

# Rumah Pintar dengan Lampu Kontrol Suara Menggunakan Arduino Uno R3

Calvin Mamahit<sup>1</sup>, Billy Kilis<sup>2</sup>, Harrychoon Angmalisang<sup>3</sup>, dan Nontje Sangi<sup>4</sup>

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Manado, Minahasa  
Jl. Kampus Fatek Unima Tondano 95618  
<sup>1</sup>calvinmamahit@unima.ac.id

*Intisari* — Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi telah memberikan pengaruh positif terhadap keberadaan manusia, yang kini telah mencapai era perintah suara listrik. Sistem manajemen rumah yang cerdas memungkinkan manusia mengontrol perangkat listrik di rumah mereka, seperti lampu, menggunakan perintah suara sederhana, sehingga mengurangi kebutuhan untuk bergerak untuk menyalakan atau mematikan peralatan. Ketika pengguna penerangan dalam ruangan menjalankan sistem atau menyalakan lampu dengan menggunakan gelombang suara, maka sensor suara akan mengirimkan sinyal input ke mikrokontroler, yang kemudian diproses dengan output mikrokontroler berupa tegangan untuk menghidupkan beban. Sistem akan beroperasi ketika sensor suara FC-04 menerima input suara (kode suara). Sensor suara FC-04 hanya dapat menghasilkan sinyal keluaran digital berupa tepukan dengan nilai 1 dan 0, yang kemudian dikumpulkan di Arduino dengan nilai lebih dari 400 juta melalui software yang diunggah untuk digunakan sebagai Output 5 volt untuk menghidupkan atau mematikan lampu. Pasalnya, saat menyalakan lampu dari jarak tertentu, banyak hal yang mungkin mempengaruhinya, termasuk sensitivitas sensor suara dan tingkat kebisingan di sekitar.

*Kata kunci* — gelombang suara, sensor suara, kode suara, mikrokontroler arduino.

*Abstract* — Science and technological advancements have influenced human existence favorably, which has now reached the era of electric voice commands. An intelligent home management system enables humans to control their home's electrical devices, such as lights, using simple voice commands, reducing the need to move around to turn equipment on or off. When users of indoor lighting run the system or switch on the lights by using sound waves, the sound sensor delivers an input signal to the microcontroller, which is then processed with the microcontroller's output in the form of a voltage to turn on the load. The system will operate when the FC-04 sound sensor receives sound input (sound code). The FC-04 sound sensor can only generate a digital output signal in the form of a clap with a value of 1 and 0, which is then collected on Arduino with a value of more than 400 million by the software uploaded to be used as a 5-volt output to switch on or off the lights. This is because when turning on the lights from a specific distance, numerous things might affect them, including the sensitivity of the sound sensor and noise levels in the surrounding area.

*Keywords*— sound wave, sound sensor, sound code, arduino microcontroller.

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan sistem kendali terus meningkat di era saat ini. Secara umum, sistem kendali membantu orang melakukan tugasnya dengan lebih efisien; dalam hal ini mikrokontroler sebagai sistem kendalinya, dengan sensor suara sebagai masukan untuk menggerakkan perangkat pendukung tambahan [1]-[3]. Mikrokontroler adalah sistem komputer berbasis chip yang menggabungkan inti CPU, memori (RAM, memori program, atau keduanya), dan perangkat input/output [4]. Mikrokontroler berbeda dengan mikroprosesor serba guna yang terdapat pada PC. Dibutuhkan sistem minimal untuk memproses atau

menjalankannya; sistem mikrokontroler minimum adalah satu-satunya rangkaian listrik yang diperlukan untuk mengoperasikan IC mikrokontroler [5]. Sistem dasar ini dapat dihubungkan ke sirkuit yang berbeda untuk memenuhi operasi tertentu [6]. Mikrokontroler sering disebut  $\mu$ C atau uC dalam percakapan biasa dan forum online.

Dalam terjemahan longgar, mikrokontroler adalah komputer berukuran mikro pada satu chip IC (sirkuit terintegrasi) yang mencakup prosesor, memori, dan antarmuka yang dapat diprogram [7]. Disebut mikrokomputer karena sirkuit terpadu, atau chip mikrokontroler, mempunyai CPU, memori, dan I/O yang dapat kita program [8]. I/O juga

dikenal sebagai GPIO (General Purpose Input Output Pins), yang mengacu pada pin yang dapat diprogram sebagai input atau output sesuai kebutuhan [9].

Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini adalah sistem energi alternatif. Teknologi penerangan rumah memungkinkan lampu dinyalakan dan dimatikan menggunakan input suara, dalam hal ini [10], [11]. Oleh karena itu diperlukan suatu alat yang dapat mengendalikan lampu secara otomatis yang terintegrasi dengan mikrokontroler sebagai pengontrolnya [12]. Perintah suara dapat digunakan untuk menghidupkan atau mematikan dan mengganti pengoperasian tombol dengan suara untuk berbagai fasilitas rumah tangga seperti lampu, kipas angin, dan televisi [13], [14]. Kemajuan pengendalian suara untuk pengendalian rumah dengan menggunakan teknologi gelombang suara dapat menjadi model rumah masa depan dimana kita tidak perlu lagi berpindah-pindah untuk menghidupkan dan mematikan perangkat listrik di ruangan lain [15], [16].

Permasalahannya dapat dirumuskan berdasarkan konteksnya: (i) Bagaimana mikrokontroler menangani suara sebagai input? Selain itu, (ii) mengembangkan program mikrokontroler pada software Arduino IDE. Batasan dalam perancangan sistem ini : Penulis memberikan batasan kesulitan dalam penelitian ini, antara lain :

1. Hanya software Arduino IDE yang digunakan untuk software pengolahan data input.
2. Hanya berkonsentrasi pada sistem kendali.
3. Apakah tidak ada pernyataan mengenai kapasitas yang digunakan?
4. Hanya memeriksa kinerja sensor suara mikrokontroler.

Konsep pengoperasian mikrokontroler [17] adalah sebagai berikut:

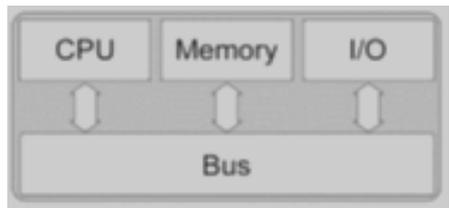
1. Berdasarkan nilai pada register Program Counter, mikrokontroler mengambil data dari ROM menggunakan alamat yang diberikan pada register. Isi register penghitung program secara otomatis bertambah satu (kenaikan); data yang diperoleh dari ROM adalah instruksi program yang dibuat dan dimasukkan pengguna.

2. Mikrokontroler membaca dan menjalankan instruksi yang diterima; tergantung pada instruksinya, ini mungkin termasuk membaca, mengubah isi register, RAM, dan port, atau membaca dan melanjutkan dengan modifikasi data.

3. Nilai penghitung program telah berubah (baik karena penambahan otomatis pada Langkah 1 atau modifikasi pada Langkah 2). Selanjutnya mikrokontroler mengulangi langkah 1 dan 2 hingga listrik padam.

Mikrokontroler adalah komponen sistem komputer yang penting, namun secara signifikan lebih kecil daripada komputer pribadi atau mainframe. Mikrokontroler terdiri dari komponen penting yang sama. Sebuah komputer akan menghasilkan keluaran tertentu berdasarkan masukan yang diterima dan program yang dijalankan. Secara umum, komputer, atau mikrokontroler, adalah perangkat yang menjalankan instruksi yang diberikan padanya; Artinya, bagian terpenting dan sentral dari sistem komputerisasi adalah program itu sendiri, yang memerintahkan komputer untuk melakukan serangkaian tindakan sederhana yang panjang untuk melakukan tugas-tugas yang lebih kompleks yang diinginkan oleh pemrogram [18].

Hampir semua peralatan yang berhubungan dengan aktivitas kita mempunyai mikrokontroler, seperti telepon genggam yang selalu kita gunakan untuk berkomunikasi, LCD, mobil, sepeda motor, kamera digital, dan berbagai barang lainnya. Idenya adalah setiap gadget listrik yang memiliki "remote control" harus memiliki mikrokontroler [19]. Meskipun kita menggunakan perangkat ini setiap hari, banyak orang yang tidak mengetahui tentang mikrokontroler. Bagaimana cara kerja alat ini? Mikrokontroler adalah perangkat yang menggabungkan banyak komponen sistem mikroprosesor ke dalam satu mikrochip. Gambar 1 menunjukkan tiga komponen penting dari mikrokontroler: prosesor CPU, memori, dan input/output (I/O) [20].

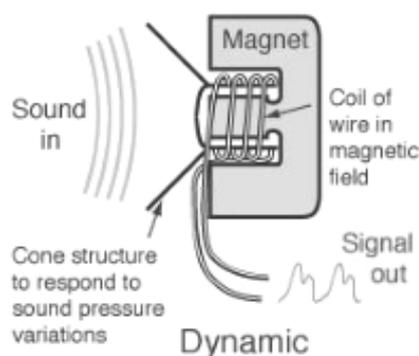


Gbr. 1 Tiga Komponen Utama Mikrokontroler

Mikrofon digunakan dalam peralatan elektronik seperti alat bantu dengar, perekam suara, transmisi radio, dan alat komunikasi lainnya seperti telepon seluler, telepon, interkom, walkie-talkie, dan sistem hiburan rumah seperti karaoke. Mikrofon menghasilkan sinyal listrik yang lemah. Oleh karena itu, diperlukan penguat sinyal (juga dikenal sebagai penguat). [21]. Untuk mempelajari lebih lanjut tentang mikrofon yang biasa kami gunakan.

Pengoperasian mikrofon dirinci secara singkat pada baris berikut [22], [23]:

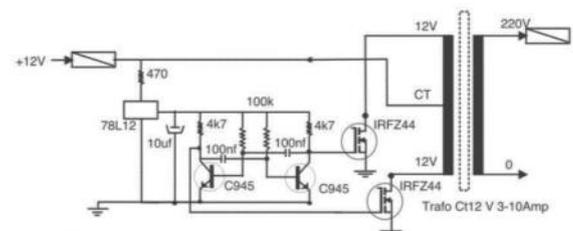
1. Saat kita berbicara, gelombang suara dikirim ke mikrofon.
2. Gelombang suara mengenai membran plastik tipis yang berfungsi sebagai diafragma mikrofon. Diafragma akan bergetar akibat adanya gelombang suara.
3. Sebuah kumparan atau kawat (voice coil) yang dihubungkan ke bagian belakang diafragma akan bergetar bersamaan dengannya.
4. Saat kumparan bergerak, medan magnet diciptakan oleh magnet permanen kecil yang melingkupinya.
5. Sinyal listrik tercipta ketika kumparan suara bergerak dalam medan magnet ini.
6. Sinyal listrik yang dihasilkan dikirim ke amplifier atau perekam suara.



Gbr. 2 Prinsip pengoperasian mikrofon

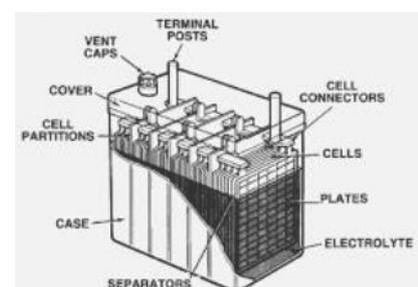
Inverter mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah untuk menyalurkan daya

ke motor dinamo dengan arus searah; Oleh karena itu, alat ini mula-mula multifungsi, mengubah arus bolak-balik menjadi arus pengatur lalu mengembalikannya menjadi arus bolak-balik. Semua ini dilakukan dengan mengatur potensiometer yang tertanam di dalam gadget (Gambar 3); terlebih lagi, kita dapat dengan mudah memodifikasi daya sesuai kebutuhan kita. Inverter selain untuk mengubah arus juga berfungsi untuk menstabilkan tegangan keluaran, sehingga bisa dikatakan jika kita menggunakan suatu alat maka tegangan yang dihasilkan tidak akan berubah, berbeda dengan stabilizer yang hanya berfungsi untuk menstabilkan arus tanpa ada gangguan. mampu mengubah tegangan. Sebaliknya, inverter dapat mengubah tegangan [24].



Gbr. 3 Karakteristik Fisik Inverter

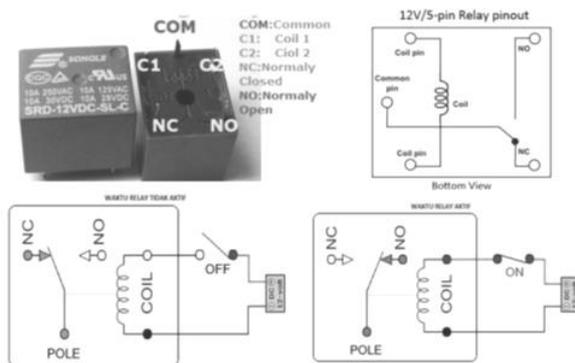
Baterai atau akumulator, sering disebut Accu, adalah sel listrik di mana terjadi proses elektrokimia reversibel dengan efisiensi tinggi [25]. Perubahan kimia terjadi pada tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi energi kimia, pengisian kembali dilakukan dengan cara meregenerasi elektroda-elektroda yang digunakan dengan mengalirkan arus listrik dengan polaritas berlawanan di dalam sel (Gambar 4). Baterai atau akumulator menyimpan energi kimia, yang kemudian dimanfaatkan untuk memberi daya pada sistem starter, sistem pengapian lampu, dan komponen listrik lainnya [26].



Gbr. 4 Rangkaian setara baterai/ACCU

Kumparan adalah kumparan kawat yang menerima arus listrik, dan kontak merupakan salah satu jenis saklar yang pergerakannya ditentukan oleh ada atau tidaknya kumparan tersebut mendapat arus listrik. Biasanya, kontak terbuka (NO) berada pada kondisi awal sebelum diaktifkan, sedangkan kontak normal tertutup (NC) berada pada kondisi awal. Pengoperasian penting relai adalah sebagai berikut: Ketika kumparan diaktifkan, gaya elektromagnetik menarik jangkar yang pegas dan menyebabkan kontak menutup [27]. Ketika C1 dan C2 tidak dilewati arus, pelat Com akan bergerak untuk menjamin bahwa terminal Com dan No terhubung dengan benar; ketika C1 dan C2 dilewati arus, pelat Com akan bergerak untuk memastikan terminal Com dan No terhubung dengan benar. Gambar 5 menggambarkan pengoperasian relai ini. Untuk merakit relay SPDT untuk digunakan dengan Arduino [28], komponen-komponen berikut harus disiapkan atau dibeli:

1. Relai SPDT 5v/12v
2. resistor 1k Ohm
3. transistor 2n2222
4. dioda 1n4007



Gbr. 5 Prinsip kerja relay

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian pengembangan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat home control yaitu ketika terjadi pemadaman listrik, Arduino dalam keadaan standby menunggu perintah dari sensor suara untuk diteruskan ke relay agar dapat menghidupkan beban. Penelitian pengembangan ini fokus pada perancangan sistem, meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.

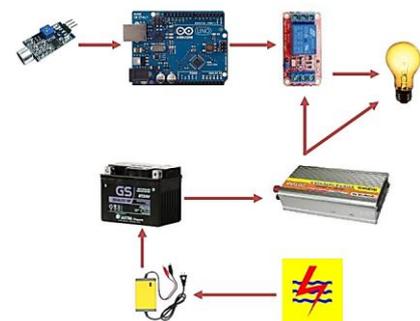
Alat dan bahan berikut (Tabel 1) digunakan dalam pembuatan sistem kendali berbasis mikrokontroler melalui sensor suara:

Tabel 1. Daftar alat dan bahan

| Peralatan    | Bahan-bahan                     |
|--------------|---------------------------------|
| Obeng plus   | Sensor bunyi                    |
| Tespen       | Arduino                         |
| Tang potong  | Baterei                         |
| Tang runcing | Inverter                        |
| AVO-meter    | Lampu                           |
| Solder       | Modul Relay<br>1 channel 5 Volt |
| Timah        | Steker                          |
| Komputer     | Battery Charge                  |
|              | Kabel-kabel                     |
|              | Capit buaya                     |
|              | Papan PCB                       |

Sistem ini memerlukan energi yang sebelumnya dicadangkan dan disimpan di aki, yang akan disalurkan nanti. Namun pada sistem ini penulis menggunakan sensor suara sebagai masukan dari mikrokontroler dalam membuat sistem kendali pada saat listrik padam dari Perusahaan Listrik Negara (disingkat PLN dalam bahasa Indonesia). Penulis akan menghubungkan AKI ke inverter untuk menyuplai tegangan 220 Volt selama Arduino dalam mode standby, yang kemudian dapat bekerja untuk mengalihkan relay dari normal terbuka ke tertutup dengan bantuan sensor suara yang telah diprogram sebelumnya dan diunggah ke Arduino. Apabila diberi instruksi kode bunyi maka lampu akan menyala, bila lampu dimatikan maka diberikan kode bunyi maka lampu akan padam.

Ini berisi berbagai komponen secara umum, yang diilustrasikan pada diagram blok Gambar 6.



Gbr. 6 Diagram Blok Secara Umum

Sistem umumnya dipisahkan menjadi beberapa komponen, antara lain sensor masukan, pengubah arus, perangkat keluaran, dan PLC sebagai pengontrolnya.

#### A. Sensor Suara Mikrofon

Sensor sistem ini merupakan sensor pendeteksi suara yang meneruskan gelombang ke mikrokontroler untuk memberikan perintah. Mikrofon digunakan sebagai sensor.

#### B. Perangkat untuk Output

Ini adalah peralatan yang dikontrol langsung oleh pengontrol. Di antaranya blower (kipas angin), lampu, komputer, televisi, dan gadget lain yang membutuhkan listrik.

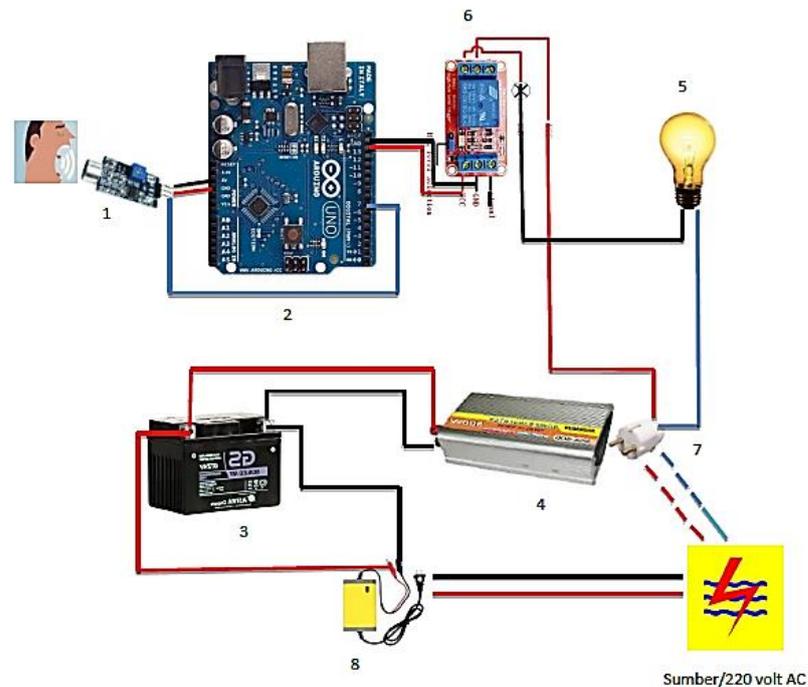
#### C. Alat Konverter

Perangkat ini akan digunakan untuk mengubah energi, dan perangkat yang digunakan untuk mengkonversi ada dua item: konverter arus inverter dan konverter.

#### D. Pengendali

Mikrokontroler Arduino R3 Atmega 328 merupakan perangkat pengontrol yang memiliki 23 jalur I/O, 32 register, tiga timer dengan mode perbandingan, interupsi internal dan eksternal, dan enam saluran konverter A/D 10-bit.

Gambar 7 menggambarkan strategi desain alat ini.



Gbr. 7 Manual untuk merancang mekanisme sederhana dan sistem kontrol

Asumsikan seseorang memberikan beban atau menyalakan lampu hijau dengan perintah suara. Suara tersebut akan dikumpulkan oleh mikrofon dan diubah menjadi sinyal listrik. Modul sensor suara kemudian akan mengevaluasi sinyal dan mengirimkan output seperti ground, VCC, dan sinyal ke mikrokontroler. Setelah diproses, mikrokontroler akan mengirimkan input 5 volt, ground, dan sinyal ke modul relay dengan satu saluran, menyuruhnya untuk menyalakan lampu. Input relay

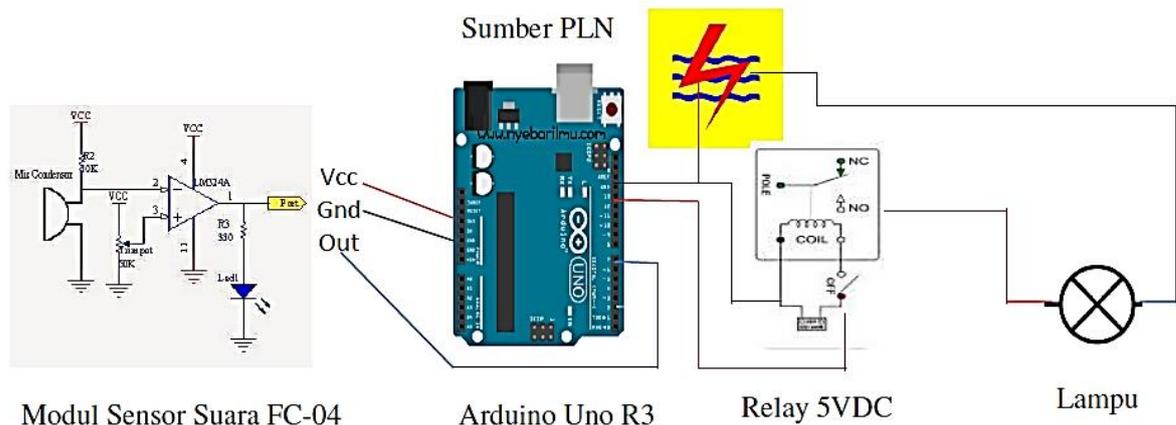
mempunyai tiga terminal penghubung: VCC 5 volt (+), ground (-), sinyal (0/1) dengan output VCC (+) dan NO (normally open), output dari VCC terhubung ke PLN 220 volt, dan on. Secara teori jika relay diberi tegangan maka terminal dari NO pada keluarannya akan tertutup atau terhubung (biasanya tertutup). Tegangan akan masuk ke beban (lampu), fasa pengkabelan langsung menuju ke lampu, dan lampu akan langsung menyala.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem yang komprehensif menggunakan tiga bohlam 5 watt untuk menunjukkan bahwa sistem beroperasi mengikuti instruksi perangkat lunak yang diatur ke dalam Arduino UNO R3 menggunakan sensor suara FC-04 sebagai input [29]. Pengujian ini mencoba mengatur lampu yang akan penulis terapkan ketika terjadi pemadaman listrik dengan memanfaatkan sensor suara sebagai pendeteksi untuk menyalakan lampu atau beban dengan alat ini, sehingga memudahkan untuk menyalakan atau mematikan lampu kapanpun pengguna memilih. Alat-alatnya adalah sebagai berikut: setelah kita melakukan pengujian dan validasi berbagai perangkat agar dapat bekerja pada proses perakitan (Gambar 8),

Bahan dan alat yang digunakan:

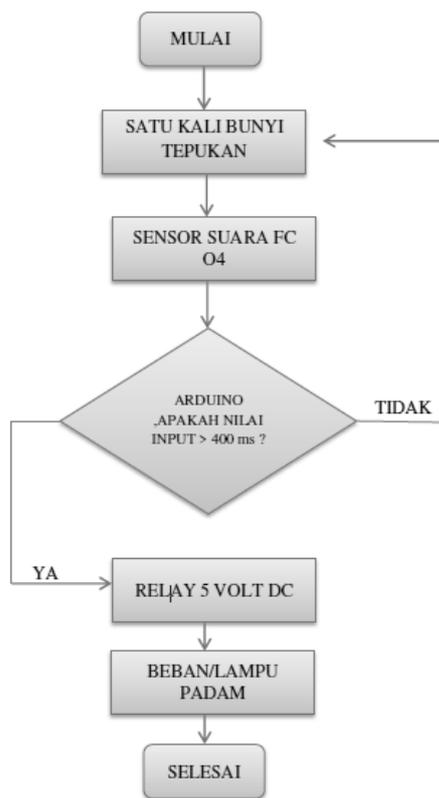
1. Arduino Uno R3
2. Catu daya atau baterai 9 volt
3. Sensor suara FC-04
4. Relai 5 VDC
5. Lampu tiga bagian (5 W)
6. Perangkat Lunak (Arduino IDE)
7. PC dan laptop
8. Kabel USB untuk Papan Arduino Uno
9. MCB
10. Kabel jumper
11. Stopkontak
12. Steker
13. TDOS
14. Papan Modul



Gbr. 8 Skema desain keseluruhan menggunakan PLN sebagai sumbernya

- a. Pasang tiga fitting pada modul papa yang diberikan;
- b. Hubungkan kabel merah (+) dan hitam (-) ke konektor masing-masing fitting;
- c. Pasang soket 3 terminal di sisi papan modul;
- d. Memasang MCB sebagai penahan jika terjadi korsleting listrik;
- e. Instal TDOS;
- f. Paralel ketiga fitting dihubungkan ke TDOS;
- g. Hubungkan kabel sumber ke pin standar relay;
- h. Hubungkan kabel NYA hitam (-) dari fitting lampu ke terminal NO (Normally Open);
- i. Hubungkan koneksi jumper dari relay input VCC ke Arduino uno r3 pin 13 I/O;
- j. Hubungkan sambungan jumper dari ground input relay ke pin ground;
- k. Pada Arduino uno r3. Hubungkan Arduino uno r3 pin 4 ke output sensor suara;
- l. Hubungkan pin 5 volt Arduino uno r3 ke pin VCC sensor suara. Hubungkan pin ground Arduino uno r3 ke pin ground sensor suara. Untuk memasukkan instruksi program, sambungkan port USB Arduino ke laptop;
- m. Power supply / baterai 9 volt untuk memberi daya pada Arduino uno r3 (Gambar 9).





Gbr. 10 Diagram alur sistem kontrol lebih dari 400 ms dengan lampu dimatikan di awal

Diagram alir sistem kendali dengan instruksi bahwa lampu akan menyala jika sensor suara menerima keluaran  $> 400$  ms ketika seseorang bertepuk tangan satu kali (Gambar 10). Lampu dimatikan pada kondisi awal.

#### IV. KESIMPULAN

Temuan pengembangan ini dapat digunakan untuk menarik kesimpulan sebagai berikut: (i) Sistem akan berfungsi ketika sensor suara FC-04 mendeteksi adanya tepukan dengan nilai 1, yang kemudian dikumpulkan di Arduino dengan nilai lebih besar dari 400 milidetik oleh program yang diunggah untuk digunakan sebagai keluaran 5 volt untuk menyalakan/mematikan lampu; (ii) Sensor suara FC-04 hanya dapat menghasilkan sinyal digital dengan nilai 1 dan 0; dan (iii) Menyalakan lampu dalam rentang tertentu bergantung pada beberapa faktor, termasuk ruangan.

Penelitian pengembangan ini masih mempunyai banyak kekurangan, dan masih memungkinkan untuk dikembangkan lebih lanjut, seperti: (i) instruksi suara dapat

berupa pernyataan dengan rekaman suara untuk pengontrolan lampu; (ii) tegangan keluaran dari Arduino dapat distabilkan untuk melayani tiga relay DC 5 Volt sekaligus untuk menyalakan tiga beban ringan; dan (iii) spesifikasi sensor suara FC-04 mengenai intensitas tepuk tangan dalam satuan desibel belum diketahui.

#### REFERENSI

- [1] W. Dargie dan C. Poellabauer, *Fundamentals of wireless sensor networks: theory and practice*. John Wiley & Sons, 2010.
- [2] A. Nelwan, P. Manembu, A. Wauran, F. Manoppo, dan C. Mamahit, "Wireless Residential Electric Controller Using Arduino Uno and Bluetooth Module HC-05," *JURNAL EDUNITRO Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, hlm. 9–18, Feb 2023, doi: 10.53682/edunitro.v3i1.5408.
- [3] M. Aljshamee, A. H. Mousa, A. A. Omran, dan S. Ahmed, "Sound signal control on home appliances using Android smart-phone," *AIP Conf Proc*, vol. 2290, no. 1, hlm. 040023, Des 2020, doi: 10.1063/5.0027437.
- [4] F. E. Valdes-Perez dan R. Pallas-Areny, *Microcontrollers: fundamentals and applications with PIC*. CRC press, 2017.
- [5] A. Barkalov, L. Titarenko, dan M. Mazurkiewicz, *Foundations of Embedded Systems*, 1 ed., vol. 195. Cham: Springer Cham, 2019. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11961-4>.
- [6] M. Hasan, M. H. Anik, dan S. Islam, "Microcontroller Based Smart Home System with Enhanced Appliance Switching Capacity," dalam *2018 Fifth HCT Information Technology Trends (ITT)*, 2018, hlm. 364–367. doi: 10.1109/CTIT.2018.8649518.
- [7] D. Meidelfi, H. A. Moodutor, F. Sukma, dan S. Adnin, "High Performance Computing".
- [8] M. K. Parai, B. Das, dan G. Das, "An overview of microcontroller unit: from proper selection to specific application," *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, vol. 2, no. 6, hlm. 228–231, 2013.
- [9] C. Wootton, "General Purpose Input/Output (GPIO)," dalam *Samsung ARTIK Reference: The Definitive Developers Guide*, C.

- Wootton, Ed., Berkeley, CA: Apress, 2016, hlm. 235–288. doi: 10.1007/978-1-4842-2322-2\_17.
- [10] O. Lumbantobing, “Microcontroller Based Automatic Light Monitoring Implementation Using Sound Sensor,” *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 2, hlm. 49–52, 2022.
- [11] S. Gunpath, A. P. Murdan, dan V. Oree, “Design and implementation of a low-cost Arduino-based smart home system,” dalam *2017 IEEE 9th International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN)*, 2017, hlm. 1491–1495. doi: 10.1109/ICCSN.2017.8230356.
- [12] N. Sadikin, M. Sari, dan B. Sanjaya, “Smarthome Using Android Smartphone, Arduino uno Microcontroller and Relay Module,” *J Phys Conf Ser*, vol. 1361, no. 1, hlm. 012035, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1361/1/012035.
- [13] N. P. Novani, M. H. Hersyah, dan R. Hamdanu, “Electrical Household Appliances Control using Voice Command Based on Microcontroller,” dalam *2020 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2020, hlm. 288–293. doi: 10.1109/ICITSI50517.2020.9264979.
- [14] B. D. Parameshachari, S. K. Gopy, G. Hurry, dan T. T. Gopaul, “A study on smart home control system through speech,” *Int J Comput Appl*, vol. 69, no. 19, 2013.
- [15] M. R. Kamarudin, M. Yusof, dan H. T. Jaya, “Low cost smart home automation via microsoft speech recognition,” *International Journal of Engineering & Computer Science*, vol. 13, no. 3, hlm. 6–11, 2013.
- [16] S. Chatteraj, “Smart Home Automation based on different sensors and Arduino as the master controller,” *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 5, no. 10, hlm. 1–4, 2015.
- [17] R. H. Kumar, A. U. Roopa, dan D. P. Sathiya, “Arduino ATMEGA-328 microcontroller,” *Int. J. Innov. Res. Electr. Electron. Instrum. Control Eng*, vol. 3, no. 4, hlm. 27–29, 2015.
- [18] Y. Irawan dan R. Wahyuni, “Electronic Equipment Control System for Households by using Android Based on IoT (Internet of Things),” *J Phys Conf Ser*, vol. 1783, no. 1, hlm. 012094, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1783/1/012094.
- [19] M. E. Sophia dan K. O. Musa, “Design and Simulation of Domestic Remote Control System using Microcontroller”.
- [20] M. H. Sadraey, “Microcontroller,” dalam *Unmanned Aircraft Design: A Review of Fundamentals*, Springer, 2017, hlm. 123–137.
- [21] S. Mallik, D. Chowdhury, dan M. Chttopadhyay, “Development and performance analysis of a low-cost MEMS microphone-based hearing aid with three different audio amplifiers,” *Innov Syst Softw Eng*, vol. 15, no. 1, hlm. 17–25, 2019, doi: 10.1007/s11334-019-00325-7.
- [22] N. Roy, H. Hassanieh, dan R. Roy Choudhury, “Backdoor: Making microphones hear inaudible sounds,” dalam *Proceedings of the 15th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, 2017, hlm. 2–14.
- [23] J. Benesty, J. Chen, dan I. Cohen, *Design of circular differential microphone arrays*, vol. 12. Springer, 2015.
- [24] A. R. Krishna dan L. P. Suresh, “A brief review on multi level inverter topologies,” dalam *2016 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT)*, 2016, hlm. 1–6. doi: 10.1109/ICCPCT.2016.7530373.
- [25] M. Bekmezci, E. E. Altuner, V. Erduran, R. Bayat, I. Isik, dan F. Şen, “1 - Fundamentals of electrochemistry,” dalam *Nanomaterials for Direct Alcohol Fuel Cells*, F. Şen, Ed., Elsevier, 2021, hlm. 1–15. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821713-9.00023-8>.
- [26] M. Zschornak dkk., “Fundamental principles of battery design,” *Physical Sciences Reviews*, vol. 3, no. 11, 2018.
- [27] J. L. Blackburn dan T. J. Domin, *Protective relaying: principles and applications*. CRC press, 2015.
- [28] S. Syukriyadin, I. D. Sara, dan F. Mashuri, “Design of a Digital Standard Inverse Overcurrent Relay Using Arduino Uno as a Microcontroller,” dalam *2018 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICELTICS)*, 2018, hlm. 45–50. doi: 10.1109/ICELTICS.2018.8548835.
- [29] O. Lumbantobing, “Microcontroller Based Automatic Light Monitoring Implementation Using Sound Sensor,” *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 2, hlm. 49–52, 2022.