

Sistem Monitoring Tempat Pembuangan Sampah Sementara Berbasis Android Dan Internet Of Things

Dani Rohpandi¹, Shinta Siti Sundari², Ade Taopik Hidayatulloh³, Saipul Muiz⁴

Teknik Informatika, STMIK Tasikmalaya

STMIK Tasikmalaya, Jln. RE. Martadinata No 272 D, (0265)310830, Kota Tasikmalaya

¹dani@stmik-tasikmalaya.ac.id, ²ss.shinta@gmail.com, ³adetaufik61@gmail.com, ⁴saipulmuiz87@gmail.com

Abstrak

Sebagai salah satu penerapan Smart City, Pengelolaan Sampah di sebuah kota merupakan tantangan berat yang dihadapi masyarakat saat ini. Sampah seringkali menjadi masalah terutama di kota-kota besar. Dalam sistem pengelolaan sampah yang umum, tempat sampah dikumpulkan dari jalan, rumah, dan tempat lain. Namun dari segi pemilihan jalur pengumpulan, truk sampah seringkali menghabiskan banyak bahan bakar dan tidak dapat mengelola sampah yang dihasilkan secara efektif. Sampah yang diproses setiap hari tidak dapat tertampung karena timbulan sampah harian rumah tangga lebih tinggi daripada sistem pengumpulan sampah. Akibatnya, sampah kerap menumpuk tanpa sepengetahuan Dinas Kesehatan dan Lingkungan Hidup (DKLH). Hal ini mengakibatkan banyak sampah berserakan. Dengan penelitian dan pengembangan sistem monitoring di tempat pembuangan sampah sementara dengan aplikasi Android berbasis Internet of Things, dapat memberikan informasi bak sampah otomatis kepada petugas pengangkut sampah secara realtime lewat aplikasi android. Dengan terpasangnya peralatan monitoring ini, dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar kendaraan dan kinerja para petugas pengangkut sampah dalam proses pengangkutan sampah berdasarkan bak yang sudah penuh karena alat sudah dapat mendeteksi kapasitas sampah secara otomatis.

Kata kunci – Sistem Monitoring, Sensor, Mikrokontroler, Android, IoT.

Abstract

As one of the implementations of Smart City, Waste Management in a city is a tough challenge faced by society today. Garbage is often a problem, especially in big cities. In a common waste management system, trash cans are collected from roads, homes and other places. However, from the point of view of choosing the collection path, garbage trucks often consume a lot of fuel and cannot manage the waste generated effectively. Waste that is processed every day cannot be accommodated because the daily household waste generation is higher than the waste collection system. As a result, waste often accumulates without the knowledge of the Dinas Kesehatan dan Lingkungan Hidup (DKLH). This results in a lot of garbage scattered around. By researching and developing a monitoring system in temporary landfills with an Android application based on the Internet of Things, it can provide information on automatic garbage bins to garbage collectors in real time through the android application. With the installation of this monitoring equipment, it can improve vehicle fuel efficiency and the performance of garbage collectors in the process of transporting waste based on a full bin because the tool can detect the capacity of the waste automatically.

Keyword – Monitoring System, Sensor, Microcontroller, Android, IoT.

1. Pendahuluan

Minat di seluruh dunia terhadap Smart City telah meningkat, didorong oleh kebutuhan untuk menemukan solusi yang efektif dan menjawab tantangan terbesar yang diramalkan untuk tahun-tahun mendatang. Sebagai salah satu penerapan Smart City, Pengelolaan Sampah di sebuah kota merupakan tantangan berat yang dihadapi masyarakat saat ini. Sampah seringkali menjadi masalah terutama di kota-kota besar. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), jumlah rata-rata produksi sampah plastik di Indonesia mencapai 175.000 ton per hari yang setara dengan 64 juta ton per tahun, sedangkan jumlah TPA di Indonesia sekitar 400 dengan kapasitas TPA dapat menampung 233 kg/hari, sehingga terjadi penumpukan sampah di pinggir jalan yang tidak terpantau oleh pihak DKLH. Dengan semakin berkembangnya populasi manusia, skenario kebersihan berkaitan dengan pengelolaan sampah

sudah menjadi sangat penting. Pengelolaan limbah meliputi perencanaan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, daur ulang dan pembuangan limbah bersama dengan pemantauan dan regulasi.

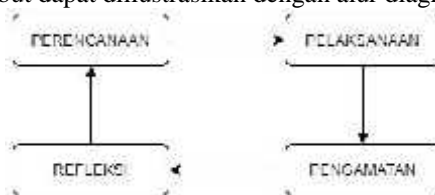
Dalam sistem pengelolaan sampah yang umum, tempat sampah dikumpulkan dari jalan, rumah, dan tempat lain. Namun dari segi pemilihan jalur pengumpulan, truk sampah seringkali menghabiskan banyak bahan bakar dan tidak dapat mengelola sampah yang dihasilkan secara efektif. Sampah yang diproses setiap hari tidak dapat tertampung karena timbunan sampah harian rumah tangga lebih tinggi daripada sistem pengumpulan sampah. Akibatnya, sampah kerap menumpuk tanpa sepengetahuan Dinas Kesehatan dan Lingkungan (DKLH). Hal ini mengakibatkan banyak sampah berserakan.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak yang mengangkat penelitian yang sejenis, peneliti membuat alat yang mempunyai kemampuan untuk mengukur ketinggian sampah dan mendeteksi kandungan gas metana di dalam bak sampah. Sistem kerja alat ini memanfaatkan kemampuan sensor Ultrasonik untuk mendapatkan data ketinggian sampah dan juga mikrokontroler nodeMCU ESP8266 sebagai pusat pengolahan data sensor yang terintegrasi dengan platform Thingspeak.[1] Ada pula peneliti yang membuat alat yang dapat memonitoring kepenuhan sampah pada bak sampah yang sudah dipasangi alat ini. Sistem kerja alat ini menggunakan mikrokontroler Raspberry pi sebagai pengolahan data dari sensor ultrasoniknya.[2] Kemudian dengan perkembangan penelitian yang ada peneliti membuat alat yang akan mendeteksi ketinggian sampah di bak sampah. Ketika bak sudah penuh maka alat akan mengirimkan notifikasi pada email yang telah didaftarkan sebelumnya.[3] Namun, pada penelitian-penelitian tersebut hanya berfokus pada alat dan proses monitoring bak sampahnya saja, tanpa ada aplikasi yang membantu petugas sampah untuk menampilkan pemilihan rute pengangkutan sampah berdasarkan bak sampah yang sudah penuh.

2. Research Method

Metode penelitian pada dasarnya adalah cara ilmiah untuk memperoleh data untuk tujuan dan kegunaan tertentu. Atas dasar tersebut maka perlu diperhatikan empat kata kunci yaitu metode ilmiah, data, tujuan dan kegunaan, oleh karena itu metode penelitian yang digunakan dalam tulisan ini adalah penelitian tindakan atau sering disebut sebagai *action research*. Penelitian tindakan menekankan pada kegiatan (tindakan) dengan mengujicobakan suatu ide ke dalam praktek atau situasi nyata dalam skala mikro yang diharapkan kegiatan tersebut mampu memperbaiki, meningkatkan kualitas, dan melakukan perbaikan sosial.[4] Selain itu, penelitian tindakan memiliki tujuan lain yaitu mengembangkan keterampilan baru melalui pendekatan masalah secara langsung dilapangan. Dari pengertian dan tujuan tersebut, untuk menggunakan metode penelitian tindakan atau *action research* guna mendukung pencapaiannya tujuan. Langkah-langkah dalam penelitian tindakan ini meliputi perencanaan (*planning*), pelaksanaan (*acting*), pengamatan (*monitoring*), dan refleksi/ penilaian (*reflecting*). Dan berikut rincian tindakan yang dilakukan : Perencanaan, Pelaksanaan, Pengamatan dan Refleksi

Keempat langkah tersebut dapat diilustrasikan dengan alur diagram berikut ini:



Gambar 1. Langkah Penelitian Tindakan

Seperti yang dapat dilihat dari Gambar 1, dapat kita ketahui bahwa dari langkah-langkah tersebut dapat menjadi satu siklus. Artinya siklus dari keempat langkah tersebut dapat berulang. Siklus dapat berhenti jika peneliti sudah puas dengan hasil penelitian yang dicapainya. Metode Perancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode prototype. Metode ini cocok untuk mengembangkan alat yang akan dikembangkan lebih lanjut dengan cara membuat rancangan kilat dan kemudian mengevaluasinya. Prototype bukanlah hal yang lengkap, tetapi sesuatu yang terus-menerus dievaluasi dan dimodifikasi. Perubahan sering terjadi pada prototype untuk memenuhi segala kebutuhan. Pada saat yang sama pula dapat dilakukan pengembangan agar memenuhi kebutuhan.[5]

Ada 4 metodologi prototyping yang paling utama yaitu :

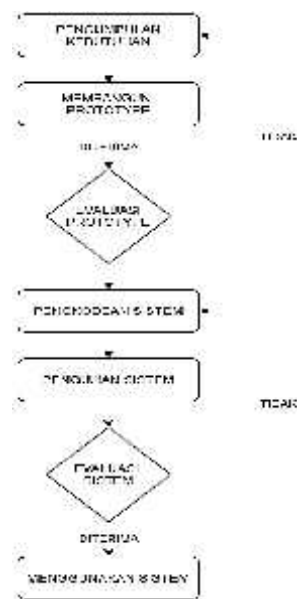
1. Ilustrasi (Illustrative), menghasilkan contoh laporan dan tampilan layar.
2. Simulasi (Simulated), mensimulasikan beberapa alur kerja sistem tetapi tidak menggunakan data real.
3. Fungsional (Functional), mensimulasikan beberapa alur sistem yang sebenarnya dan menggunakan data real.

4. Evolusioner (Evolutionary), menghasilkan model yang menjadi bagian dari operasional sistem.

Dibuatnya sebuah Prototyping bagi pengembang sistem bertujuan untuk mengumpulkan informasi dari pengguna sehingga pengguna dapat berinteraksi dengan model prototype yang dikembangkan, sebab prototype menggambarkan versi awal dari sistem untuk kelanjutan sistem sesungguhnya yang lebih besar.[6] Prototyping tersebut dapat diaplikasikan untuk pengembangan sistem skala kecil dan besar, diharapkan proses pengembangan dapat berjalan dengan baik, teratur dan selesai tepat waktu. Manfaat lain menggunakan prototyping adalah:

1. Menerapkan sistem aktual dalam replikasi sistem yang akan dijalankan dan menampung masukan pengguna untuk melengkapi sistem.
2. perubahan sistem yang berkembang sesuai dengan berjalannya prototype sampai dengan hasil akhir pengembangan yang akan berjalan nantinya.
3. Prototype dapat ditambah atau dikurangi sesuai dengan proses pengembangan yang berjalan. Pengguna dapat melacak kemajuan langkah demi langkah.

Menghemat sumber daya dan waktu, serta menghasilkan produk yang lebih baik dan lebih efisien bagi pengguna.

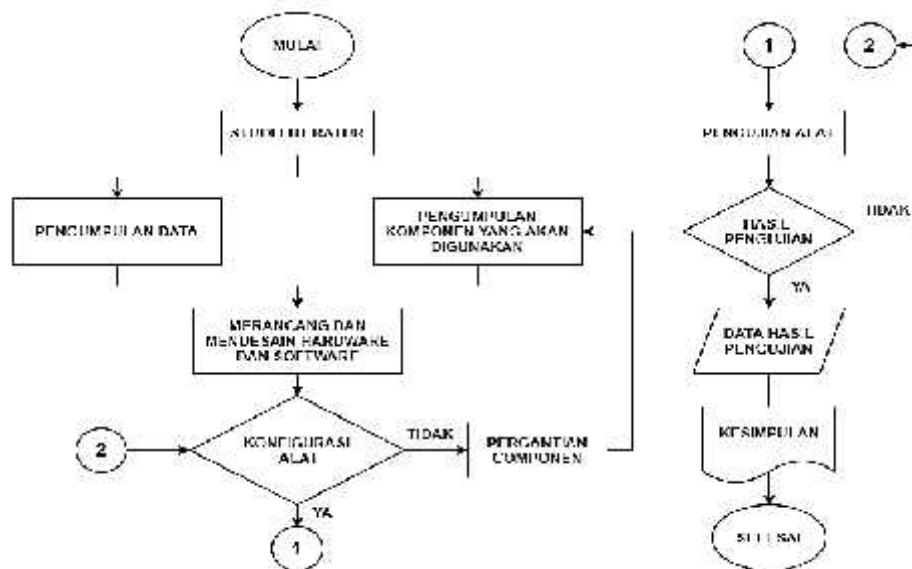


Gambar 2. Tahapan Prototyping

Berdasarkan gambar tahapan prototyping diatas, maka penjelasan yang lebih rincinya adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Kebutuhan : Membangun Prototype, Evaluasi Prototype, Pengkodean Sistem, Pengujian Sistem dan Evaluasi Sistem
2. Penggunaan Sistem

Prosedur penelitian ini menjelaskan langkah-langkah dalam proses pengerjaan penelitian. Berikut adalah gambar flowchart penelitian yang dilakukan:



Gambar 3. Flowchart Penelitian

Apabila jurnal yang dikumpulkan tidak sesuai dengan permasalahan yang ada maka jurnal tersebut hanya akan dimasukkan pada bidang keilmuan saja dan digunakan untuk pengumpulan komponen yang akan digunakan untuk membangun sebuah prototype. Setelah mengumpulkan data maka langsung ke tahap selanjutnya yaitu merancang dan mendesain alat. Jika alat sudah selesai dibangun maka akan dilakukan pengujian alat. Tahap terakhir kesimpulan dan saran berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan menyarankan pengembangan agar sesuai dengan perkembangan teknologi.

3. Hasil dan Pembahasan

A. Sistem Monitoring

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di beberapa tempat pembuangan sampah sementara, hal ini menjadi alasan dibuatnya sistem karena beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Petugas pengelola sampah hanya dapat memastikan bahwa tempat sampah tersebut penuh atau tidaknya dari dalam mobil.
2. Dalam hal pemilihan rute pengumpulan dan pengangkutan sampah, biasanya para petugas pengelola sampah sering kurang efektif karena kendaraan pengangkut sampah tersebut sering kali berkeliling terlebih dahulu untuk memastikan TPS mana yang kosong ataupun penuh.

Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan sistem monitoring tempat sampah dan pemilihan rute berbasis NodeMCU ESP8266 yang dihubungkan dengan perangkat android dengan memiliki standar sebagai berikut:

1. Sistem monitoring tempat sampah ini akan memberikan informasi secara real-time melalui led indikator dan dikirimkan ke web server lalu data tersebut bisa diakses di android. Ketika sampah penuh nantinya akan ada notifikasi ke android yang dapat ditelusuri tempat sampah mana yang sudah penuh,
2. Setelah notifikasi dari alat tersebut penuh, nantinya petugas akan mengumpulkan dan mengangkutnya sesuai rute yang diberikan oleh aplikasi yang berdasarkan bak sampah yang penuh saja untuk menghemat bahan bakar yang dipakai.
3. Ketika di tempat sampah tersebut ada api yang sedang menyala, maka aplikasi akan memberitahu petugas lewat notifikasi.

Dengan dibuatnya sistem monitoring tempat sampah sementara (TPS) ini adalah untuk mengatasi masalah yang sering terjadi pada saat proses pengumpulan dan pengangkutan sampah di lapangan oleh petugas sampah. Sistem ini diharapkan akan mempermudah para petugas pengelola sampah dalam memantau bak sampah mana saja yang sudah penuh maupun belum.

B. Aplikasi dan Alat Monitoring.

Yang berbeda dengan sistem monitoring sampah lainnya yaitu terletak pada aplikasi android yang dirancangnya. Aplikasi yang dirancang disini akan memberikan rute pengumpulan berdasarkan bak sampah yang sudah penuh saja sehingga akan menghemat bahan bakar yang dikeluarkan oleh petugas

pengangkut sampah. Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dengan dilengkapi beberapa sensor pendukung diantaranya sensor Ultrasonik HC-SR04 sebagai monitoring ketinggian bak sampahnya, sensor gas MQ-2 untuk mendeteksi kandungan gas metana yang ada di dalam bak sampah tersebut, dan sensor api untuk mendeteksi jika di bak sampah tersebut ada percikan/nyala api.

Alat yang dipasang di bak sampah tersebut nantinya akan mengirimkan data ke server dan dapat diakses langsung oleh smartphone android. Di aplikasi android data yang didapatkan dari server nantinya akan diolah menjadi informasi bagi petugas untuk memonitoring tempat sampah dari jarak jauh dan ketika petugas akan melakukan proses pengumpulan sampah maka aplikasi akan memberikan rute sesuai tempat sampah yang sudah penuh. Dalam penelitian ini diperlukan aturan dan kebijakan yang berguna sebagai pembatas antara hal yang dibutuhkan dan tidak dibutuhkan agar bisa fokus pada aturan-aturan tersebut. Aturan dan kebijakan sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Saat menggunakan alat, pengguna harus memeriksa alat tersebut terlebih dahulu, karena tidak akan berjalan saat terjadi kesalahan kabel yang tidak terhubung ke alat.
2. Jika sudah terkoneksi dengan baik dan menyala, pengguna akan langsung dapat melihat LED indikator menyala.

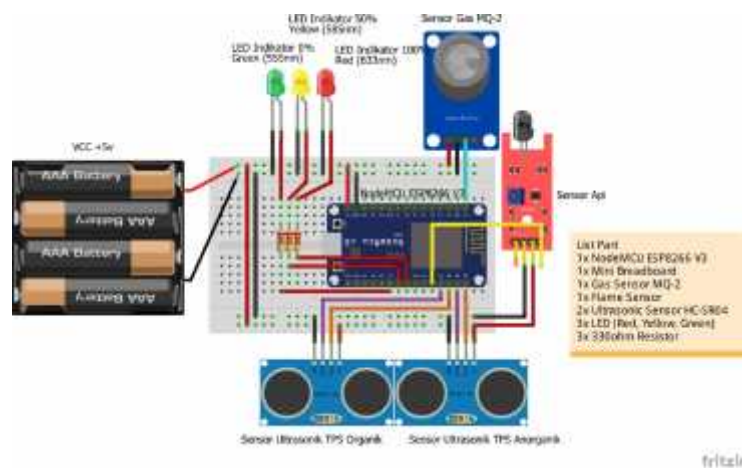
Pengguna tidak diperbolehkan mengguncang atau menyetuk alat ini. Karena kekhawatiran tentang kabel- penghubung akan terputus dan perangkat ini menjadi tidak berfungsi.

Analisis kebutuhan fungsional menggambarkan proses kegiatan yang akan diterapkan dalam sistem dan menjelaskan kebutuhan untuk sistem agar berjalan dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan. Berikut analisis kebutuhan fungsional yang ada pada sistem monitoring tempat sampah ini:

1. Petugas akan memasang alat dan menjalankannya di bak sampah yang dikehendaki.
2. Petugas sampah akan membuka aplikasi android yang diberi nama Trashget App untuk melakukan sinkronisasi alat dengan aplikasi.
3. Alat monitoring pada bak sampah akan menyalakan lampu LED indikator dan memberikan cahaya merah, kuning atau hijau sesuai isi dari bak sampahnya penuh atau tidak.
4. Petugas bisa melakukan monitoring bak sampah dari jarak jauh secara real time.

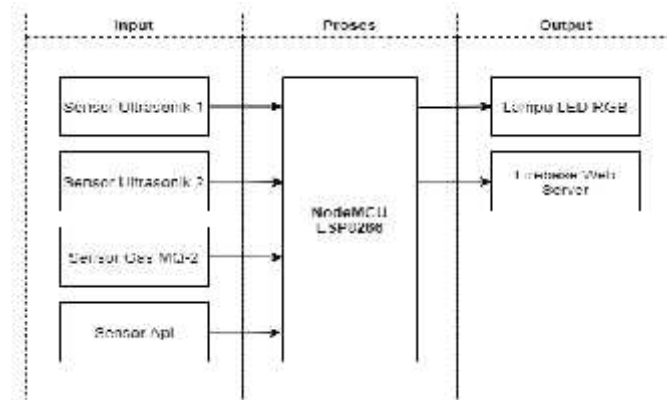
Analisis kebutuhan non-fungsional digunakan untuk menentukan kebutuhan dan spesifikasi sistem. Spesifikasi kebutuhan melibatkan analisis perangkat keras atau hardware, analisis perangkat lunak atau software, analisis pengguna atau user.

Berikut ini adalah diagram blok dari alat yang telah dirancang:



Gambar 4. Skema Rancangan Alat.

Dari skema rancangan pada gambar 4, sebetulnya blok input, proses, dan output yang terbentuk dapat digambarkan sebagai berikut ini :



Gambar 5. Diagram Blok Sistem

a. Blok Input

1. Sensor Ultrasonik 1 berfungsi untuk mendeteksi kapasitas tempat sampah organik.
2. Sensor Ultrasonik 2 berfungsi untuk mendeteksi tempat sampah anorganik.
3. Sensor Gas MQ-2 berfungsi untuk mendeteksi kandungan gas metana pada tempat sampah organik.
4. Sensor Api berfungsi untuk mendeteksi adanya percikan/nyala api khususnya pada tempat sampah anorganik.

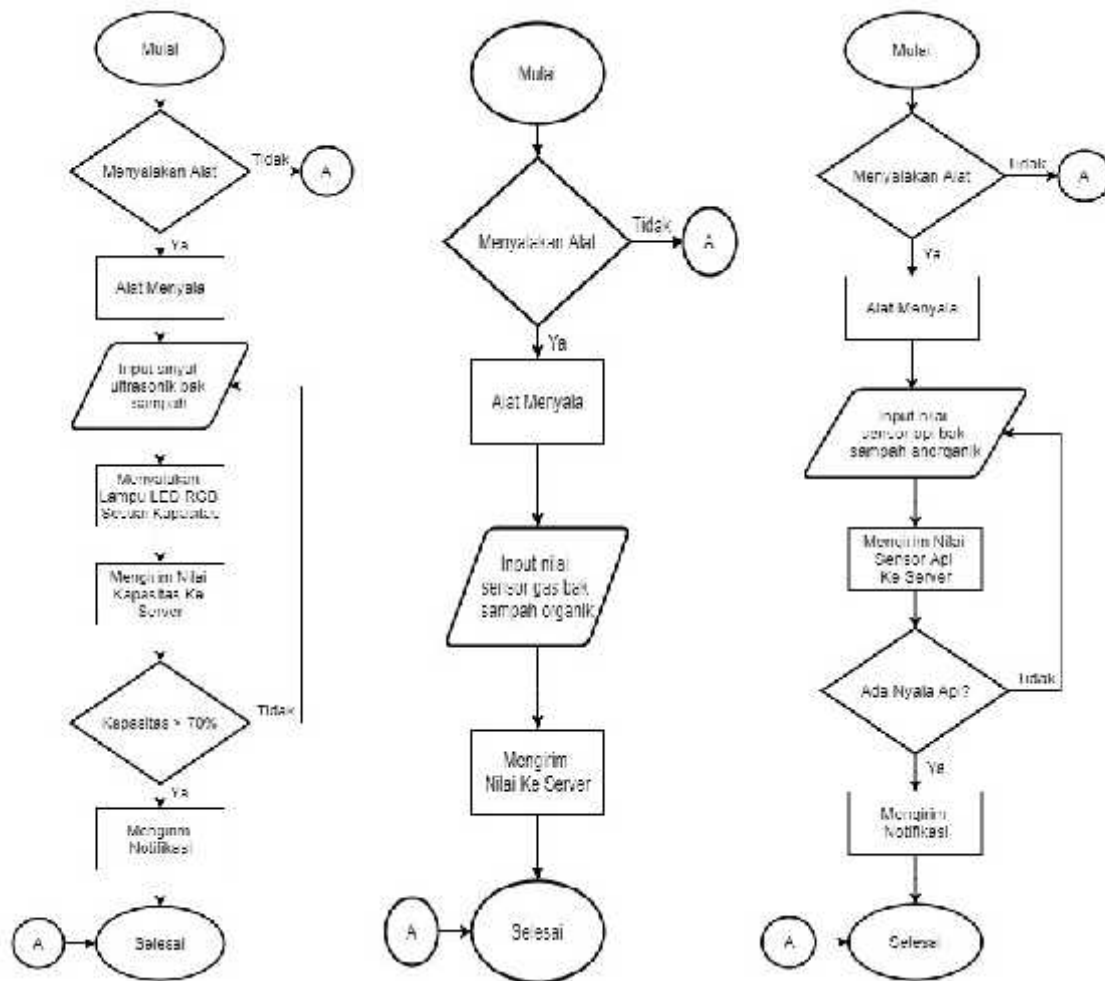
b. Blok Proses

Dalam diagram blok ini, bagian pemrosesan menggunakan NodeMCU ESP8266 yang menjadi pengolah data input utama dan sebagai perantara komunikasi antara alat dan server.

Modul ini juga akan menghasilkan output pada LED RGB yang telah diproses dari input sebagai indikator kapasitas tempat sampah.

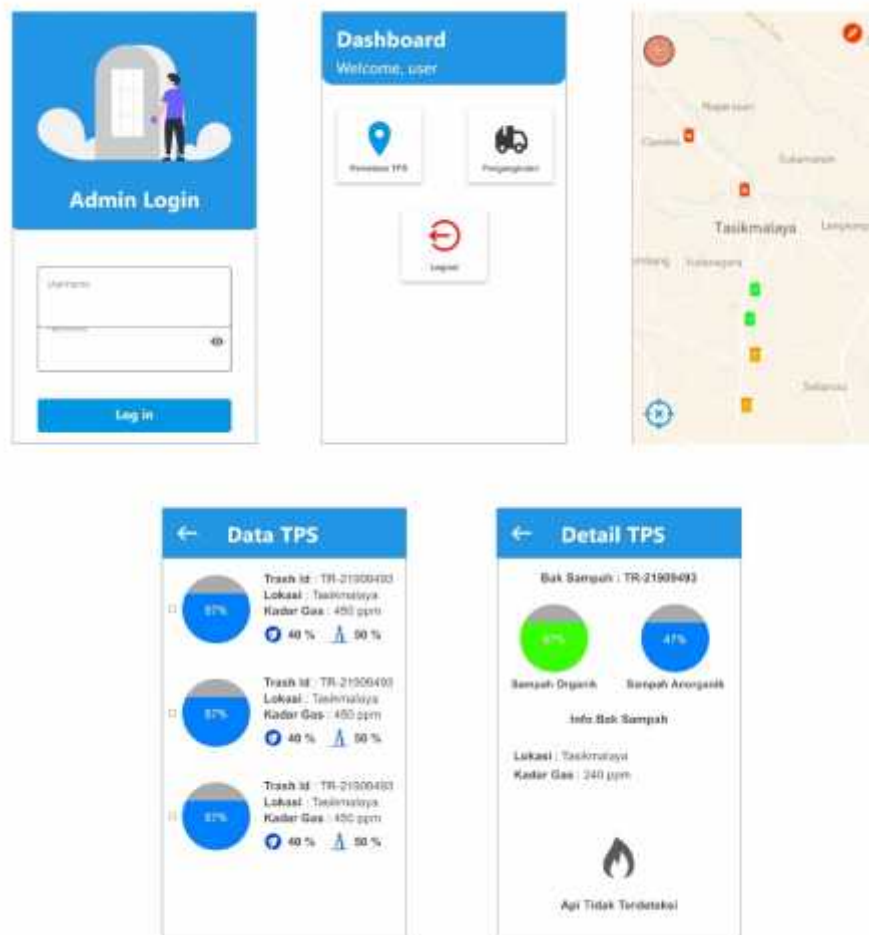
c. Blok Output

1. LED RGB yang berfungsi sebagai indikator kapasitas dari kedua tempat sampah tersebut.
2. Firebase Web Server sebagai tempat penampungan data yang bisa diakses dari berbagai macam device. Dalam kasus ini, server tersebut akan diintegrasikan dengan aplikasi android yang bernama Trashget App.



Gambar 6. Flowchart dari penanganan sensor Ultra Sonic, Gas, dan Api

Pada aplikasi yang digunakan untuk memantau tempat sampah sementara (TPS) yang sudah dipasang alat terbilang cukup sederhana. Karena di aplikasinya sendiri hanya ada pilihan untuk pemetaan TPS dan untuk pengangkutan saja seperti yang dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Desain Antarmuka Aplikasi

Aplikasi dirancang dengan menggunakan bahasa pemrograman java dan menggunakan IDE Android Studio untuk menulis kodingnya. Untuk tahapan implementasi ini meliputi kebutuhan perangkat lunak (software) berikut aplikasi yang sudah terintegrasi dengan alatnya dan kebutuhan perangkat keras (hardware). Pada bagian ini akan dijelaskan uraian tentang tahapan implementasi dari Alat Monitoring Tempat Sampah Sementara (TPS) berbasis Internet of Things yang bisa terhubung dengan aplikasi mobile secara langsung.

Pada tahapan ini, dilakukan implementasi terhadap prototype dengan tujuan untuk mengetahui apakah sistem bekerja dengan baik seperti yang diharapkan.

1. Sebelum melakukan pemasangan alat pada bak sampah, petugas harus menambahkan dulu data bak sampah pada aplikasi untuk menyimpannya didalam database.
2. Setelah pemetaan bak sampah, selanjutnya alat diprogram berdasarkan id bak sampah yang sudah ditambahkan di database dan ketinggian bak sampah tersebut.
3. Pada saat pemasangan alat pada bak sampah, petugas harus melakukan instalasi sesuai dengan skenario prototype alat yaitu sensor gas untuk bak sampah organik dan sensor api untuk bak sampah anorganik sedangkan sensor ultrasonik dipasang menurut jenis bak sampah nya.
4. Indikator kapasitas bak sampah bisa dilihat dari LED yang akan menyala ketika alat sudah dialiri listrik.

C. Pengujian Sistem

Pengujian adalah bagian penting dari siklus pengembangan sistem. Suatu pengujian dilakukan untuk memastikan kualitas dan juga mengetahui kelemahan dari sistem ini. Tujuan dari pengujian sistem ini adalah untuk memastikan bahwa kualitas sistem yang dibangun dapat diandalkan.

Untuk metode pengujian yang dipakai dalam sistem ini menggunakan metode pengujian Black-Box. Pengujian Black-Box digunakan untuk menguji fungsi-fungsi khusus dari aplikasi perangkat lunak

yang dirancang. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, Sistem Monitoring TPS ini dibagi menjadi tiga subsistem yaitu masukan (input), pemrosesan, dan keluaran (output). Maka dilakukan pengujian terhadap ketiga subsistem tersebut sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan dan dijelaskan sebelumnya.

1) Pengujian Subsistem Masukan (Input)

Pengujian subsistem masukan ini dimaksudkan untuk mengetahui hasil pengujian sistem input dari rangkaian sistem yang telah dirancang.

a. Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik 1 ini digunakan untuk mendapatkan parameter jarak dan kapasitas dari bak sampah organik sehingga dapat mengetahui berapa kapasitas yang sudah terisi sampah pada bak sampah organik tersebut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

| No. | Pengukuran (cm) | | Selisih Pengukuran (cm) | Persentase Kesalahan |
|---------------------|-----------------|------------|-------------------------|----------------------|
| | Manual | Ultrasonik | | |
| 1 | 10 | 10 | 0 | 0% |
| 2 | 30 | 30 | 0 | 0% |
| 3 | 50 | 50 | 0 | 0% |
| 4 | 70 | 70 | 0 | 0% |
| 5 | 100 | 100 | 0 | 0% |
| 6 | 150 | 148 | 2 | 1,33% |
| 7 | 170 | 169 | 1 | 0,59% |
| 8 | 200 | 205 | 5 | 2,50% |
| Rata-rata kesalahan | | | | 0,55% |

b. Sensor Api (Flame Sensor)

Sensor Api ini digunakan untuk mendapatkan data kondisi dari bak sampah anorganik tersebut apakah ada nyala api atau tidak sehingga dapat memberikan informasi kepada petugas untukantisipasi kebakaran pada bak sampah tersebut khususnya sampah anorganik.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Api (Flame Sensor)

| Kondisi | Tegangan Input (v) | Tegangan Output (v) |
|------------------|--------------------|---------------------|
| Diberi api | 5 | 0,1 |
| Tidak diberi api | 5 | 4,7 |

c. Sensor Gas MQ-2

Sensor gas MQ-2 digunakan untuk mendeteksi kandungan gas monoksida (CO) dalam bak sampah organik. Hal ini dapat dimanfaatkan oleh petugas untuk membuat sampah organik tersebut menjadi biogas yang dapat menyuplai kebutuhan gas khususnya untuk memasak bagi masyarakat.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Gas MQ-2

| Kondisi | Tegangan Input (V) | Tegangan Output (V) | Kadar Gas Terbaca (ppm) |
|------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| Normal | 5 | 0,4 | 1 |
| Diberi Kadar Gas | 5 | 3 | 47602 |
| Diberi Kadar Gas | 5 | 2,8 | 2456 |
| Diberi Kadar Gas | 5 | 1,6 | 452 |
| Diberi Kadar Gas | 5 | 1,2 | 146 |
| Diberi Kadar Gas | 5 | 0,8 | 57 |

2) Pengujian Subsistem Pemrosesan (Input)

Pengujian ini untuk memastikan bahwa NodeMCU ESP8266 sebagai subsistem pemrosesan yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi dengan semestinya dan berjalan dengan sangat baik. Sehingga program yang tertanam dalam mikrokontroler dapat mendeteksi objek di depan sensor seperti yang diharapkan.

Tak hanya sebagai pemrosesan saja, modul nodeMCU ESP8266 ini berfungsi sebagai jembatan untuk melakukan komunikasi data antara alat dan aplikasi yang dihubungkan lewat koneksi jaringan wifi

untuk menyalurkan data menuju web server. Dalam penelitian ini, web server yang digunakan yaitu Firebase. Pengujian pada alat dilakukan dengan melihat secara langsung di serial monitor lewat komunikasi serial. Pengujian ini dibagi 2 yaitu pengujian konektivitas antara alat dan jaringan wifi serta pengujian komunikasi data antara alat dan web server.

a. Pengujian Koneksi Jaringan Wifi

Pengujian ini dilakukan dengan cara menambahkan baris kode agar dapat menampilkan alamat IP yang diterima, setelah itu membuka serial monitor menggunakan laptop. Hasil dapat dilihat pada gambar 5.6 dibawah ini.



Gambar 8. Hasil Pengujian Koneksi Jaringan Wifi Pada Serial Monitor

b. Pengujian Komunikasi Web Server

Pengujian komunikasi ini juga dilakukan dengan cara menambahkan beberapa baris kode yang bertujuan untuk menerima respon yang diterima dari web server. Untuk skenario pengujiannya, pengguna mengirimkan data sensor ke web server dan server akan meresponnya yang artinya komunikasi antara alat dan web server berhasil.



Gambar 9. Hasil Pengujian Komunikasi Web Server Pada Serial Monitor

3) Pengujian Substems Keluaran (Output)

a. Traffic Light Module (R-Y-G LED)

Modul traffic light (R-Y-G LED) ini digunakan sebagai output dari alat yang sudah dipasang di bak sampah khususnya untuk sensor ultrasonik yang akan mendeteksi kapasitas bak sampah penuh atau tidaknya. Jika kapasitas bak sampah organik dan anorganik tersebut berada di kisaran antara 0% sampai 50% maka LED akan berwarna hijau, jika kapasitas sampah berada di kisaran 50% sampai 80% maka LED akan berwarna kuning, dan jika kapasitas sampah diatas 80% maka LED akan berwarna merah.

Tabel 4. Hasil Pengujian Traffic Light Module (R-Y-G LED)

| Pengujian Traffic Light Module (R-Y-G LED) | | | | | |
|--|------------------------------|-----------|------------|-----------|------------|
| No. | Kapasitas Keseluruhan Sampah | LED Merah | LED Kuning | LED Hijau | Kesimpulan |
| 1 | < 50% | MATI | MATI | NYALA | Valid |
| 2 | 50 - 80% | MATI | NYALA | MATI | Valid |

| | | | | | |
|---|-------------------|-------|------|------|-------|
| 3 | > 80% | NYALA | MATI | MATI | Valid |
| 4 | Kondisi Alat Mati | MATI | MATI | MATI | Valid |

4) Pengujian Alat Secara Keseluruhan.

Setelah subsistem telah teruji dengan baik dan dapat beroperasi seperti yang diharapkan. Kemudian menguji apakah ketiga sub-sub sistem tersebut dapat berjalan dengan baik, dan dapat menjalankan setiap proses sesuai dengan rancangan. Proses dan alur pengujian alat secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

- a. Pengujian sistem secara keseluruhan dimulai pada saat mikrokontroler NodeMcu ESP8266 mulai aktif dan mendapatkan daya sebesar 5 volt.
- b. Pada saat NodeMcu ESP8266 aktif maka mikrokontroler segera melakukan konfigurasi untuk masuk ke jaringan yang sudah diatur sebelumnya untuk mendapatkan alamat IP agar dapat mengirimkan data ke web server yang disediakan.
- c. Setelah NodeMcu ESP8266 mendapatkan alamat IP, maka pengujian sensor dapat dilakukan sensor dari mulai sensor ultrasonik, sensor api, dan sensor gas. Dari masing sensor tersebut memiliki beberapa fungsi diantaranya sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian atau kapasitas tempat sampahnya, sensor api untuk mendeteksi apakah dalam bak sampah tersebut ada nya api atau tidak dan sensor gas berfungsi untuk mendeteksi apakah pada bak sampah organik tersebut terdapat kandungan gas karbon monoksida (CO) dalam satuan ppm yang akan digunakan untuk pembuatan biogas (jika diperlukan).
- d. Data sensor yang sudah terbaca masuk ke dalam deretan array yang kemudian di push atau di update setiap 1 detik sekali alias realtime oleh NodeMcu ESP8266.
- e. Pengujian selanjutnya dilakukan pada aplikasi Android dengan cara membuka aplikasi. Ketika muncul interface login maka pengguna akan disuruh untuk memasukkan username dan password untuk masuk ke menu utama.
- f. Di menu utama, pengguna akan disuguhkan menu lainnya yaitu pemetaan TPS, pengangkutan, dan logout. Untuk fungsi menu pemetaan TPS yaitu sebagai langkah awal pemetaan bak sampah oleh petugas, fungsi menu pengangkutan digunakan untuk proses pengangkutan sampah sesuai TPS yang sudah penuh ataupun sesuai TPS yang dipilih oleh pengguna. Pada menu pengangkutan juga akan ada informasi yang didapatkan dari web server sesuai data yang telah dikirim oleh NodeMcu ESP8266.

Setelah itu pengujian dilakukan pada LED indikator yang berwarna hijau, kuning dan merah. LED ini akan menyala sesuai kapasitas TPS yang didapatkan dari web server oleh NodeMCU ESP8266. Jika kapasitas TPS kurang dari 50% maka lampu LED hijau akan menyala, jika kapasitas TPS berada di antara 50-80% maka LED kuning akan menyala, dan jika kapasitas TPS berada diatas 80% maka LED merah akan menyala. Untuk secara ringkasnya bisa dilihat pada tabel 5.6 dibawah ini

Tabel 5. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

| No. | Kondisi | Web Server (Firebase) | LED | Hasil Pengujian | Kesimpulan |
|-----|--|-----------------------|--------|--|------------|
| 1 | Bak Sampah < 50% | Update Data | Hijau | Kapasitas bak sampah gabungan antara organik dan anorganik < 50% maka lampu LED hijau akan menyala. | Valid |
| 2 | Bak Sampah 50 - 80% | Update Data | Kuning | Kapasitas bak sampah gabungan antara organik dan anorganik berada antara 50 - 80% maka lampu LED kuning akan menyala. | Valid |
| 3 | Bak Sampah > 80% | Update Data | Merah | Kapasitas bak sampah gabungan antara organik dan anorganik > 80% maka lampu LED merah akan menyala artinya bak sampah sudah penuh. | Valid |
| 4 | Bak sampah terdeteksi nyala api | Update Data | - | Server akan mengirimkan data BOOLEAN True ke aplikasi android dan akan ada notifikasi ke pengguna. | Valid |
| 5 | Bak sampah mendeteksi kandungan gas monoksida (CO) | Update Data | - | Server akan mengirimkan data integer/number yang dihasilkan sensor dalam satuan ppm. | Valid |

5) Kesimpulan Hasil Pengujian.

Berdasarkan hasil pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring tempat sampah sementara (TPS) berbasis IoT dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 ini untuk secara fungsional mengeluarkan hasil sesuai dengan yang diharapkan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Sistem monitoring tempat sampah sementara (TPS) menggunakan mikrokontroler NodeMcu ESP8266 berbasis Android yang terdiri dari komponen mikrokontroler NodeMcu ESP8266 dengan tujuan memberikan informasi status keadaan bak sampah yang telah dipetakan sebelumnya melalui aplikasi android, kemudian dilakukan percobaan berdasarkan komponen sehingga mendapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah terealisasi model sistem monitoring tempat sampah sementara (TPS) berbasis Android yang di monitoring dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266.
2. Dapat memberikan informasi bak sampah otomatis kepada petugas pengangkut sampah secara realtime lewat aplikasi android.
3. Meningkatkan efisiensi bahan bakar kendaraan dan kinerja para petugas pengangkut sampah dalam proses pengangkutan sampah berdasarkan bak yang sudah penuh karena alat sudah dapat mendeteksi kapasitas sampah secara otomatis.
4. Dapat mendeteksi adanya nyala api dan gas monoksida dalam bak sampah yang digunakan sebagai kebutuhan biogas jika diperlukan.

Daftar Pustaka

- [1] I. M. Mudiarta, I. G. N. Janardana, and I. W. A. Wijaya, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETINGGIAN SAMPAH DAN TINGKAT GAS METANA PADA BAK SAMPAH BERBASIS IoT," *Spektrum*, vol. 7, no. 2, pp. 22–28, 2020.
- [2] F. Ratnawati, Juniarto, and T. Musri, "Prototype Sistem Monitoring Tempat Sampah di Gedung Politeknik Negeri Bengkalis Berbasis Mikrokontroler," *SATIN - Sains dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 80–88, 2020, doi: 10.33372/stn.v6i1.615.
- [3] Y. Bowo Widodo, T. Sutabri, and L. Faturahman, "Tempat Sampah Pintar Dengan Notifikasi Berbasis Iot," *J. Teknol. Inform. dan Komput. |*, vol. 5, no. 2, p. 50, 2019.
- [4] Z. Nurul, *Penelitian Tindakan (Action Research) dalam bidang pendidikan dan sosial*. Malang: Lembaga Penelitian Universitas Muhammadiyah Malang, 2001.
- [5] A. Eko Anggoro, "Prototype Sistem Door Lock Dua Pintu Dengan RFID Dan Keypad Berbasis Arduino Mega," Universitas Jember, 2017.
- [6] D. Rohpandi, C. Rahmat Hidayat, and E. Dewi Sri Mulyani, "Sistem Kontrol Dan Monitoring Lampu Jarak Jauh Menggunakan Esp8266 Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Android," in *SENSITIf*, Dec. 2019, pp. 241–251.