

Tempat Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Sistem IoT Telegram Bot

Muhammad As'adi¹, Muhammad Amir²,
Muhammad Kamalio³, Muhammad Ali Ridho⁴

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nurul Jadid, Probolinggo, Indonesia¹
Program Studi Informatika, Universitas Nurul Jadid, Probolinggo, Indonesia^{2,3,4}
muhammadasadi057@gmail.com¹, muhammadamirfo3@gmail.com²,
kamalok2x@gmail.com³, ridhoido90@gmail.com⁴

Abstrak. Manusia menyukai segala hal yang indah dan bersih termasuk kebersihan lingkungan disekitarnya. Namun, kepeduliannya terhadap lingkungan masih kurang dan faktanya masih banyak sampah yang berceceran di tanah sehingga dari sini perlu yang namanya daya tarik dalam mendorong manusia untuk membuang sampah pada tempatnya. Penelitian ini bertujuan dalam mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menciptakan tempat sampah otomatis yang dapat membuka dan menutup dengan sendirinya dengan sistem IoT (*Internet of Things*) sekaligus kontrol jarak jauh melalui aplikasi telegram bot dengan dua mode kerja yang berguna membantu petugas kebersihan dalam menjaga kondisi tempat sampah selalu dalam keadaan bersih. Manusia cenderung tetap memaksa membuang sampahnya pada tempat sampah yang sudah penuh sehingga dari permasalahan tersebut tercipta sistem yang dikembangkan dari sebelumnya dengan menambah sistem kontrol perpindahan dua mode kerja yang pertama mode kerja kosong dan mode kerja penuh. Penelitian dilakukan dengan metode kualitatif untuk mendapatkan data yang sesuai dengan fakta di lingkungan dan penelitian ini menghasilkan proyek Tempat Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Sistem IoT Telegram Bot.

Katakunci: *Berbasis Mikrokontroler; Projek IoT; Sistem IoT; Telegam Bot; Tempat Sampah Otomatis*

Abstract. Humans like all things that are beautiful and clean, including the cleanliness of the surrounding environment. However, his concern for the environment is still lacking and in fact there is still a lot of garbage scattered on the ground, so from here it is necessary to have something called attraction in encouraging people to throw garbage in its place. This study aims to overcome these problems, namely by creating automatic trash cans that can open and close automatically with an IoT (Internet of Things) system as well as remote control via the telegram bot application with two work modes that are useful for helping cleaners in maintaining the condition of the trash can. always clean. Humans tend to keep forcing their garbage to be dumped in an already full trash can so that from this problem a system was created which was developed from before by adding a shift control system with two working modes, the first is an empty work mode and a full work mode. The research was conducted using qualitative methods to obtain data that is in accordance with the facts in the environment and this research resulted in the project of an Automatic Trash Can Based on the IoT Telegram Bot System Microcontroller.

Keywords: *Microcontroller Based; IoT projects; IoT systems; Telegram Bots; Auto Trash*

Pendahuluan

Banyak manusia yang sadar dan banyak pula yang belum sadar akan kepeduliannya terhadap kebersihan lingkungan disekitarnya, hal tersebut dapat direfleksikan seperti masih banyaknya sampah yang berceceran di jalan menyebabkan manusia enggan untuk membuang sampah. Dalam meningkatkan kesadaran akan kepedulian terhadap kebersihan lingkungan, kadang memerlukan cara unik agar tiap-tiap individu tertarik, sehingga tak segan untuk membuang sampah pada tempatnya. Cara unik tersebut yaitu dengan membuat Tempat Sampah yang unik dan menarik yaitu tempat sampah otomatis (Haryanto & Wijaya, 2020).

Tempat sampah otomatis dapat bekerja secara otomatis yaitu tutup sampah dapat terbuka dan tertutup dengan sendirinya. Namun, hal ini belum sepenuhnya dapat mengatasi masalah pembuangan sampah dimana hal yang harus diperhatikan juga yaitu mengenai pencegahan menumpuknya sampah disekitar tempat sampah, sehingga perlu pemantauan tempat sampah secara berskala (*real time*). Mengenai hal ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan sistem IoT (*Internet of Things*).

Sistem kerja *Internet of Things* yaitu dengan memanfaatkan sebuah argument pemrograman yang dimana tiap-tiap perintah argument itu menghasilkan interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis (terintegrasi) tanpa campur tangan manusia dan jarak. Internetlah yang menjadi peranan penting sebagai penghubung komunikasi antara kedua mesin tersebut, sementara manusia hanya sebagai pengatur dan pengawas alat tersebut sedang bekerja (Setyawan & Nuryadi, 2019).

Mengenai penelitian ini, ada beberapa penelitian terkait yang sudah dilakukan antara lain yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Sohor et al., 2020) dengan judul “Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Dan Sensor Ultrasonik Dengan Notifikasi Telegram” menjelaskan pemanfaatan aplikasi telegram dengan akun bot yang dapat memonitoring kondisi tempat sampah melalui jaringan internet terhubung dengan sensor pendeteksi volume sampah berupa pengiriman pesan otomatis dari sistem terhadap telegram bot dengan bantuan module ESP8266.

Tidak jauh berbeda dengan penelitian pertama, penelitian kedua dilakukan oleh (Widodo et al., 2019) dengan judul “Tempat Sampah Pintar Dengan Notifikasi Berbasis IoT” Menggunakan Blink sebagai kendali module Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, WEMOS D1, dan module sejenisnya melalui internet dimana blink merupakan wadah kreatifitas untuk membuat antarmuka grafis untuk proyek yang akan diimplementasikan hanya dengan metode drag and drop widget.

Begitu juga dengan penelitian ketiga yang dilakukan oleh (Ismail et al., 2021) dengan judul “Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi” menggunakan Web server yang dibuat dengan menggunakan aplikasi *thingspeak*. *Thingspeak* ini adalah sebuah Web server yang sudah jadi dan sudah menyediakan chanel untuk pengelolaan data informasi yang masuk dan keluar, serta untuk mempublis data.

Dari beberapa uraian penelitian terkait diatas ketiganya mengupayakan solusi mengoptimalkan sistem tempat sampah otomatis dan penelitian kali ini mengembangkan sistem tersebut dimana selain memonitoring dari jarak jauh juga dapat mengontrol mode kerja tempat sampah sehingga tempat sampah kali ini memiliki dua mode kerja yaitu mode kerja kosong dan mode kerja penuh menghindari kecenderungan orang membuang sampah walaupun sudah penuh kapasitasnya.

Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat membantu mengatasi masalah pembuang sampah sembarangan yang masih terjadi di lingkungan masyarakat dengan menyadari pentingnya menjaga kebersihan lingkungan baik diri kita sendiri maupun orang lain dan lingkungan itu sendiri.

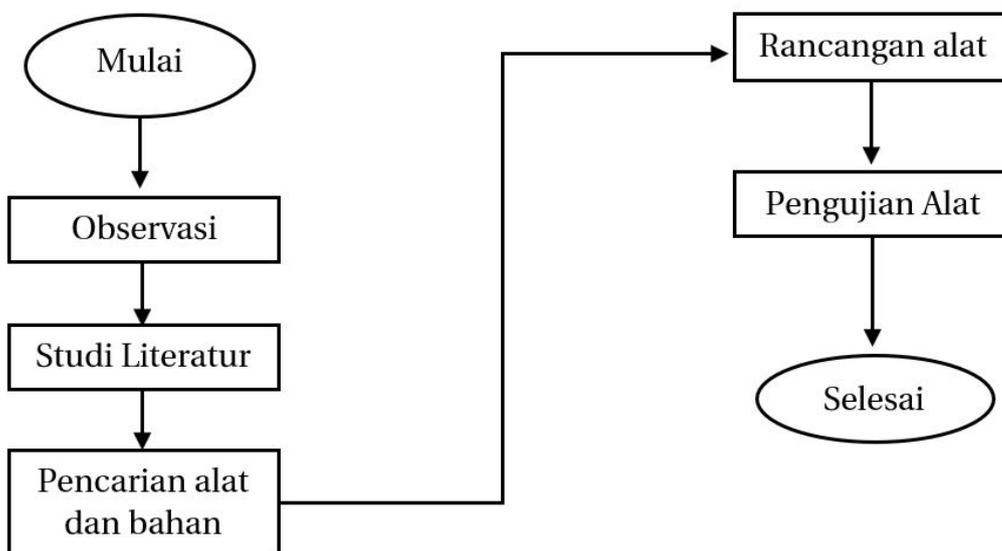
Metode

Penelitian ini menggunakan paradigma bersifat deskriptif dengan metode kualitatif yaitu riset yang bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis dengan pendekatan induktif. Penelitian kualitatif disebut juga dengan *interpretative research*, *naturalistic research*, atau *phenomenological research* (Rukin, 2021). Analisis data penelitian kualitatif dimaknai sebagai upaya mencari dan menata secara sistematis catatan hasil observasi, waw-

ancara, dan lainnya untuk meningkatkan pemahaman tentang kasus yang diteliti dan menyajikannya sebagai temuan.

Pendekatan penelitian ini ialah studi kasus lapangan dengan metode kualitatif dengan mengacu pada paradigma penelitian kualitatif yaitu mengamati, menggali informasi secara mendalam dan menafsirkan (Sugiarto, 2022). Penelitian dilakukan dengan mengamati lingkungan sekolah serta mewawancarai para siswa-siswi mengenai permasalahan yang sedang diteliti mengenai masalah sampah dan solusinya.

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan dengan menggunakan metode penelitian kualitatif yaitu pertama melakukan kegiatan observasi dengan mengunjungi langsung SMK ZAINUL HASAN GENGGONG dengan melakukan pengamatan seputar masalah sampah yang terjadi di lingkungan sekolah dan pondok. Kedua kami melakukan kegiatan wawancara dengan para siswa-siswi mengenai permasalahan yang diangkat dari penelitian ini dan solusi dari berbagai pendapat, ketiga kami mencari alat dan bahan, dan terakhir pengujian alat serta pengambilan kesimpulan.



Hasil dan Pembahasan

Sebagaimana yang sudah disebutkan bahwa penelitian dengan metode kualitatif melakukan beberapa tahapan kegiatan penelitian dimana hasil dari

penelitian tersebut ialah diantaranya mengenai kegiatan observasi lingkungan SMK ZAINUL HASAN GENGGONG mengenai permasalahan sampah di lingkungan sekitar khususnya lingkungan sekolah yang ditempati oleh para pelajar dapat diminimalisir dengan adanya tempat sampah otomatis dimana selain menarik perhatian para pelajar juga dapat dijadikan media pembelajaran bagi pelajar dalam dunia teknologi yang bermanfaat bagi lingkungan sekitar.

Selain data hasil yang diperoleh melalui observasi, kami juga melakukan kegiatan wawancara para siswa-siswi dan mendapatkan sebuah pendapat mengenai permasalahan sampah dimana solusi adanya tempat sampah otomatis ini sangatlah membantu meminimalisir masalah pembuangan sampah yang sembarangan dan dengan adanya sistem monitoring dan kontrol jarak jauh sangat membantu petugas kebersihan dalam menjaga kondisi tempat sampah selalu bersih dan terhindar dari masalah bertumpuknya sampah-sampah disekitar tempat sampah yang diakibatkan tempat sampah sudah penuh.

Begitu juga dengan referensi dari beberapa kajian penelitian terkait dengan penelitian kami, sebagai acuan dalam membuat tempat sampah otomatis yang lebih baik dan mendapat pembaharuan dari penelitian sebelumnya. Dengan demikian tempat sampah otomatis ini menggunakan sistem mikrokontroler dan sistem *Internet of Things* dimana komponen-komponen elektronika yang digunakan diantaranya ialah:

1. Arduino Nano

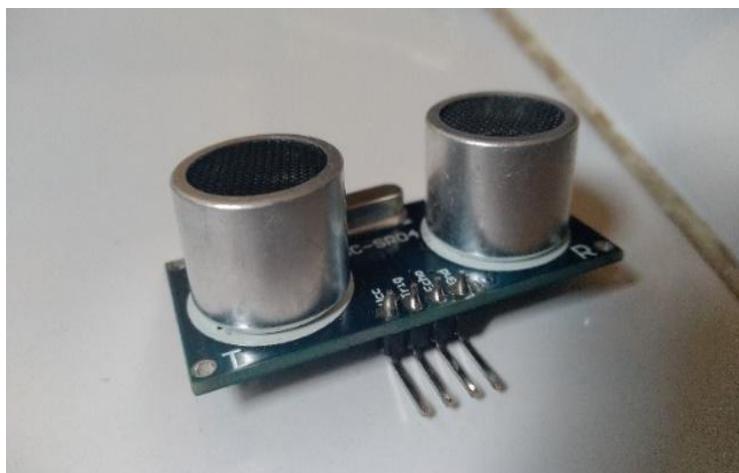
Arduino Nano berfungsi sebagai mikrokontroler yang merupakan chip mikrokomputer yang secara fisik berupa sebuah IC (*Integrated Circuit*). Mikrokontroler bekerja berdasarkan program (perangkat lunak) yang ditanamkan didalamnya, dan program tersebut dibuat sesuai dengan aplikasi yang diinginkannya. Aplikasi mikrokontroler normalnya terkait pembacaan data dari luar dan atau pengontrolan peralatan diluarnya (Dharmawan, 2017). Berikut dibawah ini gambar dari Arduino Nano.



Gambar 2. Arduino Nano

2. Sensor Ultrasonik (HC-SR04)

HC-SR04 merupakan sensor ultrasonic yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang atau objek dan sensor. HC-SR04 memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu pin Echo (*Receiver*) dan pin Trigger (*Transmitter*). Prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04 adalah ketika pada pin Trigger diberi tegangan positif selama 10 μ s, *Transmitter* akan mulai memancarkan gelombang ultrasonic dengan frekuensi 40kHz. Selanjutnya sinyal akan diterima pada pin Echo (*Receiver*). Untuk mengukur jarak benda yang memantulkan sinyal tersebut, maka selisih waktu ketika mengirim dan menerima sinyal digunakan untuk menentukan jarak benda tersebut (Malliwang, 2020). Berikut dibawah ini gambar dari sensor ultrasonik.



Gambar 3. Sensor HC-SR04

3. Sensor Infrared

Sensor Infrared atau *Infra Red (IR) Detector* adalah komponen elektronika yang digunakan untuk mendeteksi sinar infra merah pada area kerjanya. Dalam rangkaian sensor infrared ini terdapat dua buah komponen infrared yaitu pemancar infrared (*IR Transmitter*) dan penerima infrared (*IR Receiver*). Pemancar infrared merupakan sebuah photodiode yang dapat memancarkan sinar infra merah, sedangkan penerima sinar infra merah merupakan sebuah dioda khusus yang berfungsi sebagai penerima sinar infra merah. Mengenai fungsi dari sensor infrared ini, maka digunakan sebagai pendeteksi volume atau kapasitas sampah.

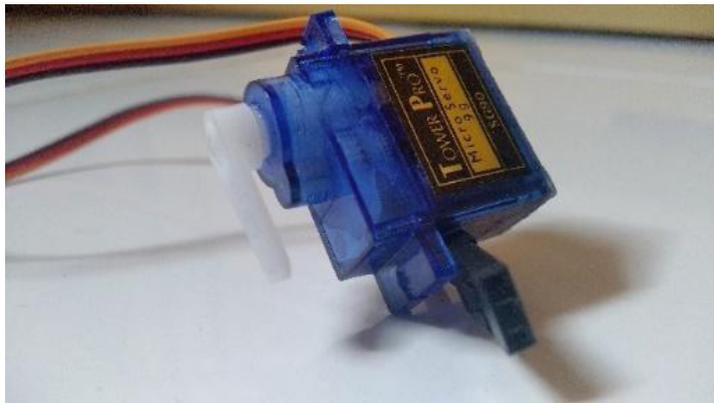


Gambar 4. Sensor Infrared

4. Motor Servo SG90

Motor Servo adalah jenis Aktuator elektromekanis yang tidak berputar secara kontinu seperti motor DC atau motor stepper. Motor servo digunakan untuk posisi dan memegang beberapa objek. Motor jenis ini digunakan dimana rotasi kontinu tidak diperlukan sehingga tidak digunakan untuk mengendalikan roda (kecuali servo ini dimodifikasi). Sebaliknya, motor servo digunakan dimana sesuatu yang dibutuhkan pindah ke posisi tertentu dan kemudian berhenti dan bertahan pada posisi itu. Dalam hal ini motor servo

yang digunakan ialah motor servo jenis SG90 yaitu sebuah motor servo kecil dengan output power yang tinggi. Motor Servo SG90 dapat berotasi sekitar 180 derajat dan bisa bekerja seperti servo standar lainnya sehingga motor servo ini difungsikan sebagai motor yang akan menarik tutup sampah untuk terbuka dan tertutup secara otomatis. Berikut dibawah ini gambar dari Motor Servo SG90.



Gambar 5. Motor Servo SG90

5. Modul DF-Player Mini dan Speaker Mini

Secara sederhana DF-Player Mini adalah modul suara/music player yang mendukung beberapa format file suara, salah satunya format MP3. DF-Player Mini berbentuk persegi 4 dengan ukuran 20 x 20 mm yang dimana memiliki 16 kaki pin. Output pada module mp3 mini ini dapat langsung dihubungkan dengan speaker atau amplifier sebagai penguat suaranya. Fungsi dari modul mp3 ini ialah sebagai pesan suara yang akan diberikan langsung terhadap orang yang membuang sampah dengan bunyi “Terimakasih sudah membuang sampah pada tempatnya”. Berikut dibawah ini gambar dari modul mp3.



Gambar 6. DF Player Mini

6. NodeMCU ESP8266

ESP8266 merupakan modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti Arduino agar dapat terhubung langsung dengan wifi dan membuat koneksi TCP/IP. Modul ini membutuhkan daya sekitar 3.3 Volt dengan memiliki tiga mode wifi yaitu Station, Access Point dan Both (keduanya). Modul ini juga dilengkapi dengan prosesor, memori dan GPIO dimana jumlah pin bergantung dengan jenis ESP8266 dan disini menggunakan NodeMCU yaitu mikrokontroler yang sudah dilengkapi dengan modul wifi ESP8266 dan digunakan dalam proyek IoT (*Internet of Things*) dengan sistem monitoring kondisi sampah dan mengontrol kondisi sampah dari jarak jauh dengan jaringan internet. Berikut dibawah ini gambar dari NodeMCU ESP8266.



Gambar 7. NodeMCU ESP8266

7. Lampu LED

LED (*Light Emitting Diode*) adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. Disini akan menggunakan dua warna lampu LED yaitu warna merah sebagai lampu indikator tempat sampah sudah penuh dan kedua warna biru sebagai indikator bahwa projek berhasil terkoneksi dengan jaringan internet dan sistem terhubung dengan aplikasi telegram.

8. Baterai 18650

Salah satu jenis baterai yang banyak digunakan saat ini adalah Battery Lithium-Ion 18650. Jenis baterai ini dapat di cas ulang (*Rechargeable*). Kebanyakan perangkat elektronik portable yang membutuhkan tenaga besar dan tahan lama dipastikan menggunakan baterai 18650. Tegangan maksimal baterai jenis ini ialah 3,7 Volt, maksimum dapat di cas 4,2 Volt dan baterai ini dianggap kosong pada tegangan 2,8 – 3,0 Volt. Baterai 18650 akan digunakan sebagai power supply dari tempat sampah otomatis yang bisa diletakkan di mana saja (portable) dan bisa di cas ulang. Berikut dibawah ini gambar dari baterai 18650.



Gambar 8. Baterai 18650

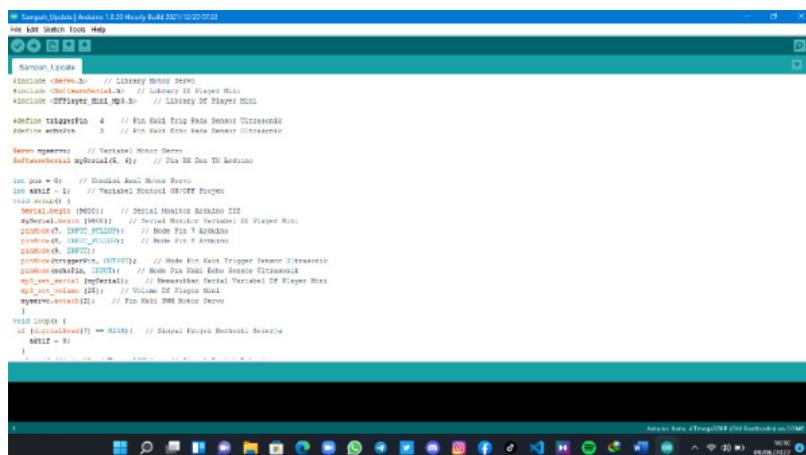
Selain kedelapan komponen tersebut, penelitian ini juga melibatkan perangkat lunak (*software*) yaitu:

1. Aplikasi Telegram

Dengan menggunakan sistem bot telegram yang disediakan oleh aplikasi telegram dapat memonitoring dan mengontrol kondisi tempat sampah hanya dengan jaringan internet dan aplikasi sederhana dan sudah tersedia serta umum banyak digunakan. Disini pengiriman data berupa pesan dari sistem tempat sampah otomatis akan terkirim ke aplikasi telegram sebagai notifikasi bahwa tempat sampah berhasil terkoneksi dengan jaringan internet dan sistem IoT serta pengontrolan mode kerja tempat sampah dengan sebuah kode yang dikirim dari aplikasi telegram ke sistem tempat sampah otomatis.

2. Aplikasi Arduino IDE

Arduino IDE adalah aplikasi lintas platform yang dapat digunakan untuk menulis dan mengunggah program ke papan Arduino dan kompatibel (Peña, 2020). Mengenai ini akan dibuat dua program dimana program pertama ialah program kontrol tempat sampah otomatis itu sendiri yang akan ditransfer ke Arduino Nano dan program kedua ialah program yang akan mengontrol sistem monitoring dan perpindahan mode kerja tempat sampah otomatis melalui jaringan internet yang akan ditransfer ke NodeMCU ESP8266. Berikut dibawah ini gambar dari Aplikasi Arduino IDE.



Gambar 9. Tampilan Aplikasi Arduino IDE

Pengujian alat dilakukan dan mendapatkan hasil bahwa pada saat alat baru pertama kali dihidupkan, maka alat akan mencoba mengkoneksikan sistem ke jaringan internet yang sudah ditentukan di program dan berhasil terkoneksi ketika lampu LED biru indikator koneksi menyala selanjutnya akan ada pesan masuk pada akun telegram bot jika sistem berhasil terkoneksi dengan aplikasi telegram dengan bantuan jaringan internet yang sudah didapatkan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 10. Kondisi Tempat Sampah Diaktifkan

Hasil pengujian alat menunjukkan bahwa semua sistem berhasil berjalan dengan lancar sesuai intruksi program yang telah ditransfer, motor servo berputar 180 derajat untuk membuka tutup sampah dan dalam hitungan beberapa detik akan kembali ke posisi semula tutup sampah tertutup. Jarak deteksi sensor ultrasonik sesuai dengan yang di intruksikan di program dengan selisih pembacaan jarak error ialah 0 cm, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

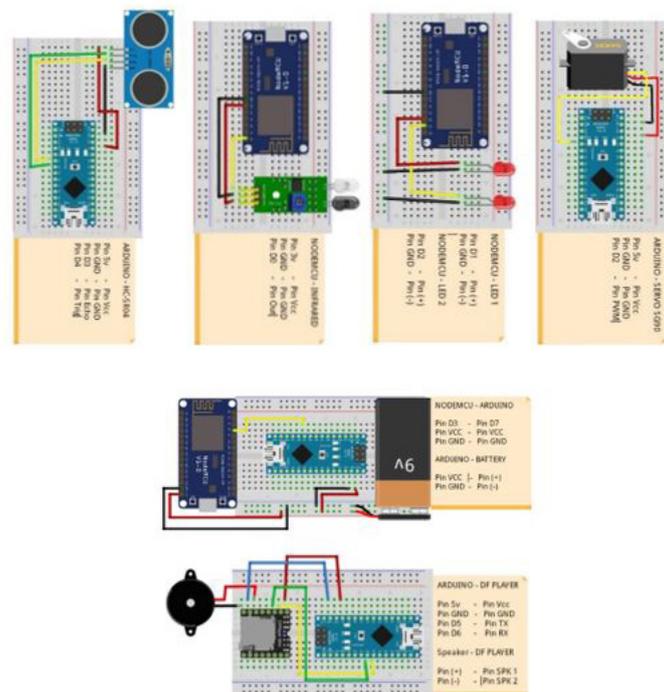


Gambar 11. Tempat Sampah Mendeteksi Objek

Proses kerja ini akan terus berlangsung sampai tegangan baterai turun sekitar 2 Volt ke bawah dimana kondisi tersebut menyebabkan kinerja tempat sampah melambat dan bahkan beberapa komponen akan berhenti bekerja walaupun ada sinyal input dari sensor ultrasonik yang masuk. Dengan demikian pengujian alat mendapatkan hasil yang sesuai dengan penelitian ini dengan mengacu pada beberapa penelitian terkait sebelumnya.

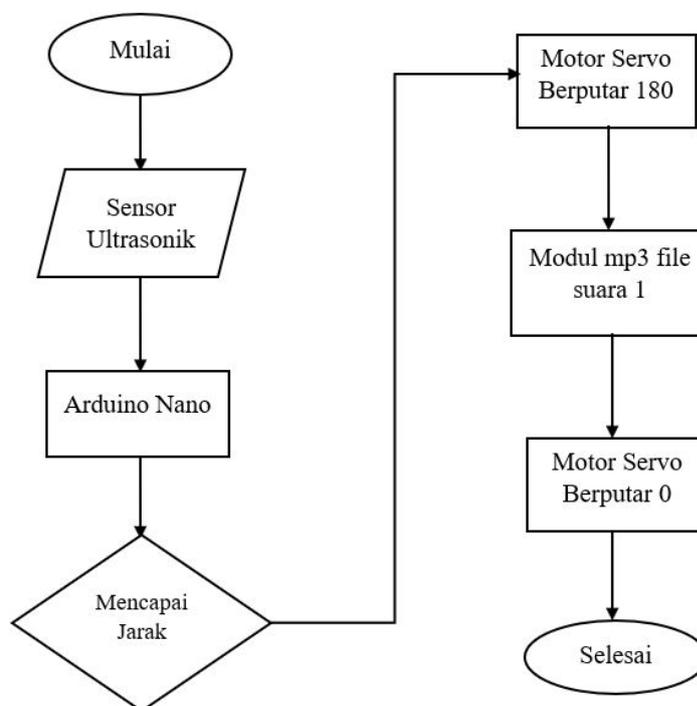
Penelitian ini dilakukan tidak lain untuk mengatasi permasalahan sampah dan mengembangkan penelitian-penelitian terkait sebelumnya. Dalam hal ini tidak jauh beda sebagai batasan ialah penelitian ini hanya menggunakan sensor HC-SR04 sebagai pendeteksi objek atau benda dengan kata lain ialah sampah. Menggunakan Arduino Nano dan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dimana Arduino pengontrol sistem tempat sampah otomatis dan NodeMCU sebagai pengontrol monitoring dan kontrol jarak jauh dengan jaringan internet. Selain itu, aktuator penggerak tutup sampah disini menggunakan motor servo jenis SG90.

Seperti yang sudah disebutkan bahwa tempat sampah otomatis memiliki delapan komponen yang saling terhubung, berikut dibawah ini gambar yang menunjukkan koneksi antar komponen tersebut.



Keenam gambar tersebut menunjukkan koneksi dari beberapa komponen utama tempat sampah otomatis, dengan program yang sudah ditanamkan pada Arduino Nano dan NodeMCU ESP8266, maka sistem akan bekerja seperti yang sudah direncanakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Pada saat ada objek yang mendekati tempat sampah sampai mendapati jarak yang sudah ditentukan, sensor ultrasonik sebagai input akan mengirimkan sinyal.
2. Motor servo sebagai aktuator akan berputar sesuai posisi yang sudah ditentukan untuk menarik tutup sampah untuk membuka dan tertutup.
3. Motor servo akan berhenti dalam posisi membuka tutup sampah selama waktu yang ditentukan di program dan modul mp3 akan memutar file suara untuk membunyikan speaker yang berbunyi “Terimakasih sudah membuang sampah pada tempatnya”.
4. Setelah selang waktu yang ditentukan, motor servo akan kembali ke posisi semula dimana tutup sampah dalam keadaan tertutup. Proses ini akan berlangsung setiap kali ada benda atau objek yang mendekati sensor ultrasonik.



Gambar SEQ Gambar * ARABIC 13. Flowcart Proses Kerja Tempat Sampah Mode Kosong

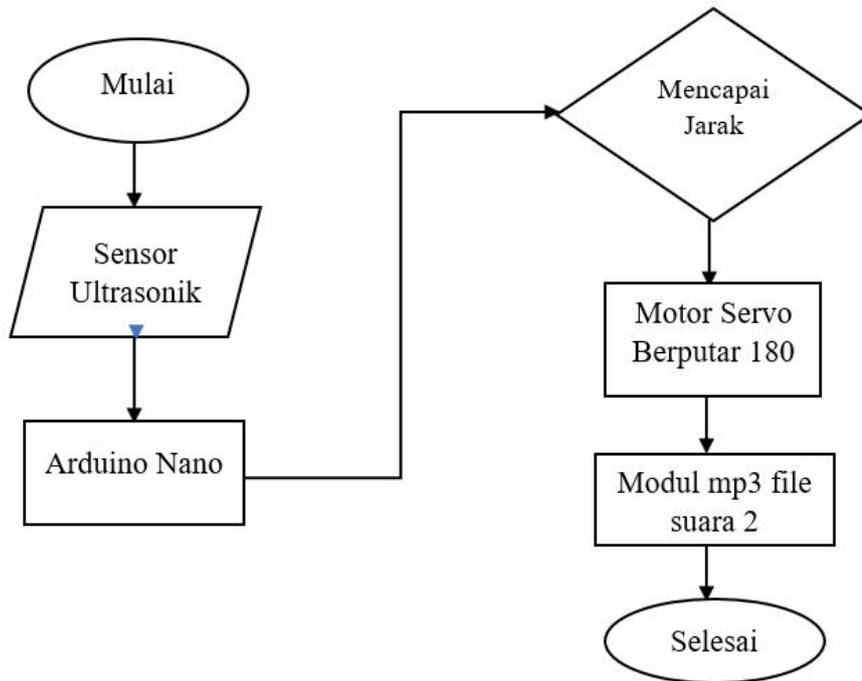
Pengembangan dari penelitian ini ialah tempat sampah otomatis disini memiliki dua mode kerja dimana proses kerja diatas adalah proses kerja dalam mode kosong atau tidak penuh, sedangkan pada saat kondisi sampah sudah penuh, maka dengan kontrol telegram bot dengan mengirim pesan perintah “OFF” dapat dipindah ke mode kerja penuh seperti gambar dibawah ini.



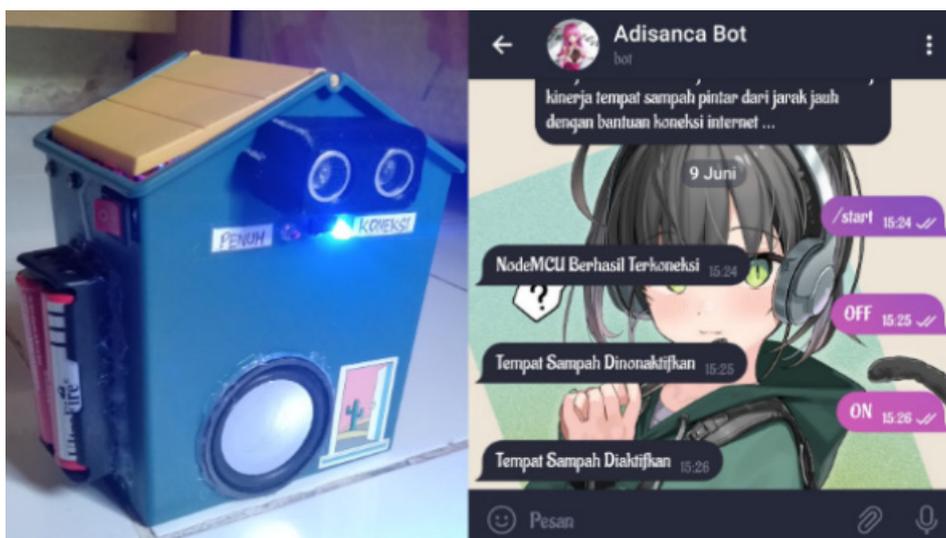
Gambar 14. Kondisi Tempat Sampah Mode Penuh

Pada saat mode kerja penuh maka tempat sampah otomatis akan bekerja sebagai berikut:

1. Pada saat ada benda atau objek yang mendekati tempat sampah sampai mendapati jarak yang ditentukan.
2. Motor servo tidak akan berputar sesuai posisi yang ditentukan artinya tutup sampah tidak akan terbuka melainkan tetap dalam keadaan tertutup.
3. Modul mp3 akan memutar suara yang berbeda saat dalam keadaan kosong dimana speaker akan berbunyi “Mohon maaf tempat sampah sudah penuh”.
4. Selain itu, lampu LED merah akan menyala sebagai indikator tempat sampah sudah penuh dan proses akan terus berlangsung.



Mengenai hal ini tempat sampah akan tetap memasuki mode kerja penuh selama kita tidak memberikan pesan perintah “ON” pada kontrol telegram bot, artinya jika pesan perintah tersebut diberikan maka tempat sampah akan kembali ke mode kerja semula yaitu mode kerja kosong dan lampu indikator penuh (LED Merah) akan mati seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 16. Kondisi Tempat Sampah Mode Kosong

Penutup

Sebagaimana yang sudah disebutkan mengenai tujuan diadakannya penelitian ini ialah untuk mengatasi permasalahan sampah dan mengembangkan beberapa penelitian terkait sebelumnya dimana penelitian ini berhasil terselesaikan dan Tempat Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Sistem IoT Telegram Bot berjalan dengan lancar sesuai dengan apa yang telah direncanakan dari penelitian ini.

Perbedaan penelitian ini dengan beberapa penelitian terkait yang relevan ialah terletak pada sistem IoT yang dikembangkan dimana jika sebelumnya hanya sampai pada monitoring kondisi sampah maka penelitian ini menambahkan kontrol telegram dimana tempat sampah memiliki dua mode kerja yang memiliki fungsi masing-masing yaitu mode kerja kosong seperti normalnya tempat sampah otomatis dan mode kerja penuh yang baru ditambahkan dalam penelitian ini dalam mencegah pembuangan paksa sampah pada tempat sampah yang sudah penuh.

Dalam penelitian ini masih belum bisa dikatakan sempurna, beberapa hal masih perlu yang namanya perkembangan dimana penelitian terdapat beberapa keterbatasan yang diharapkan dapat disempurnakan dalam penelitian selanjutnya diantaranya yaitu:

1. Penambahan sensor pendeteksi tegangan baterai sehingga dapat penangan langsung ketika kinerja tempat sampah melambat.
2. Tempat sampah berisfat portabel, perlu ditambah alat berteduh seperti payung otomatis yang aktif ketika mendeteksi hujan untuk menjaga kondisi sensor tempat sampah yang harus berada diluar.

Daftar Pustaka

- Dharmawan, H. A. (2017). *Mikrokontroler: Konsep Dasar dan Praktis*. Universitas Brawijaya Press.
- Haryanto, D., & Wijaya, R. I. (2020). Tempat Sampah Membuka Dan Menutup Otomatis Menggunakan Sensor Inframerah Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Manajemen Dan Teknik Informatika (JUMANTAKA)*, 3(1).

- Ismail, M., Abdullah, R. K., & Abdussamad, S. (2021). Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 3(1), 7-12.
- Malliwang, Y. (2020). *Tempat Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*. Universitas Hasanuddin.
- Peña, C. (2020). *Arduino IDE: Domina la programación y controla la placa*. RedUsers.
- Rukin, S. P. (2021). *METODOLOGI PENELITIAN KUALITATIF EDISI REVISI*. Jakad Media Publishing.
- Setyawan, F., & Nuryadi, S. (2019). *Perancangan Tempat Sampah Berbasis Internet of Things (Iot) Menggunakan Aplikasi Telegram*. University of Technology Yogyakarta.
- Sohor, S., Mardeni, Irawan, Y., & Sugiati. (2020). RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH OTOMATIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER DAN SENSOR ULTASONIK DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM. *Jurnal Ilmu Komputer*, 9(2), 154-160. <https://doi.org/10.33060/JIK/2020/VOL9.ISS2.182>
- Sugiarto, I. (2022). *Metodologi penelitian bisnis*. Penerbit Andi.
- Widodo, Y. B., Sutabri, T., & Faturahman, L. (2019). Tempat sampah pintar dengan notifikasi berbasis iot. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 5(2), 50-57.