

PROTOTIPE SISTEM MONITORING TEMPAT SAMPAH PINTAR DENGAN PENANDA LOKASI BERBASIS IOT MENGGUNAKAN NODEMCU

Novanda Dwi Pramana Putra, Arief Tri Arsanto

Teknik Informatika, Universitas Yudharta Pasuruan

Jl. Yudharta No. 07 (Pesantren Ngalah) Purwosari, Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia

about.novan@gmail.com

ABSTRAK

Pembersihan tempat sampah oleh petugas kebersihan sering mengalami keterlambatan karena harus meninjau seluruh tempat sampah secara manual dalam rentang waktu yang lama untuk mengidentifikasi tempat sampah yang perlu dikosongkan. Hal ini dapat mengurangi efisiensi dan kinerja petugas dalam membersihkan sampah di berbagai lokasi. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif seperti pencemaran lingkungan dan penyebaran bakteri. Oleh karena itu, sistem monitoring sampah yang terintegrasi dengan Internet of Things dapat menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sistem ini memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi volume sampah, sensor load cell untuk mengukur berat sampah, dan modul GPS Ublox Neo 6M sebagai penanda lokasi tempat sampah. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 berperan sebagai penghubung dan pengelola data dari masing-masing sensor, yang kemudian dikirim dan disimpan pada database Firebase secara real-time sehingga dapat dipantau secara langsung melalui aplikasi android pada smartphone. Metode dalam penelitian ini dilakukan melalui wawancara, observasi, studi pustaka, serta dalam pengembangannya menggunakan metode prototyping. Hasil pengujian pada prototipe ini menunjukkan bahwa keseluruhan sistem berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Sensor dan modul mampu beroperasi dengan optimal, memungkinkan pembacaan nilai yang akurat selama proses berlangsung. Keseluruhan sistem beroperasi sesuai dengan semestinya dan mampu meningkatkan efisiensi dan kinerja pembersihan sampah oleh petugas.

Kata kunci: Sistem Pemantauan, Pengelolaan Sampah, GPS, ESP8266, Internet of Things.

1. PENDAHULUAN

Pemrosesan sampah yang efektif dan efisien merupakan tantangan yang dihadapi oleh banyak wilayah di Indonesia, baik dari segi pengumpulan, pengangkutan, dan pembuangan akhir. Banyak hal yang harus diperhatikan dalam pengelolaan sampah, seperti mengidentifikasi masalah, mengoptimalkan pengumpulan sampah, dan memperbaiki infrastruktur. Salah satu masalah dalam pengumpulan sampah ialah pembersihan tempat sampah oleh petugas kebersihan yang tidak efektif dan efisien karena ketidaktersediaan informasi tentang waktu pembuangan sampah dan lokasi tempat sampah yang perlu dikosongkan.

Akibat tidak adanya informasi ini, petugas kebersihan harus meninjau seluruh tempat sampah secara manual dalam rentang waktu yang lama untuk mengidentifikasi tempat sampah yang perlu dikosongkan. Selain itu banyaknya tempat sampah menjadi tantangan tersendiri untuk memilah tempat sampah yang penuh. Untuk mengatasi masalah ini, pengembangan sistem pengelolaan sampah yang efektif dan efisien telah menjadi prioritas penting.

Berdasarkan masalah tersebut penulis menawarkan solusi berupa penerapan sistem pemantauan sampah pintar berbasis IoT, yang dapat memberikan data secara real-time untuk membantu proses pengumpulan sampah oleh petugas kebersihan menjadi lebih teratur dan terukur. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, seperti pencemaran dan penyebaran penyakit [1].

Sistem yang dirancang mengintegrasikan NodeMCU dan beberapa sensor seperti sensor berat, sensor ultrasonik, dan sensor GPS untuk memonitor tingkat pengisian tempat sampah, kondisi berat sampah, dan lokasi tempat sampah. Data yang dikumpulkan oleh sistem akan dikirimkan ke platform Firebase, sehingga petugas kebersihan dapat memantau tingkat volume sampah, berat sampah dan lokasi tempat sampah yang perlu dikosongkan secara real-time melalui antarmuka android mobile. Dengan demikian proses pengumpulan sampah menjadi lebih teratur, efektif, dan efisien. Sistem ini tidak hanya akan meningkatkan efisiensi pengumpulan sampah, tetapi juga berkontribusi pada lingkungan yang lebih bersih dan sehat [2].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Pradeep, S. pada tahun 2023 yang berjudul “Garbage monitoring system using internet of things (IoT)”, menghasilkan rancangan sistem monitoring tempat sampah yang menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian sampah, servo motor untuk menutup tutup tempat sampah dan LCD untuk menampilkan kondisi tampung tempat sampah serta mengirimkan notifikasi ke petugas melalui aplikasi Blynk.

Selanjutnya dalam penelitian “Rancang bangun tempat sampah pintar untuk meningkatkan management sampah berbasis mikrokontroler”, oleh I

Gusti Made Ngurah Desnanjaya pada tahun 2023. Penelitian ini menghasilkan rancangan sistem monitoring tempat sampah menggunakan sensor proximity dan infrared yang dapat memilah sampah menjadi tiga jenis sampah yaitu logam, organik, dan non-organik serta LCD sebagai output untuk menampilkan status sampah.

Penelitian berikutnya yang telah dilakukan oleh Thangavel Bhuvaneswari pada tahun 2020 dengan judul “Internet of things (IoT) based Smart Garbage monitoring system”. Penelitian ini menghasilkan rancangan sistem monitoring tempat sampah yang menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560, sensor load cell untuk memperkirakan berat tempat sampah, sensor ultrasonik untuk memperkirakan tinggi sampah, serta modul Wi-Fi ESP8266 sebagai penyalur koneksi menuju platform thingspeak sebagai antarmuka pemantauan secara real-time.

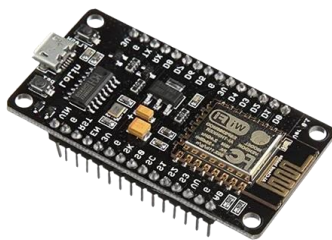
2.2. Internet of Thing (IoT)

Internet of things (IoT) merupakan suatu paradigma yang sedang berkembang pesat, di mana berbagai perangkat elektronik, sensor, dan sistem komputasi dapat saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet. Konsep internet of things bertujuan untuk menghubungkan dunia fisik dengan dunia digital. Internet of Things ialah kemajuan teknologi yang sangat potensial serta bertujuan meningkatkan kehidupan dengan memanfaatkan instrumen cerdas yang berkolaborasi menggunakan jaringan internet [3].

2.3. Sistem Monitoring

Sistem monitoring merupakan kumpulan atribut informasi yang memberikan rincian tentang kondisi terkini dari sistem yang sedang dipantau [4]. Monitoring yang baik dapat membantu proses pengambilan keputusan melalui penyediaan data dan informasi yang akurat dan tepat waktu.

2.4. NodeMCU V3 ESP8266



Gambar 1. Nodemcu ESP8266 Lolin V3

NodeMCU ESP8266 merupakan papan pengembangan yang banyak diminati oleh komunitas IoT karena dilengkapi dengan modul WiFi ESP8266 yang tidak hanya mampu terhubung ke jaringan nirkabel, tetapi juga didesain untuk komunikasi internet of things (IoT) dengan konsumsi daya yang rendah. Mikrokontroler ini dapat dikembangkan

menjadi sebuah aplikasi controlling maupun monitoring untuk proyek IoT (Internet of Things) [5].

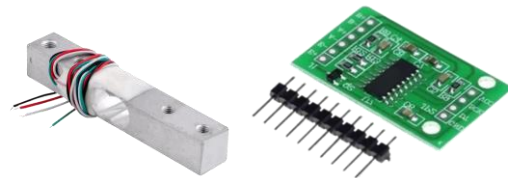
2.5. Sensor HC-SR04



Gambar 2. HC-SR04

Sensor HC-SR04 merupakan komponen elektronik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak suatu objek [6]. Sensor ini memanfaatkan prinsip kerja pemantulan gelombang ultrasonik yang dipancarkan oleh sensor tersebut.

2.6. Sensor Load Cell HX711



Gambar 3. Loadcell dan HX711

Load cell adalah sensor pengukur dan pengubah besaran gaya atau beban fisik yang diberikan pada suatu objek menjadi isyarat listrik yang dapat digunakan untuk pemrosesan lebih lanjut oleh HX711 yang bekerja dengan mengubah transformasi terukur dalam resistansi menjadi sinyal yang dapat diproses. Pengukuran yang berproses melalui load cell didasarkan pada prinsip tekanan [7].

2.7. Modul GPS Ublox Neo 6M



Gambar 4. Ublox Neo 6M V2

Modul GPS ini berfungsi sebagai alat untuk menentukan titik letak atau lokasi [8]. Modul ini menggunakan chip GPS UBLOX NEO-6M, yang merupakan versi terbaru dari seri NEO. Modul ini memiliki ukuran yang kecil, sekitar 25 x 35 mm, dan menggunakan penangkapan serta pemrosesan sinyal dari satelit navigasi untuk bertindak sebagai penerima GPS, sehingga dapat menentukan lokasi.

2.8. Buzzer



Gambar 5. Buzzer

Buzzer merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk menghasilkan suara atau bunyi. Buzzer dapat memproduksi suara dengan mengubah getaran listrik menjadi bunyi, secara teknis buzzer arduino terdiri dari sebuah piezo ceramic yang dapat menghasilkan suara saat dialiri arus listrik [9].

2.9. Firebase

Firebase adalah platform layanan cloud yang dikembangkan oleh Google untuk membantu pengembang aplikasi web dan seluler membangun, mengelola, dan mengembangkan aplikasi dengan mudah. Firebase meringankan para developer software untuk mengembangkan software buatnya [10].

2.10. Kodular

Kodular adalah platform pengembangan visual yang menggunakan antarmuka drag-and-drop, mirip dengan MIT App Inventor. Fitur utama Kodular adalah block programming, yang memungkinkan kita untuk menghindari keharusan menulis kode program secara manual dalam pembuatan aplikasi Android. [11]

3. METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini menggunakan model pengembangan prototipe yang terdiri dari komunikasi, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi serta pengujian dan validasi.

3.1. Komunikasi

Peneliti telah mengumpulkan data dalam tahap komunikasi ini. Data dikumpulkan dengan cara mengumpulkan informasi yang relevan untuk penelitian melalui beberapa metode seperti observasi, wawancara, studi literatur, dan studi pustaka.

3.2. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dibutuhkan untuk mengembangkan solusi yang efektif dan efisien. Dengan memahami latar belakang, konteks, dan kebutuhan pengguna secara mendalam sesuai dengan yang dibutuhkan.

Tabel 1. Kebutuhan hardware

Komponen	Jml	Kegunaan
NodeMCU esp8266 Lolin v3	1	Sebagai pusat system yang memiliki kemampuan untuk mengolah data dan melakukan seluruh proses untuk system serta mendistribusikan data dari semua sensor kedalam firebase melalui jaringan online.
Expansion Board	1	Untuk menambah slot pin gpio dan slot lainnya kedalam nodemcu esp8266
Sensor Ultrasonik	1	Untuk mendeteksi ketinggian / jarak
Load cell Hx711	1	Untuk mendeteksi berat
Ublox Neo 6M	1	Untuk mendeteksi Letak / Lokasi
Buzzer	1	Untuk memberikan bunyi
Kabel jumper	1	Untuk memberi tahu bahwa volume sampah telah melampaui tinggi tempat sampah
Baterai 9v	1	Sebagai sumber daya untuk semua perangkat keras
Switch on off	1	Untuk mematikan sumber daya
Dustbin	1	Untuk tempat sampah

Pada tabel diatas dijelaskan masing-masing kegunaan serta jumlah kebutuhan perangkat keras yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

Tabel 2. Kebutuhan software

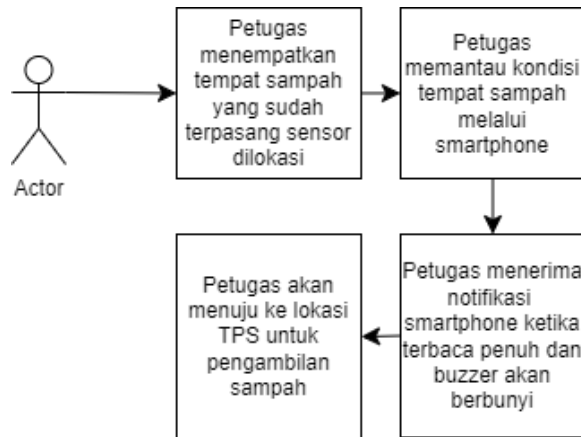
Komponen	Kegunaan
Arduino IDE	Digunakan untuk menuliskan skrip program yang digunakan sebagai perintah untuk membaca setiap sensor yang terhubung dengan mikrokontroler.
Firebase	Digunakan sebagai cloud penyimpan data hasil monitoring
Kodular	Digunakan untuk menyusun blok program dalam pembuatan aplikasi android.

Pada kebutuhan software diatas dijelaskan fungsi masing-masing perangkat lunak yang dibutuhkan dalam penelitian ini.



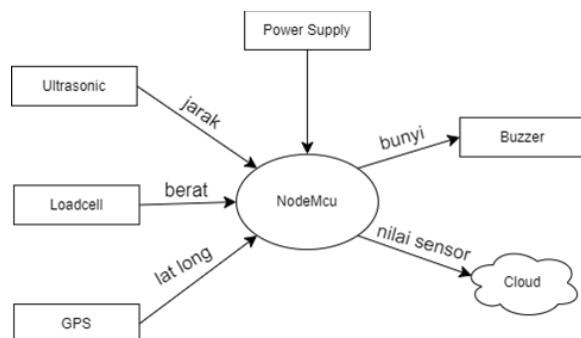
Gambar 6. Analisa kebutuhan sistem berjalan

Dalam analisa kebutuhan sistem berjalan diatas dijelaskan bahwa ketika petugas sampah mendapatkan notifikasi maka petugas akan segera mengambil tempat sampah tersebut. Petugas juga akan memeriksa lokasi lainnya yang memiliki notifikasi tempat sampah yang sudah penuh dan segera mengangkutnya.



Gambar 7. Proses aktivitas monitoring

Pada gambar diatas, petugas akan menempatkan tempat sampah yang memiliki sensor ke lokasi tempat sampah kemudian petugas dapat memonitoring kondisi tempat sampah melalui smartphone dimanapun berada. Saat tempat sampah mencapai kapasitas penuh, tempat sampah pintar akan mengaktifkan buzzer dan mengirimkan notifikasi ke petugas sampah yang kemudian akan diambil oleh petugas sampah.

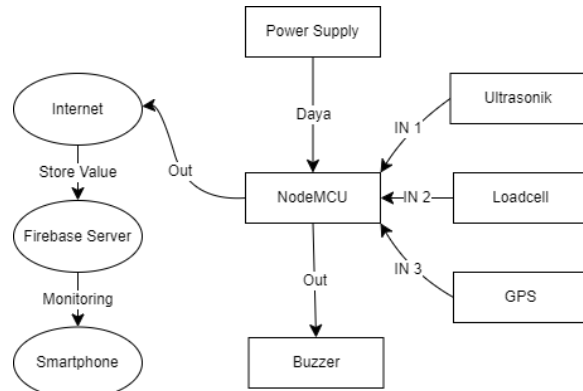


Gambar 8. Diagram kerja fungsional sistem

Pada gambar 3 diagram kerja fungsional system menunjukkan bahwa nodemcu menerima nilai dari masing-masing sensor yaitu nilai jarak dari sensor ultrasonic, nilai berat dari sensor load cell dan nilai longitude dan longitude dari sensor GPS yang kemudian diterjemahkan dan diproses dalam nodemcu. Setelah itu output dari nodemcu yang telah membaca proses tersebut mengirimkan nilai untuk menyalakan buzzer serta nilai masing-masing sensor melalui jaringan internet untuk disimpan kedalam firebase.

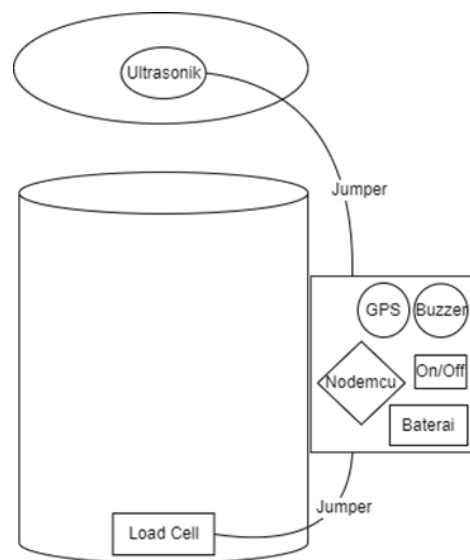
3.3. Perancangan

Tahapan membangun prototipe ini dibuat skenario arsitektur rancangan sistem sebelum diimplementasikan dalam bentuk skrip kode dan rangkaian utuh. Rancangan dibuat untuk menyatukan perangkat keras menjadi kesatuan rangkaian sistem untuk diprogram pada tahap berikutnya.



Gambar 9. Alur perancangan

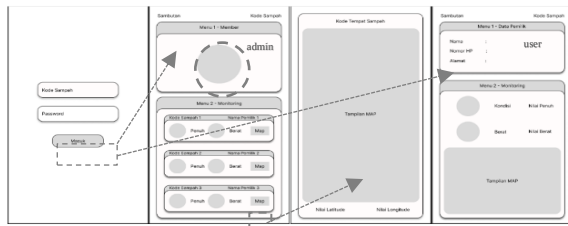
Alur perancangan diatas memberikan penjelasan tentang hubungan dan interaksi antara masing-masing komponen. Hal ini juga dapat menetapkan fokus dan tahapan dalam penelitian yang jelas dan sistematis. Alur perancangan ini terdiri dari 3 sensor masukan, 1 masukan daya, dan 2 keluaran yang semua diproses melalui NodeMCU.



Gambar 10. Desain rancangan alat

Desain rancangan alat penelitian ini memakai tempat sampah yang berbentuk seperti pada gambar yang nantinya akan diletakkan sensor load cell pada bagian bawah tempat sampah, dan sensor ultrasonic terletak pada penampang atas tempat sampah. Kemudian kedua sensor ini dihubungkan dengan kabel jumper yang terkoneksi pada nodemcu pada bagian belakang tempat sampah. Nodemcu, sensor GPS, Buzzer dan baterai diletakkan pada bagian belakang

tempat sampah dengan wadah atau kotak khusus untuk melindungi rangkaian alat ini.

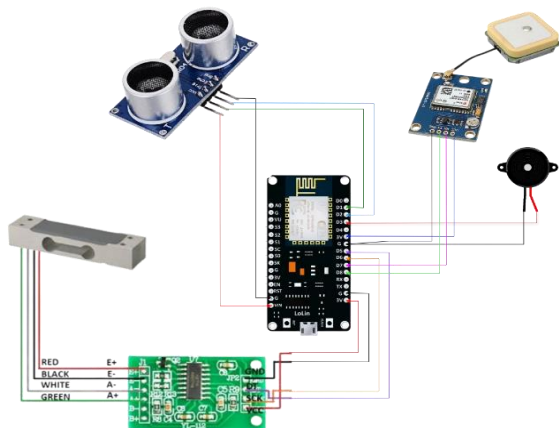


Gambar 11. Wireframe rancangan aplikasi

Dalam perancangan software ini peneliti mengkonsep desain aplikasi dengan sesederhana mungkin dalam bentuk bagan visual wireframe. Pada tahap awal penggunaan aplikasi, pengguna akan disajikan dengan halaman login. Pada halaman ini akan menentukan setiap pengguna akan diteruskan untuk memasuki halaman admin atau halaman user. Pada menu member halaman admin terdapat icon member yang jika ditekan akan membuka halaman daftar member. Sementara itu dibagian menu monitoring selain terdapat data monitoring setiap tempat sampah, juga terdapat button map yang ketika ditekan akan menuju halaman map yang menampilkan titik koordinat tempat sampah tersebut.

Selanjutnya ketika pengguna dinyatakan sebagai user, maka akan diteruskan menuju halaman user. Dalam tampilan halaman ini, user akan disajikan dengan 2 menu utama yaitu data pemilik berisikan data pribadi pemilik tempat sampah dan monitoring yang berisikan kondisi penuh tidaknya tempat sampah, nilai berat dan titik koordinat yang ditampilkan pada map

3.4. Implementasi



Gambar 12. Rangkaian komponen

Pada tahap ini, fokus utamanya adalah mengubah rancangan yang telah dibuat sebelumnya menjadi bentuk kode program dan rangkaian nyata yang bisa dijalankan. Temuan dari tahapan ini yaitu sebuah sistem yang dapat dijalankan serta siap untuk dilakukan pengujian. Sehingga petugas dapat

memonitoring dan mengontrol ketinggian dan berat sampah melalui aplikasi android.

Rangkaian komponen disusun untuk menghubungkan masing-masing sensor menjadi satu kesatuan system monitoring yang akan dibuat.

Tabel 3. Wiring komponen pada NodeMCU

Komponen	VCC	GND	GPIO
HC-SR04	Vin (5v)	GND	Trig – D1 Echo – D2
HX711	3v3 (3v)	GND	DT – D5 SCK – D6
Ublox Neo 6M	3v3 (3v)	GND	RX – D7 TX – D8
Buzzer	-	GND	(+) – D3

3.5. Pengujian dan Validasi

Black box testing dipergunakan dengan tujuan untuk mengevaluasi fungsionalitas dari sistem atau perangkat yang telah dikembangkan. Pengujian ini melibatkan pengujian pada masing-masing modul, serta pengujian integrasi antara seluruh unit program. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap modul berfungsi sesuai dengan tugasnya masing-masing.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Realisasi



Gambar 13. Realisasi tempat sampah

Dalam realisasi alat ini peneliti menggunakan tempat sampah yang sudah ada dan sedikit memodifikasinya sesuai dengan ide perancangan yang sudah dituturkan sebelumnya seperti pada gambar diatas.



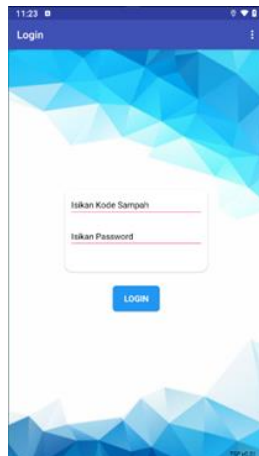
Gambar 14. Bagian dalam alat

Pada bagian dalam alat terpasang sensor ultrasonik HC-SR04 yang dapat mendeteksi nilai ketinggian sampah dan terletak dibagian tutup atau penampang atas tempat sampah, sedangkan pada bagian dasar alat terdapat sensor load cell untuk mendeteksi nilai berat sampah.



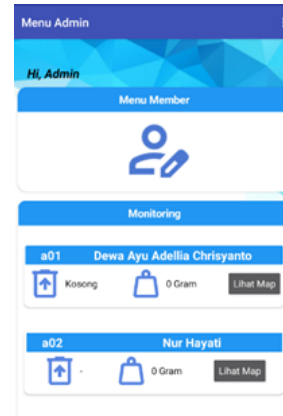
Gambar 15. Bagian belakang alat

Pada bagian belakang alat terpasang sebuah kotak sebagai tempat untuk melindungi juga menyimpan rangkaian lainnya seperti mikrokontroler NodeMCU Esp8266 Lolin v3, penerjemah data analog load cell yaitu HX711, Modul GPS Ublox Neo 6m, Expansion board NodeMCU Ver 1.0 HW-389, Buzzer, serta baterai 9v sebagai penyuplai daya.



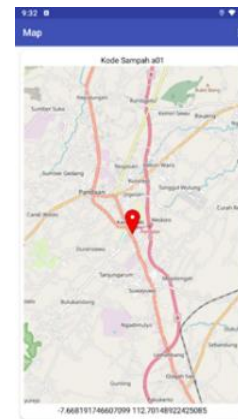
Gambar 16. Halaman awal login aplikasi

Pada gambar 11 menunjukkan tampilan awal ketika memasuki halaman aplikasi. Halaman ini menggunakan multilevel login sehingga terdapat 2 tipe identitas pengguna yaitu admin dan user. Akun admin digunakan oleh Petugas pengangkut sampah sedangkan akun user digunakan oleh pemilik tempat sampah.



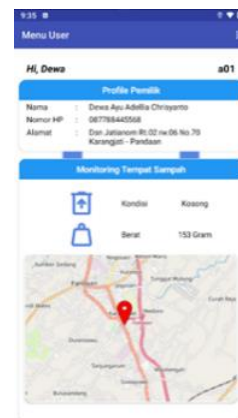
Gambar 17. Tampilan menu admin

Terdapat 2 menu utama pada menu admin seperti pada gambar 12 yaitu menu member dan menu monitoring. Pada menu monitoring terdapat daftar setiap pengguna beserta data monitoringnya, sehingga petugas dapat memantau secara langsung tempat sampah setiap pengguna pada halaman utama.



Gambar 18. Tampilan lihat map pada admin

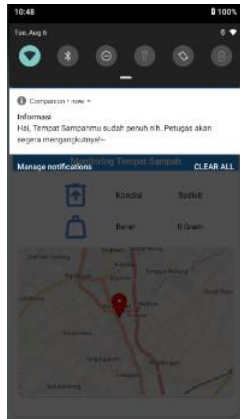
Pada gambar monitoring admin, petugas dapat melihat hasil monitoring serta lokasi dari tempat sampah dan ketika button lihat map ditekan admin akan diarahkan kehalaman map lokasi tempat sampah pengguna seperti gambar 13.



Gambar 19. Tampilan pada halaman user

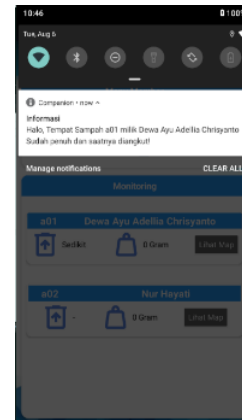
Sedangkan tampilan pada halaman pengguna user, terdapat 2 bagan utama yakni menu profil pemilik yang terdiri dari data pribadi pengguna dan menu monitoring tempat sampah yang menunjukkan kondisi penuh tidaknya tempat sampah, berat dan titik koordinat lokasi tempat sampah pada map.

4.2. Hasil Notifikasi



Gambar 20. Notifikasi untuk user

Gambar dibawah adalah contoh notifikasi bila kondisi tempat sampah sudah terisi penuh yang dikirimkan oleh server firebase ke smartphone pengguna sebagai user.



Gambar 21. Notifikasi untuk admin

Gambar selanjutnya adalah contoh notifikasi bila kondisi tempat sampah sudah terisi penuh yang dikirimkan oleh server firebase ke smartphone admin atau petugas pengangkut sampah.

4.3. Pengujian Pemakaian Pengguna (User Acceptance Test)

Tabel 4. User Acceptance Test

Jenis Uji Komponen	Fungsi Pokok	Sesuai	
		Ya	Tidak
Deteksi ketinggian sampah	Menampilkan hasil ukur sensor Ultrasonik pada smartphone	3	0
	Dapat memonitoring ketinggian sampah dan memberikan notifikasi pada smartphone	3	0
	Memberikan peringatan dengan bunyi buzzer ketika sampah sudah melebihi kapasitas tempat sampah.	3	0
Deteksi berat sampah	Menampilkan hasil ukur sensor load cell pada smartphone	3	0
	Dapat memonitoring berat sampah dan memberikan notifikasi pada smarphone	3	0
	Mengirim notifikasi pada smartphone apabila berat sampah sudah melebihi kapasitasnya	3	0
Deteksi penanda Lokasi tempat sampah	Menampilkan titik lokasi tempat sampah pada layar peta aplikasi smartphone	3	0
	Menampilkan nilai latitude longitude lokasi pada smartphone	3	0
Aplikasi Kodular	Menampilkan nilai pengukuran sensor ultrasonik dan menampilkan notifikasi	3	0
	Menampilkan nilai pengukuran sensor load cell dan menampilkan pada notifikasi	3	0
	Menampilkan nilai longitude latitude dan memberikan titik lokasi tempat sampah	3	0
Total		33	0

Pada hasil rangkuman pengujian fungsional yang diuraikan dalam tabel 4.12 menunjukan bahwa skor kesesuaian diperoleh sebanyak 33. Selanjutnya tingkat kesesuaian yang diharapkan dalam tes pemakaian pengguna ini mencakup jumlah skor yang sesuai ditambah dengan skor yang tidak sesuai dari hasil pengujian, yaitu $33+0 = 33$. Dengan demikian, persentase kesesuaian aplikasi ini dengan pengguna mencapai 100%, berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Tingkat Kesesuaian} = \frac{\text{sesuai}}{\text{sesuai} + \text{tidak sesuai}} \times 100$$

$$\text{Tingkat Kesesuaian} = \frac{33}{33 + 0} \times 100$$

$$\text{Tingkat Kesesuaian} = 100\%$$

4.4. Pengujian Performa (Performance Testing)

Skenario dilakukan agar sistem dapat bekerja sesuai dengan harapan serta tujuan yang telah dirancang, peneliti membuat skenario masing-masing pengujian pada komponen dengan parameter sebagai berikut:

Tabel 5. Pengujian sensor HC-SR04

Pengujian Sensor Jarak/Ketinggian			
No.	Nilai Tinggi (cm)	Hasil Ukur Ultrasonik (cm)	Rata-Rata Tingkat Akurasi 0%
1	10	10	100%
		10	
		10	
		10	
		10	
2	20	20	100%
		20	
		20	
		20	
		20	
3	30	30	100%
		30	
		30	
		30	
		30	
Rata-rata keakuratan			100%

Pada proses pengujian keakuratan dari sensor ultrasonik dilakukan lima kali pengukuran oleh sensor ultrasonik kepada objek yang telah diketahui nilai tingginya. Hasil dari lima kali pengukuran oleh sensor ultrasonik tersebut kemudian dirata-ratakan dengan rumus tingkat akurasi *confusion matrix* sebagai berikut:

$$1 - \frac{((\text{nilai sebenarnya} - \text{nilai percobaan}))}{\text{nilai sebenarnya}} \times 100\%$$

Hasil dari nilai tinggi objek tersebut untuk mengetahui berapa besar presentase akurasi yang dihasilkan, adanya presentase akurasi ini disebabkan oleh sensitivitas sensor.

Tabel 6. Pengujian Sensor Load Cell HX711

Pengujian Sensor Berat			
No.	Berat sebenarnya (g)	Berat yang dideteksi oleh Sensor (g)	Rata-Rata Tingkat Akurasi 0%
1	500 Gram	497 gram	100%
		498 gram	100%
		499 gram	100%
		500 gram	100%
		500 gram	100%
2	1000 Gram	997 gram	100%
		998 gram	100%
		999 gram	100%
		1000 gram	100%
		1000 gram	100%
3	1500 Gram	1497 gram	100%
		1499 gram	100%
		1499 gram	100%
		1500 gram	100%
		1500 gram	100%
Rata-rata keakuratan			100%

Pada proses pengujian keakuratan dari sensor load cell dilakukan lima kali pengukuran oleh sensor

load cell dengan objek yang telah diketahui nilai beratnya, hasil dari lima kali pengukuran oleh sensor tersebut kemudian dirata-ratakan dengan rumus tingkat akurasi *confusion matrix* sebagai berikut:

$$1 - \frac{((\text{nilai sebenarnya} - \text{nilai percobaan}))}{\text{nilai sebenarnya}} \times 100\%$$

Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan nilai berat pada objek untuk mengetahui berapa besar presentase keakuratan yang dihasilkan.

Tabel 7. Hasil uji jangkauan wifi NodeMCU

Pengujian Jarak Jangkauan NodeMCU				
No	Jarak	Tanpa Penghalang	Jarak	Dengan Penghalang
1	3m	Connected	2m	Connected
2	5m	Connected	4m	Connected
3	10m	Connected	8m	Connected
4	15m	No connection	12m	No connection

Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak maksimal nodemcu untuk berkomunikasi tanpa hambatan adalah 10 meter dan dengan hambatan dapat terkoneksi sejauh 8 meter. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa jarak efektif yang diperoleh adalah 8 meter.

Tabel 8. Pengujian Fungsional Modul GPS

Pengujian modul GPS		
No	Percobaan Fungsional	Status Keberhasilan
1	Modul UBlox Neo 6M dapat terkoneksi dengan satelit yang menyalakan lampu led pada modul.	Berhasil
2	Aplikasi mampu melacak titik koordinat menggunakan UBlox Neo Neo 6M.	Berhasil

Pada proses pengujian modul ini, peneliti melakukan pengujian untuk memastikan bahwa modul GPS Ublox Neo 6m berfungsi secara baik dan layak digunakan.

Tabel 9. Uji perbandingan titik koordinat

No	Hasil Tempat Sampah Pintar dengan modul uBlox Neo 6m		Hasil Google Maps pada smartphone	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
1	-7.671351°	112.697464°	-7.671323°	112.697453°
2	-7.672814°	112.697064°	-7.672800°	112.697031°
3	-7.674073°	112.696390°	-7.674070°	112.696350°
4	-7.676573°	112.693484°	-7.676536°	112.693467°
5	-7.679845°	112.691031°	-7.679711°	112.691088°
6	-7.681102°	112.689366°	-7.681061°	112.689369°
7	-7.681905°	112.688797°	-7.681873°	112.688805°
8	-7.684201°	112.686578°	-7.684057°	112.686582°
9	-7.686619°	112.684095°	-7.686579°	112.684109°
10	-7.687832°	112.682893°	-7.687918°	112.682951°

Tabel di atas menunjukkan perbandingan hasil tes yang dilakukan sepuluh kali di berbagai tempat.

Kemudian peneliti mencatat titik koordinat latitude dan longitude dari hasil masing-masing tracking titik koordinat tempat sampah pintar dengan Ublox Neo 6m dan titik koordinat Google Maps pada smartphone Infinix Hot 30 pada lokasi yang sama disaat pengujian.

Tabel 10. Selisih perbandingan titik koordinat

No	Selisih Hasil Pengujian	
	Latitude	Longitude
1	0.000028°	0.000011°
2	0.000014°	0.000033°
3	0.000003°	0.000040°
4	0.000037°	0.000017°
5	0.000134°	0.000057°
6	0.000041°	0.000003°
7	0.000032°	0.000008°
8	0.000144°	0.000004°
9	0.000040°	0.000014°
10	0.000086°	0.000058°
Rata-rata	0.0000559°	0.0000245°

Dari hasil pengujian diatas terlihat ada perbedaan titik koordinat latitude dan longitude pada tempat sampah pintar antara modul GPS Ublox neo 6m yang disandingkan dengan Google Maps pada Smartphone infinix Hot 30. Perbedaan yang dihasilkan pada pengujian ini tentu tidak begitu signifikan karena terbukti bahwa rata-rata yang dihasilkan pada hasil pengujian tidak begitu jauh dengan rata-rata perbedaan seperti yang tertera pada table diatas, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat keakuratan yang dimiliki Ublox neo 6m terbilang akurat karena menghasilkan nilai yang mampu mendekati nilai akurasi Google Maps pada Smartphone Infinix Hot 30.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Alat monitoring ketinggian, berat dan penanda lokasi tempat sampah berbasis IoT ini memudahkan pengguna atau petugas kebersihan untuk manajemen dan memonitoring tempat sampah serta menerima pemberitahuan jika tempat sampah sudah penuh. Hasil pengujian fungsi komponen dalam pemakaian pengguna menghasilkan kesesuaian penilaian sebanyak 33 point yang berarti seluruh fungsi komponen berjalan dengan baik berdasarkan pemakaian pengguna. Sementara itu dalam *performance test*, sensor HC-SR04 dan sensor berat loadcell mampu bekerja secara optimal dengan nilai pengujian 100% sesuai dengan nilai pengukuran. Dalam pengujian jarak Nodemcu, teruji bahwa jarak maksimal Nodemcu dalam memperoleh sinyal wifi dari router adalah 10 Meter tanpa hambatan dan 8 meter jika terdapat hambatan. Berikutnya pada pengujian fungsional modul gps menunjukkan bahwa gps bekerja dengan baik dan mampu terkoneksi dengan satelit serta mampu melacak titik koordinat. Selanjutnya dalam perbandingan titik akurasi Modul GPS Ublox Neo 6m tersebut dengan Google Maps pada smartphone Infinix Hot 30, menghasilkan nilai akurasi perbedaan yang tidak terlalu signifikan dengan

rata-rata dalam 10 kali pengujian adalah 0.0000559° untuk latitude dan 0.0000245° untuk longitude, yang menunjukkan bahwa hasil ini mampu menyaingi tingkat akurasi Google Maps pada Smartphone Infinix Hot 30. Selain memberikan notifikasi, sistem ini juga mampu memberi peringatan berupa bunyi buzzer ketika tempat sampah sudah terisi penuh kepada petugas pengangkut sampah maupun pengguna aplikasi atau pemilik tempat sampah.

Disamping baiknya hasil pengujian, tentunya prototype ini masih memiliki banyak kekurangan. Maka dari itu, agar menjadikannya sempurna peneliti memberikan beberapa saran dalam penelitian selanjutnya, salah satunya ialah untuk menambahkan fitur *tracking* dalam pelacakan koordinat tempat sampah, menambahkan fitur notifikasi kepada pengguna jika tempat sampah sudah diangkut petugas serta menambahkan history dan jadwal pemungutan sampah ke dalam aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] MUH. A. SAPUTRA, I. G. P. Wirarama Wedaswara, and A. Zubaidi, "Rancang Bangun Smart Trash Can Berbasis IOT (Internet of Things) Untuk Petugas Sampah Perumahan," *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya (JTika)*, vol. 3, no. 1, 2021, doi: 10.29303/jtika.v3i1.134.
- [2] I. G. M. N. Desnanjaya, I. K. B. Sandika, I. B. G. Sarasvananda, P. W. Aditama, and I. K. A. G. Wiguna, "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Untuk Meningkatkan Management Sampah Berbasis Mikrokontroler," *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, vol. 13, no. 2, 2023, doi: 10.22146/ijeis.89969.
- [3] R. Hermawan and N. Silviya, "Sistem Cerdas Pemberi Pakan Hamster Berbasis Iot (Internet of Things) Menggunakan Metode Naïve Bayes Pada Platform Node-Red," *Jurnal Teknologi dan Komunikasi STMIK Subang*, vol. 13, no. 2, 2020, doi: 10.47561/a.v13i2.190.
- [4] A. E. Wijaya and R. B. S. Sukarni, "Sistem Monitoring Kualitas Air Mineral Berbasis Iot (Internet of Things) Menggunakan Platform Node-Red Dan Metode Saw (Simple Additive Weighting)," *Jurnal Teknologi dan Komunikasi STMIK Subang*, vol. 12, no. 2, 2019, doi: 10.47561/a.v12i2.156.
- [5] F. Maulana Malik Ibrahim, J. Dedy Irawan, and R. Primaswara Prasetya, "Rancang Bangun Rumah Pintar Dengan Konsep Internet Of Things (Iot) Berbasis Web," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no. 1, 2023, doi: 10.36040/jati.v7i1.6188.
- [6] D. Darso, Muhammad Habib Al Hudry, Firman Fathoni, Yuntafa Ulkhaq, Pras Tio Rifki Wijaya, and Muhammad Arkan H, "Perancangan Sistem Pendeteksi dan Monitoring Ketinggian Air

- Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP8266,” *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 3, 2023, doi: 10.55123/storage.v2i3.2307.
- [7] D. Lestariningsih, H. Pranjoto, L. Agustine, Y. D. W. Werdani, and B. Teja, “Aplikasi Load Cell Untuk Sistem Monitoring Volume Cairan Infus,” *Jurnal Penelitian Saintek*, vol. 26, no. 2, 2021, doi: 10.21831/jps.v26i1.34441.
- [8] A. N. Am, A. Pribadi, and F. Fitri, “Sistem Monitoring Truk Kelapa Sawit Menggunakan Gps Tracking Berbasis Website,” *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi (JUKANTI)*, vol. 5, no. 2, 2022, doi: 10.37792/jukanti.v5i2.533.
- [9] D. Oktaviani and D. I. Putri, “Sistem Pendeteksi Kebocoran LPG dan Api Melalui Notifikasi Telegram,” *INFORMATICS FOR EDUCATORS AND PROFESSIONAL : Journal of Informatics*, vol. 6, no. 2, 2022, doi: 10.51211/itbi.v6i2.1883.
- [10] J. Panjaitan and A. F. Pakpahan, “Perancangan Sistem E-Reporting Menggunakan ReactJS dan Firebase,” *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 7, no. 1, 2021, doi: 10.28932/jutisi.v7i1.3098.
- [11] I. Agustine Cahyaningtyas, A. Stefanie, and I. Ibrahim, “Implementasi Esp32 Cam Dan Kodular Berbasis Android Untuk Monitoring Smart Garden,” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no. 4, 2024, doi: 10.36040/jati.v7i4.7121.