor yang tidak dapat membaca objek sehingga sistem tidak sepenuhnya bekerja secara sempurna (Gambar 6). Sistem otomatis buka dan tutup pintu gerbang ini dibagi menjadi dua yaitu ketika penghuni hendak keluar rumah, dan masuk ke dalam rumah. Ketika penghuni rumah hendak keluar rumah menggunakan mobilnya, peneliti berasumsi bahwa penghuni rumah harus menyalakan lampu garasi terlebih dahulu karena ruang garasi adalah ruang yang tertutup. Dari hasil analisis yang peneliti lakukan, kinerja pada saat otomatisasi mobil keluar rumah dideskripsikan sebagai berikut.

1. Mulanya penghuni rumah menyalakan lampu garasi. Kemudian masuk ke dalam mobil.
2. Ketika mobil bergerak maju, pintu garasi terbuka dan lampu taman menyala.
3. Kemudian setelah mobil keluar dan menyentuh sensor 2, maka pintu garasi menutup dan pintu gerbang membuka. Bersama dengan itu, lampu garasi mati.
4. Kemudian mobil bergerak ke luar rumah dan beberapa detik pintu gerbang menutup dan terkunci secara otomatis.

5. Pintu garasi tidak akan menutup ketika mobil masih berada di pintu garasi.
6. Pintu gerbang tidak akan menutup ketika mobil masih berada di pintu gerbang.

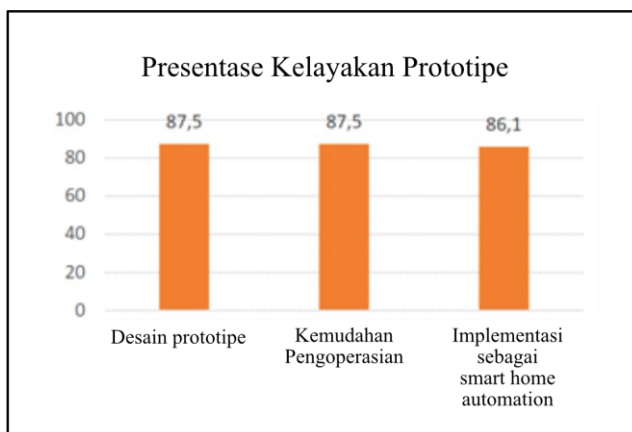
Ketika penghuni rumah hendak masuk rumah menggunakan mobilnya, penghuni rumah dapat menggunakan *remote control* untuk membuka pintu gerbang sehingga penghuni rumah tidak perlu keluar dari mobilnya. Dari hasil analisis yang peneliti lakukan, kinerja pada saat otomatisasi mobil masuk rumah dideskripsikan sebagai berikut.

1. Mulanya penghuni rumah menggunakan *remote control* sehingga kunci elektronik pada pintu gerbang terbuka dilanjutkan pintu gerbang yang terbuka.
2. Ketika mobil memasuki pintu gerbang, lampu taman akan menyala sebagai penerangan jalan.
3. Ketika mobil menyentuh sensor 2, maka pintu gerbang menutup dan pintu garasi terbuka. Bersama dengan itu lampu garasi juga menyala.
4. Kemudian mobil masuk garasi dan pintu garasi akan menutup kembali.
5. Penghuni rumah dapat mematikan lampu garasi menggunakan tombol yang berada di dalam rumah.
6. Pintu garasi tidak akan menutup ketika mobil masih berada di pintu garasi.
7. Pintu gerbang tidak akan menutup ketika mobil masih berada di pintu gerbang.



Gambar 6. Diagram hasil *endurance testing*

Kelayakan prototipe sistem ini dianalisis berdasarkan hasil pengisian masing-masing aspek yang diajukan pada kuesioner. Aspek tersebut diantaranya desain prototipe, kemudahan operasi, serta implementasi *smart home*. Penilaian kelayakan prototipe ditujukan kepada tiga ahli di bidangnya. Pakar/ahli memiliki wewenang untuk menilai aspek tersebut. Uji kelayakan dimaksudkan untuk mendapatkan tanggapan dari pakar/ahli pada bidang mereka masing-masing dan kemudian untuk mendapatkan rekomendasi. Hasil uji kelayakan oleh ahli dapat dilihat pada diagram pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram hasil uji kelayakan

5. KESIMPULAN

Tujuan penelitian ini adalah membuat peralatan rumah tangga lebih pintar dan ramah pengguna. Sistem *smart home automation* dengan berfokus pada penggunaan lampu dan pintu gerbang serta pintu garasi telah dibangun pada penelitian ini. Peneliti telah merancang simulasi sistem yang handal dengan menggunakan PLC sebagai pengontrol utama. Sistem ini dikontrol secara otomatis, hemat energi, dan dapat diimplementasikan pada *smart home* dengan fitur dasar pada kenyamanan dan keamanan penghuni rumah. Penelitian ini dapat menjadi jawaban dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah mengembangkan sistem *smart home* namun tidak mempertimbangkan aspek keamanan. Sistem ini fleksibel, terjangkau, dan dapat diintegrasikan dengan perangkat baru ke dalam sistem.

Perhatian penting dari sistem *smart home* adalah pengurangan konsumsi energi sehingga dapat mengurangi biaya tagihan konsumsi listrik. Dengan menggunakan sensor-sensor yang ada pada sistem ini, konsumsi energi dapat dihemat karena piranti hanya aktif sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lingkungan sekitar. Pada akhirnya pengoperasian sistem telah berhasil seperti yang kami harapkan.

REFERENSI

- [1] V. Puri and A. Nayyar, "Real Time Smart Home Automation based on PIC Microcontroller, Bluetooth and Android Technology," *2016 3rd Int. Conf. Comput. Sustain. Glob. Dev.*, pp. 1478–1484, 2016.
- [2] R. Piyare and M. Tazil, "Bluetooth based home automation system using cell phone," *Proc. Int. Symp. Consum. Electron. ISCE*, no. June 2011, pp. 192–195, 2011, doi: 10.1109/ISCE.2011.5973811.
- [3] K. Moser, J. Harder, and S. G. M. Koo, "Internet of things in home automation and energy efficient smart home technologies," *Conf. Proc. - IEEE Int. Conf. Syst. Man Cybern.*, vol. 2014-January, no. January, pp. 1260–1265, 2014, doi: 10.1109/SMC.2014.6974087.
- [4] Q. Jun, H. Chao, Y. Yunhan, and Q. Jizui, "Application of modern communication technology in smart home system," *2018 IEEE Int. Conf. Inf. Autom. ICIA 2018*, no. August, pp. 1577–1581, 2018, doi: 10.1109/ICInfA.2018.8812468.
- [5] M. F. S. Khan et al., "PLC Based Energy-Efficient Home Automation System with Smart Task Scheduling," *iSPEC 2019 - 2019 IEEE Sustain. Power Energy Conf. Grid Mod. Energy Revolution, Proc.*, pp. 35–38, 2019, doi: 10.1109/iSPEC48194.2019.8975223.
- [6] S. Suh, B. Kim, and J. H. Chung, "Convergence Research Directions in Cognitive Sensor Networks for Elderly Housing Design," vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/196280.
- [7] Z. Noun, A. Koubyssi, M. Arnaout, and R. Rammal, "Prototype of a Residential Electric Power Management Apparatus," no. Icm, pp. 195–198, 2022, doi: 10.1109/icm52667.2021.9664927.