

SISTEM PEMANTAUAN TEMPAT PENAMPUNGAN SAMPAH SECARA *REALTIME* DENGAN MEMANFAATKAN *LOCATION TRACKING* MENGGUNAKAN ANTARMUKA *WEBSITE*

Visa Bilin Nur¹, Dedi Triyanto², Uray Ristian³

^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

Telp/Fax : (0561) 577963

e-mail: ¹visabilinur95@student.untan.ac.id, ²dedi.triyanto@siskom.untan.ac.id,

³eristian@siskom.untan.ac.id

Abstrak

Sampah adalah sisa dari hasil aktivitas masyarakat maupun pabrik yang sudah tidak dapat digunakan lagi. Tempat penampungan sampah (TPS) adalah tempat sampah sebelum di angkut ke tempat daur ulang ataupun tempat pembuangan akhir. Pada tahun 2019 tercatat timbunan sampah pada Kota Pontianak sebesar 1.481,76 m³ oleh karena banyaknya sampah sehingga TPS banyak mengalami kelebihan muatan. Selain itu, pengukuran ketinggian permukaan sampah pada TPS diketahui dengan cara manual. Oleh karena itu, dibuat suatu sistem berbasis *Internet of Things* yang dapat melakukan pemantauan lokasi dan ketinggian permukaan sampah pada TPS melalui *website*. NodeMCU ESP32 sebagai pengatur keseluruhan komponen perangkat keras dan perangkat lunak, sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian permukaan sampah dan *Global Positioning System* (GPS) untuk memberikan titik lokasi TPS. Pada penelitian ini menggunakan *website* untuk pemantauan lokasi dan ketinggian permukaan sampah pada TPS. Sistem yang dibangun dapat menampilkan hasil pengukuran ketinggian permukaan sampah dan titik lokasi pada antarmuka *website*. Dari hasil pengujian didapatkan ketinggian sampah pada TPS 1 sensor 1 mendapatkan *error* 0%, *error* pada sensor 2 ialah 0,067%, dan *error* pada sensor 3 ialah 0,075%. Pada TPS 2 sensor 1 mendapatkan *error* 0,053%, *error* pada sensor 2 ialah 0,081%, dan *error* pada sensor 3 ialah 0,017%. Adapun nilai *error* rata-rata GPS TPS dengan *google maps* pada TPS 1 *error*nya adalah 64,565m sedangkan pada TPS 2 *error*nya adalah 68,795m.

Kata kunci: Sensor, Tempat Penampungan Sampah, Pemantauan Lokasi, *Internet of Things*, *Website*.

1. PENDAHULUAN

Pengertian sampah ialah hasil dari kegiatan keseharian manusia dan proses alam yang berupa zat padat yang tidak diinginkan oleh manusia setelah proses kegunaannya berakhir [1]. Kemudian yang dimaksud dengan sampah secara khusus adalah sifat, konsentrasi, dan ketinggian permukaannya memerlukan pengolahan, baik bahan-bahan yang sudah tidak digunakan lagi (barang bekas) maupun bahan yang sudah diambil bagian utamanya. Sampah berasal dari daerah perumahan, perdagangan, perkantoran, pemerintahan, industri, lapangan terbuka atau taman, pertanian dan perkebunan.

Pada tahun 2019 tercatat timbunan sampah pada Kota Pontianak sebesar 1.481,76 m³ yang berasal dari daerah perumahan, pasar, perkantoran, fasilitas umum, sapuan jalan dan

kawasan industri [2]. Untuk armada angkutan sampah yang ada di Kota Pontianak yaitu (*dump truck*) berjumlah 10 buah, (*armroll*) berjumlah 23 buah, *pickup* berjumlah 11 buah, *Buldozer* berjumlah 1 buah, *container* berjumlah 100 buah, *excavator* berjumlah 1 buah, gerobak berjumlah 49 buah dan *Fuso* berjumlah 2 buah, untuk tempat penampungan sampah sementara (TPS) berjumlah 113 buah dan *transferdepo* berjumlah 2 buah, untuk jadwal pengangkutan sampah ialah setiap hari pada jam 18:00 – 06:00 WIB. Karena sedikitnya ketersediaan sarana dan prasarana armada angkutan tempat penampungan sampah sementara di Kota Pontianak menyebabkan kelebihan muatan di sekitar tempat penampungan sampah.

Adapun penelitian terkait dilakukan oleh [3] dengan judul “Prototipe Sistem Pengukur

Ketinggian Permukaan Sampah pada Tempat Pembuangan Sementara Menggunakan Arduino dan Web GIS” [3]. Penelitian tersebut menggunakan arduino uno ATmega 328 dan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian permukaan sampah. Penelitian terkait selanjutnya dengan judul Selanjutnya yang dilakukan oleh [4] berjudul “Perancangan Prototype Sistem Pemantau dan Lokasi Tempat Sampah Kota Depok Via SMS” [4]. *Hardware* yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikrokontroler arduino mega 2560 yang terhubung ke GPS Neo 6M, sensor ultrasonik, RFID dan *GSM/GPRS Shield*.

Dari permasalahan sampah yang telah diuraikan diatas, dilakukan sebuah penelitian berjudul “Pemantauan Tempat Penampungan Sampah Secara *Realtime* dengan Memanfaatkan *Location Tracking* Menggunakan Antarmuka *Website*”. Pada sistem ini, lokasi TPS dapat diketahui serta dapat memberikan informasi ketinggian permukaan sampah. Ketika ketinggian permukaan sampah sudah melebihi batas maksimum maka sistem akan menampilkan data ketinggian permukaan sampah berstatus penuh kepada admin sehingga admin dapat menginformasikan kepada armada untuk mengangkut sampah tersebut.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Tempat Penampungan Sampah (TPS)

Tempat penampungan sampah (TPS) merupakan tempat sampah sebelum di angkut ke tempat daur ulang, pengolahan ataupun tempat pembuangan akhir [5]. Tempat penampungan sampah sementara (TPS) merupakan sarana yang harus dimiliki oleh setiap daerah di Indonesia. Permintaan TPS wajib dipenuhi apabila pemerintah daerah hendak menanggulangi masalah sampah di daerahnya. Peran TPS sangat penting bagi masyarakat maupun bagi pemerintah dalam menjaga kebersihan lingkungan karena sebelum sampah dibuang ke TPA, maka terlebih dahulu diangkat ke TPS, sehingga memudahkan masyarakat untuk membuang sampah [6].

2.2 NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 merupakan penerus dari ESP8266 yang memiliki fitur dan keunggulan dibandingkan generasi

sebelumnya. ESP32 memiliki 36 pin GPIO dan resolusi ADC-nya 12 bit, sedangkan ESP8266 hanya memiliki 17 pin GPIO dan resolusi ADC-nya 10 bit. ESP32 terdapat inti CPU serta *Wi-Fi* yang lebih cepat dan didukung dengan adanya *bluetooth* [7].

Fungsi NodeMCU pada sistem yaitu sebagai pengolah data yang diperoleh dari sensor ultrasonik dan GPS serta mengirimkan data tersebut. Gambar NodeMCU ESP32 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 NodeMCU ESP32

2.3 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sensor yang dapat mendeteksi jarak tanpa adanya sentuhan langsung dengan objek dikarenakan sensor ini dapat memancarkan gelombang ultrasonik dan menerima pantulan gelombang ultrasonik [8]. Pada sistem yang digunakan, sensor ini berfungsi sebagai pengukur ketinggian permukaan sampah pada TPS. Pada saat sampah mendekati sensor maka sensor ini mendeteksi penambahan sampah dalam TPS. Sensor ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 2.

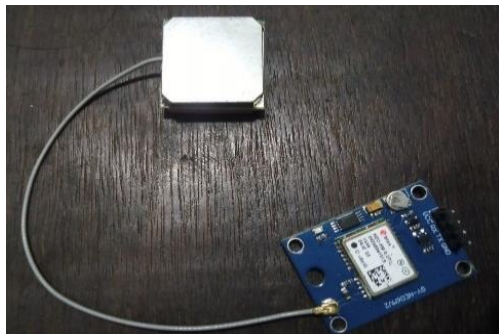


Gambar 2 Sensor Ultrasonik HC-SR04

2.4 Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) adalah sebuah alat elektronik ataupun sistem yang berfungsi untuk memberikan informasi lokasi di tempat dia berada (secara global) di permukaan bumi berbasis satelit yang dikirim berupa data sinyal radio dan data digital [9].

Global Positioning System (GPS) ini digunakan untuk mengambil data lokasi dan mengirimkan data lokasi tersebut ke NodeMCU, sehingga GPS Neo 6M dapat digunakan untuk melakukan *tracking location*.



Gambar 3 *Global Positioning System* (GPS) Neo 6M.

2.5 Internet of Things (IoT)

Internet of Things merupakan struktur berbasis internet yang menghubungkan benda fisik maupun virtual melalui kemampuan komunikasi dengan sensor dan terkoneksi ke jaringan internet [10]. Pada penelitian ini, *Internet of Things* digunakan untuk melakukan pemantauan pada sistem pemantauan TPS berbasis *website* yang terhubung ke jaringan internet sehingga sistem yang dibuat dapat menampilkan data pengukuran sampah dan lokasi TPS dari jarak jauh.

2.6 *Application Programming Interface* (API)

Application Programming Interface (API) merupakan fungsi dari pemrograman yang telah tersedia di aplikasi ataupun layanan agar layanan tersebut dapat diintegrasikan dengan aplikasi yang telah dibuat oleh pengembang. API juga diartikan sebagai aturan protokol, dan alat yang digunakan untuk membangun sebuah perangkat lunak. API dapat memilih bagaimana komponen pada perangkat lunak harus terintegrasi [11].

2.7 Framework

Framework adalah kerangka kerja, *Framework* dapat juga diartikan sebagai kumpulan *script* terutama *class* dan *function* yang dapat membantu *developer/programmer* dalam menangani berbagai masalah-masalah dalam pemrograman seperti koneksi ke

database, pemanggilan variabel, dan *file*. Sehingga *developer* lebih fokus dan lebih cepat membangun aplikasi [12].

2.8 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk memprogram di arduino, dengan kata lain arduino IDE sebagai *text editor* untuk membuat, mengubah, dan juga memvalidasi kode program. bisa juga digunakan untuk meng-upload ke *board* arduino. Kode program yang digunakan pada arduino disebut dengan istilah arduino “*sketch*” atau disebut juga *source code* arduino, dengan ekstensi *file source code ino*board arduino [13].



Gambar 4 *Software* Arduino IDE

2.9 Galat

Galat atau biasa disebut *error* dalam metode numerik adalah selisih antara nilai yang ditimbulkan dengan nilai sebenarnya dan nilai yang dihasilkan dengan metode numerik [14]. Galat persentase digunakan untuk membandingkan nilai perkiraan dengan nilai eksak. Galat persentase memberikan perbedaan antara nilai perkiraan dan nilai eksak, dan membantu untuk melihat seberapa dekat estimasi kita terhadap nilai sebenarnya. Untuk menentukan galat, diperlukan alat ukur untuk memverifikasi apakah kalibrasi pada sensor sudah benar atau tidak. Proses kalibrasi pengukuran dilakukan untuk menentukan selisih pembacaan sensor dengan alat ukur standar. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa tingkat selisih (*error*) dari pembacaan sensor terhadap rentang pembacaan alat ukur. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *error* pada pembacaan sensor ultrasonik dapat dilihat pada Persamaan 1. Nilai *error* pada GPS juga dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$\text{Error \%} = \frac{x-x'}{x} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- x = nilai ukur acuan (alat ukur)
- x' = nilai terukur (pembacaan sensor)

$$n = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2} \times 111,319 \times 1000 \quad (2)$$

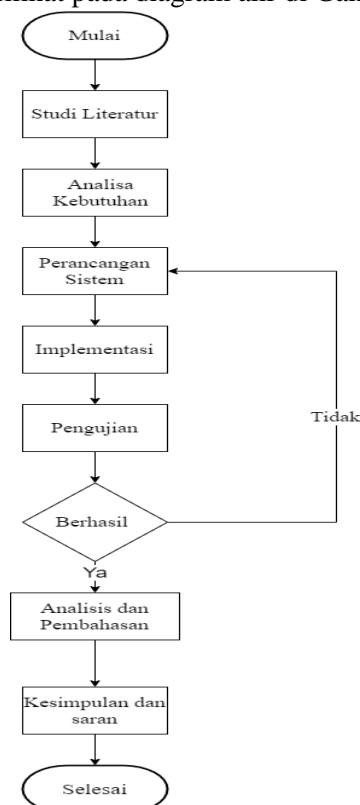
Keterangan :

- x = nilai latitude google maps
- x' = nilai latitude sensor GPS
- y = nilai longitude google maps
- y' = nilai longitude sensor GPS

Pada persamaan GPS tersebut hasil perhitungan yang telah didapat diubah ke dalam satuan Km dengan cara dikalikan 111,319. Nilai 111,319 didapatkan dari konversi 1 drajat bumi kedalam kilometer. Setelah didapatkan hasil, kemudian hasil tersebut dikalikan dengan 1000 untuk mendapatkan dalam satuan meter.

3. METODE PENELITIAN

Tahapan pada metodologi yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir di Gambar 5.



Gambar 5 Diagram Alir Metode Penelitian

3.1 Studi Literatur

Penelitian ini di mulai pada tahapan studi literatur yang merupakan studi pustaka dalam

mengumpulkan bahan sebagai referensi. Sumber atau studi literatur yang digunakan berupa jurnal penelitian yang terkait, buku dan *website* yang memiliki keterkaitan pada penelitian yang akan dibuat.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan metode observasi untuk memperoleh informasi ataupun data dengan meninjau langsung ke lapangan untuk membuktikan kebenaran dari sebuah penelitian. Data yang dikumpulkan berupa data ketinggian permukaan sampah, dan data lokasi TPS.

3.3 Analisis Kebutuhan

Pada analisis kebutuhan ini ialah proses untuk mendapatkan informasi tentang kebutuhan perangkat lunak maupun perangkat keras yang berhubungan dengan penelitian ini. Analisis kebutuhan pada tahap ini mulai dari kebutuhan yang menunjang arsitektur sistem dan perangkat lunak yang akan digunakan dalam membangun sistem.

3.4 Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan analisa kebutuhan perangkat yang akan dibutuhkan untuk membuat sistem TPS. Analisa yang dilakukan dalam pembuatan sistem meliputi analisa kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras.

Analisa kebutuhan perangkat lunak meliputi analisa kebutuhan program aplikasi, library dan plugin, serta bahasa pemrograman yang digunakan untuk membangun sistem yang akan direalisasikan. Program aplikasi yang akan digunakan antara lain Pencil, Fritzing tools, Draw IO, Visual Studio Code, Arduino IDE, aplikasi XAMPP, dan *Browser*. Program aplikasi tersebut difungsikan sebagai perancangan maupun pembuatan website, perancangan komponen perangkat keras, dan pembuatan kode program untuk perangkat keras.

Analisa kebutuhan perangkat keras meliputi kebutuhan komponen pemroses utama, jenis sensor yang digunakan, media komunikasi antara perangkat keras dan server, serta komponen lain yang digunakan untuk merealisasikan penelitian ini. Adapun perangkat keras yang digunakan untuk

membangun sebuah sistem ini ialah NodeMCU ESP32, *Wi-Fi*, *Power Bank*, kabel *Jumper*, papan PCB, kabel USB, Sensor ultrasonik HC-SR04, dan GPS Neo 6M.

3.5 Implementasi Sistem

Pembuatan atau implementasi sistem dilakukan setelah semua komponen yang dibutuhkan telah tersedia. Adapun implementasi pada perangkat keras dalam penelitian ini adalah implementasi pemantauan ketinggian permukaan sampah dan pemantauan lokasi TPS. Perangkat lunak akan dipasang dan digunakan setelah perangkat keras telah selesai dibangun dan siap digunakan untuk melakukan pemantauan.

Integrasi perangkat dilakukan dengan menanamkan program terlebih dahulu ke perangkat keras dan perangkat lunak sudah dapat diakses melalui jaringan internet. Perangkat keras dan perangkat lunak dikatakan telah berhasil terintegrasi saat data yang dibaca oleh perangkat keras telah tampil di *website*.

3.6 Pengujian Sistem

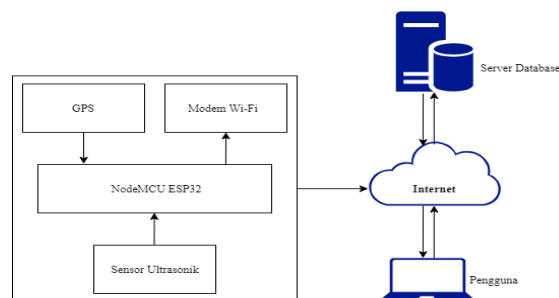
Tahap pengujian dilakukan untuk menilai keberhasilan tahap perancangan sistem yang dilakukan sebelumnya, baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak. Adapun tahapan pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian sensor ultrasonik, memastikan sensor ultrasonik mendeteksi ketinggian permukaan sampah di dalam TPS, pengujian *Global Positioning System* (GPS), memastikan GPS dapat membaca lokasi TPS, pengujian keseluruhan perangkat keras, dan pengujian antarmuka.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sistem Pemantauan Tempat Penampungan Sampah

Sistem ini dapat melakukan pemantauan ketinggian permukaan sampah dan lokasi TPS secara *realtime* berbasis *website* dengan menggunakan NodeMCU ESP32. Sistem ini memiliki *node*, yaitu dua buah *node* sensor. *Node* sensor 1 dan 2 masing-masing terdapat 4 sensor. Di setiap *Node* terdapat 2 buah NodeMCU ESP32, 1 buah GPS dan 3 buah sensor ultrasonik, sensor melakukan *sensing* hasil pemantauan dari ketinggian permukaan sampah dan lokasi TPS. Data dari *node-node*

tersebut akan di kirim ke *website* dengan menggunakan jaringan *internet*. Setelah di kirim ke *website*, admin dan armada dapat memantau hasil dari *node* sensor melalui *website*. Pada sistem ini menggunakan konsep *Internet of Things*, di mana *node* yang digunakan tersebut terhubung dengan internet sehingga dapat dipantau dari jarak jauh oleh admin dan armada secara *realtime*.

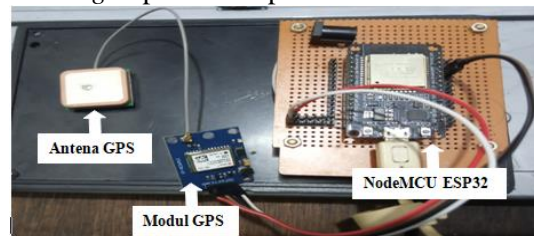


Gambar 6 Alur Sistem

Perancangan algoritma pengiriman informasi kepada sistem di mulai dari sensor ultrasonik dan GPS terhubung ke NodeMCU ESP32, setelah terhubung ke NodeMCU ESP32, sensor ultrasonik akan melakukan pengukuran ketinggian permukaan sampah dan pada GPS akan melakukan pengambilan data lokasi. Data yang telah didapat akan dikirim ke server melalui jaringan dari *Wi-Fi*.

4.2 Implementasi Pemantauan *Location Tracking*.

Komponen pada sistem pemantauan TPS adalah NodeMCU ESP32 dan 1 buah GPS. Di mana GPS dihubungkan dengan NodeMCU ESP32 yang berfungsi untuk memantau lokasi TPS. Hasil implementasi pemantauan *location tracking* dapat dilihat pada Gambar 7.

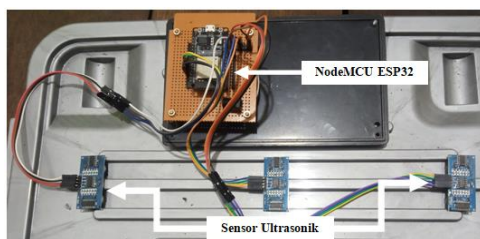


Gambar 7 Implementasi Pemantauan *Location Tracking*

4.3 Implementasi Pemantauan Pengukuran Ketinggian Permukaan Sampah.

Komponen pada sistem pengukuran ketinggian permukaan sampah adalah

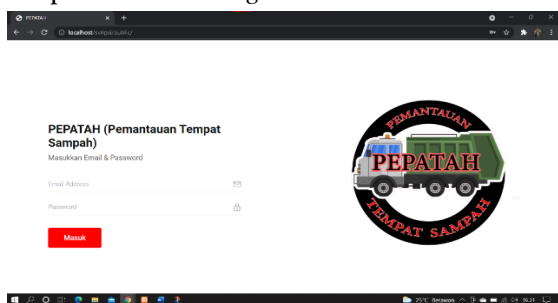
NodeMCU ESP32 dan 3 buah sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik terhubung ke NodeMCU yang berfungsi untuk mendeteksi ketinggian permukaan sampah. Nilai ketinggian permukaan sampah yang didapatkan yaitu ketika sampah mendekati sensor ultrasonik dengan menampilkan hasil pembacaan sensor berupa nilai jarak antara sensor dengan sampah. Jarak sampah dengan sensor adalah sekitar 6 cm. Hasil implementasi pemantauan pengukuran ketinggian permukaan sampah dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Implementasi Pemantauan Ketinggian Permukaan Sampah

4.4 Implementasi Antarmuka Website.

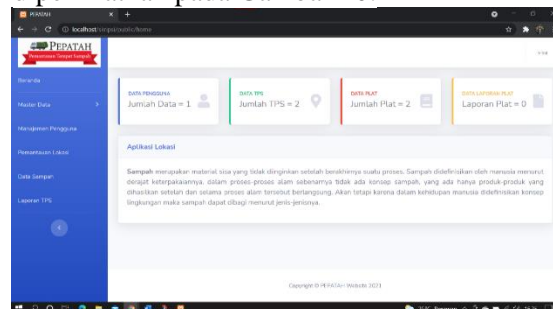
Tampilan antarmuka *website* pada penelitian ini bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan tempat penampungan sampah melalui *website*. Tampilan halaman pertama yang diperlihatkan adalah halaman *login*. Pada halaman login, pengguna harus memasukkan *e-mail* dan juga *password* yang sudah didaftarkan terlebih dahulu. Agar armada dapat memiliki akun untuk *login*, armada dapat menghubungi admin untuk di buat akun. Gambar 9 merupakan tampilan halaman *login*.



Gambar 9 Halaman Login

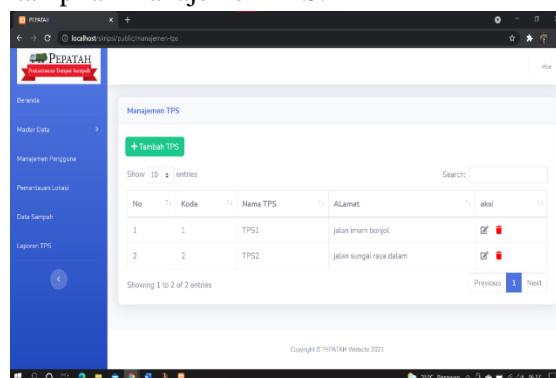
Jika pengguna sudah berhasil *login* maka ditampilkan halaman beranda yang merupakan halaman pertama kali muncul ketika pengguna berhasil *login* ke dalam sistem. Halaman beranda ini menampilkan pengertian sampah dan informasi tentang sampah yang dimasukkan

manual oleh admin. Halaman beranda diperlihatkan pada Gambar 10.



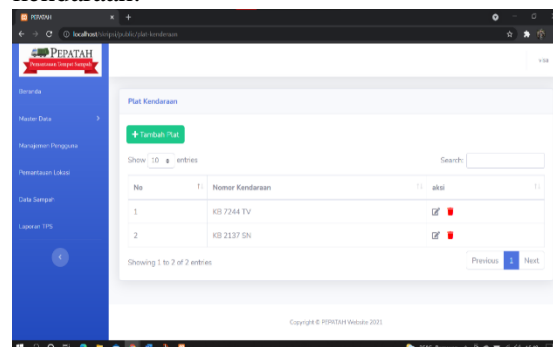
Gambar 10 Halaman Beranda

Terdapat menu master data yang di dalamnya terdapat menu manajemen TPS dan plat kendaraan, di mana pada halaman manajemen TPS yaitu untuk menambahkan, menghapus dan mengubah nama, kode, dan alamat TPS. Pada Gambar 11 merupakan tampilan manajemen TPS.



Gambar 11 Halaman Manajemen TPS.

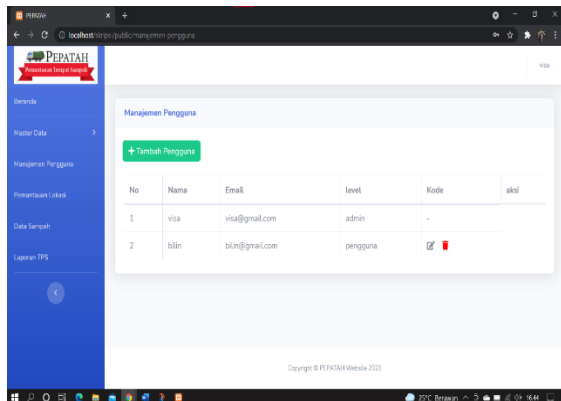
Pada halaman plat kendaraan admin dapat menambahkan, menghapus dan mengubah jumlah dan plat kendaraan seperti Gambar 12 merupakan tampilan halaman plat kendaraan.



Gambar 12 Halaman Plat Kendaraan

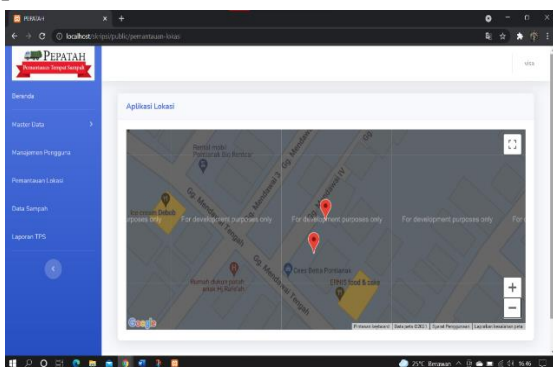
Halaman manajemen pengguna ini untuk menambahkan, menghapus dan mengubah nama, *e-mail* dan level misalnya level admin atau armada. Ketika tombol tambah pengguna

dipilih, maka akan masuk ketampilan manajemen pengguna seperti pada Gambar 13.



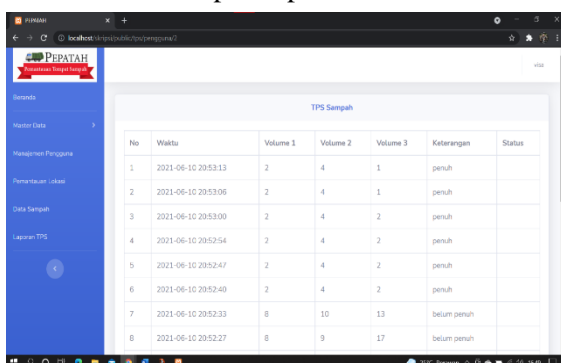
Gambar 13 Halaman Manajemen Pengguna

Halaman pemantauan lokasi ini untuk menampilkan *tracking location* pada *maps*. Sehingga admin dapat melakukan pemantauan lokasi TPS dan perubahan lokasi TPS seperti pada Gambar 14.



Gambar 14 Halaman Pemantauan Lokasi

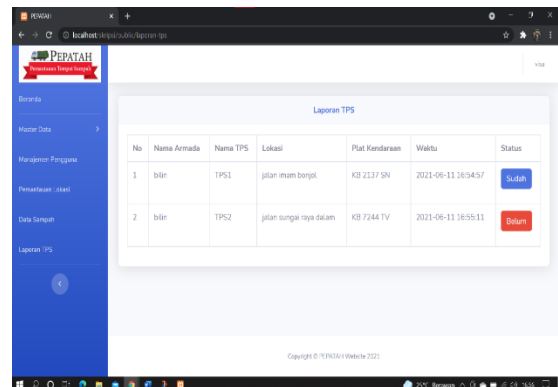
Pada halaman data sampah ini akan ada pilihan TPS, untuk melihat info *detail* maka pilih salah satu TPS, selanjutnya akan masuk ke halaman TPS sampah seperti Gambar 15.



Gambar 15 Halaman Data Sampah.

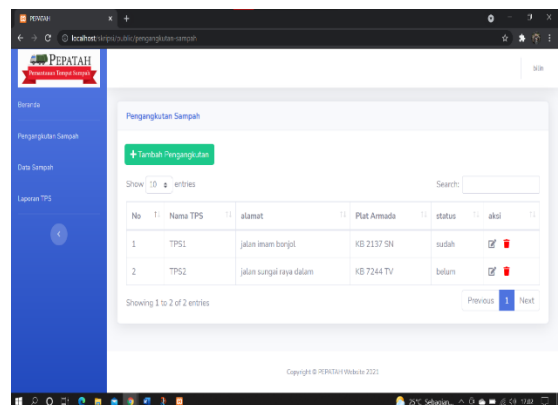
Pada halaman laporan TPS ini untuk melihat info tentang nama armada, nama TPS, lokasi, plat kendaraan, waktu pengangkutan dan status TPS “sudah diangkut atau belum “,

halaman laporan TPS dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Halaman Laporan TPS.

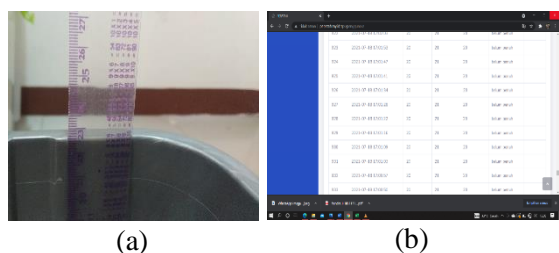
Pada armada terdapat halaman pengangkutan sampah yang berfungsi untuk menambahkan, mengubah dan menghapus data pengangkutan sampah. Halaman pengangkutan sampah dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Halaman Pengangkutan Sampah.

4.5 Pengujian Pengukuran Ketinggian Permukaan Sampah

Sensor Ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian permukaan sampah pada TPS dengan mengirimkan *output* berupa besar jarak dari jarak pantul antara sampah ke sensor. Pengujian pada sensor ultrasonik dikalibrasi dengan penggaris sebagai pengukuran perbandingan agar dapat dilihat nilai keakuratan sensor. Pada gambar 18 menunjukkan cara pengujian sensor ultrasonik dengan penggaris dan didapatkan nilai pengukuran menggunakan penggaris 23cm dan pada pembacaan sensor 1 yaitu 20cm, sensor 2 yaitu 21cm dan sensor 3 yaitu 20cm dikarenakan sensor yang ditempatkan di penutup *box* tidak sejajar.



Gambar 18 Pengujian Pengukuran dengan Penggaris (a), Pengujian Pengukuran dengan Sensor Ultrasonik (b).

Hasil pengukuran pengujian sensor ultrasonik dan penggaris dilakukan sebanyak sepuluh kali yaitu lima kali pada TPS 1 dan lima kali pada TPS 2. Didapatkan hasil perbandingan nilai rata-rata *error* dari nilai sensor dengan penggaris pada TPS 1 sensor 1 *error*nya ialah 0%, *error* pada sensor 2 ialah 0,067%, dan *error* pada sensor 3 ialah 0,075% seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Sensor Ultrasonik dan Penggaris Pada TPS 1

No	Penggaris (cm)			Sensor Ultrasonik (cm)			Error (%)		
	Ukur 1	Ukur 2	Ukur 3	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
1	5	1	5	5	3	6	0%	2%	0,2%
2	9	2	8	9	2	9	0%	0%	0,125%
3	12	1	10	12	2	10	0%	1%	0%
4	15	10	15	15	13	15	0%	0,3%	0%
5	18	18	18	18	17	19	0%	0,05%	0,05%
Error Rata-Rata (%)							0%	0,067%	0,075%

Berikut merupakan perhitungan *error* pada pengukuran ketinggian permukaan sampah di setiap sensor ultrasonik:

- Perhitungan *error* TPS 1 pada sensor ultrasonik 1:
 $Error \% = \frac{5 - 5}{5} \times 100\% = 0\%$
- Perhitungan *error* TPS 1 pada sensor ultrasonik 2:
 $Error \% = \frac{1 - 3}{1} \times 100\% = 2\%$
- Perhitungan *error* TPS 1 pada sensor ultrasonik 3:
 $Error \% = \frac{5 - 6}{5} \times 100\% = 0,2\%$

Dan pada TPS 2 didapatkan hasil perbandingan nilai rata-rata *error* dari nilai sensor dengan penggaris pada TPS 2 sensor 1 *error*nya ialah 0,053%, *error* pada sensor 2 ialah 0,081%, dan *error* pada sensor 3 ialah 0,017% seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Sensor Ultrasonik dan Penggaris Pada TPS 2

No	Penggaris (cm)			Sensor Ultrasonik (cm)			Error (%)		
	Ukur 1	Ukur 2	Ukur 3	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
1	3	2	3	3	2	3	0%	0%	0%
2	7	7	7	7	8	7	0%	0,142%	0%
3	9	9	9	9	10	9	0%	0,11%	0%
4	13	12	13	12	13	12	0,077%	0,083%	0,083%
5	16	14	16	13	15	16	0,187%	0,071%	0%
Error Rata-Rata (%)							0,053%	0,081%	0,017%

Berikut merupakan salah satu perhitungan persentase *error* pada pengukuran ketinggian permukaan sampah di setiap sensor yang diperoleh dari sensor ultrasonik:

- Perhitungan *error* TPS 2 pada sensor ultrasonik 1:
 $Error \% = \frac{16 - 13}{16} \times 100\% = 0,187\%$
- Perhitungan *error* TPS 2 pada sensor ultrasonik 2:
 $Error \% = \frac{2 - 2}{2} \times 100\% = 0\%$
- Perhitungan *error* TPS 2 pada sensor ultrasonik 3:
 $Error \% = \frac{13 - 12}{13} \times 100\% = 0,083\%$

4.6 Pengujian Latitude dan Longitude GPS

Pengujian dilakukan untuk mengetahui posisi TPS berdasarkan data latitude dan longitude yang didapatkan dari GPS dan *google maps*. Data yang diperoleh dari *google maps* akan digunakan menjadi nilai acuan dan nantinya akan dibandingkan antara data dari GPS dengan *google maps* sehingga dapat diketahui persentase *error* dari GPS.



Gambar 19 Data Latitude dan Longitude pada GPS (a), Data Latitude dan Longitude pada *Google Maps* (b).

Hasil pengukuran pengujian GPS dengan *google maps* dilakukan sebanyak enam data

pada TPS 1 dan sepuluh data pada TPS 2. Adapun data pengujian pada GPS yang ada di TPS 1 dengan perbandingan *google maps* seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Lokasi GPS TPS dengan *Google Maps* pada TPS 1.

No.	GPS TPS		Google Maps		Error (m)
	latitude	Longitude	Latitude	longitude	
1	-0,04689	109,35696	-0,04704	109,35695	17,811
2	-0,04897	109,35757	-0,04935	109,35747	53,433
3	-0,05287	109,35137	-0,05341	109,35132	65,678
4	-0,05921	109,34734	-0,05997	109,34768	122,451
5	-0,05931	109,34501	-0,05967	109,34500	41,188
6	-0,05693	109,34536	-0,05742	109,34507	86,829
Error Rata-Rata (m)					64,565m

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan persentase *error* pada titik lokasi GPS yang yang dibandingkan dengan *google maps*:

$$1. n = \sqrt{(0,04704 - 0,04689)^2 + (109,35695 - 109,35696)^2} \times 111,319 \times 1000$$

$$n = 0,00015 + 0,00001 \times 111,319 \times 1000$$

$n = 17$ Pada TPS 2 didapatkan sepuluh data dikarenakan jarak TPS 2 ke TPA lebih jauh dibanding jarak pada TPS 1 ke TPA data perbandingan GPS dengan *google maps* pada TPS 2 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Lokasi GPS TPS dengan *Google Maps* pada TPS 2.

No.	GPS TPS		Google Maps		Error (m)
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
1	-0,06754	109,31992	-0,06606	109,31914	251,581
2	-0,06340	109,32027	-0,06343	109,32029	5,566
3	-0,06173	109,32317	-0,06189	109,32318	18,924
4	-0,06487	109,32580	-0,06487	109,32595	16,698
5	-0,07006	109,33007	-0,07016	109,33008	12,245
6	-0,06791	109,33269	-0,06809	109,33282	34,509
7	-0,06355	109,33776	-0,06344	109,33779	15,585
8	-0,06600	109,34040	-0,06678	109,34159	219,298
9	-0,06634	109,34548	-0,06630	109,34530	24,490
10	-0,05709	109,34525	-0,05715	109,34599	89,055
Error Rata-Rata (m)					68,795m

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan persentase *error* pada titik lokasi GPS yang yang dibandingkan dengan *google maps*:

Perhitungan *error* GPS 2:

$$1. n = \sqrt{(0,06606 - 0,06754)^2 + (109,31914 - 109,31992)^2} \times 111,319 \times 1000$$

$$n = 0,00148 + 0,00078 \times 111,319 \times 1000$$

$$n = 251,581m$$

4.7 Analisis Hasil Pengujian

Analisis hasil pengujian digunakan untuk mengetahui kinerja sistem pada saat digunakan. Perangkat ini dibuat agar dapat melakukan pemantauan lokasi dan ketinggian permukaan sampah pada TPS. Analisis dari hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian

No	Pengujian	Proses	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
1	Pengukuran Ketinggian permukaan Sampah	Pengukuran dibandingkan dengan alat ukur penggaris (penggaris)	Pengukuran memenuhi standar alat ukur	Berhasil
2	Pemantauan Lokasi	Pemantauan lokasi melihat dari data <i>latitude</i> dan <i>longitude</i> yang didapatkan oleh GPS kemudian dibandingkan dengan data <i>latitude</i> dan <i>longitude</i> yang didapatkan oleh <i>google maps</i>	Pemantauan lokasi memenuhi standar perbandingan dengan lokasi <i>google maps</i>	Berhasil
3	Pengujian Sistem Website	Menampilkan data ketinggian sampah dan lokasi TPS ke antarmuka <i>website</i>	Data ketinggian sampah dan lokasi TPS ditampilkan ke antarmuka <i>website</i>	Berhasil
4	Pengujian Keseluruhan Sistem	Melakukan pengujian keseluruhan sistem	Sistem dapat bekerja dengan baik	Berhasil

4.8 Pembahasan

Pada sistem pemantauan tempat penampungan sampah, NodeMCU ESP32 yang digunakan sebanyak empat buah. Dua buah NodeMCU ESP32 digunakan untuk membaca nilai hasil dari 3 sensor ultrasonik pada TPS 1 dan TPS 2, kemudian dua buah NodeMCU ESP32 untuk membaca hasil dari GPS pada TPS 1 dan TPS 2. Data tersebut akan dikirim ke server dengan menggunakan jaringan internet. Setelah dikirim ke server, pengguna dapat memantau hasil dari NodeMCU ESP32 untuk sensor melalui *website*. Pada tahap pengujian dilakukan kalibrasi sensor ultrasonik untuk mendapatkan nilai yang sesuai atau mendekati dengan alat ukur. Sensor ultrasonik dikalibrasi dengan alat ukur penggaris. Oleh karena itu dilakukan implementasi dan pengujian kode program pada perangkat keras agar nilai sensor mendekati atau sesuai dengan alat ukur.

Pada sistem pemantauan lokasi, pengguna dapat melihat lokasi tempat penampungan sampah (TPS) berada serta dapat memantau perpindahan lokasi tempat sampah. Pengguna juga dapat melihat ketinggian permukaan permukaan sampah, sistem akan mengecek ketinggian permukaan sampah,

apakah ketinggian permukaan sampah berada dibawah atau diatas nilai yang sudah ditentukan yaitu 6cm dari sensor. Jika nilai ketinggian permukaan sampah dibawah 6cm, maka dari menu halaman TPS akan terlihat dan ketika dua sensor pada TPS mendeteksi ketinggian permukaan sampah sudah mencapai 6cm maka statusnya "penuh". Pengujian keseluruhan sistem menunjukkan bahwa sistem yang dibuat bekerja sebagaimana mestinya. Mulai dari sistem pemantauan lokasi tempat sampah hingga pemantauan ketinggian permukaan sampah dapat dilihat pada aplikasi antarmuka berbasis *website*. Dilakukan perbandingan pengujian menggunakan sistem yang dibuat dengan sistem manual guna membuktikan apakah dengan menggunakan sistem yang dibuat, ketinggian permukaan sampah dan lokasi tempat sampah mempunyai kesamaan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Setelah beberapa tahapan penelitian yang dimulai dari perancangan pada perangkat keras, perangkat lunak, implementasi, sampai pada tahap pengujian, Sistem "Pemantauan Tempat Penampungan Sampah Secara *Realtime* Dengan Memanfaatkan *Location Tracking* Menggunakan Antarmuka *Website*", dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Sistem yang dibangun dapat menampilkan hasil pengukuran ketinggian permukaan sampah pada antarmuka *website*. Dari pengujian sensor ultrasonik yang dibandingkan dengan penggaris didapatkan data pengukuran dari TPS 1 sebanyak 5 data dan pada sensor 1 *error* yang didapatkan ialah 0%, *error* pada sensor 2 ialah 0,067%, dan *error* pada sensor 3 ialah 0,075%, sedangkan pada TPS 2 didapatkan 5 data pada sensor 1 *error* yang didapatkan ialah 0,053%, *error* pada sensor 2 ialah 0,081%, dan *error* pada sensor 3 ialah 0,017%. Data pemantauan yang ditampilkan berupa data *realtime* pengukuran ketinggian permukaan sampah pada tempat penampungan sampah.
2. Sistem yang telah dibangun dapat menampilkan lokasi TPS pada antarmuka *website* di operator maupun

armada. Dari pengujian GPS yang di bandingkan dengan *google maps* didapatkan 6 titik *latitude* dan *longitude* pada TPS 1, sedangkan pada TPS 2 didapatkan 10 titik. Adapun nilai error rata-rata GPS TPS dengan *google maps* pada TPS 1 *error*nya adalah 64,565m sedangkan pada TPS 2 *error*nya adalah 68,795m.

3. Perangkat keras yang dibangun menggunakan sensor ultrasonik untuk mengirimkan data ketinggian permukaan sampah dan GPS Neo 6M untuk mengirimkan data lokasi TPS.

5.2 Saran

Setelah proses-proses yang telah ditentukan dalam membuat "Sistem Pemantauan Tempat Penampungan Sampah Secara *Realtime* Dengan Memanfaatkan *Location Tracking* Menggunakan Antarmuka *Website*", didapatkan saran untuk penelitian selanjutnya. Adapun saran untuk pengembangan selanjutnya adalah:

1. Diharapkan kepada pengembang agar menggunakan sensor dan modul GPS yang nilai bacanya lebih akurat, dengan *error* yang kecil.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan untuk pemantauan armada angkutan sampah, armada angkutan gas, dan lainnya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. T. N. Hasbullah., "ANALISIS PENGELOLAAN SAMPAH DI KOTA SUBULUSSALAM,TAHUN 2017," *jurnal JUMANTIK*, pp. 2-3, 2019.
- [2] DLHPontianak, "Dinas Lingkungan Hidup," 14 Maret 2021. [Online]. Available: <https://data.pontianakkota.go.id>.
- [3] D. Ariadi, "Prototipe Sistem Pengukur Ketinggian Permukaan Sampah pada Tempat Pembuangan Sementara Menggunakan Arduino dan Web GIS," *Journal Of Information System And Informatics Engineering*, pp. 18-25, 2018.
- [4] N. S. S. T. S. Fauziah, "Perancangan Prototipe Sistem Pemantau dan Lokasi Tempat Sampah Kota Depok Via SMS,"

- Konferensi Nasional Sistem Informas*, pp. 117-122, 2018.
- [5] Faisal, "Evaluasi Wadah Tempat Pembuangan Sementara (TPS) Berdasarkan Konsep Perilaku Masyarakat (Studi Kasus di Kelurahan Sungai Jawi Dalam)," *Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, pp. 14-27, 2017.
- [6] M. Junianto., "Penentuan Lokasi Tempat Penampungan Sampah (TPS) Sementara Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kecamatan Depok Kabupaten Sleman Propinsi DIY," *Jurnal Karya Ilmiah*, pp. 6-14, 2011.
- [7] D. Setiawan., "Perancangan Sistem Pengontrol Keamanan Rumah dengan Smart CCTV Menggunakan Arduino Berbasis Telegram," *Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, pp. 10-18, 2019.
- [8] G. Raya, "RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH PINTAR MENGGUNAKAN SENSOR JARAK BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 328," pp. 20-21, 2018.
- [9] A. Sunyoto, "Global Positioning System (GPS)," *jurnal ilmah*, pp. 7-8, 2013.
- [10] A. Kusumaningrum, "Pemanfaatan Internet Of Things pada Kendali Lampu," *Compiler*, 2017.
- [11] M. Sabiran, "Implementasi Wireless Sensor Network Pada Sistem Pemantauan dan Pengontrolan Budidaya Tanaman Pada Rumah Kaca (Green House) Berbasis Website," *Jurnal Coding Sistem Komputer UNTAN*, 2018.
- [12] D. Rosmala, "Komparasi Framework MVC(CodeIgniter dan CakePHP) pada Aplikasi berbasis Web (Studi Kasus: Sistem Informasi Perwalian di Jurusan Informatika Institut Teknologi Nasional)," *Jurnal Informatika*, pp. 22-30, 2011.
- [13] R. Y. Endra, "Model Smart Room dengan Menggunakan Mikrokontroller Arduino Untuk Efisiensi Sumber Daya," *Sistem Informasi dan Telematika*, 2019.
- [14] E. Erma, "Perbandingan Solusi Numerik Integral Lipat Dua pada Fungsi Fuzzy," *MSA*, pp. 14-22, 2017.