



Kotak Kendali Perangkat Elektronik Nirkabel untuk Aplikasi *Smart Home*

Vincent Vincent, Joana Victorine Harryanto, Aida Mahdalena Lubis,
Joni Welman Simatupang*

Teknik Elektro, President University
Jl. Ki Hajar Dewantara, Kota Jababeka, Cikarang Baru, Bekasi 17550, Indonesia
*Email Penulis Koresponden: joniwsntp@president.ac.id

Abstrak:

Energi listrik sangat vital dalam kehidupan sehari-hari. Namun penggunaan yang terlalu lama pada beberapa perangkat elektronik di rumah dapat menjadi penyebab kerusakan dan pemicu kebakaran. Hal tersebut yang melatarbelakangi penelitian ini dilakukan. Salah satu solusi sederhana untuk permasalahan di atas adalah dengan memantau status perangkat elektronik menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Perangkat IoT digunakan untuk memantau sekaligus mengendalikan sistem elektronik, listrik, dan mekanik di rumah dan bangunan untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan. Perangkat yang paling sering digunakan untuk teknologi ini adalah ponsel pintar. Studi ini fokus pada pembuatan purwarupa untuk stopkontak yang dapat dikendalikan dan dipantau secara nirkabel melalui ponsel pintar, kapanpun dan di mana pun dengan memanfaatkan teknologi IoT. Purwarupa ini didesain menggunakan papan pengembangan NodeMCU ESP8266 dan modul relai dengan empat kanal. Hasil yang didapatkan adalah purwarupa bekerja sesuai dengan harapan, namun memiliki jeda waktu sekitar 1 detik dari pemberian perintah hingga pelaksanaan secara riil pada purwarupa. Untuk lebih lanjut, peneliti dapat mengembangkan tampilan dan menambahkan fitur baru seperti pengatur waktu atau pemantau penggunaan daya sehingga prototipe yang dihasilkan lebih bermanfaat.

*Copyright © 2020 Universitas Mercu Buana.
All right reserved.*

Katakunci:

Energi listrik;
Internet of Things;
Kebakaran rumah;
Ponsel pintar;
Stopkontak;

Riwayat Artikel:

Diserahkan 30 April 2020
Direvisi 13 Juni 2020
Diterima 19 Juni 2020
Dipublikasi 25 Agustus 2020

DOI:

10.22441/incomtech.v10i2.8264

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik sudah menjadi sangat penting bagi kehidupan sehari-hari. Beberapa perangkat elektronik seperti lampu, kompor listrik, lemari pendingin, dan ponsel pintar memiliki sebuah kesamaan, yaitu menggunakan energi listrik [1][2]. Pada tahun 2020 ini, kebutuhan konsumsi energi listrik di Indonesia (untuk empat sektor utama: rumah tangga, industry, komersial, dan transportasi) akan bertambah menjadi 265 TWh, naik sekitar 12,83% dibandingkan tahun 2017

sebesar 226 TWh [3]. Diekspektasikan bahwa konsumsi energi listrik akan terus meningkat seiring dengan perkembangan gaya hidup yang membutuhkan perangkat elektronik. Singkatnya, penggunaan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari tidak terelakkan.

Namun, sebagai manusia sangatlah memungkinkan bagi kita untuk lupa mematikan perangkat elektronik sebelum meninggalkan lokasi tertentu, seperti rumah. Penggunaan perangkat elektronik dalam jangka waktu yang lama dapat menjadi sumber penyebab kebakaran rumah. *National Fire Protection Association* (NFPA) melaporkan bahwa terdapat rata-rata 82,500 kasus kegagalan kelistrikan dan malfungsi selama periode 2002-2005 yang menjadi salah satu penyebab terbesar kebakaran rumah di Amerika Serikat [4]. Sedangkan di Korea (Selatan), *National Fire Protection Information Center* (NFPIC) melaporkan bahwa selama satu dekade (2006-2015) telah terjadi rata-rata 232 kasus per tahun terkait kerusakan perangkat elektronik yang disebabkan oleh perubahan iklim domestik, seperti banjir bandang, angin ribut, salju berat, bahkan karena debu dan garam [5]. Walau tanpa data statistik, masalah ini juga terjadi di Indonesia dan menyebabkan si pemakai harus mengganti perangkat elektronik tersebut dengan yang baru. Tentu saja hal ini akan menyebabkan pertambahan biaya pengeluaran rumah.

Disamping perangkat elektronik yang terus berkembang, teknologi *Internet of Things* (IoT) juga mulai berkembang dan memudahkan aktivitas sehari-hari. IoT memanfaatkan konektivitas internet untuk menghubungkan beberapa perangkat elektronik, termasuk ponsel pintar. Salah satu pengembangan dari implementasi IoT adalah *smart home*. Konsep pengaplikasian *smart home* adalah dengan mengintegrasikan beberapa perangkat elektronik di rumah dengan sensor dan aktuator serta terhubung dengan internet [6][7][8]. Dengan ini, kita dapat dengan mudah mengendalikan perangkat-perangkat yang ada dengan konektivitas internet.

Untuk menghindari kejadian ini, status perangkat elektronik harus dipantau dan dikendalikan. Karena itu, dibutuhkan alat yang dapat digunakan untuk menyalakan dan mematikan perangkat elektronik dari jarak jauh. Untuk mengembangkan alat tersebut, telah dilakukan beberapa penelitian, dan salah satunya bernama *Smart Plug*. Beberapa peneliti telah mengembangkan alat tersebut dengan beberapa modifikasi. Horvat dkk [9] melakukan penelitian untuk dengan memanfaatkan konektivitas *Bluetooth*, dan jumlah alat yang dapat dikendalikan sebanyak 1 buah. Namun konektivitas *Bluetooth* memiliki keterbatasan dalam jarak penggunaan. Di samping itu, Vijay, dkk [10] juga melakukan penelitian serupa dengan memanfaatkan konektivitas Wi-Fi untuk jangkauan yang lebih jauh, dan alat yang dikembangkan mampu mengendalikan hingga 4 buah perangkat elektronik. Alat tersebut menggunakan mikrokontroler Arduino UNO untuk menyalakan dan mematikan perangkat elektronik, serta NodeMCU ESP8266 agar alat dapat terhubung dengan koneksi Wi-Fi. Selain itu, Tayyaba dkk [11] mengembangkan alat yang dapat menggunakan konektivitas *Bluetooth* dan Wi-Fi, namun alat tersebut terbatas untuk memantau hanya 1 unit perangkat elektronik.

Peneliti juga berinisiatif untuk melakukan pengembangan terhadap alat serupa untuk memberikan solusi yang lebih efisien. Dalam penelitian ini, peneliti mendesain purwarupa untuk kotak kendali nirkabel yang memanfaatkan teknologi IoT sehingga perangkat elektronik dapat dikendalikan melalui ponsel pintar pengguna. Alat ini didesain untuk memantau dan mengendalikan empat buah perangkat elektronik sekaligus, serta dapat dipindahkan dengan mudah tanpa perlu

melakukan pematريان. Di samping itu, studi ini dibatasi pada perangkat elektronik untuk skala rumah tangga saja, sehingga arus listrik dan fasa yang digunakan tidak sebesar skala industri. Selain itu, perangkat elektronik yang digunakan juga ditujukan untuk steker bertipe F seperti yang umumnya digunakan di Indonesia.

2. METODE

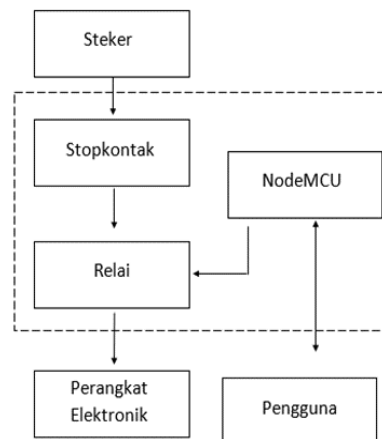
2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan bentuk eksperimental untuk menghasilkan sebuah purwarupa kotak kendali perangkat elektronik nirkabel untuk aplikasi *smart home*. Dasar utama pemilihan metode eksperimental dibandingkan dengan *review* teori atau metode simulasi adalah karena data dan informasi perangkat tidak bisa didapatkan secara riil sesuai dengan kondisi lapangan. Maka dari itu, penulis memilih eksperimen sebagai metode penelitian ini dengan ekspektasi pendataan yang didapatkan lebih akurat serta perangkat dapat diuji secara langsung dan untuk kemudian dibandingkan dengan prototipe yang sejenis.

Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Teknik Elektro Universitas Presiden (President University) dan perumahan Taman Cibodas, Lippo Cikarang, Bekasi. Penelitian di mulai sejak tanggal 13 Februari 2020 hingga 15 April 2020.

2.2. Rancangan Perangkat Keras

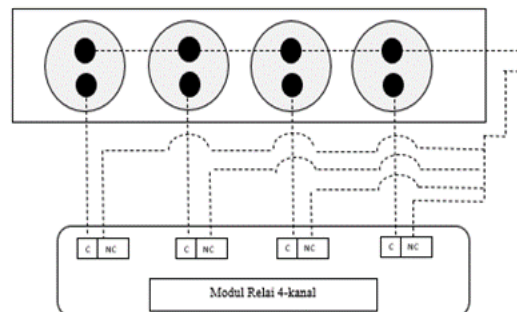
Purwarupa ini dirancang untuk dapat memantau dan mengendalikan empat buah perangkat elektronik melalui papan pengembangan NodeMCU ESP8266. Untuk merealisasikannya, peneliti menggunakan stopkontak dengan empat kanal. Adapun diagram blok untuk rancangan perangkat keras purwarupa ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Rancangan Perangkat Keras

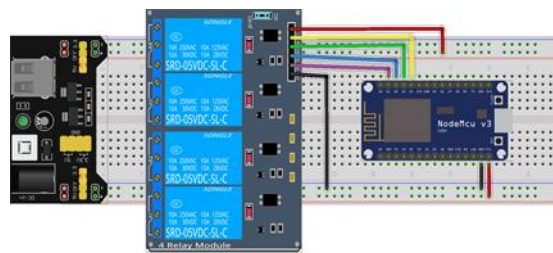
Pengguna akan terhubung dengan perangkat elektronik melalui papan pengembangan NodeMCU ESP8266 dengan koneksi internet. Kemudian NodeMCU ESP8266 akan mengendalikan status setiap perangkat elektronik melalui relai. Dengan memberikan atau memutus tegangan listrik pada input relai, *port common* (C) dapat dihubungkan dengan *port normally close* (NC) atau *port normally open* (NO), sehingga stopkontak dapat dinyalakan atau dimatikan, dan begitu juga dengan status perangkat elektronik yang terhubung dengannya.

Untuk menghubungkan relai dengan stopkontak, masing-masing kanal pada relai akan terhubung dengan satu kanal pada stopkontak, sehingga setiap kanal pada relai akan berfungsi sebagai saklar untuk stop kontak. Gambar 2 memvisualisasikan diagram koneksi antara relai dengan stopkontak.



Gambar 1. Diagram Koneksi Antara Modul Relai Empat Kanal dengan Stopkontak

Untuk menghubungkan NodeMCU ESP8266 dengan modul relai, dapat disambungkan dengan menggunakan kabel *dupont*, karena arus yang diberikan akan berada dalam skala kecil dan tegangan berkisar pada 0 sampai 5 volt. Gambar 3 memvisualisasikan diagram sirkuit untuk koneksi tersebut.



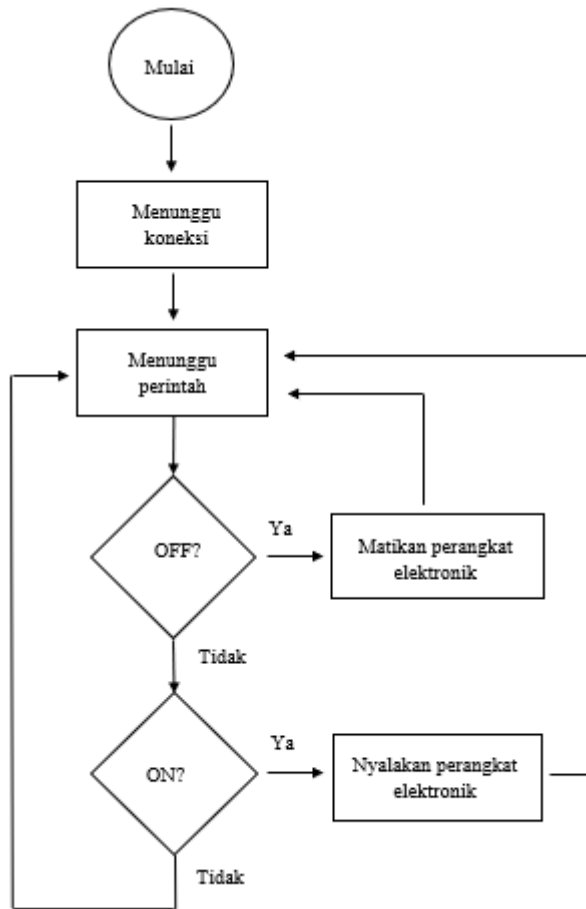
Gambar 2. Diagram Sirkuit Koneksi Modul Relai dengan NodeMCU ESP8266

Untuk memberikan suplai daya kepada NodeMCU ESP8266, modul *power supply* untuk *solderless breadboard*. Modul ini memiliki regulator tegangan untuk 3.3 volt yang dapat digunakan untuk menjadi suplai daya NodeMCU ESP8266 [12].

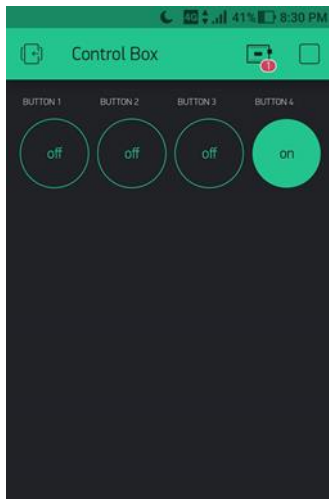
2.3. Rancangan Perangkat Lunak

Karena pengguna akan terhubung dengan perangkat elektronik melalui NodeMCU ESP8266, perintah yang akan diberikan akan dikirimkan melalui ponsel pintar dengan memanfaatkan koneksi internet. Diagram alir untuk rancangan perangkat lunak pada purwarupa dapat dilihat pada Gambar 4.

Aplikasi yang digunakan pada ponsel pintar pengguna adalah BLYNK, dan NodeMCU akan diprogram dengan menggunakan Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Adapun tampilan untuk aplikasi BLYNK pada ponsel pintar pengguna dapat dilihat pada Gambar 5.



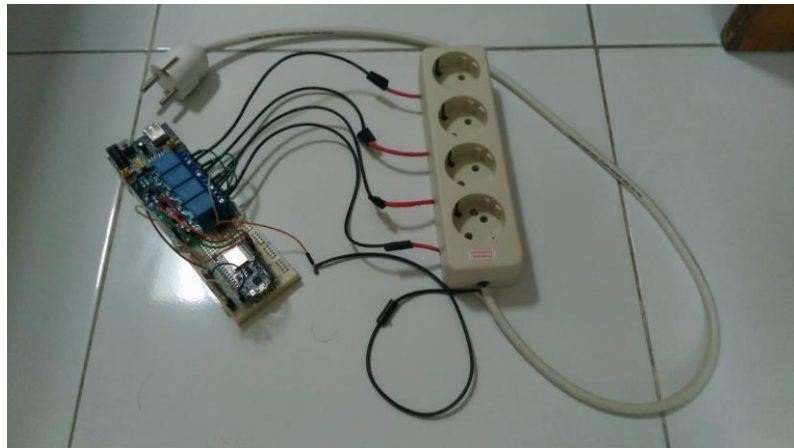
Gambar 4. Diagram Alir untuk Rancangan Perangkat Lunak



Gambar 5. Tampilan Aplikasi BLYNK pada Ponsel Pintar Pengguna

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggabungkan rancangan perangkat keras dengan rancangan perangkat lunak, implementasi rancangan purwarupa dapat dilihat pada Gambar 6. Purwarupa kemudian dievaluasi dengan melakukan pengujian untuk beberapa parameter untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan studi ini.



Gambar 6. Diagram Sirkuit Koneksi Modul Relai dengan NodeMCU ESP8266

Beberapa parameter yang diambil adalah kinerja setiap kanal pada relai saat digunakan secara individual maupun keseluruhan, dan jeda waktu antara perintah dari pengguna hingga pengaktifan dan pematian perangkat listrik secara riil.

Adapun pengujian untuk parameter pertama dilakukan dengan menggunakan pengisi daya ponsel pintar. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan pengisi daya ponsel pintar dengan masing-masing stopkontak yang ada. Pengujian akan dilakukan pada setiap stopkontak yang ada, dan dilakukan beberapa kali untuk memastikan setiap kanal dapat berfungsi dengan baik. Langkah-langkah pengujian untuk parameter pertama adalah:

1. Menghubungkan pengisi daya ponsel pintar pada stop kontak pertama,
2. Mematikan perangkat elektronik melalui ponsel pintar pengguna, lalu menyalakannya kembali,
3. Melakukan langkah kedua beberapa kali,
4. Memindahkan pengisi daya ponsel pintar dari stopkontak pertama ke stopkontak kedua,
5. Mengulangi langkah ketiga untuk stopkontak kedua,
6. Melakukan langkah ke-4 dan langkah ke-5 untuk stopkontak ketiga dan keempat.
7. Menggunakan perangkat elektronik lainnya untuk menguji beberapa penggunaan stopkontak sekaligus, serta beberapa kali menyalakan dan mematikan beberapa stopkontak secara acak.

Untuk pengujian pada parameter kedua dilakukan oleh dua orang. Orang pertama akan menjadi pengguna kotak kendali dan akan memberikan perintah melalui sebuah ponsel pintar, dan orang kedua akan berada di dekat kotak kendali untuk mengecek keadaan riil purwarupa tersebut. Langkah-langkah untuk melakukan pengujian pada parameter kedua ini adalah:

1. Menyalakan dan mematikan mulai dari stopkontak pertama,
2. Mengecek jeda waktu, dimulai saat pengguna memberi perintah dengan menekan tombol pada ponsel pintar hingga kondisi aktual pada kotak kendali,
3. Melakukan langkah kedua beberapa kali,
4. Melakukan langkah pertama hingga langkah ketiga untuk stopkontak kedua, ketiga, dan keempat.

Setelah melakukan langkah-langkah untuk pengujian pada beberapa parameter yang digunakan, hasil pengujian kemudian dicatat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian pada Purwarupa Kotak Kendali Perangkat Elektronik Nirkabel

Parameter	Keterangan
Kanal 1 relai	Bekerja dengan baik
Kanal 2relai	Bekerja dengan baik
Kanal 3relai	Bekerja dengan baik
Kanal 4relai	Bekerja dengan baik
Beberapa kanal pada saat yang bersamaan	Bekerja dengan baik
Jeda waktu	1 detik
Koneksi internet	Stabil

Data pada Tabel 1 menunjukkan hasil dari beberapa parameter yang diuji. Untuk pengujian kanal pertama pada relai, pengisi daya ponsel pintar langsung menyala pada saat dihubungkan ke stopkontak pertama. Hal ini sesuai dengan kondisi awal yang diharapkan pada purwarupa. Kemudian pengguna mematikan stopkontak pertama melalui ponsel pintar yang berbeda. Hasil yang didapat sesuai dengan harapan, di mana pengisi daya ponsel pintar tersebut berhasil dimatikan dengan baik. Pengujian ini dilakukan beberapa kali, dan tidak ada efek samping apapun pada purwarupa maupun pada pengisi daya ponsel pintar dalam bentuk panas ataupun yang lainnya.

Pada pengujian kanal kedua pada relai, pengisi daya ponsel yang digunakan pada pengujian untuk kanal pertama digunakan kembali. Proses yang dilakukan tetap sama, dan hasil yang didapat juga sama, yaitu pengisi daya ponsel pintar otomatis menyala saat pertama kali dihubungkan ke stopkontak, dan dapat dimatikan serta dinyalakan melalui perintah yang diberikan dari ponsel pintar pengguna. Dalam pengujian kali ini, juga tidak terdapat efek samping apapun pada purwarupa maupun pengisi daya ponsel pintar.

Kemudian pengujian dilanjutkan untuk kanal ketiga dan keempat, dan hasil yang didapat juga sama seperti kedua kanal pertama pada relai. Dalam kasus ini juga tidak terdapat efek samping apapun pada purwarupa maupun pada pengisi daya ponsel pintar.

Kemudian peneliti menggunakan pengisi daya ponsel pintar yang lainnya untuk menjadi perangkat elektronik kedua. Tujuannya adalah untuk menguji purwarupa dalam menjalankan beberapa perangkat elektronik di saat yang bersamaan. Pengujian yang dilakukan adalah dengan menyalakan dan mematikan perangkat elektronik secara acak. Setelah beberapa kali pengujian, purwarupa dapat menjalankan fungsinya dengan baik serta tidak menimbulkan efek samping apapun pada purwarupa maupun pada semua perangkat elektronik yang digunakan.

Namun pada pengujian untuk parameter pertama, peneliti menemukan bahwa ada jeda waktu antara penekanan tombol pada ponsel pintar pengguna hingga kondisi riil pada purwarupa. Jeda waktu yang diamati berdurasi kurang lebih selama 1 detik. Jeda waktu itu terjadi untuk setiap kanal yang digunakan. Jeda waktu ini terjadi pada kedua kondisi, saat menyalakan dan mematikan perangkat elektronik. Di samping itu, jeda waktu ini tidak bertambah maupun berkurang seiring bertambahnya jumlah perangkat elektronik yang dihubungkan dengan purwarupa.

Penggunaan untuk beberapa jarak yang berbedapun tetap menunjukkan hasil yang konsisten. Jeda waktu ini merupakan efek samping dari pemanfaatan konektivitas internet. Komunikasi melalui jaringan nirkabel sangat bergantung

pada kemampuan jaringan untuk mentransfer data dari pengirim ke penerima. Sehingga, jeda waktu 1 detik merupakan hal yang wajar untuk terjadi.

Di samping itu, jeda waktu ini bisa bertambah maupun berkurang, bergantung pada konektivitas internet. Tidak ada acuan pasti dalam menentukan jeda waktu. Namun jeda waktu ini dapat kita minimalkan dengan memastikan bahwa konektivitas internet yang digunakan pada NodeMCU ESP8266 relatif kosong, sehingga tidak ada komunikasi yang dilakukan melalui sumber konektivitas yang sama, sehingga jalur komunikasi dari pengguna ke NodeMCU ESP8266 menjadi lebih lancar.

Di samping itu, setelah pengujian dilakukan untuk beberapa menit, konektivitas internet pada NodeMCU ESP8266 dapat dikatakan stabil karena tidak terjadi pemutusan koneksi selama pengujian berlangsung.

Di samping itu, purwarupa ini berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Selain semua kanal dapat bekerja dengan baik tanpa ada efek samping apapun kepada purwarupa itu sendiri maupun kepada perangkat elektronik yang terhubung, purwarupa ini juga dapat dipindahkan ke tempat lain dengan mudah, dan dapat dihubungkan dengan perangkat elektronik lainnya tanpa perlu melakukan pematrian. Dalam hal ini, kotak kendali perangkat elektronik nirkabel ini dapat digunakan seperti stopkontak pada umumnya.

Di saat yang bersamaan, stopkontak yang ada juga berfungsi sama seperti stopkontak pada umumnya, di mana setiap alat yang terhubung akan langsung menyala. Untuk purwarupa ini, stopkontak tersebut kemudia dapat dimatikan dan dinyalakan oleh pengguna kapanpun dan di manapun pengguna berada.

Adapun studi serupa juga telah dilaksanakan oleh beberapa peneliti lainnya. Desain yang dibuat menggunakan alat yang berbeda serta memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Namun tujuannya sama dengan studi ini, yaitu untuk merancang purwarupa alat kendali perangkat elektronik secara nirkabel. Adapun perbandingan beberapa studi lainnya dengan studi ini disajikan dalam bentuk tabel yang dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Studi ini dengan Studi-Studi sebelumnya

Parameter	Horvat dkk [9]	Vijay dkk [10]	Tayyaba dkk [11]	Vincent dkk
Konektivitas	BLE	Wi-Fi	BLE dan Wi-Fi	Wi-Fi
Jumlah perangkat elektronik yang dapat dipantau (buah)	1	4	1	4
Mobilitas purwarupa	Tidak	Tidak	Ya	Ya
Rentang penggunaan	Dekat	Jauh	Jauh	Jauh

Tabel 2 menyajikan data perbandingan studi ini dengan 3 referensi lainnya yang merupakan studi yang telah dilakukan oleh peneliti lain dalam topik yang serupa.

Referensi [9] merupakan studi dengan judul *Smart Plug Solution Based on Bluetooth Low Energy (BLE)*. Studi ini menggunakan konektivitas *Bluetooth Low Energy* untuk memantau dan melakukan kendali terhadap perangkat elektronik yang ada. Namun alat ini hanya dapat oleh pengguna dalam jarak yang dekat saja, karena konektivitas nirkabel yang terbatas. Di samping itu, jumlah perangkat elektronik yang dapat dihubungkan hanya terbatas pada 1 buah, serta alat ini tidak

dapat dipindahkan dengan mudah, karena perangkat yang terhubung harus dipatri dengan rangkaian listrik yang ada.

Referensi [10] merupakan studi dengan judul *Smart Home Wireless Automation Technology using Arduino based on IoT*. Dalam studi ini, konektivitas yang digunakan diubah menjadi Wi-Fi sehingga jarak pengguna dengan alat menjadi memungkinkan untuk lebih jauh dari sebelumnya. Di samping itu, jumlah perangkat elektronik yang dapat dihubungkan dengan alat tersebut mencapai empat buah. Namun semua perangkat elektronik yang hendak dihubungkan harus dipatrikan terlebih dahulu, sehingga alat ini sangat tidak fleksibel untuk penggunaan sehari-hari. Di saat yang bersamaan, peneliti studi pada Ref [9] menggunakan dua papan pengembangan pada saat yang bersamaan, yaitu Arduino UNO untuk kontrol relai, dan NodeMCU ESP8266 untuk alat tersebut sehingga dapat terhubung dengan konektivitas internet.

Referensi [11] merupakan studi dengan judul *Home Automation using Smart Plug*. Peneliti pada studi ini menggunakan NodeMCU ESP32 yang dapat terhubung dengan internet sekaligus BLE melalui satu papan pengembangan yang sama. Alat ini didesain untuk memantau hanya 1 perangkat elektronik, namun tidak memerlukan pematrian, sehingga dapat dipindahkan dengan fleksibel. Pengguna dapat menggunakan konektivitas internet saat jauh dari alat, serta konektivitas menjadi BLE saat dekat dengan alat.

Kelebihan studi ini daripada beberapa studi yang telah dipaparkan di atas adalah mobilitas alat yang lebih tinggi karena dapat dipindahkan dengan mudah tanpa memerlukan pematrian. Di saat yang bersamaan, jumlah perangkat elektronik yang dapat dipantau mencapai 4 buah. Rentang penggunaannya yang lebih luas juga memungkinkan pengguna untuk menyalakan atau mematikan alat kapan saja. Jika dibandingkan dengan referensi kedua, penggunaan perangkat keras pada studi ini lebih sederhana dan lebih efisien, karena kontrol relai yang dilakukan dengan Arduino UNO pada referensi kedua dapat digabungkan menjadi satu dengan NodeMCU ESP8266. Dan jika dibandingkan dengan referensi ketiga yang menggunakan konektivitas internet yang stabil dan memiliki jeda waktu selama 1 detik yang tidak terpengaruh oleh jarak, tidak menjadi masalah bagi pengguna. Penggunaan konektivitas internet pada jarak dekat juga dapat mengimbangi kecepatan penggunaan BLE.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Studi ini telah berhasil merancang purwarupa untuk kotak kendali perangkat elektronik nirkabel dengan menggunakan papan pengembangan NodeMCU ESP8266 serta modul relai dengan empat kanal. Perangkat elektronik dapat dikendalikan oleh pengguna melalui ponsel pintarnya dengan menggunakan aplikasi BLYNK. Purwarupa yang telah dirancang dapat digunakan untuk memantau hingga empat buah perangkat elektronik, serta dapat dipindahkan dengan mudah karena penggunaannya yang sangat mirip dengan stopkontak pada umumnya. Hasil pengujian menemukan terdapat jeda waktu dengan durasi sekitar 1 detik antara penekanan tombol pada ponsel pintar dan kondisi aktual pada purwarupa. Sekalipun tidak dapat diabaikan, jeda waktu ini relatif singkat untuk menyalakan dan mematikan perangkat elektronik yang diinginkan.

Hasil penelitian ini tentu saja masih dapat dikembangkan lebih lanjut. Pengembangan dapat dilakukan dari segi tampilan maupun fitur, seperti penambahan pengatur waktu yang dapat menyalakan atau mematikan perangkat elektronik secara otomatis, atau pemantauan penggunaan daya dari perangkat elektronik yang terhubung dengan purwarupa pada waktu nyata (*real-time*).

REFERENSI

- [1] Y. Verma, B. Mazumdar, and P. Ghosh, "Dataset on the electrical energy consumption and its conservation in the cement manufacturing industry," *Data in Brief*, vol. 28, February 2020. DOI: 10.1016/j.dib.2019.104976
- [2] S. A. Pratomo, "Efficiency of Electrical Energy in Building Base on DSM with AHP Method," *Journal of Telematics and Informatics JTI*, vol. 7, no. 4, December 2019
- [3] A. Sugiyono, Anindhita, I. Fitriana, L. O. M. A. Wahid and Adiarso, "Outlook Energi Indonesia 2019: Dampak Peningkatan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Terhadap Perekonomian Nasional", *Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi, BPPT*, Jakarta, 2019. ISBN 978-602-1328-10-1
- [4] V. Babrauskas, "Research on electrical fires: The state of the art," *Fire Safety Science*, vol. 9, pp. 3-18, July 2008, DOI: 10.3801/IAFSS.FSS.9-3
- [5] M. C. Jeong and J. Kim, "Prediction and analysis of electrical accidents and risk due to climate change", *International journal of environmental research and public health*, vol. 16, no. 16, pp. 2984, 2019. DOI: 10.3390/ijerph16162984
- [6] A. Adriansyah, S. Budiyanto, J. Andika, A. Romadhon and N. Nurdin, "Public Street Lighting Control and Monitoring System using the Internet of Things," *AIP Conference Proceeding*, vol. 2217, no. 1, 2020. DOI: 10.1063/5.0000594
- [7] H. Verma, M. Jain, K. Goel, A. Vikram, and G. Verma, "Smart home system based on Internet of Things," In *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, India, 2016, pp. 2073–2075.
- [8] T. Alam, A. A. Salem, A. O. Alsharif and A. M. Alhujaili, "Smart Home Automation Towards the Development of Smart Cities," *Computer Science and Information Technologies*, vol. 1, no. 1, pp. 17-25, July 2020. DOI: 10.11591/csit.v1i1.p17-25
- [9] I. Horvat, N. Lukac, R. Pavlovic and D. Starcevic, "Smart Plug Solution based on Bluetooth Low Energy," In *2015 IEEE 5th International Conference on Consumer Electronics-Berlin (ICCE-Berlin)*, Berlin, Germany, 2015, pp. 435–437. DOI: 10.1109/ICCE-Berlin.2015.7391301.
- [10] R. Vijay, T. Sainag and A.V. Krishna, "Smart Home Wireless Automation Technology using Arduino based on IoT", *IJECT Journal*, vol. 8, no. 4, pp. 38–45, 2017.
- [11] S. Tayyaba, S. A. Khan, M. W. Ashraf and V. E. Balas, "Home Automation using Smart Plug," In *Recent Trends and Advances in Artificial Intelligence and Internet of Things*, Springer, Cham, pp. 343–388, 2020.
- [12] E. Ouyang, *Hands-On ESP8266: Mastering Basic Peripherals*, Hands-on Embedded, 2018