

IMPLEMENTASI SENSOR ULTRASONIK PADA TEMPAT SAMPAH PINTAR BERBASIS IOT

Krissantus Andrie Verryando¹, Riyadi J. Iskandar², Alfred Yulius Arthadi Putra³

^{1,2,3} Informatika, Fakultas Teknologi Informasi Universitas Widya Dharma, Pontiana

e-mail: ¹18421227_krissantus_a_v@widyadhharma.ac.id, ²riyadijiskandar@gmail.com,

³alfredyulius703@gmail.com

Abstract

The increasing problem of waste management has become a global issue that requires innovative solutions. The main cause of this issue is the awareness of each person. In today's digital era, smartphones are a top priority in doing activities because efficiency becomes a convenience as any example is within reach. The ease of getting information becomes a reference in making decisions. The rise of technology that is increasingly sophisticated in the last decade has made everything around us also touch technology according to the needs of its users. In this regard, this research aims to design and implement a smart trash can connected through the Internet of Things (IoT) using ultrasonic sensors. The system is designed to automatically open and close the trash can, detect the presence of users who will throw away the trash, detect the level of trash can contents, send data to the Telegram application, and provide notification of almost full trash can notifications to users in real-time or manually by interacting through a chatbot on the Telegram application according to the data sent by the ultrasonic sensor. This research uses hardware and software design approaches and quantitative methods. Arduino Uno R3 is used as a microcontroller that works as an electronic circuit capable of processing data and changing it as a reaction to open and close the trash can automatically. The ultrasonic sensor is used to detect the user and measure the level of the bin contents, and the electronic components connected through the IoT network send the data to the Telegram application. A web-based application and a mobile application were developed for the bin monitoring system that is useful for monitoring the status of the bin and providing notifications to users. The results showed that the system was successful in detecting the content level of the bin with a high degree of accuracy. The use of IoT technology enables efficient monitoring and better decision-making in waste management. In addition, the use of these smart bins can help reduce user manual labor and optimize garbage collection in the neighborhood.

Keywords - Internet of Things (IoT), Smart Trash Can, Monitoring System, Ultrasonic Sensor, Telegram.

Abstrak

Permasalahan pengelolaan sampah yang semakin meningkat menjadi isu global yang memerlukan solusi inovatif. Penyebab utama terjadinya isu ini adalah kesadaran masing-masing setiap orang. Pada era digital sekarang ini, Smartphone menjadi prioritas utama dalam beraktivitas karena efisiensi menjadi kenyamanan seperti contoh apapun ada dalam genggamannya. Mudah-mudahan mendapatkan informasi menjadi acuan dalam melakukan keputusan. Maraknya teknologi yang semakin mutakhir dalam dekade terakhir menjadikan segala sesuatu yang ada di sekitar kita turut menjamah teknologi sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Dalam kaitannya, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan tempat sampah pintar yang terhubung melalui Internet of Things (IoT) dengan menggunakan sensor ultrasonik. Sistem ini dirancang untuk secara otomatis membuka dan menutup tempat sampah, mendeteksi keberadaan pengguna yang akan membuang sampah, mendeteksi tingkat isi tempat sampah, mengirimkan data ke aplikasi Telegram, dan memberikan pemberitahuan notifikasi tempat sampah hampir penuh kepada pengguna secara real-time maupun secara manual dengan berinteraksi melalui chatbot pada aplikasi Telegram sesuai data yang dikirimkan oleh sensor ultrasonik. Penelitian ini menggunakan pendekatan desain perangkat keras dan perangkat lunak serta metode kuantitatif. Arduino Uno R3 digunakan sebagai mikrokontroler yang bekerja sebagai rangkaian elektronik yang mampu mengolah data dan merubahnya sebagai reaksi untuk membuka dan menutup tempat sampah secara otomatis. Sedangkan sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi pengguna dan mengukur tingkat isi tempat sampah, serta komponen elektronik yang terhubung melalui jaringan IoT mengirimkan data ke aplikasi Telegram. Aplikasi berbasis web dan aplikasi seluler dikembangkan bagi sistem monitoring tempat sampah yang berguna untuk memantau status tempat sampah dan memberikan pemberitahuan kepada pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil dalam mendeteksi tingkat isi tempat sampah dengan tingkat akurasi yang tinggi. Penggunaan teknologi IoT memungkinkan pemantauan yang efisien dan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan sampah. Selain itu, penggunaan tempat sampah pintar ini dapat membantu mengurangi kerja manual pengguna dan mengoptimalkan pengumpulan sampah di lingkungan sekitar.

Kata kunci – Internet of Things (IoT), Tempat Sampah Pintar, Sistem Monitoring, Sensor Ultrasonik, Telegram.

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi dan informasi saat ini menjadi acuan seseorang maupun sekelompok orang untuk menemukan wawasan baru. Luasnya ilmu pengetahuan membuat teknologi semakin mutakhir, tentu perpaduan antara ilmu pengetahuan dan teknologi akan terus berkembang mengikuti arus perkembangan digital. Teknologi menjadi suatu alat yang diperlukan untuk mempermudah pekerjaan manusia ataupun sekedar mendapatkan informasi baru. Perkembangan ini dapat dirasakan oleh semua orang sebagai pengguna teknologi. Salah satu teknologi yang cukup populer dan sering digunakan saat ini adalah Internet of Things (IoT).

Internet of Things (IoT) adalah tren baru di dunia teknologi yang akan menjadi salah satu hal besar di masa depan, memiliki konsep dimana sebuah objek tertentu memiliki kemampuan untuk mengirimkan data lewat melalui jaringan dan tanpa adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer^[1]. Ada tiga hal utama yang menjadi dasar pembentukan IoT yaitu Artificial Intelligence (AI), sensor dan konektivitas. Internet of Things juga seringkali diidentifikasi dengan RFID sebagai metode komunikasi, tetapi IoT juga bisa mencakup teknologi-teknologi sensor lainnya seperti teknologi nirkabel dan kode QR. Dengan kelebihan yang dimilikinya, Internet of Things dikenal juga sebagai perangkat cerdas. Internet of Things dapat digunakan pada semua aspek kehidupan mulai dari rumah tangga, perkantoran, industri, transportasi, kesehatan, pendidikan serta lingkungan^[2].

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya dan dapat mendeteksi jarak benda tersebut dari dirinya sama seperti prinsip seekor lumba-lumba yang menggunakan gelombang ultrasonik untuk berkomunikasi dan kemampuan navigasi pada kelelawar. Sensor pendeteksi jarak dapat digunakan pada berbagai macam kebutuhan seperti pendeteksi jarak pada mobil, robot dan sebagainya. Terdiri dari dua unit yaitu unit pemancar (transmitter) dan unit penerima (receiver). Frekuensi gelombang suara yang dihasilkan biasanya berkisar dari 40 kHz hingga 400 kHz^[3].

Seiring berjalan berjalannya waktu, fenomena sampah di Indonesia semakin meningkat karena kurangnya kesadaran dalam diri setiap orang. Fenomena ini menjadi masalah di berbagai daerah seperti limbah yang dihasilkan oleh masyarakat, minimnya tempat pembuangan sampah dan masih banyak lagi yang mengakibatkan berkembangnya populasi serangga dan tikus serta kuman yang menjadi sumber polusi dan pencemaran air, tanah serta udara. Ancaman serius tercipta karena ulah manusia sendiri. Menanam kesadaran dalam diri masing-masing adalah hal wajib setiap orang. Populasi manusia yang semakin bertambah juga menjadi salah satu faktor penyebab meningkatnya sampah. Peran pemerintah untuk selalu menekan pentingnya untuk tidak membuang sampah sembarangan sudah menjadi konsumsi biasa bagi masyarakat. Dampak yang selalu disinggung jika sudah berbicara tentang kebersihan ialah kesehatan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyebut total sampah nasional pada tahun 2021 mencapai 68,5 juta ton dan naik sampai 70 juta ton pada tahun 2022^[4].

Dari permasalahan di atas, penulis tertarik untuk merancang sebuah rancangan IoT yang diaplikasikan ke dalam tempat sampah dengan judul "Perancangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis IoT".

2. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini, dibahas tahapan-tahapan penelitian yang digunakan dalam perancangan perangkat tempat sampah pintar. Tahapan-tahapan penelitian tersebut yaitu:

2.1. Rancangan Penelitian, Pengumpulan Data, Teknik Ananlisis Sistem, Aplikasi Perancangan Sistem.

2.1.1. Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan penelitian kuantitatif dimana sensor ultrasonik sebagai alat ukur yang memperoleh data dengan perhitungan matematis untuk mendapatkan hasil kapasitas tempat sampah, sehingga data dapat diperoleh sebagai pemberitahuan kepada pengguna melalui bot Telegram berupa chatbot maupun notifikasi otomatis.

2.1.2. Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah studi literatur dan studi kepustakaan, dengan kedua teknik studi ini penulis mendapatkan banyak referensi dalam perancangan tempat sampah pintar berbasis IoT. Adapun pengumpulan data yang dilakukan oleh sistem ialah menggunakan dua sensor ultrasonik yang berfungsi sebagai alat yang mendeteksi keberadaan pengguna di depan tempat sampah dan mendeteksi ketinggian sampah di dalam tempat sampah.

2.1.3. Teknik Analisis Sistem

Teknik Analisis sistem yang digunakan untuk analisis sistem yaitu teknik analisis sistem berbasis objek dengan teknik permodelan Unified Modelling Language (UML).

2.1.4. Aplikasi perancangan sistem.

Teknik perancangan sistem yang penulis gunakan untuk merancang perangkat tempat pintar yaitu: Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++ yang juga digunakan sebagai text editor dalam merancang halaman HTML, Fritzing sebagai aplikasi perancangan skematik perangkat dan Telegram sebagai aplikasi perancangan bot.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Data

Data adalah input dalam system informasi, yang masih berbentuk fakta-fakta, angka atau symbol yang masih harus diproses agar dapat menghasilkan informasi^[5]. Data merupakan kumpulan fakta atau sesuatu digunakan sebagai input yang diolah dalam proses dan akan menghasilkan suatu informasi (output)^[6].

2.2.2. Internet of Things (IoT)

IoT merupakan sistem komputer yang saling terhubung antara objek, manusia atau hewan dan mesin digitalisasi saling melengkapi dengan cara mengidentifikasi kemampuan dalam mentransfer data menggunakan jaringan tanpa membutuhkan interaksi human-to-human maupun human-to-device^[7]. Internet of Things (IoT) adalah suatu konsep mengenai terhubungnya benda-benda di sekitar kita dengan suatu jaringan^[8].

2.2.3. Arduino

Arduino adalah perangkat elektronik yang berfungsi seperti mikrokontroler dan bersifat open source^[9]. Arduino merupakan mikrokontroler single-board yang bersifat open source, diturunkan dari proses wiring platform, dan dirancang untuk memudahkan peneliti, hobbies, dan pelaku penggemar dibidang elektronika dalam berbagai aplikasi kehidupan^[10].

2.2.4. Unified Modelling Language

Unified Modeling Language (UML) adalah sebuah “bahasa” yang telah menjadi standar dalam industri untuk visualisasi, merancang, dan mendokumentasikan sistem piranti lunak^[11]. UML (Unified Modeling Language) adalah sebuah bahasa yang berdasarkan grafik/gambar untuk memvisualisasi, menspesifikasikan, membangun, dan pendokumentasian dari sebuah sistem pengembangan software berbasis OO (Object-Oriented)^[12].

2.2.5. Skematik

Skematik rangkaian merupakan gambaran elektronika dari rangkaian untuk mengungkapkan sebuah rangkaian dengan perpaduan simbol-simbol listrik yang tersambung dengan garis yang terhubung atau terkoneksi dari komponen kabel di dalam sebuah rangkaian^[13]. Skematik berarti skema/sket/diagram^[14].

2.2.6. Chatbot

Chatbot adalah sebuah program komputer yang dapat melakukan percakapan dengan pengguna menggunakan bahasa natural^[15]. Chatbot atau chatting robot adalah program yang menyerupai percakapan dengan manusia menggunakan Artificial Intelligence (AI)^[16].

2.2.7. Telegram

Telegram adalah sebuah aplikasi layanan pengirim pesan instan multiplatform berbasis awan yang bersifat gratis dan nirbala^[17]. Telegram adalah aplikasi berbasis cloud dan sistem enkripsi yang menyediakan enkripsi ujung ke ujung, pesan penghancuran diri, dan infrastruktur pusat data multi^[18].

2.2.8. Bot Telegram

Botfather merupakan layanan pada aplikasi Telegram untuk membantu pengguna dalam membuat bot^[19]. Bot Telegram adalah program yang menawarkan fungsi dan otomatisasi yang dapat diintegrasikan oleh pengguna Telegram ke dalam obrolan, saluran atau grup mereka^[20].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Kerja Sistem Alat Tempat Sampah Pintar

Perancangan rangkaian elektronika dari sistem yang akan dibangun, yaitu merancang tempat sampah dengan komponen Arduino yang terdiri atas papan Arduino, komponen masukan (input), komponen proses dan komponen keluaran (output). Komponen masukan (input) terdiri atas dua sensor Ultrasonic HC-SR04 yang digunakan sebagai mendeteksi keberadaan objek atau pengguna di depan tempat sampah dan mendeteksi sampah di dalam tempat sampah untuk sistem monitoring menggunakan smartphone Android melalui aplikasi Telegram. Komponen proses terdiri atas Arduino Uno R3 dan NodeMcu ESP8266 yang digunakan sebagai tempat pemrosesan terjadi. Mini Servo berfungsi sebagai penggerak buka dan tutup tempat sampah, serta komponen keluaran (output) terdiri dari smartphone Android yang sudah ter-install aplikasi Telegram yang berfungsi untuk monitoring kapasitas sampah di dalam tempat sampah berbasis IOT.

Diperlukan beberapa komponen untuk merancang sistem alat tempat sampah pintar ini, yaitu hardware, software serta proses yang digunakan di dalam sistem ini untuk menjalankan prosedur dari gabungan hardware dan software tersebut. Perancangan tempat sampah pintar berbasis IOT ini menggunakan hardware dan software yang terdiri atas:

3.1.1. Perangkat Keras (Hardware)

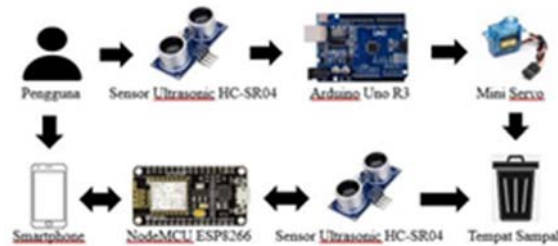
Perancangan tempat sampah pintar berbasis smartphone Android ini dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino yang mengontrol komponen yang saling berhubungan pada peralatan tempat sampah yang digunakan di dalam penelitian ini. Perangkat keras (hardware) yang digunakan yaitu: Arduino Uno R3, NodeMCU ESP8266, Sensor Ultrasonic HC-SR04, Mini Servo, Kabel Jumper, Mini Breadboard, Adaptor 5V 2A, 9V Battery Holder dan Baterai 9V serta tempat sampah 33 x 32 x 65 cm.

3.1.2. Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak (software) yang digunakan untuk perancangan tempat sampah pintar ini menggunakan Arduino IDE sebagai aplikasi teks editor untuk memasukkan koding (source code) pada perangkat keras

(komponen Arduino) dan aplikasi Telegram pada smartphone Android yang menggunakan bot untuk sistem monitoring tempat sampah berbasis IoT.

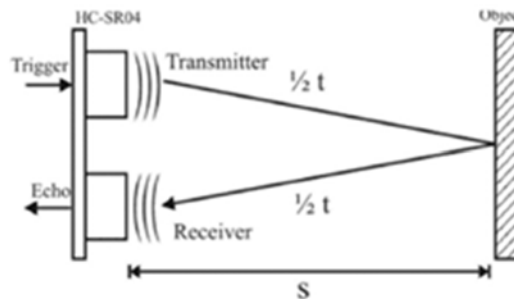
Pada Gambar 1 user berhadapan dengan tempat sampah untuk membuang sampah. Ketika pengguna berada di depan tempat sampah, sensor ultrasonic HC-SR04 yang terletak di depan tempat sampah akan mendeteksi pengguna sebagai objek di depannya dan akan mengirim data ke Arduino Uno R3 untuk menggerakkan Mini Servo sebagai modul penggerak yang berada di dalam tutup tempat sampah yang berkaitan langsung dengan tutup tempat sampah, kemudian akan membuka otomatis tempat sampah tersebut. User juga dapat memonitoring kapasitas tempat sampah yang telah terisi melalui sensor Ultrasonic HC-SR04 yang terletak di dalam bagian atas tempat sampah yang akan mengirim data ke NodeMCU ESP8266 sebagai komponen Arduino yang berfungsi untuk menghubungkan smartphone Android dengan perangkat tempat sampah menggunakan WiFi, smartphone Android yang telah terhubung dengan perangkat dapat memonitoring kapasitas tempat sampah menggunakan chatbot melalui aplikasi Telegram dengan mengetikkan command atau perintah yang dimasukkan ke dalam kotak pesan atau kotak percakapan (kapasitas) kemudian akan muncul secara otomatis kapasitas tempat sampah yang telah terisi dalam persentase, tempat sampah juga akan mengirim data secara real time notifikasi tempat sampah jika tempat sampah hampir penuh melalui bot Telegram.



Gambar 1. Prinsip Kerja Sistem Berjalan Tempat Sampah Pintar

3.1.3. Membuka dan Menutup Otomatis Tempat Sampah

Penulis menghubungkan laptop dengan Arduino Uno R3 menggunakan kabel USB, kemudian mengetik dan memasukkan coding pada Arduino Uno R3. Mini servo dan sensor ultrasonic HC-SR04 telah dirangkai pada papan Arduino Uno R3 menggunakan kabel jumper dan pin yang telah ditentukan. Sensor ultrasonic HC-SR04 akan dibatasi dengan jarak kurang dari 29 cm untuk mendeteksi objek pengguna. Jika terdeteksi dengan jarak tersebut maka Arduino Uno R3 akan menggerakkan mini servo dengan sudut rotasi 160 derajat yang akan membuka tempat sampah selama 4 detik dan diperlukan waktu 1 detik untuk membuka kembali tempat sampah yang sudah otomatis tertutup.



Gambar 2. Prinsip Pengukuran Jarak Sensor Ultrasonic HC-SR04

Prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 ketika pulsa trigger diberikan pada sensor, transmitter akan mulai memancarkan gelombang ultrasonik, pada saat yang sama sensor akan menghasilkan output TTL transisi naik menandakan sensor mulai menghitung waktu pengukuran, setelah receiver menerima pantulan yang dihasilkan oleh suatu objek maka pengukuran waktu akan dihentikan dengan menghasilkan output TTL transisi turun. Jika waktu pengukuran adalah t dan kecepatan suara adalah 340 m/s, maka jarak antara sensor dengan objek dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$s = t \times \frac{340 \text{ m}}{2} \tag{Persamaan 1}$$

3.1.4. Perancangan Bot Telegram

Perancangan bot Telegram ada dua cara, yaitu menggunakan laptop dengan aplikasi Telegram desktop atau melalui smartphone menggunakan aplikasi Telegram Android. Perancangan keduanya sama, yaitu penulis mencari bot dengan mengetikkan BotFather pada kolom pencarian Telegram, setelah itu ketikkan /start pada kotak pesan dan akan muncul balasan tentang informasi perintah yang dapat digunakan untuk merancang bot Telegram.

Selanjutnya ketikkan /newbot pada kotak pesan. Selanjutnya penulis membuat nama bot Tempat Sampah Pintar dengan username initempatsampahpintar_bot, kemudian akan muncul API token yang akan dimasukkan ke dalam coding. Selanjutnya mengambil IDBot Telegram dengan menyetikkan IDBot pada kolom pencarian Telegram. Klik tombol start atau menyetikkan /start pada kotak pesan, selanjutnya menyetikkan /getid pada kotak pesan dan akan otomatis mendapatkan balasan ID kepemilikan kita yang akan dimasukkan ke dalam coding. Pastikan API token dan ID yang digunakan sesuai agar mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan bot Telegram dapat berinteraksi.

3.1.5. Sistem Monitoring

Penulis menghubungkan laptop dengan NodeMCU ESP8266 menggunakan kabel USB, kemudian mengetik dan memasukkan coding pada NodeMCU ESP8266. Agar bisa terkoneksi dengan wifi dan bot Telegram maka ssid, password, token dan id harus sesuai yang digunakan pada perangkat sistem berjalan. NodeMCU ESP8266 akan real time bekerja mendeteksi ketinggian sampah pada tempat sampah menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04 atau memasukkan pesan "Kapasitas" agar bisa mendapatkan keluaran (output) pada bot Telegram. Berikut rumus perhitungan yang digunakan untuk sistem monitoring :

$$Distance = \frac{Duration \times 0.034}{2} \quad \text{Persamaan 2}$$

dimana:

Distance = Jarak sensor ultrasonic HC-SR04 dengan sampah dalam satuan cm.

Duration = Pembacaan pulsa HIGH atau LOW pada sensor ultrasonic HC-SR04 dalam satuan m/s.

0.034 hm/s = Kecepatan suara

$$Tinggi = Tinggi tempat sampah - Distance \quad \text{Persamaan 3}$$

Dimana:

a. Tinggi = Ketinggian sampah.

b. Tinggi tempat sampah = Tinggi tempat sampah yang digunakan.

c. Distance = Jarak sensor ultrasonic HC-SR04 dengan sampah dalam satuan cm.

Kemudian NodeMCU ESP8266 akan mengkalkulasikan jarak tempat sampah yang telah terisi ke dalam bentuk persentase seperti rumus di bawah:

$$Hasil = \frac{Tinggi}{Tinggi tempat sampah} \times 100\% \quad \text{Persamaan 4}$$

Dimana:

a. Hasil = Persentase kapasitas tempat sampah.

b. Tinggi = Ketinggian sampah.

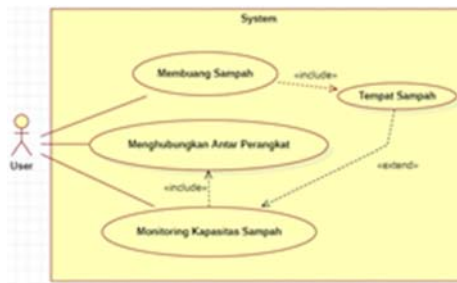
c. Tinggi tempat sampah = Tinggi tempat sampah yang digunakan.

Maka didapatkanlah hasil kapasitas tempat sampah dalam bentuk sentimeter (cm). Untuk mendapatkan hasil dalam persentase (%) maka penulis mengimplementasikan rumus pada gambar di atas ke dalam codingan, dan memanggil fungsi hasil agar dapat menjadi keluaran pada bot Telegram. Jika bot mendapatkan pesan baru "Kapasitas", maka akan mengirimkan keluaran (output) kepada bot Telegram "KAPASITAS TEMPAT SAMPAH 20.32%", dan seterusnya. Kemudian akan mengirim notifikasi "KAPASITAS TEMPAT SAMPAH HAMPIR PENUH", jika kondisi tinggi lebih besar dari sama dengan 32 cm.

3.2. Perancangan Unified Modelling Language (UML) Sistem Berjalan

Dalam menggambarkan prosedur yang terdapat pada sistem berjalan, maka peneliti menggunakan permodelan Unified Modeling Language (UML) yang memberikan proses visualisasi dan interaksi dari abstraksi yang terjadi di dalam sistem perangkat tempat sampah dan sistem monitoring pada smartphone pengguna. Diagram UML ini akan menjelaskan sistem berjalan dengan lebih rinci, efektif, lengkap dan tepat sehingga lebih mudah untuk dipahami. Prosedur Unified Modeling Language (UML) yang akan digunakan dalam perangkat ini adalah Use Case diagram, Activity diagram dan Sequence diagram. Berikut penggambaran Unified Modeling Language (UML) dalam sistem berjalan yang digunakan:

Perancangan use case diagram bertujuan untuk menggambarkan permodelan dari interaksi user dan perangkat tempat sampah pintar agar mudah dipahami. Berdasarkan Gambar 3, Use case diagram menampilkan interaksi utama yang dapat dilakukan oleh user pada perangkat tempat sampah pintar dimana user dapat membuang sampah yang ingin dibuang ke dalam tempat sampah dan menghubungkan perangkat tempat sampah pintar dengan smartphone melalui konektivitas wifi serta memonitoring kapasitas sampah pada perangkat tersebut dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas sampah yang telah terisi di dalam tempat sampah.

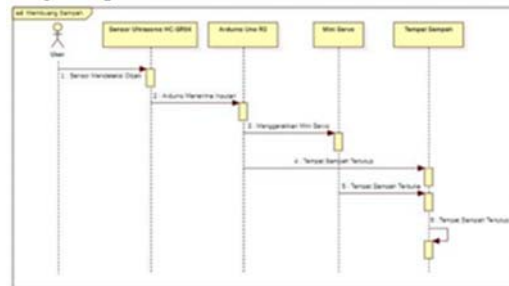


Gambar 3. Use Case Diagram Tempat Sampah Pintar

3.2.2. Sequence Diagram

Diagram urutan atau sequence diagram merupakan diagram yang disusun secara berurutan dan melibatkan proses dari interaksi antara objek yang terlibat di dalamnya agar semua fungsi dapat berjalan. Sequence diagram berfungsi untuk memvisualisasikan interaksi-interaksi yang terjadi pada saat menjalankan perangkat tempat sampah pintar. Sequence diagram disusun lebih merinci untuk menjelaskan proses alur sistem berjalan yang sedang terjadi di dalam mikrokontroler perangkat tempat sampah dan pengguna. Berikut ini adalah sequence diagram yang digunakan dalam perancangan perangkat tempat sampah pintar:

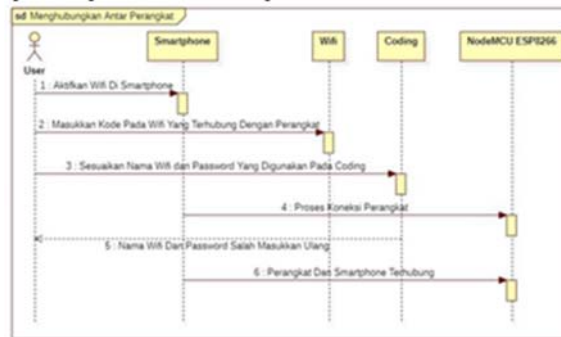
a. Sequence Diagram Membuang Sampah



Gambar 4. Sequence Diagram Membuang Sampah

Pada Gambar 4 menjelaskan bahwa terjadinya interaksi pengguna dengan perangkat tempat sampah untuk membuang sampah. Terlebih dahulu pengguna harus mendekati sensor ultrasonik HC-SR04 yang terletak di depan perangkat tempat sampah agar sensor ultrasonik HC-SR04 dapat mendeteksi objek, kemudian sensor ultrasonik HC-SR04 mengirim inputan ke Arduino Uno R3. Di sini Arduino Uno R3 memproses inputan yang masuk dari sensor ultrasonik HC-SR04. Jika terdeteksi objek di depan perangkat tempat sampah maka Arduino Uno R3 akan menggerakkan mini servo yang dapat membuka otomatis tempat sampah dan jika tidak terdeteksi objek di depan perangkat tempat sampah maka Arduino Uno R3 tidak akan menggerakkan mini servo sehingga perangkat tempat sampah tetap tertutup.

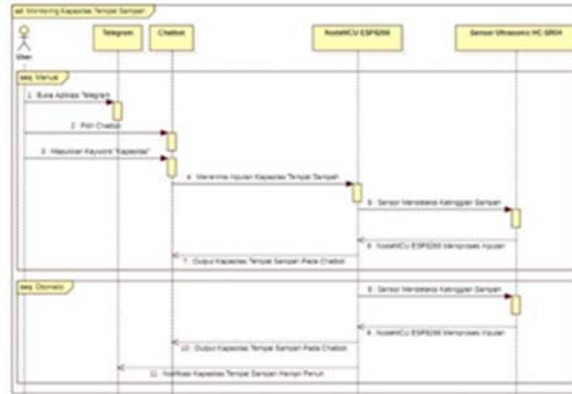
b. Sequence Diagram Menghubungkan Antar Perangkat



Gambar 5. Sequence Diagram Menghubungkan Antar Perangkat

Pada Gambar 5 menjelaskan bahwa terjadinya interaksi pengguna dengan smartphone dan perangkat tempat sampah untuk menghubungkan smartphone yang digunakan untuk monitoring kapasitas tempat sampah dengan mikrokontroler dari perangkat tempat sampah. Pastikan smartphone dan mikrokontroler berada dalam i serta terhubung ke dalam satu jaringan yang sama. Pertama, pengguna mengaktifkan wifi pada smartphone yang ingin digunakan sebagai monitoring kapasitas tempat sampah, kemudian pilih wifi dan masukkan password wifi tersebut, pastikan juga nama wifi dan password wifi sesuai dengan coding, selanjutnya akan terjadi proses koneksi perangkat antara smartphone dan NodeMCU ESP8266. Jika

- wifi dan passwor wifi salah, pengguna harus memasukkan ulang wifi dan passwor wifi yang benar, jika berhasil maka mikrokontroler perangkat tempat sampah dan smartphone akan saling terhubung.
- c. Sequence Diagram Sistem Monitoring



Gambar 6. Sequence Diagram Sistem Monitoring

Pada Gambar 6 menjelaskan bahwa terjadinya proses monitoring kapasitas tempat sampah. Sequence pada gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1) Manual

Pertama, pengguna membuka aplikasi Telegram pada smartphone yang akan digunakan, kemudian pilih chatbot dan ketikkan “Kapasitas” tanpa tanda petik (“”), secara langsung chatbot akan mengirim inputan yang akan diterima oleh NodeMCU ESP8266, setelah diproses sensor Ultrasonic HC-SR04 akan mendeteksi ketinggian sampah di dalam tempat sampah, sensor Ultrasonic HC-SR04 akan mengirim data ke NodeMCU ESP8266 untuk diproses yang akan menghasilkan keluaran (output) kapasitas tempat sampah pada chatbot Telegram.

2) Otomatis

Secara real time, NodeMCU ESP8266 akan terus berinteraksi dengan sensor Ultrasonic HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian sampah di dalam tempat sampah. Data yang telah diambil oleh sensor Ultrasonic HCSR04 akan dikirim dan diproses oleh NodeMCU ESP8266 untuk menghasilkan keluaran (output) pada chatbot Telegram dan notifikasi Telegram bahwa kapasitas tempat sampah hampir penuh.

3.3. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem tersebut berfungsi sesuai dengan spesifikasinya, memenuhi kebutuhan pengguna, dan dapat diandalkan dalam lingkungan operasionalnya. Pengujian sistem diuji sesuai dengan rancangan pada perangkat dan memperoleh hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Pada pengujian sistem ini penulis menggunakan dua perangkat yaitu laptop dan smartphone Android. Pada Tabel 1 merupakan spesifikasi perangkat yang penulis gunakan.

Tabel 1 Perangkat Laptop

Komponen	Spesifikasi
<i>Merk</i>	Acer Aspire E1-410.
Prosesor	Intel <i>Celeron quad core processor</i> N2920 (2M Cache, 2.0 GHz).
<i>VGA Card</i>	Intel HD <i>Graphics</i> .
Layar	14.0” HD LED LCD.
RAM	2 GB DDR3 L <i>Memory</i> .
<i>Harddisk</i>	500 GB HDD.
Konektivitas WiFi	802.11 b/g/n.
Mouse	<i>Optical Mouse</i> .
<i>Keyboard</i>	Bawaan.
Jaringan	Koneksi jaringan menggunakan <i>WiFi</i> .

Tabel 2 Perangkat Laptop

Komponen	Spesifikasi
<i>Merk</i>	Realme 5i.
Jaringan	GSM/HSPA/LTE.
Layar	IPS LCD 6.52” dengan resolusi 720 x 1600 <i>pixels</i> dan rasio 20:9.
Android	Android 10.
<i>Chipset</i>	<i>Qualcomm Snapdragon 665 (11 nm)</i>
CPU	Octa-core (4x2.0 GHz <i>Kryo 260 Gold</i> dan 4x1.8 GHz <i>Kryo 260 Silver</i>).
GPU	<i>Adreno 610</i> .
RAM	4 GB.
Memori	64 GB.
WLAN	<i>WiFi 802.11 a/b/g/n/ac, dual band, WiFi Direct.</i>
Jaringan	Menggunakan <i>provider XL Axiata</i> dan <i>Telkomsel</i> .

Pengujian Black Box adalah pengujian yang dilakukan untuk mengamati hasil eksekusi data uji dan memeriksa fungsionalitas pada perangkat terhadap pengguna dari tujuan penelitian yang diharapkan. Pada pengujian sistem ini menggunakan pengujian Black Box dengan teknik decision table yang berfokus pada fungsi, tampilan dan aktivitas perangkat. Berikut ini pengujian Black Box dengan teknik decision table pada perangkat tempat sampah:

3.2.1. Menghubungkan Antar Perangkat



Gambar 7. Pengujian Sistem Menghubungkan Antar Perangkat

Tabel 3
Decision Table Black Box Form Login Pengaturan Alat

SSID	<i>Password</i>	Hasil
Benar	Benar	Diarahkan ke validasi berhasil disimpan.
Benar	Salah	Diarahkan ke validasi berhasil disimpan.
Salah	Benar	Diarahkan ke validasi berhasil disimpan.
Salah	Salah	Diarahkan ke validasi berhasil disimpan.

3.3.2. Membuang Sampah



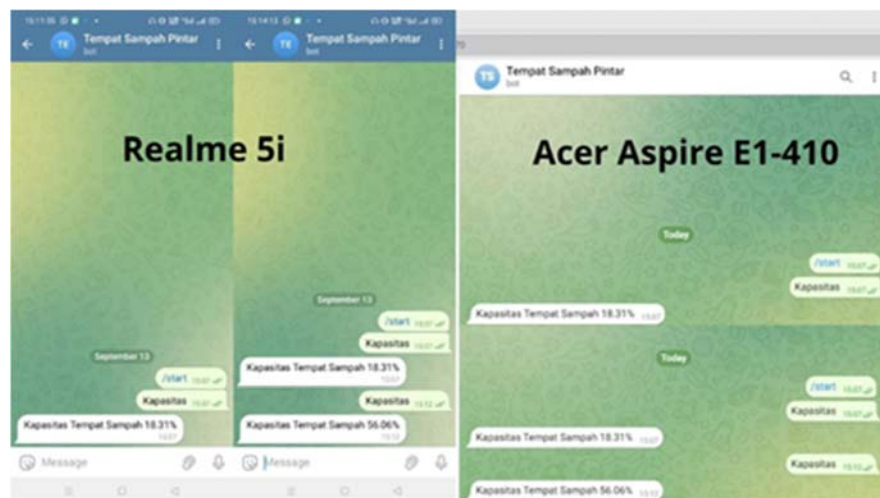
Gambar 8. Pengujian Sistem Membuang Sampah

Tabel 5
Decision Table Black Box Membuang Sampah

Pengguna	Jarak Pengguna dengan Sensor <i>Ultrasonic HC-SR04</i>	Hasil
Berada di depan tempat sampah	Kurang dari 30 cm	Tempat sampah membuka secara otomatis.
Berada di depan tempat sampah	Sama dengan atau lebih dari 30 cm	Tempat sampah tidak terbuka.
Tidak berada di depan tempat sampah	Tidak terdeteksi	Tempat sampah tidak terbuka.

3.3.3. Sistem Monitoring

a. Manual



Gambar 9. Pengujian Sistem Monitoring Manual

Tabel 6
Decision Table Black Box Sistem Monitoring Manual

Pesan yang dimasukkan dalam chatbot	NodeMCU ESP8266	Sensor ultrasonic HC-SR04	Hasil
Kapasitas	Terhubung dengan jaringan	Mendeteksi ketinggian sampah 7,39 cm	Bot Telegram menampilkan balasan Kapasitas Tempat Sampah 18,31%.
Kapasitas	Terhubung dengan jaringan	Mendeteksi ketinggian sampah 22,62 cm	Bot Telegram menampilkan balasan Kapasitas Tempat Sampah 56,06%.
Kapasitas	Tidak terhubung dengan jaringan		Bot Telegram tidak menampilkan balasan.
Bukan atau selain Kapasitas	Tidak terhubung dengan jaringan		Bot Telegram tidak menampilkan balasan.

b. Otomatis



Gambar 10. Pengujian Sistem Monitoring Otomatis

Tabel 7
Decision Table Black Box Sistem Monitoring Otomatis

NodeMCU ESP8266	Sensor ultrasonic HC-SR04	Hasil
Terhubung dengan jaringan	Mendeteksi ketinggian sampah besar dari atau sama dengan 32 cm	NodeMCU ESP8266 mengirim notifikasi tempat sampah hampir penuh pada aplikasi Telegram.
Terhubung dengan jaringan	Mendeteksi ketinggian sampah kurang dari 32 cm	Tidak mengirim notifikasi tempat sampah hampir penuh pada aplikasi Telegram.
Tidak terhubung dengan jaringan	Mendeteksi ketinggian sampah besar dari atau sama dengan 32 cm	Tidak mengirim notifikasi tempat sampah hampir penuh pada aplikasi Telegram.
Tidak terhubung dengan jaringan	Mendeteksi ketinggian sampah kurang dari 32 cm	Tidak mengirim notifikasi tempat sampah hampir penuh pada aplikasi Telegram.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka penulis mengambil kesimpulan bahwa:

- a. Penggunaan kedua sensor ultrasonic HC-SR04 mampu dalam mengukur jarak pengguna dan ketinggian sampah.
- b. Hasil pengukuran ketinggian sampah bergantung pada provider jaringan yang digunakan.
- c. Jika provider yang digunakan memiliki kecepatan internet yang lambat, maka sistem monitoring akan delay mengirim balasan pada bot Telegram. Oleh karenanya, sistem monitoring sangat bergantung pada jaringan.
- d. Selain perintah Koneksi dan Kapasitas, mikrokontroler NodeMCU ESP8266 tidak akan merespon pengguna pada bot Telegram.
- e. Tutup tempat sampah jika di gerakkan secara paksa maka akan berpengaruh pada modul mini Servo ataupun kawat yang terhubung ke tutup tempat sampah sebagai penggerak.

5. SARAN

Pengembangan-pengembangan yang dapat dilakukan pada perangkat tempat sampah ini antara lain:

- a. Menambahkan fitur suara pada tempat sampah.
- b. Menambahkan fitur speech recognition pada chatbot.
- c. Mengembangkan sistem monitoring yang dapat mengukur kapasitas tempat sampah dengan perhitungan volume.
- d. Mengembangkan chatbot ke dalam grup Telegram agar sistem monitoring dapat dilakukan lebih dari satu pengguna.
- e. Membuat kontroler agar tempat sampah dapat digerakkan sesuai instruksi pengguna.
- f. Menambahkan LCD pada perangkat tempat sampah agar dapat mengetahui kapasitas tempat sampah secara offline.
- g. Menambahkan form validasi tidak berhasil terhubung ke wifi sekitar pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266.
- h. Mengembangkan konektivitas perangkat tempat sampah menggunakan jaringan seluler.
- i. Menambahkan fitur lokasi pada perangkat tempat sampah.
- j. Menambahkan fitur pada perangkat tempat sampah yang dapat memilah sampah anorganik dan organik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penelitian ini, peneliti telah banyak mendapatkan bantuan berupa bimbingan, petunjuk, saran, dorongan moril maupun solusi dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada seluruh civitas akademika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Widya Dharma Pontianak, keluarga, beserta teman tercinta yang sebesar-besarnya atas dukungan, bantuan dan dorongan selama penelitian hingga selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aldo, Dasril dan Nursaka Putra. (2020). Sistem Pendukung Keputusan (SPK) (Kupas Tuntas Metode Multifaktor Evaluation Process). SINT Publishing, Kendal.
- [2] Amane, Ade Putra Ode, Rusina Widha Febriana, Marina Artiyasa, Anis Okta Cahyaningrum, Husain, Mohammad Nabilah Abror, Fachruzzaki, Aulia Asman, Achmad Ridwan, Aji Suraji, Liesbeth Aritonang, dan Abditama Srifitriani. (2023). Pemanfaatan dan Penerapan Internet of Things (IoT) di Berbagai Bidang. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- [3] Candra, Rudi Arif, Dirja Nur Ilham, dan Arie Budiansyah. (2020). Analisis Celah Keamanan Jaringan Komputer Dengan Menggunakan Raspberry Pi 3. CV Jejak. Sukabumi.
- [4] Ditjen PSLB3 KLHK Didesak Miliki Langkah Terukur Tangani Volume Sampah, <https://www.dpr.go.id/berita/detail/id/40924/t/Ditjen+PSLB3+KLHK+Didesak+Miliki+Langkah+Terukur+Tangan+Volume+Sampah>, 11 Maret 2023, 17:43 WIB.
- [5] Fahmizal, Afrizal Mayub, Muhammad Arrofiq, dan Febrian Ruciyanti. (2022). Mudah Belajar Arduino Dengan Pendekatan Berbasis Fritzing, Tinkercad Dan Proteus. Deepublish. Yogyakarta.
- [6] Laksmiana, Indra, Trinovita Zuhara Jingga, Widya Febriana, Agus Nur Khomarudin, Ega Evinda Putri, Rabby Nazli, Rina Novita, dan Amrizal. (2022). Teknologi Internet Of Things (IoT) Dan Hidroponik. Goresan Pena. Kuningan.
- [7] Mataram, I Gusti Ngurah. (2022). Model-model Pembelajaran (Smart, Suap, Seek, Hari, Save, Wave). Nilacakra. Badung.
- [8] Muhammad, Raditya, Mochamad Iqbal Ardimansyah, dan Afwa Afini. (2022). Mengembangkan Sistem Percakapan Otomatis Berbasis Layanan Pesan Instan. Uwais Inspirasi Indonesia. Ponorogo.

- [9] Mukhtar, Mohammad Izzul, Sutrisno, Faisal Rahutomo, Meiyanto Eko Sulisty, Joko Hariyono, Muhammad Hamka Ibrahim, dan Subuh Pramono. (2023). Hidroponik berbasis IoT: Tren Berkebun Masa Kini. Tangerang: Media Sains Indonesia.
- [10] Prehanto, Dedy Rahman. (2020). Buku Ajar Konsep Sistem Informasi. Scopindo Media Pustaka. Surabaya.
- [11] Priharta, Andry, Nur Asni Gani, Tri Ananto, Jaharuddin, Sutikno dan Rony Edward Utama. (2021). Tata Kelola Keuangan Perguruan Tinggi Dengan Sistem Informasi Realisasi Anggaran. Global Aksara Pres. Surabaya.
- [12] Puspitasari, Niken dan Diah Ajeng Purwani. (2022). Cyber Public Relations. Adipura Book Centre. Yogyakarta.
- [13] Samperura, Bryan, Muhammad Sapwan Suhadi, dan Rolly Maulana Awangga. (2023). Panduan Untuk Membuat Chatbot Cerdas Implementasi Open Ai Di Telegram Dan Discord. PT Penerbit Buku Pedia. Bandung.
- [14] Sarosa, Moechammad, Nailul Muna, Mila Kusumawardani, Achmad Suyono, dan Yunia Mulyani Azis. (2022). Pemrograman Python Dalam Contoh Dan Penerapan. Media Nusa Creative. Malang.
- [15] Sendari, Siti, I Made Wirawan, dan Mokhammad Nasrulloh. (2021). Sensor Tranduser. Malang: Ahlimedia Press.
- [16] Setiawardhana, Sigit Wasista, dan Delima Ayu Saraswati. (2019). 19 Jam Belajar Cepat Arduino. Bumi Aksara. Jakarta.
- [17] Simarmata, Janner, Muttaqin, Abdul Karim, Rismayani, Randy Angriawan, Nurzaenab, Oris Krianto Sulaiman, Muhammad Noor Hasan Siregar, Jhonson Efendi Hutagalung, Wahyu Wijaya Widiyanto, Fetty Amelia, Marzuki Sinambela, dan Jamaludin. (2022). Dasar-Dasar Teknologi Internet Of Things (IOT). Yayasan Kita Menulis. Medan.
- [18] Trigreisian, Alwizain Almas, dan Nisa Hanum Harani. (2023). Telegram Bot Wawancara Kerja Dengan Algoritma Long Short Term Memory. Buku Pedia. Bandung.
- [19] Wibowo, Hamid Sakti. (2021). Panduan Literasi Internet. Tiramedia. Semarang.
- [20] Yendrianof, Devi, Romindo, Afni Nia Sari, Hartanto Tantriawan, Ega Evinda Putri, Melda Agnes Manuhutu, Rifa Turaina, Defiariany, Nancy Extise Putri, Teguh Priyantoro, Jamaludin, Janner Simarmata, Rismayani dan Sitti Aisa. (2022). Analisis dan Perancangan Sistem Informasi. Yayasan Kita Menulis. Medan.