TA/TL/2024/1829

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN SISTEM *MOBILE MONITORING* SAMPAH TERINTEGRASI *WEBSITE* MENGGUNAKAN TIMBANGAN SAMPAH DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLER

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

Masruuroh Lissada 20513169

Diva Harsanti Evana 20513286

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN SISTEM *MOBILE MONITORING* SAMPAH TERINTEGRASI *WEBSITE* MENGGUNAKAN TIMBANGAN SAMPAH DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLER

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

Disusun Oleh :

Masruuroh Lissada 20513169

Diva Harsanti Evana 20513286

Disetujui,

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, ST., M.Eng

NIK. 095130404

Tanggal: 20/8 2024.

Mengetahui

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D.

NIK. 045130401

Tanggal: 20/8 - 24

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM *MOBILE MONITORING* SAMPAH TERINTEGRASI *WEBSITE* MENGGUNAKAN TIMBANGAN SAMPAH DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLER

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa

Tanggal : 20 Agustus 2024

Disusun oleh:

Masruuroh Lissada **20513169**

Diva Harsanti Evana **20513286**

Tim Penguji:

Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. ( ) 20/8 2024.

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. ( ) 20/8 2024

Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T. ( )

PERNYATAAN

Dengan ini Kami menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian kami sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab kami, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini kami buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 20 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Masruuroh Lissada

NIM. 20513169



Diva Harsanti Evana

NIM. 20513286

PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala. Dzat yang hanya kepada-Nya memohon pertolongan. Alhamdulillah atas segala pertolongan, rahmat, dan kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Perancangan Sistem *Mobile Monitoring* Sampah Terintegrasi *Website* Menggunakan Timbangan Sampah Digital Berbasis Mikrokontroler" ini dengan baik.

Penulis melakukan penelitian Tugas Akhir ini sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) dari Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Perjalanan panjang telah penulis lalui dalam rangka menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Banyak hambatan yang dihadapi dalam penyusunannya, tetapi berkat kehendak-Nyalah, sehingga penulis berhasil menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Penulis menyadari banyak sekali bantuan dan keterlibatan berbagai pihak sepanjang penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, saudara, dan keluarga penulis yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing yang selalu membimbing dan memberikan arahan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini
3. Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
4. Seluruh Dosen, Pengajar, dan Staf Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang sangat bermanfaat bagi penulis

selama menjalani pendidikan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

5. Teman-teman seperjuangan dalam serangkaian kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa 2023, Tim ABSIS, yaitu Fierel Arga Perdana dan Reyhan Hilmi Arsyad yang telah membantu penulis selama proses penelitian dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Angkatan 2020 yang telah memberikan bantuan selama masa perkuliahan.
7. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan penelitian. Semoga laporan Tugas Akhir yang telah disusun oleh penulis dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

ABSTRACT

Waste generation in Indonesia in 2023 will be 26,222,878 tonnes/year with unmanaged waste accounting for 33.78% of the total. One of these problems is caused by a lack of public awareness to reduce the amount of waste they produce. Society continues to produce unlimited waste due to the absence of a system capable of measuring the amount of waste generated directly from each source realtime and transparently. Apart from that, fixed and evenly distributed waste levies also mean that people are not encouraged to limit the amount of waste they produce. This research aims to present a system in the form of a digital waste scale and portable manifold pricing scale which can determine the amount of waste levy that must be paid based on the weight of the waste produced. Apart from that, the data obtained from the scales will be integrated with the website real time, so as to be able to give track record actual waste generation data that can be accessed by waste owners to find out the amount of waste produced and the waste levy fees they must pay. Calibration testing on the scale weight sensor produces an accuracy level of 95% and results of testing the entire system using the method black box testing is that all the functions of the features developed have run according to user needs. The implementation of this system will have an impact on changing the system for determining waste levy fees, reducing the quantity and improving the quality of waste, as well as the process of digitizing waste which can be a solution to dealing with waste problems.

***Keywords**: Waste Data Collection, Retribution, Digital Scales, Website*

ABSTRAK

Permasalahan sampah ditandai dengan masih banyaknya jumlah sampah yang tidak dikelola. Adapun timbulan sampah di Indonesia tahun 2023 adalah sebesar 26.222.878 ton/tahun dengan sampah tidak terkelola sebesar 33,78% dari total keseluruhannya. Diantara permasalahan ini disebabkan akibat kurangnya kesadaran masyarakat untuk mengurangi jumlah sampah yang dihasilkannya. Masyarakat terus menghasilkan sampah tanpa batas akibat belum adanya sistem yang mampu mengukur jumlah timbulan sampah yang dihasilkan secara langsung dari setiap sumbernya secara *realtime* dan transparan. Selain itu, retribusi sampah yang tetap dan merata juga membuat masyarakat tidak terdorong untuk membatasi jumlah sampah yang dihasilkannya. Penelitian ini bertujuan untuk menghadirkan sebuah sistem berupa timbangan sampah digital dan *portable* berjenis *pricing scale* yang dapat menetapkan besaran retribusi sampah yang harus dibayar berdasarkan berat sampah yang dihasilkan. Selain itu, data yang didapatkan dari timbangan akan terintegrasi dengan *website* secara *realtime*, sehingga dapat memberikan *track record* data timbulan sampah yang aktual yang dapat diakses pemilik sampah untuk mengetahui jumlah sampah yang dihasilkan serta biaya retribusi sampah yang harus dibayarkannya. Pengujian kalibrasi pada sensor berat timbangan menghasilkan tingkat keakuratan sebesar 95% dan hasil pengujian integrasi keseluruhan sistem dengan metode *black box testing* adalah seluruh fungsi fitur yang dikembangan telah berjalan sesuai kebutuhan pengguna. Penerapan sistem ini akan memberikan pengaruh terhadap perubahan sistem penetapan biaya retribusi sampah, pengurangan kuantitas dan peningkatan kualitas sampah, serta dalam proses digitalisasi sampah yang dapat menjadi solusi menangani permasalahan sampah.

Kata kunci: Pendataan Sampah, Retribusi, Timbangan Digital, *Website*

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI ..... **i**

DAFTAR TABEL ..... **iii**

DAFTAR GAMBAR ..... **iv**

BAB I PENDAHULUAN **2**

1.1 Latar Belakang 2

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Batasan Masalah 4

1.5 Manfaat Penelitian 4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA **13**

2.1 *Pay As You Throw* (PAYT) 13

2.2 Alat Timbang 6

2.3 Komponen Perancangan Timbangan 6

2.4 Studi Literatur Sistem Sejenis 13

BAB III. METODE PENELITIAN **5**

3.1 Alur Penelitian 5

3.2 Alat dan Bahan 17

3.2.1 Alat 17

3.2.2 Bahan 17

3.3 Metode Penelitian 18

3.3.1 Metode Perancangan Timbangan 18

3.3.2 Metode Manufaktur Timbangan 19

3.3.3 Metode Integrasi Website 20

3.3.4 Metode Analisis Pengaruh dan Rencana Penerapan Timbangan Sampah Terintegrasi Website dalam Penanganan Permasalahan Sampah..... 23
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 26
4.1 Perancangan Timbangan 26
4.1.1 Kriteria Desain 26
4.1.2 Desain Timbangan 26
4.2 Manufaktur Timbangan..... 29
4.2.1 Perangkaian Elektronika Timbangan 29
4.2.2 Perangkaian Mekanika Timbangan..... 30
4.2.3 Pengujian Timbangan 33
4.3 Integrasi Sistem..... 35
4.3.1 Kriteria Desain *Website* 35
4.3.2 Pengembangan *Website*..... 36
4.3.3 Pengujian Sistem..... 57
4.4 Analisis Pengaruh dan Rencana Penerapan 63
4.4.1 Analisis Permasalahan Pengelolaan Sampah..... 63
4.4.2 Rencana Penerapan Timbangan Sampah Terintegrasi..... 69
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN 72
5.1 Kesimpulan 72
5.2 Saran..... 73
DAFTAR PUSTAKA.....74
LAMPIRAN.....77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Arduino ATmega2560	9
Tabel 2.2	Spesifikasi Modul ESP32	10
Tabel 3.1	Bahan Perancangan Timbangan	17
Tabel 4.1	Spesifikasi Komponen Elektronika Timbangan	29
Tabel 4.2	Spesifikasi Timbangan	32
Tabel 4.3	Kesesuaian Nilai Nominal	34
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Fitur *Website* dengan Metode *Black Box*	57
Tabel 4. 5	Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Integrasi	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat Timbangan 6
Gambar 2.2 Micro Load Cell Single Point 7
Gambar 2.3 Modul HX711 7
Gambar 2.4 Arduino Mega 2560 8
Gambar 2.5 Modul ESP32 10
Gambar 2.6 LCD (Liquid Cristal Display) 11
Gambar 2.7 Keypad 4x4 12
Gambar 2.8 Modul MicroSD 12
Gambar 2.9 Scanner Barcode GM66 13
Gambar 3.1 Diagram Alur Perancangan 5
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengembangan *Website* 21
Gambar 4.1 Desain Timbangan Tahap Pertama 26
Gambar 4.2 Desain Timbangan Tahap Kedua 28
Gambar 4.3 Komponen Penyusun Timbangan 28
Gambar 4.4 Scanner Barcode GM66 29
Gambar 4.5 Tampilan Timbangan 31
Gambar 4.6 Tampilan Fitur Timbangan 31
Gambar 4.7 Tampilan Penggunaan Timbangan pada Transportasi 31
Gambar 4.8 Barcode 33
Gambar 4.9 Uji Kekuatan Material 35
Gambar 4.10 Rancangan Desain *Interface* bagian *Landing Page* 37
Gambar 4.11 Rancangan Desain *Interface* bagian Pendaftaran 39
Gambar 4.12 Rancangan Desain *Interface* bagian *User* Pengelola Sampah 41
Gambar 4.13 Rancangan Desain Interface bagian *User* Pelanggan Sampah 42
Gambar 4.14 Halaman *Landing Page* bagian *Header Website* 43
Gambar 4.15 Halaman *Landing Page* bagian Pengenalan Sistem 44
Gambar 4.16 Video Tutorial dan Mekanisme Kerja Sistem 44
Gambar 4.17 Halaman *Landing Page* bagian Keunggulan Sistem 45
Gambar 4.18 Halaman *Landing Page* bagian Capaian Pengelolaan Sampah 45

Gambar 4.19 Halaman *Landing Page* Bagian Informasi Sebaran Fasilitas Pengelola Sampah 46
Gambar 4.20 Halaman Pendaftaran bagian Opsi Calon *User*..... 47
Gambar 4.21 Halaman Pendaftaran sebagai *User* Pengelola Sampah..... 48
Gambar 4.22 Halaman Pendaftaran sebagai *User* Pelanggan Sampah..... 49
Gambar 4.23 Halaman Login Sistem..... 49
Gambar 4.24 Halaman *User* Pengelola Sampah..... 50
Gambar 4.25 Halaman *User* Pengelola Sampah bagian Daftar Identitas Pelanggan Sampah yang Dilayani 51
Gambar 4.26 Halaman *User* Pengelola Sampah bagian Rincian Data Berat Sampah dan Tagihan Biaya Retribusi Setiap Pengangkutan 52
Gambar 4.27 Halaman *User* Pengelola Sampah bagian Akumulasi Data Sampah yang Dikelola 52
Gambar 4.28 Halaman *User* Pelanggan Sampah bagian Identitas Pelanggan Sampah..... 53
Gambar 4.29 Halaman *User* Pelanggan Sampah bagian Rincian Data Berat Sampah Dan Tagihan Biaya Retribusi Setiap Pengangkutan 54
Gambar 4.30 Halaman *User* Pelanggan Sampah bagian Tagihan Biaya Retribusi Setiap Bulan 54
Gambar 4.31 Alur Kerja Sistem Integrasi..... 55
Gambar 4.32 Mekanisme Kerja Sistem Timbangan Terintegrasi *Website* 56
Gambar 4.33 Pengujian Pembacaan *Barcode* dengan *Scanner Barcode*..... 62

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah menjadi semakin krusial seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia karena memiliki hubungan yang linear dengan jumlah sampah yang dihasilkan (Purnomo, 2021). Adapun timbulan sampah di Indonesia yang berasal dari 223 Kabupaten/Kota pada tahun 2023 berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui *platform* Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) mencapai 26.222.878 ton/tahun dengan sampah yang tidak terkelola sebesar 33,78% dari total keseluruhannya (SIPSN, 2023).

Timbulan sampah di Indonesia terus meningkat dan tidak terkendali disebabkan oleh berbagai permasalahan, salah satunya adalah akibat rendahnya kesadaran masyarakat Indonesia mengenai tanggung jawab terhadap sampah yang pasti dihasilkan setiap harinya. Kondisi aktual yang terjadi di Indonesia saat ini, masyarakat terus menghasilkan sampah tanpa adanya batasan dan sebagian besar belum mengelola sampahnya secara mandiri. Salah satu penyebab dari perilaku ini dikarenakan penetapan biaya retribusi sampah yang harus dibayar masyarakat kepada pihak pengangkut dan pengelola sampah, seperti Tempat Pengolahan Sampah dengan prinsip 3R (TPS 3R) bersifat tetap pada setiap bulannya dan merata berdasarkan kategori sumber penghasil sampahnya. Hal ini menjadikan masyarakat tidak peduli terhadap besaran timbulan sampah yang dihasilkannya karena baik banyak maupun sedikit jumlah sampah yang dihasilkan, biaya yang dikeluarkan adalah sama. Selain itu, sistem pembayaran retribusi sampah yang *flat* ini berdampak pula terhadap pihak pengelola sampah, yakni sampah yang masuk tidak dapat dikelola secara optimal dikarenakan terhambat oleh biaya operasional yang tidak sesuai dengan fluktuasi beban biaya pengelolaan sampah yang ditangani. Pada dasarnya kebijakan di Indonesia untuk membayar retribusi

sampah berdasarkan besaran timbulan sampah ini sudah diatur dalam regulasi Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 7 Tahun 2021. Namun, hingga saat ini dalam aktualisasinya belum sepenuhnya dapat diterapkan akibat belum adanya sarana maupun sistem yang efisien dalam menunjang realisasi regulasi tersebut. Sebagai acuan kebijakan, penetapan biaya retribusi sampah berdasarkan jumlah sampah yang dibuang atau yang dikenal dengan sistem *Pay as You Throw* (PAYT) ini telah diterapkan di beberapa negara luar dan telah terbukti dapat memberikan kontribusi positif dalam mengurangi timbulan sampah (Romano & Masserini, 2023).

Adapun sistem PAYT belum diterapkan secara efektif di Indonesia, akibat belum adanya sistem yang menunjang penimbangan dan pencatatan berat timbulan sampah secara konsisten pada saat pengangkutan di setiap sumber sampah karena sistem yang digunakan oleh beberapa pengangkut sampah saat ini masih secara manual. Hal tersebut juga berakibat pada kualitas data sampah yang dipublikasikan pada *platform* SIPSN yang digunakan dalam penetapan kebijakan pengelolaan sampah serta pengadaan infrastruktur sampah tidak sesuai dengan beban dan kebutuhan (Alfian & Phelia, 2021).

Pembiaran masalah dalam jangka panjang akan semakin berdampak besar dalam pengelolaan sampah Indonesia, sehingga untuk menangani permasalahan tersebut diperlukan suatu sistem yang dapat memberikan *track record* data timbulan sampah serta biaya retribusinya secara aktual, sehingga dapat meningkatkan kesadaran setiap penghasil sampah untuk mengurangi kuantitas sampah yang dihasilkannya. Melalui serangkaian kegiatan Tugas Akhir ini dilakukan perancangan inovasi berupa timbangan gantung digital jenis *pricing scale* berbasis mikrokontroler yang terintegrasi secara *realtime* dengan sistem pendataan berupa *website* sebagai teknologi penetapan retribusi sampah berdasarkan berat dan digitalisasi data sampah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang menjadi fokus dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara merancang timbangan gantung digital jenis *pricing scale* berbasis mikrokontroler, sehingga dapat menetapkan biaya retribusi setiap penghasil sampah berdasarkan berat ?
2. Bagaimana cara memanufaktur timbangan gantung digital jenis *pricing scale* berbasis mikrokontroler, sehingga dapat menetapkan biaya retribusi setiap penghasil sampah berdasarkan berat ?
3. Bagaimana cara mengintegrasikan timbangan digital yang dirancang dengan sistem informasi pendataan sampah berbasis *website,* sehingga dapat mengolektif data timbulan dan biaya retribusi sampah setiap penghasil sampah secara akurat dan aktual ?
4. Bagaimana rencana penerapan timbangan sampah terintegrasi sistem pendataan serta pengaruhnya terhadap penanganan permasalahan sampah ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui Tugas Akhir ini sebagai upaya pemecahan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya adalah sebagai berikut.

1. Merancang timbangan digital yang dapat menetapkan biaya retribusi berdasarkan berat sampah.
2. Memanufaktur timbangan digital yang dapat menetapkan biaya retribusi berdasarkan berat sampah.
3. Mengintegrasikan timbangan digital *website* sebagai sistem digitalisasi data dalam pengelolaan sampah yang dapat memberikan kemudahan dalam pencatatan data sampah secara akurat dan aktual.
4. Menganalisis rencana penerapan timbangan sampah terintegrasi sistem pendataan serta pengaruhnya terhadap penanganan permasalahan sampah.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah terhadap sistem yang dirancang adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya berfokus pada perancangan dan manufaktur timbangan sampah yang dapat menetapkan biaya retribusi berdasarkan berat sampah, sehingga tidak sampai pada kajian penetapan besaran biaya retribusi sampah per kilogram sampah.
2. Timbangan hanya digunakan untuk mengukur berat sampah, tanpa memperhatikan aspek volume dan massa jenis sampah.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari perancangan sistem timbangan digital terintegrasi *website* ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat Bagi Akademisi/Pengembangan IPTEK

   Menjadi media aktualisasi dan pengembangan teknologi di bidang pengelolaan sampah dengan memberikan data *realtime* terkait timbulan sampah yang sesuai di lapangan untuk memudahkan akademisi dalam melakukan pembelajaran terkait perencanaan pengelolaan sampah.
2. Manfaat Bagi Masyarakat

   Memberikan solusi terhadap penetapan biaya retribusi sampah yang adil dan transparan berdasarkan berat sampah, sehingga dapat memotivasi masyarakat dalam mengurangi kuantitas sampah yang dihasilkan.
3. Manfaat Bagi Pemerintah

   Memberikan data sampah yang akurat dan aktual sesuai dengan kondisi di lapangan, sehingga dapat digunakan untuk menentukan arah kebijakan dan perencanaan pengelolaan sampah yang lebih optimal.

BAB II.
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pay As You Throw (PAYT)

Sistem *Pay as You Throw* (PAYT) adalah suatu instrumen ekonomi berupa sistem pendekatan penetapan harga. Ini didasarkan pada penerapan gabungan dua sistem panduan kebijakan lingkungan yaitu prinsip pencemar membayar dan konsep tanggung jawab bersama (Batllevel, 2008). PAYT diterapkan melalui pendekatan bahwa sebagian besar dari keseluruhan biaya dialokasikan sesuai dengan jumlah sampah yang dihasilkan, dimana implementasi PAYT dilakukan dengan cara yang berbeda bergantung pada metode perhitungan sampah. Metode perhitungan sampah sebagai patokan penetapan biaya menurut Reichenbach (2008) terdiri atas:

a. Metode perhitungan berdasarkan per penghasil sampah:
   - Perhitungan sampah berdasarkan volume per penghasil sampah
   - Perhitungan berdasarkan berat
b. Metode perhitungan berdasarkan per jenis tempat sampah (penetapan secara individual maupun kolektif)
   - Perhitungan sampah berdasarkan penetapan volume tempat sampah
   - Perhitungan sampah berdasarkan penetapan berat tempat sampah
c. Metode perhitungan berdasarkan per sistem prabayar
   - Perhitungan sampah berdasarkan penetapan penggunaan karung prabayar
   - Perhitungan sampah berdasarkan penggunaan tag, stiker, atau token

Skema PAYT yang paling umum digunakan adalah skema berbasis volume (penetapan berdasarkan ukuran kontainer); skema berbasis karung (jumlah karung sebagai wadah sampah yang dikumpulkan); skema berbasis bobot atau berat (bobot sampah yang dikumpulkan dalam wadah); dan skema berbasis frekuensi (frekuensi penggunaan wadah yang ditetapkan untuk pengumpulan) (Watkins *et al.*, 2016).

2.2 Alat Timbang

Timbangan merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengetahui massa atau berat suatu benda (Manege *et al.*, 2017). Secara umum, timbangan terbagi menjadi dua kategori, yaitu timbangan dengan sistem analog atau mekanik serta timbangan dengan sistem digital atau elektronik. Ciri umum dari kedua jenis timbangan ini, yaitu pada timbangan analog sistem yang bekerja berupa sistem pegas serta terdapat indikator jarum sebagai penunjuk hasil ukuran berat, sedangkan pada timbangan digital sistem yang bekerja berupa sensor serta hasil pengukuran berat benda ditampilkan pada layar LCD timbangan (Hulu, 2018). Adapun seiring dengan perkembangan teknologi, timbangan analog mulai tersisihkan oleh timbangan digital karena penggunaan timbangan digital lebih praktis, hasil pengukuran lebih akurat karena dapat membaca hingga bilangan desimal, serta desainnya lebih modern (Khakim & Purbawanto, 2015).



(a) (b)

Gambar 2.1 Alat Timbangan

Sumber : www.tokopedia.com

Keterangan gambar : (a) Timbangan Analog, (b) Timbangan Digital

2.3 Komponen Perancangan Timbangan

A. Sensor Berat *(Load Cell)*

Sensor berat *(load cell)* merupakan sensor yang bekerja pada timbangan digital. Sensor ini akan bekerja apabila mendapat tekanan dari sisi atasnya atau tarikan dari sisi bawahnya, yang selanjutnya besaran tekanan atau regangan tersebut akan dikonversi menjadi besaran tegangan listrik melalui modul HX711 amplifier yang hasilnya akan tertampil pada LCD timbangan sebagai hasil pengukuran berat benda (Manege *et al.*, 2017). Adapun *load cell* yang digunakan

dalam perancangan ini adalah berupa tipe *single point* dengan versi *micro load cell* serta memiliki kapasitas maksimum mencapai 50 kg. *Load cell* tipe ini dipilih agar timbangan digital yang dirancang bersifat *portable,* yakni yang mudah dioperasikan, ringan, mudah dipindahkan, serta memiliki akurasi yang tinggi untuk menimbang besaran berat sampah pada saat proses pengangkutan sampah.

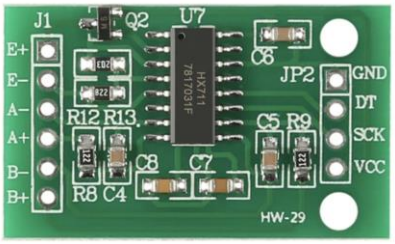


Gambar 2.2 Micro Load Cell Single Point

Sumber : www. alibaba.com

B. Modul HX711

Modul HX711 pada timbangan merupakan alat yang digunakan untuk mengubah sinyal analog dari besaran regangan akibat *load cell* yang diberi beban menjadi sinyal digital agar dapat dipahami dan diproses lebih lanjut oleh sistem pada *microcontroller.* Adapun kelebihan dari modul HX711 ini adalah memiliki struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaannya, memberikan hasil pembacaan yang stabil, serta memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi (Kazuya *et al.*, 2024).



Gambar 2.3 Modul HX711

Sumber : id.aliexpress.com

C. Mikrokontroler

Seiring dengan perkembangan teknologi, berbagai fasilitas dan produk dikembangkan untuk memberikan kemudahan akses pada penggunanya, yakni

salah satunya melalui pemanfaatan mikrokontroler pada timbangan digital. Mikrokontroler merupakan sebuah *chip* yang dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan penggunanya (Desnanjaya & Iswara, 2018). Mikrokontroler ini adalah bentuk terobosan baru dari *microprocessor* dan *microcomputer* dengan teknologi semikonduktor yang mengandung lebih banyak transistor dengan penampang yang lebih kecil, sehingga harganya lebih murah dan dapat dijangkau oleh hampir semua kalangan (Haryanto *et al*., 2023). Pada mikrokontroler telah terdapat CPU *(Central Processing Unit),* RAM *(Random Access Memory),* ROM *(Read Only Memory), input, output,* dan *timer/counter* yang secara fisik digunakan untuk aplikasi-aplikasi kontrol dan bukan aplikasi serbaguna (Manege *et al.*, 2017). Adapun mikrokontroler ini memiliki banyak jenis, yaitu seperti Arduino Mega 2560 dan ESP32 yang digunakan dalam perancangan sistem timbangan digital terintegrasi website ini.

1. Arduino ATmega2560

Arduino ATmega2560 merupakan jenis Arduino yang memiliki I/O (input/output) yang lebih banyak, memori yang lebih besar, dan kemampuan komputasi yang tinggi, sehingga akan memberikan keandalan, fleksibilitas, dan kinerja yang efektif dan efisien dalam merancang alat penghitung berat (Himawan & Hariadi, 2023).



Gambar 2.4 Arduino Mega 2560

Sumber : www.arduino.biz.id

Adapun detail spesifikasi dari Arduino tipe ATmega2560 ini terlihat pada **Tabel 2.1.**

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino ATmega2560

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tegangan Operasional	5 Volt
2	Tegangan *Input*	7-12 Volt
3	Batas Tegangan *Input*	6-20 Volt
4	Pin Digital I/O	54 pin
5	Pin PMW *Output*	15 pin
6	Pin Analog *Input*	16 pin
7	Arus DC per pin I/O	40 mA
8	Arus DC pin 3.3V	50 mA
9	*Flash Memory*	256 KB (8 KB *bootloader*)
10	SRAM	8 KB
11	EEPROM	4 KB
12	16 *Clock Speed*	17 MHz
13	Panjang	10,1 cm
14	Lebar	5,3 cm
15	Berat	37 gram

Sumber : *Datasheet* Arduino ATmega2560, 2024

Power supply untuk *microcontroller* jenis arduino ATmega2560 ini dapat berasal dari koneksi USB maupun adaptor AC-DC, seperti baterai. Adapun bahasa pemrograman yang digunakan dalam arduino jenis ini adalah berupa bahasa pemrograman C yang dapat dikembangkan melalui pustaka C++.

2. Modul ESP-WROOM-32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang disertai dengan modul berupa *bluetooth, wifi,* dan slot microSD, sehingga akan memberikan konektivitas nirkabel yang tinggi dan cocok digunakan untuk *project* yang berbasis IoT *(Internet of Things)* (Bachtiar*, et al.*, 2022). Selain itu, ESP32 juga memiliki berbagai antarmuka I/O termasuk GPIO (*Input/Output* Umum), SPI (*Serial*

Peripheral Interface), I2C (*Inter-Integrated Circuit*), UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*), sehingga dapat dihubungkan dengan berbagai sensor, perangkat, atau komponen lainnya (Susrama *et al.*, 2022).



Gambar 2.5 Modul ESP32
Sumber : www.lazada.co.id

Adapun spesifikasi dari modul ESP32 terdapat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Spesifikasi Modul ESP32

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tegangan Operasional	2,2 - 3,6 Volt
2	GPIO	36 *ports*
3	*Analog to Digital Converter* (ADC)	14 *ports*
4	*Digital to Analog Converter* (DAC)	2 *ports*
5	*Flash Memory*	16 MB
6	SRAM	250 KB
7	*Clock Speed*	Up to 240 MHZ
8	Wi-Fi	2,4 GHz
9	*Sleep Current*	2,5 μA

Sumber : Allafi & Iqbal, 2017

D. LCD (*Liquid Cristal Display*)

Dalam perancangan timbangan digital tentunya dibutuhkan sebuah LCD *(Liquid Cristal Display)*, yakni sebuah komponen yang dapat menampilkan angka, huruf / abjad, maupun simbol atau karakter yang dapat menunjukkan suatu informasi kepada pengguna terhadap data yang sedang diolah oleh sistem. Selain berupa kristal cair sebagai tampilan utamanya, pada LCD juga terdapat dua komponen pendukung, sehingga data hasil sistem dapat terbaca oleh pengguna, yaitu *backlight* yang berguna apabila digunakan pada malam hari serta *contrast*

yang berguna untuk mempertajam tampilan pada LCD (Haryanto *et al.*, 2023). Adapun jenis dan ukuran LCD yang tersedia di pasaran bermacam-macam, yaitu seperti 1x16, 2x16, 2x20, 2x40, dan lain-lain. Jenis LCD yang digunakan dalam perancangan ini adalah tipe 2x16, yakni 2 merupakan jumlah baris yang tersedia pada LCD, sedangkan 16 merupakan jumlah kolom maksimal yang tersedia pada LCD.

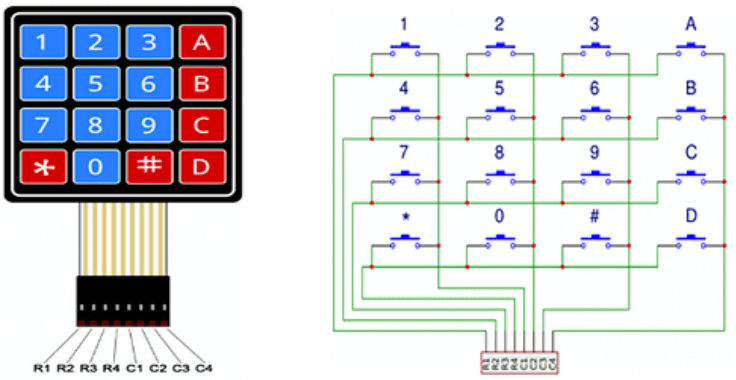


Gambar 2.6 LCD (*Liquid Cristal Display*)

Sumber : cherryelectronics.in

E. *Keypad* 4x4

Keypad 4x4 merupakan suatu komponen yang terdiri dari *push button* dan membentuk susunan berupa empat baris dan empat kolom. Adapun komponen ini berfungsi untuk menginput data berupa angka, huruf, dan simbol atau instruksi sesuai dengan rancangan yang diperlukan penggunanya yang kemudian hasilnya akan tertampil pada layar LCD (Nasution *et al.*, 2022). Sistem kerja dari *keypad* ini, yaitu rangkaian listrik akan diaktifkan ketika tombol pada *keypad* ditekan yang selanjutnya sinyal tersebut akan dibaca oleh mikrokontroler yang tersambung. Adapun tujuan penggunaan *keypad* 4x4 dalam perancangan timbangan digital ini adalah agar selain untuk menginput data berupa angka, timbangan juga dapat diberikan konfigurasi fungsi tambahan, yaitu seperti fungsi untuk mengatur kalibrasi timbangan, menyimpan data, atau fitur-fitur khusus lainnya agar dapat memberikan kemudahan dan kontrol yang tinggi kepada penggunanya.



(a) (b)

Gambar 2.7 *Keypad* 4x4

Sumber : forum.arduino.cc

Keterangan gambar : (a) Bentuk Fisik, (b) Rangkaian *Interface*

F. Modul MicroSD

Modul microSD merupakan perangkat pendukung pada suatu sistem mikrokontroler yang dapat melakukan penyimpanan data tambahan. Adapun secara detail, fungsi dari modul microSD ini adalah untuk menyediakan antarmuka yang mudah digunakan antara mikrokontroler dengan kartu microSD, sehingga data yang didapatkan dari sistem dapat disimpan, diakses, dan dikelola dengan mudah (Maliki *et al.*, 2023). Modul microSD ini biasanya dihubungkan dengan mikrokontroler melalui antarmuka seperti SPI (*Serial Peripheral Interface*) atau SDIO (*Secure Digital Input/Output*). Kapasitas penyimpanan dari microSD ini sangat bervariasi, yakni dengan besaran mulai dari megabyte hingga terabyte.



Gambar 2.8 Modul MicroSD

Sumber : id.aliexpress.com

G. Scanner Barcode GM66

Scanner barcode merupakan sebuah sensor pendeteksi yang digunakan untuk membaca berbagai jenis *barcode*, sehingga dapat mengetahui spesifikasi suatu produk atau komponen yang memiliki *barcode*. Sistem pemindaian pada *scanner barcode* tipe ini, yaitu menggunakan teknologi pemindaian CCD (*Charge-Coupled Device*) atau laser. Adapun spesifikasi dari *scanner barcode GM66* ini, yaitu memiliki resolusi 0,1 mm dengan jarak pembacaan 25-250 mm, dapat dihubungkan dengan USB 2.0, serta memiliki besaran tegangan sebesar 5 Volt dan arus operasional sebesar 120 mA (Assidiqie *et al.*, 2022).



Gambar 2.9 Scanner Barcode GM66

Sumber : www.tokopedia.com

2.4 Studi Literatur Sistem Sejenis

Sistem pengangkutan sampah dan produk timbangan digital terintegrasi yang sudah ada di pasaran serta bentuk inovasi yang diusulkan terlihat pada **Tabel 2.4**

Tabel 2.4 Studi Literatur Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Mulasari *et al.*,	2023	Inovasi Timbangan Sampah Berbasis IoT Terintegrasi Dengan Android dan *Website* Untuk Meningkatkan	Dalam penelitian ini, timbangan terintegrasi yang dibuat berjenis timbangan duduk digital. Adapun sistem ini digunakan untuk mengelola pencatatan data bank sampah, yakni sistem memberikan *output* data berupa

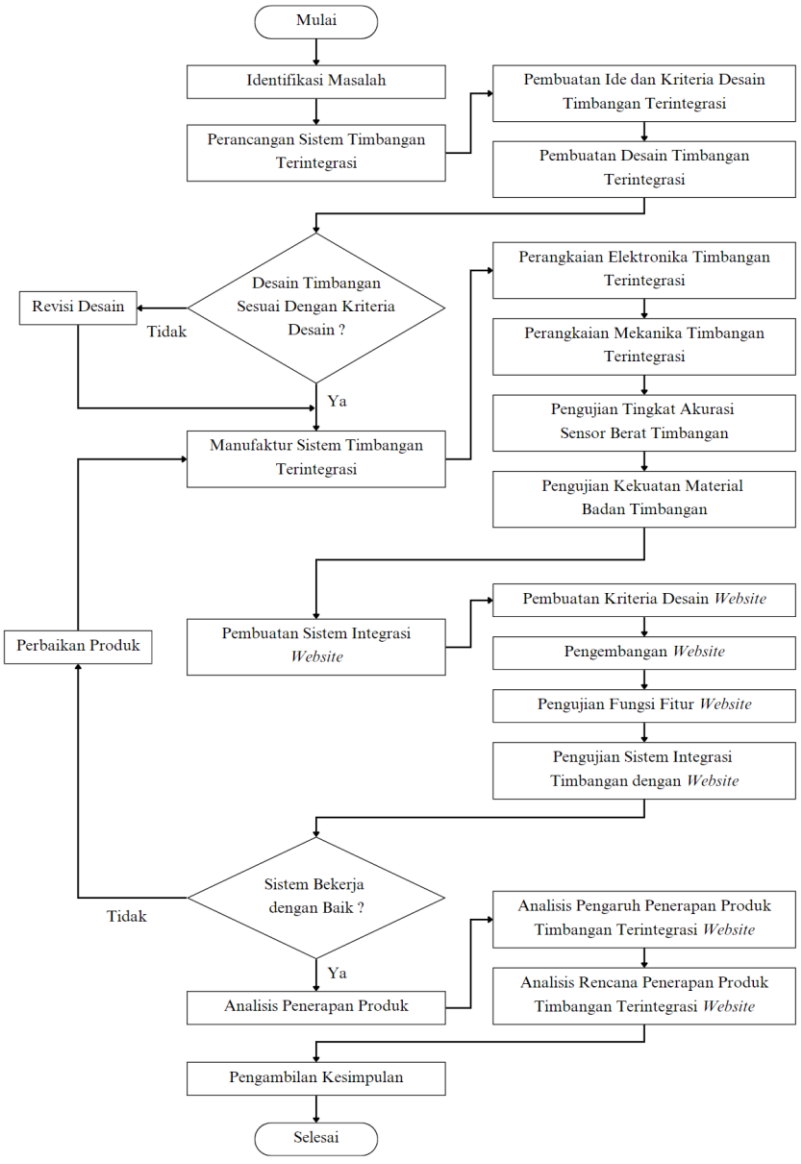
No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			Kinerja Bank Sampah	pencatatan jenis sampah, jumlah sampah yang diterima oleh bank sampah, dan saldo nasabah yang merupakan hasil konversi dari sampah yang disetorkan nasabah dengan harga per kg sampah berdasarkan jenis sampah yang diterima. Untuk membedakan antar nasabah, setiap nasabah memiliki nomor rekening masing-masing. Selanjutnya data yang yang telah dikolektif akan dipublikasikan melalui sistem informasi bank sampah berupa *website* dan aplikasi android.
2	Shudhuas-har, M.	2023	Sistem Pendataan Berat Kambing dengan Sensor *Load Cell* dan RFID Menggunakan Teknologi *Cloud Computing* Berbasis IoT	Dalam penelitian ini, jenis timbangan yang dibuat berupa timbangan gantung digital. Adapun sistem ini digunakan untuk mengelola pencatatan data pada peternak kambing, yakni sistem memberikan *output* data berupa berat kambing sebelum dan sesudah pengiriman pada saat transaksi jual beli yang hal ini berpengaruh terhadap harga jual kambing dan tingkat kepercayaan pembeli.

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
				Untuk membedakan antar kambing, setiap kambing akan memiliki ID Tag yang proses penginputan datanya secara otomatis menggunakan RFID *reader*. Selanjutnya data berat yang yang telah dikolektif akan dapat diakses melalui aplikasi android yang juga dikembangkan.
3	Siregar *et al.,*	2017	*Simulation of Waste Transport Monitoring Based on Garbage Load Capacity Using Load Cell*	Dalam penelitian ini, sensor berat diterapkan pada tempat sampah setiap penghasil sampah. Hal ini ditujukan agar pengangkut sampah tidak berkeliling rutin mengangkut sampah sesuai jadwal dan rute, melainkan akan menuju lokasi berdasarkan tingkat prioritas kapasitas tempat sampah yang telah penuh. Dengan demikian, tempat sampah ini juga dilengkapi dengan modul GPS untuk mengetahui titik koordinat lokasi tempat sampah yang akan diangkut. Adapun proses integrasi data yang didapatkan dikirim menuju *database* menggunakan modul GSM.

BAB III.
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Adapun alur atau tahapan yang dilakukan dalam perancangan sistem timbangan digital terintegrasi *website* secara rinci terdapat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alur Perancangan

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan merupakan suatu komponen pendukung yang digunakan dalam perancangan

3.2.1 Alat

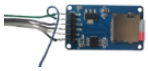
Adapun dalam merancang timbangan digital terintegrasi ini, beberapa alat utama yang digunakan sebagai pendukung dalam proses perancangan adalah berupa alat kalibrasi, arduino IDE, *glue gun*, kunci set, *cutter*, kabel data, solder, dan multimeter.

3.2.2 Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam fabrikasi produk inovasi timbangan digital terlihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Bahan Perancangan Timbangan

No	Nama Komponen	Fungsi	Gambar
1	Sensor Berat *(Load Cell)*	Untuk mengukur gaya yang diberikan pada timbangan yang *output*-nya berupa hasil pengukuran berat benda	
2	Modul HX711	Untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital agar hasil *loadcell* dapat diproses oleh sistem pada mikrokontroler	
3	Arduino ATmega2560	Untuk memproses data yang diterima dari modul HX711 dan mengontrol data yang akan ditampilkan pada layar LCD	
4	Modul ESP-WROOM-32	Sebagai sumber konektivitas nirkabel sistem integrasi pada timbangan karena memiliki modul berupa *bluetooth, wifi,* dan slot microSD	

No	Nama Komponen	Fungsi	Gambar
5	LCD 16x2 I2C	Untuk menampilkan berat sampah yang ditimbang serta tagihan biaya retribusi	
6	Keypad 4x4 *Matrix Array*	Untuk menginput ID pelanggan sampah secara manual apabila terdapat *trouble* pada alat *scanner barcode*	
7	Modul microSD	Untuk menyimpan data hasil penimbangan yang telah dilakukan apabila terdapat *trouble* pada sistem integrasi akibat gangguan jaringan	
8	Baterai AA	Untuk sumber daya listrik agar timbangan digital dapat beroperasi	
9	*Scanner Barcode* GM66	Untuk *scanning barcode* yang berisi identitas pelanggan sampah, sehingga data berat sampah yang ditimbang masuk ke *database* berdasarkan ID pemilik sampah	

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Metode Perancangan Timbangan

a. Metode Pembuatan Ide dan Kriteria Desain Timbangan

Dalam perancangan produk timbangan, tahap pertama yang dilakukan adalah pembuatan ide yang ditujukan sebagai solusi untuk menyelesaikan masalah di lapangan yang telah teridentifikasi sebelumnya. Adapun metode yang digunakan yaitu melakukan pengamatan lapangan dan wawancara bersama pengelola sampah lalu dilakukan *brainstorming* ide kemungkinan solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan penetapan retribusi sampah dan sistem pendataan yang belum konsisten. Selanjutnya dilakukan

tahapan *mind mapping* dengan menghubungkan ide-ide terkait agar dapat tercipta satu kesatuan ide yang solutif dan inovatif. Bersamaan dengan tahapan pembuatan ide, menentukan kriteria desain yang ditargetkan terhadap produk timbangan secara bertahap agar fitur yang tersedia sesuai dengan kebutuhan target pengguna.

b. Metode Pembuatan Desain Timbangan

Tahapan yang dilakukan setelah menentukan kriteria desain timbangan, yaitu membuat rancangan desain produk secara 3D, menganalisis komponen penyusun yang diperlukan, dan membuat rancangan awal sistem. *Software* yang digunakan dalam mendesain 3D rancangan produk timbangan, yaitu *solidworks* yang hasilnya akan digunakan sebagai gambaran awal produk serta tata letak komponen. Selanjutnya *software* yang digunakan dalam mendesain keterangan komponen timbangan serta rancangan sistem yang digunakan dalam timbangan, yaitu menggunakan Canva dan Figma. Tahapan lanjutan pada proses ini adalah validasi desain dengan menggunakan metode *face validity,* yaitu menilai kesesuaian sistem yang dirancang dengan tujuan dan kelayakan dari alat, sehingga terpilih satu buah desain yang akan direalisasikan pada tahap manufaktur timbangan.

3.3.2 Metode Manufaktur Timbangan

a. Metode Perangkaian Elektronika Timbangan

Dalam serangkaian proses manufaktur timbangan, tahapan pertama yang dilakukan adalah perangkaian bagian elektronika timbangan. Adapun tahapan yang dilakukan yaitu melakukan pemrograman pada Arduino yang digunakan sebagai pengolah data dari *load cell* serta pusat pengontrol sistem menggunakan *software* Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Setelah proses pemrograman selesai dan sesuai dengan kinerja yang direncanakan, tahapan selanjutnya adalah menghubungkan seluruh komponen alat yang digunakan pada timbangan agar satu kesatuan sistem yang dirancang dapat bekerja untuk mengukur berat dan menampilkan hasilnya pada layar LCD timbangan.

b. Metode Perangkaian Mekanika Timbangan

Tahapan selanjutnya adalah perangkaian bagian mekanika atau *body cover* timbangan berupa *hardcase*. Adapun tahapan yang dilakukan yaitu menentukan material *body cover* serta dimensi timbangan yang disesuaikan dengan ukuran komponen elektronika yang telah dirangkai. Tahapan terakhir yang dilakukan dalam proses ini adalah menyatukan antara rangkaian elektronika dengan rangkaian mekanika timbangan yang telah dibuat .

c. Metode Pengujian Timbangan

Pengujian pada timbangan dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan pada alat timbangan serta menganalisis kesalahan yang masih terjadi. Pengujian ini terdiri dari pengujian tingkat akurasi sensor berat dan pengujian kekuatan material yang digunakan pada *body cover* timbangan. Metode yang digunakan dalam pengujian tingkat akurasi timbangan adalah melakukan serangkaian proses kalibrasi, yakni dengan menghitung besaran selisih antara anak timbangan yang digunakan dalam pengujian dengan hasil penimbangan yang didapatkan. Selanjutnya metode yang digunakan untuk menguji kekuatan material *body cover* timbangan adalah metode *Computer Aided Engineer* (CAE) dengan menggunakan *software solidworks.* Hasil pengujian akan memperlihatkan kapasitas maksimum beban yang mampu ditahan oleh material *body cover* timbangan.

3.3.3 Metode Integrasi Website

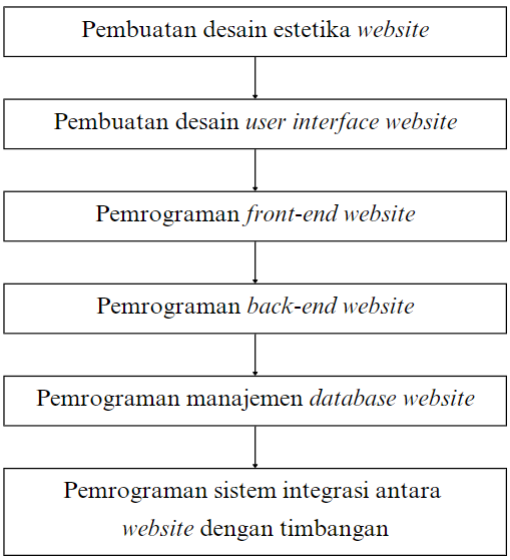
a. Metode Penentuan Kriteria Desain *Website*

Dalam perancangan sistem integrasi, tahapan pertama yang dilakukan adalah membuat kriteria desain *website* yang akan digunakan sebagai sistem untuk menghimpun dan mempublikasikan data hasil penimbangan sampah di lapangan. Adapun metode yang digunakan dalam menentukan kriteria desain *website* ini adalah dengan metode *competitive analysis*, yakni menganalisis fitur atau informasi data yang tersedia dan dipublikasikan oleh *website* Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) guna mengetahui jenis data yang diperlukan untuk dikolektif dalam manajemen pengelolaan sampah

Indonesia. Informasi yang didapat tersebut selanjutnya diadopsi dan dimodifikasi sesuai dengan data yang didapatkan dari hasil penimbangan sampah di lapangan dan yang akan dipublikasikan kepada calon pengguna. Selain itu, pembuatan kriteria desain *website* ini juga menerapkan metode *user analysis* agar pengembang *website* dapat menyusun desain konten yang tepat sasaran bagi penggunanya dan aksesibilitas *website* yang diinginkan dapat dipastikan terpenuhi.

b. Metode Pengembangan *Website*

Tahapan yang dilakukan setelah menentukan kriteria desain *website* adalah melanjutkan proses pengembangan *website* dengan metode *waterfall*, yaitu tahapan proses yang dilakukan secara berurutan satu persatu atau *sequential*, sehingga setiap tahapan harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum lanjut ke tahapan berikutnya. Adapun pengembangan *website* dengan metode *waterfall* ini terdiri dari tahapan pemodelan atau desain *website* dan tahapan pemrograman *website* yang dapat dilihat secara rinci pada **Gambar 3.2.**



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengembangan *Website*

Metode yang digunakan dalam pengembangan *website* secara rinci terdiri dari:

1. Membuat desain estetika dengan menentukan konsep kombinasi warna, teks, dan gambar yang akan digunakan pada *interface website.*
2. Pembuatan desain *interface* sebagai visualisasi ide yang lebih konkret yang selanjutnya akan digunakan sebagai panduan dalam proses pemrograman *front-end website.* Adapun *software* yang digunakan dalam mendesain adalah Canva, Figma, dan Adobe Illustrator.
3. Pengembangan *website* yang terdiri dari tahapan pemrograman *front-end* menggunakan *framework ReactJs,* yaitu kerangka kerja *open source* yang menggunakan *library javascript.* Metode ini dipilih karena cocok untuk mengembangkan model *website* dengan tampilan *Single Page Application* (SPA) dan *mobile application,* serta akan memberikan hasil tampilan *user interface* yang responsif dan interaktif, sehingga tampilan *interface* dapat menyesuaikan secara langsung dengan perangkat yang sedang mengaksesnya (Miftach, 2018).
4. Pemrograman *back-end* menggunakan *framework Laravel,* yaitu kerangka pengembangan web berbasis *Model View Controller* (MVC) yang akan memberikan *performance website* yang cepat, *reload* data yang stabil, dan memiliki keamanan data yang kuat.
5. Pemrograman manajemen *database* menggunakan *tools* MySQL, yaitu *software* yang bersifat *open source* dan memiliki kinerja yang cepat dan dapat diandalkan. Penggunaan *tools* ini dikarenakan pengembang *website* dapat membuat, mendeskripsikan struktur data, memelihara kinerja basis data, serta mengatur kontrol akses pada data (Aipina & Witriyono, 2022). Selanjutnya format file yang digunakan dalam proses pertukaran atau *parsing* data yang akan dikirimkan ke *database website* adalah *Java Script Object Notation* (JSON), yaitu format berbasis teks yang strukturnya sederhana, sehingga mudah dibaca, ditulis, dan dipahami. Pemilihan file jenis ini juga menyesuaikan dengan jenis mikrokontroler dan sistem integrasi yang digunakan dalam mengirimkan data ke *database website.*

Penggunaan format file JSON ini akan memberikan kinerja pertukaran data yang efisien karena formatnya yang ringan dan tidak memerlukan proses *parsing* data yang rumit.

6. Sistem integrasi data timbangan ke *website* menggunakan *Application Programming Interface* (API), yakni timbangan yang terhubung pada jaringan akan langsung mengirimkan data ke *website*, ketika timbangan dan *website* diatur menggunakan API yang sama.

c. Metode Pengujian Sistem Integrasi

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa satu kesatuan sistem yang berupa timbangan terintegrasi dengan *website* sudah bekerja sesuai dengan rencana sistem yang diharapkan atau belum. Pengujian sistem integrasi ini terdiri dari dua segmen, yaitu pengujian sistem kerja fitur pada *website* dan pengujian integrasi sistem pendataan. Metode yang digunakan dalam pengujian sistem kerja fitur *website* dan pengujian integrasi sistem pendataan adalah metode *black box testing.* Metode ini pada umumnya digunakan dalam pengujian persyaratan fungsional perangkat lunak, yakni dengan mengevaluasi fungsi fitur yang diprogram tanpa melihat struktur kode pemrogramannya (Nuraini & Sutopo, 2023). Proses pengujian berfokus pada input yang diberikan ke sistem dan evaluasi *output* yang dihasilkan untuk menentukan apakah fitur yang dikembangkan telah berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan. Metode ini dipilih dalam pengujian fitur *website* dan pengujian integrasi sistem pendataan karena dinilai efektif dalam menemukan masalah yang berkaitan dengan fungsionalitas fitur, berupa kesalahan input.

3.3.4 Metode Analisis Pengaruh dan Rencana Penerapan Timbangan Sampah Terintegrasi *Website* dalam Penanganan Permasalahan Sampah

Produk dirancang untuk diterapkan sesuai dengan kondisi lapangan dalam pengelolaan sampah di Indonesia, sehingga diperlukan analisis rencana dan pengaruh penerapan produk dalam menyelesaikan permasalahan sampah yang ada. Analisis ini diperlukan untuk memberikan gambaran mengenai hal-hal yang perlu dipersiapkan, sehingga dalam penerapannya produk dapat

diterima oleh masyarakat dan memberikan hasil yang efektif sebagai salah satu inovasi yang dapat menangani permasalahan pengelolaan sampah di Indonesia. Adapun metode analisis pengaruh dan rencana penerapan produk timbangan sampah terintegrasi *website* yang dikembangkan adalah dengan melakukan *brainstorming* studi pustaka.

BAB IV.
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Timbangan

4.1.1 Kriteria Desain

Sesuai dengan tujuan tugas akhir ini adalah membuat timbangan sampah digital yang akan digunakan oleh pengelola sampah, sehingga dalam perancangannya ditetapkan kriteria yang menjadi dasar rancang bangun timbangan sampah. Kriteria desain didapat dari kegiatan *brainstorming* dan pengamatan langsung di lapangan yang dikembangkan berdasarkan pertimbangan aspek kebutuhan dan kemudahan pengguna. Adapun kriteria yang menjadi tujuan akhir perancangan adalah sebagai berikut.

1. Timbangan bersifat *portable* dan *mobile,* sehingga mudah saat operasional pengangkutan sampah
2. Timbangan mudah dioperasikan

Berdasarkan kriteria tersebut, timbangan yang direncanakan berjenis timbangan digital *pricing scale* berbasis Arduino ATmega2560. Timbangan digital dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dan tinggi dibandingkan dengan timbangan mekanik. Selanjutnya jenis *pricing scale* dipilih untuk menetapkan biaya retribusi sampah. Adapun timbangan dilengkapi dengan fitur sebagai berikut.

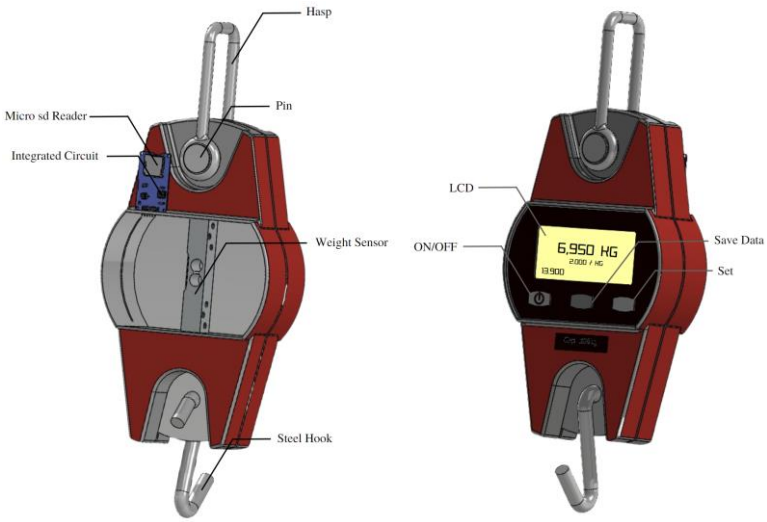
1. Timbangan jenis digital *pricing scale* dengan *display* penunjuk berat, harga satuan, dan total harga.
2. Timbangan memiliki sistem pencadangan data sebagai antisipasi apabila terkendala jaringan pada proses pengiriman data ke *database website*
3. Timbangan dilengkapi dengan sistem pendataan otomatis

4.1.2 Desain Timbangan

Desain timbangan dibuat berdasarkan kesesuaian komponen elektronika serta dilakukan desain secara bertahap dengan melakukan analisis dan penilaian fungsi pada masing-masing desain yang dibuat.

a. Desain Timbangan Tahap Pertama

Timbangan yang direncanakan bersifat *portable* dan *mobile*, sehingga dipilih jenis timbangan gantung *(crane scale)* sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.1.**



(a) (b)

Gambar 4.1 Desain Timbangan Tahap Pertama

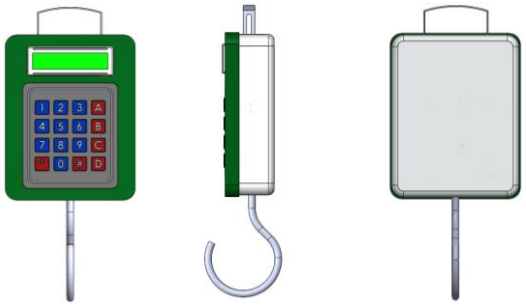
Keterangan gambar : (a) Komponen Timbangan dan (b) Tampak Depan

Jenis timbangan gantung dinilai lebih praktis untuk dibawa dan diletakkan pada transportasi pengangkut sampah yang telah dimodifikasi. Dalam penggunaannya, sampah yang akan ditimbang tidak bersentuhan langsung dengan badan timbangan guna mencegah terjadinya korosi yang diakibatkan oleh cairan yang ada pada sampah. Timbangan dilengkapi dua *hook* yang terdiri dari dari *hook* atas sebagai pengait timbangan ke badan transportasi pengangkut sampah serta *hook* bawah sebagai tempat mengaitkan sampah saat penimbangan. Desain timbangan dibuat sepraktis mungkin, sehingga dapat dilepas pasang dan memuat komponen sebagai berikut.

1. Layar LCD untuk menampilkan berat sampah, harga satuan, dan akumulasi harga.
2. Tombol *power* untuk menghidupkan dan mematikan timbangan.
3. *MicroSD* sebagai sistem penyimpanan data hasil penimbangan dan untuk memindahkan data secara manual dari timbangan ke *database* melalui PC atau laptop.
4. *Integrated circuit*, yaitu sebagai tempat modul Arduino ATmega yang menghubungkan timbangan dengan sistem pendataan.
5. Tombol *save* data untuk menyimpan data penimbangan.
6. *Load cell* atau sensor berat, yakni sensor yang direncanakan merupakan jenis *load cell strain gauge*

b. Desain Timbangan Tahap Kedua

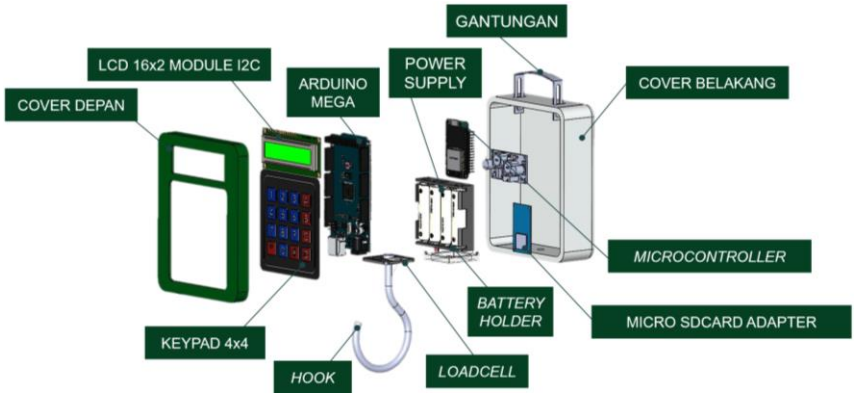
Timbangan direncanakan terintegrasi dengan sistem pendataan berupa *website* yang mendata timbulan dan retribusi sampah setiap pelanggan, sehingga dalam penerapannya setiap pelanggan sampah perlu memiliki kode atau ID yang berfungsi untuk memudahkan proses sinkronisasi data secara otomatis antara identitas pelanggan dengan data penimbangannya pada *website.* Berdasarkan hal tersebut diperlukan fitur tambahan berupa *keypad* pada timbangan yang berguna untuk menginput ID pelanggan sampah secara manual. Penambahan fitur *keypad* pada timbangan mempengaruhi desain timbangan secara keseluruhan, sehingga dilakukan proses desain ulang dengan tetap memperhatikan komponen timbangan pada desain pertama. Adapun desain timbangan tahap kedua dapat dilihat pada Gambar 4.2.



(a) (b) (c)

Gambar 4.2 Desain Timbangan Tahap Kedua

Keterangan gambar : (a) Tampak Depan, (b) Tampak Samping, dan (c) Tampak Belakang



Gambar 4.3 Komponen Penyusun Timbangan

Desain tahap kedua secara keseluruhan mengubah bentuk timbangan, sehingga tampak berbeda dibanding desain tahap pertama. Pengembangan desain tahap ini dibuat menyesuaikan dengan rencana tata letak dan penambahan komponen terbaru dengan pertimbangan sebagai berikut.

1. *Keypad* 4x4 berfungsi untuk menginput ID berupa angka. *Keypad* diletakkan di luar *cover* untuk memudahkan dalam menekannya.
2. Arduino ATmega2560 berfungsi untuk memproses dan mengontrol data yang akan ditampilkan pada layar LCD.
3. *Power supplay* dan *battery holder* berfungsi sebagai sumber daya energi listrik untuk mengoperasikan timbangan.
4. ESP32 berfungsi sebagai sumber konektivitas nirkabel sistem integrasi pada timbangan karena tersedia modul berupa *bluetooth* dan *wifi*.

c. Desain Timbangan Tahap Ketiga

Pada tahap ketiga, dilakukan penyempurnaan desain kedua yang selanjutnya menjadi dasar tahap manufaktur. Setelah dihasilkan desain produk pada tahap kedua, dilakukan analisis terhadap kemudahan pengguna dengan mempertimbangkan efisiensi kegiatan operasional pengangkutan sampah. Untuk memudahkan dan mempercepat proses pendataan serta meminimalisir adanya *human error* dari proses input ID pelanggan sebelum penimbangan, maka ditambahkan fitur *scanning barcode*. Setiap pelanggan yang dilayani dalam pengangkutan sampah memiliki *barcode* yang berisi ID pelanggan, sehingga timbangan yang dilengkapi *scanner barcode* dapat langsung menscan tanpa harus memasukkan ID secara manual. Adapun *scanner barcode* yang digunakan adalah *scanner* yang telah ada dipasaran.



Gambar 4.4 *Scanner Barcode* GM66

Sumber : www.tokopedia.com

4.2 Manufaktur Timbangan

4.2.1 Perangkaian Elektronika Timbangan

Timbangan terdiri atas berbagai komponen elektronika dengan spesifikasi tiap komponennya terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Spesifikasi Komponen Elektronika Timbangan

No	Nama Komponen	Spesifikasi
1	Sensor berat *(load cell)*	• Kapasitas maksimum 50kg • Sensitivitas *output* : 1.0 +/- 15% mv/V
2	Modul HX711	• Tegangan input +40mV • Tegangan operasi 5V

No	Nama Komponen	Spesifikasi
3	Arduino ATmega2560	• Tegangan input 6-20V • Tegangan operasi 5V • 54 pin digital dan 16 input analog
4	Modul ESP-WROOM-32	• Tegangan input 3.3-5V • Frekuensi 2.4-2.5GHz
5	LCD 16x2 I2C	• Tegangan 5V (DC) • 16x2 karakter
6	*Keypad* 4x4 *Matrix Array*	• *Circuit rating* : 35V (DC), 100mA • Temperatur operasi 0-50℃
7	Modul microSD	• Tegangan input 3.3V atau 5V
8	Baterai AA	• Tegangan *output* 1.5V
9	*Scanner barcode* GM66	• Temperatur operasi -20 sd 55℃ • Jarak baca 25-250 mm

4.2.2 Perangkaian Mekanika Timbangan

Kegiatan manufaktur berupa perangkaian mekanika timbangan dimulai dengan membuat *body cover* timbangan. Desain tampilan yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.2. *Cover* terdiri atas bagian depan dan belakang yang dapat dibuka tutup. Hal ini ditujukan untuk memudahkan proses pemeliharaan komponen dalam timbangan serta proses penggantian baterai apabila daya baterai telah habis. Timbangan dirancang untuk digunakan di lingkungan luar, sehingga *body cover* timbangan menggunakan bahan plastik yang bersifat *waterproof* dengan jenis plastik ABS *(Akrilonitril-Butadiena-Stiren).* Plastik ABS dipilih karena memiliki kekuatan dan kekakuan tinggi yang mampu menahan beban, tekanan, benturan, serta bersifat stabil terhadap panas sehingga bahan dapat mencegah korsleting listrik akibat panas berlebih yang ditimbulkan dari sistem elektrik pada timbangan. Disisi lain, plastik jenis ABS juga memiliki sifat tahan terhadap bahan kimia, tahan korosi, keras, dan kaku sehingga cocok digunakan pada komponen yang bergerak. Adapun hasil manufaktur timbangan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



(a) (b)

Gambar 4.5 Tampilan Timbangan
Keterangan gambar : (a) Tampak Depan dan (b) Tampak Isometri



(a) (b) (c)

Gambar 4.6 Tampilan Fitur Timbangan

Keterangan gambar : (a) Tampilan LCD Timbangan, (b) Kode Hasil *Scanning*, dan (c) *Keypad*



Gambar 4.7 Tampilan Penggunaan Timbangan pada Transportasi Pengangkut Sampah

Adapun spesifikasi dari timbangan yang dibuat terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Spesifikasi Timbangan

Spesifikasi	Penjelasan
Dimensi	20 x 12 x 8 cm
Bahan	Plastik Akrilonitril Butadiena Stirena (ABS)
Tegangan input	5,0 V
Kontroler	ESP32 versi 1.0.6 dan Arduino Mega Atmega2560
Sensor	Loadcell 50 Kg
Saklar	Saklar On-Off AC
Display	LCD 16x2 dengan I2C Modul Arduino
Koneksi Alat	Wifi
Scanner	GM66 Qrcode Barcode Scanner
Metode Penyimpanan	SD card 32 gb

Dalam manufaktur timbangan, secara keseluruhan komponen disusun secara erat dalam *body cover*, sehingga terlindungi dari kondisi luar serta aman terhadap guncangan. *Keypad* diletakkan pada bagian luar, sehingga digunakan jenis *waterproof keypad. Load cell* yang digunakan pada timbangan berkapasitas berat sebesar 50 kg. Pemilihan kapasitas maksimal didasarkan pada asumsi berat maksimal rerata sampah rumah tangga dan sampah sejenis rumah tangga. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2019 rata-rata jumlah sampah yang dihasilkan setiap orang sebanyak 0,7 kg per hari. Dengan asumsi setiap rumah terdiri atas lima orang dengan tiga hari waktu tinggal sampah, maka rerata berat sampah yang diangkut setiap rumah adalah sekitar 10,5 kg. Berdasarkan perhitungan tersebut, dengan kapasitas beban *loadcell* 50 kg telah cukup untuk memenuhi rerata berat sampah dalam sekali proses penimbangan.

Apabila berat sampah melebihi kapasitas, penimbangan dapat dilakukan secara bertahap. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan

kerja akibat mengangkat beban berlebih ketika proses penimbangan. Disisi lain, *load cell* dengan kapasitas 50 kg memiliki beban minimum lebih rendah dengan ketelitian lebih tinggi dibanding dengan *load cell* dengan kapasitas lebih dari 50 kg. Oleh karena itu, *load cell* ini dinilai tepat digunakan sebagai dasar penetapan biaya retribusi dalam kegiatan penimbangan sampah rumah tangga dan sampah sejenis rumah tangga. Timbangan dilengkapi dengan *scanner barcode.* berjenis *scanner* GM66 dengan teknologi pemindaian CCD (*Charge-Coupled Device*) atau laser. *Scanner* dihubungkan dengan timbangan menggunakan kabel untuk dapat melakukan pemindaian *barcode* berupa kode batang seperti Gambar 4.8.



Gambar 4.8 *Barcode*
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Adapun ID yang tersedia pada *barcode* ini terdiri dari delapan digit dengan makna setiap digitnya adalah sebagai berikut.

- Contoh ID pelanggan sampah : 34041302125
- **34**041302125 : Kode provinsi
- 34**04**1302125 : Kode kabupaten/kota
- 3404**13**02125 : Kode kecamatan
- 340413**02**125 : Kode urutan pengelola sampah terdaftar
- 34041302**125** : Kode urutan pelanggan sampah yang terdaftar di pengelola sampah terpilih

4.2.3 Pengujian Timbangan

Pengujian dilakukan setelah timbangan telah dirangkai secara sempurna. Rangkaian pengujian yang dilakukan terdiri atas pengujian tingkat akurasi sensor timbangan dan pengujian kekuatan bahan *(body cover)* timbangan.

a. Uji Akurasi Sensor Berat

Pengujian sensor berat dilakukan untuk mendapatkan tingkat akurasi yang tepat dalam penimbangan. Pengujian dilakukan melalui serangkaian proses kalibrasi timbangan serta membandingkan kepresisian sensor berat yang telah dirancang dengan menghitung persentase kesamaan dengan anak timbangan. Pengujian kalibrasi timbangan dilakukan di laboratorium kalibrasi dengan menggunakan sepuluh anak timbangan dengan standar anak timbangan dan prosedur yang mengacu pada CSIRO 2020. Adapun hasil nilai kalibrasi pengujian pertama yang telah dilakukan terlihat pada Tabel 4.3.

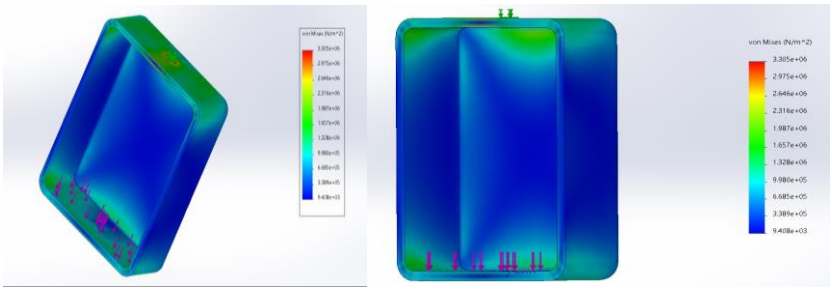
Tabel 4.3 Kesesuaian Nilai Nominal

Pembacaan Alat	**Aktual**	**Koreksi**	**Ketidakpasatian (±)**
g	g	g	g
500	500,0	0,0	10,5
996	1000,0	4,0	10,5
1460	1500,0	40,0	10,5
1985	2000,0	15,0	10,5
2410	2500,0	90,0	10,5
2977	3000,0	23,0	10,5
3390	3500,0	110,0	10,5
3890	4000,0	110,0	10,5
4385	4500,0	115,0	10,5
4880	5000,0	120,0	10,5

Berdasarkan hasil pengujian, alat timbangan memiliki nilai histeris kurang dari 10 gram serta mencapai keakuratan 95%, sehingga timbangan telah dinyatakan berjalan dengan layak.

b. Uji Kekuatan Timbangan

Kekuatan badan timbangan dilakukan pengujian menggunakan metode *Computer Aided Engineer* menggunakan *solid works*. **Gambar 4.9** menunjukkan gambaran kekuatan badan timbangan dari hasil pengujian.



Gambar 4.9 Uji Kekuatan Material

Berdasarkan hasil pengujian, box dapat menahan pembebanan 5 kg tanpa mengalami *fail* dan terdeformasi plastis. Dalam hal ini pengujian menggunakan *safety factor* sebesar 3, artinya secara faktual produk akan tetap aman untuk menahan beban hingga 3 kali lipat beban izin, yaitu hingga 15 kg.

4.3 Integrasi Sistem

4.3.1 Kriteria Desain *Website*

Berdasarkan tujuan tugas akhir ini timbangan sampah digital akan terintegrasi secara otomatis dengan sistem pendataan sampah berupa *website*, sehingga dalam perancangannya diterapkan kriteria desain yang menjadi dasar pengembangan *website.* Kriteria desain didapat dari kegiatan *brainstorming* yang dikembangkan berdasarkan pertimbangan aspek fungsionalitas dan kemudahan pengguna. Selain itu, kriteria desain ini juga didapatkan dari hasil analisis *website* kompetitor, yakni *website* Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) yang beberapa informasinya diadopsi dan dimodifikasi untuk diterapkan pada *website* yang dirancang. Adapun kriteria desain yang menjadi tujuan akhir pengembangan *website* adalah sebagai berikut.

1. *Website* menampilkan data pengelolaan sampah secara *realtime*, bersifat *mobile friendly* yang yang dapat diakses melalui komputer/laptop maupun *smartphone* kapanpun dan dimanapun.
2. *Website* dapat diakses secara umum yang memuat informasi terkait data akumulasi timbulan sampah dan sumber sampah setiap daerah di Indonesia secara *realtime.*
3. *Website* memiliki akses *user* pengelola sampah yang memuat data pelayanan dan pengelolaan sampah.

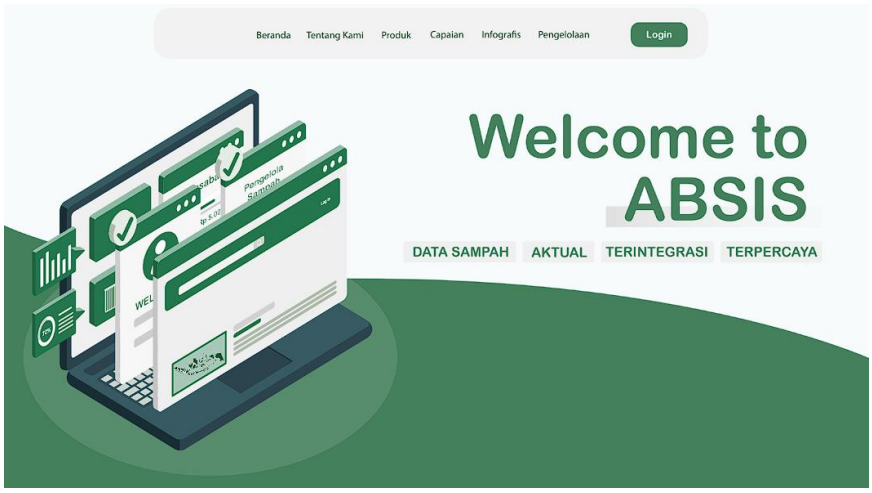
4. *Website* memiliki akses *user* pelanggan sampah yang memuat data riwayat timbulan sampah serta tagihan retribusi sampah.

4.3.2 Pengembangan *Website*

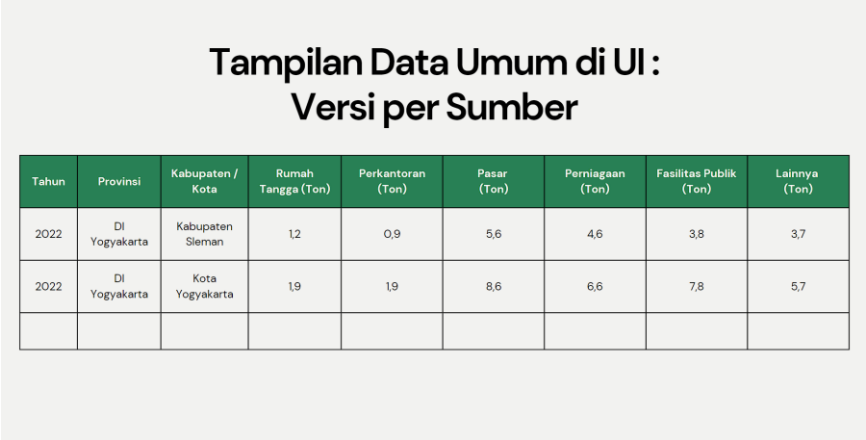
a. Desain *Website*

Tahapan pertama dalam proses desain, yaitu penetapan tema dan *tone* warna *website* yang akan menjadi salah satu ciri khas *website* yang dirancang. Adapun *tone* warna utama yang digunakan dalam desain *website* ini adalah warna abu-abu, hijau, dan putih. Setelah itu, dilanjutkan dengan tahapan desain setiap fitur yang ditujukan untuk merepresentasikan secara jelas daftar fitur yang direncanakan akan terdapat pada *website*, sehingga apabila masih terdapat kekurangan fitur atau terdapat masukan fitur dapat segera dilakukan evaluasi dan dipertimbangkan pada tahap awal pengembangan *website.* Desain fitur dan *user interface website* ini dibagi menjadi empat segmen utama, yaitu bagian *landing page*, bagian pendaftaran (*register*) calon pengguna, bagian *user* pengelola sampah, dan bagian *user* pelanggan sampah.

Pada **Gambar 4.10** merupakan rancangan desain tampilan *landing page* serta tampilan data yang akan dipublikasikan pada menu pengelolaan sampah dan dapat diakses secara umum oleh pengunjung *website*.



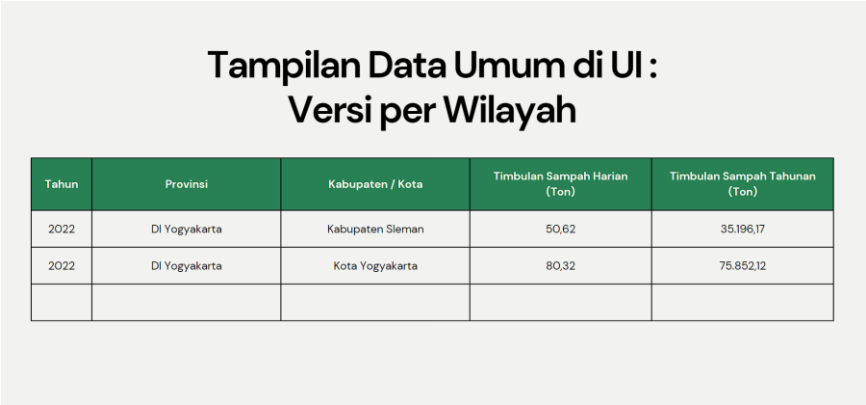
(a)



Tampilan Data Umum di UI :
Versi per Sumber

Tahun	Provinsi	Kabupaten / Kota	Rumah Tangga (Ton)	Perkantoran (Ton)	Pasar (Ton)	Perniagaan (Ton)	Fasilitas Publik (Ton)	Lainnya (Ton)
2022	DI Yogyakarta	Kabupaten Sleman	1,2	0,9	5,6	4,6	3,8	3,7
2022	DI Yogyakarta	Kota Yogyakarta	1,9	1,9	8,6	6,6	7,8	5,7

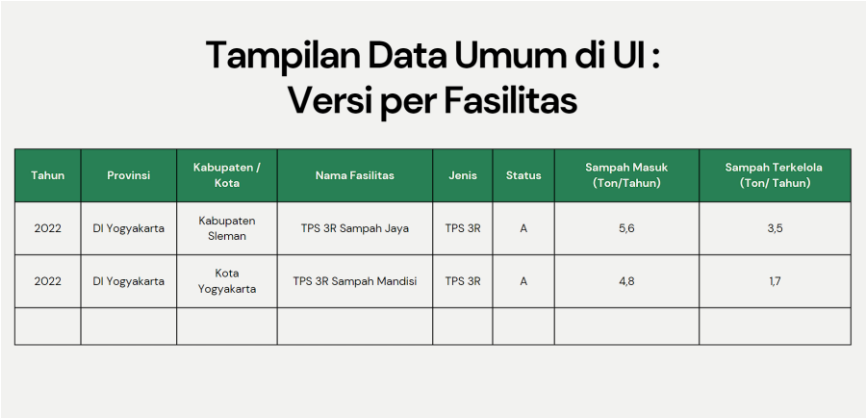
(b)



Tampilan Data Umum di UI :
Versi per Wilayah

Tahun	Provinsi	Kabupaten / Kota	Timbulan Sampah Harian (Ton)	Timbulan Sampah Tahunan (Ton)
2022	DI Yogyakarta	Kabupaten Sleman	50,62	35.196,17
2022	DI Yogyakarta	Kota Yogyakarta	80,32	75.852,12

(c)



Tampilan Data Umum di UI :
Versi per Fasilitas

Tahun	Provinsi	Kabupaten / Kota	Nama Fasilitas	Jenis	Status	Sampah Masuk (Ton/Tahun)	Sampah Terkelola (Ton/ Tahun)
2022	DI Yogyakarta	Kabupaten Sleman	TPS 3R Sampah Jaya	TPS 3R	A	5,6	3,5
2022	DI Yogyakarta	Kota Yogyakarta	TPS 3R Sampah Mandisi	TPS 3R	A	4,8	1,7

(d)

Gambar 4.10 Rancangan Desain *Interface* bagian *Landing Page*

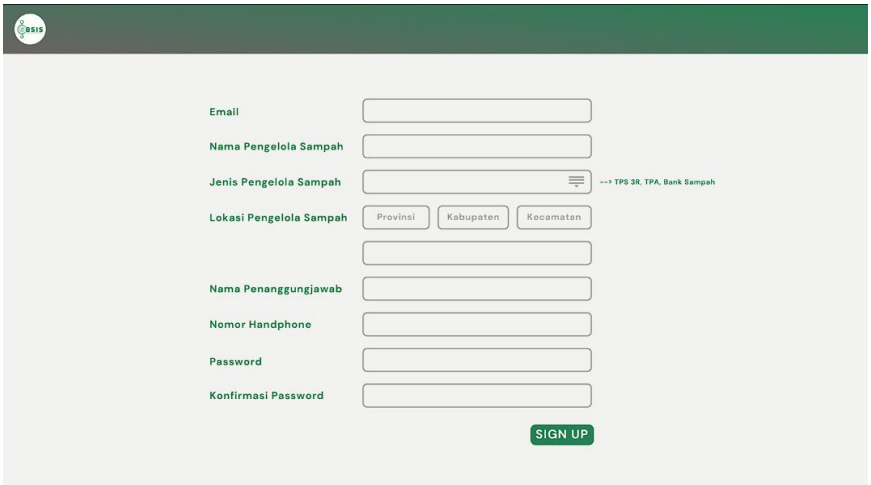
Keterangan gambar : (a) Halaman *landing page* bagian *header*; (b) Halaman *landing page* bagian pengelolaan (akumulasi timbulan sampah per sumber sampah); (c) Halaman *landing page* bagian pengelolaan (akumulasi timbulan

sampah per wilayah); (d) Halaman *landing page* bagian pengelolaan (akumulasi timbulan sampah per fasilitas pengelola sampah)

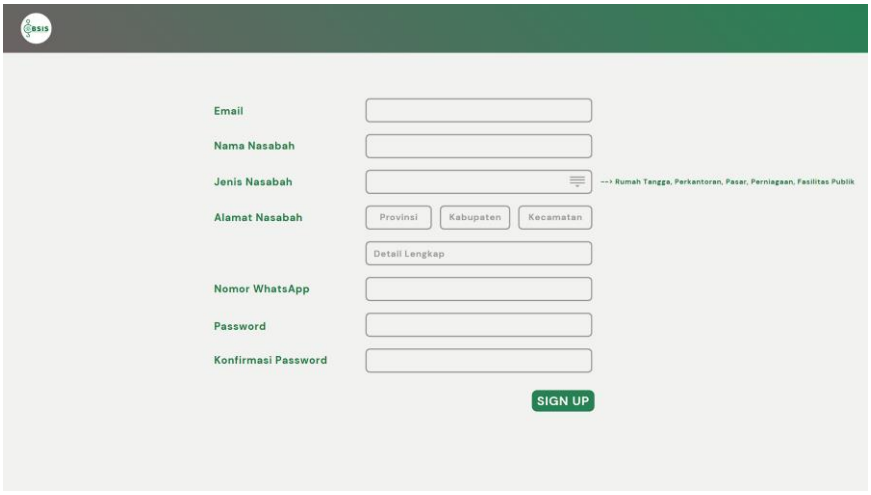
Selanjutnya pada *website* terdapat fitur *login*, yakni *user* dapat masuk ke dalam akun pengelola sampah maupun pelanggan sampah. Apabila belum terdaftar, *user* dapat mendaftarkan diri pada menu *register* dan mengisi form yang tersedia sesuai dengan jenis *user* yang akan didaftarkan. Adapun rancangan desain tampilan bagian pendaftaran *user website* beserta dengan detail data yang diminta terlihat pada Gambar 4.11.



(a)



(b)

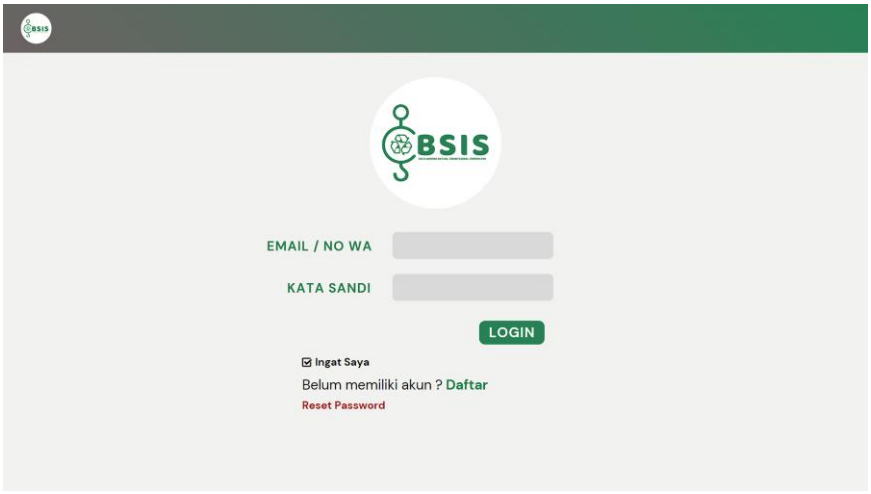


(c)

Gambar 4.11 Rancangan Desain *Interface* bagian Pendaftaran

Keterangan gambar : (a) Halaman pendaftaran bagian opsi calon pengguna; (b) Halaman pendaftaran sebagai *user* pengelola sampah; (c) Halaman pendaftaran sebagai *user* pelanggan sampah.

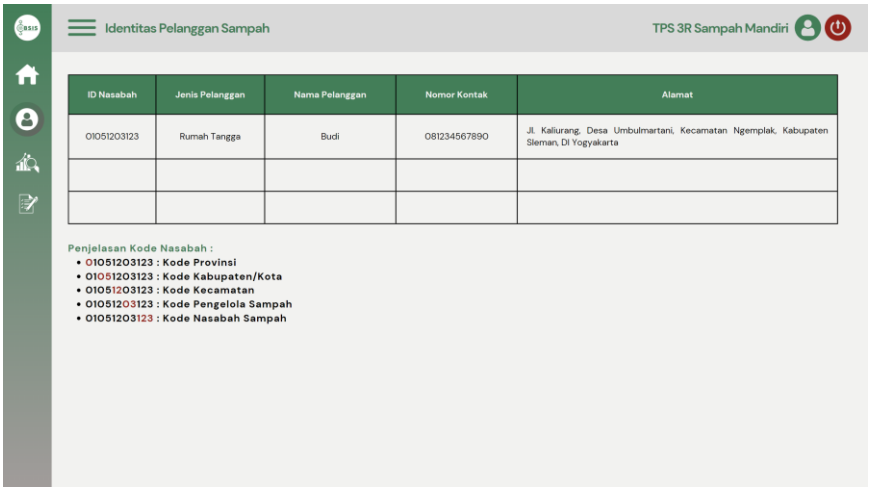
Ketika pengguna telah terdaftar pada *website,* maka pengguna dapat *login* sesuai dengan jenis akun yang telah didaftarkan, yaitu sebagai *user* pengelola sampah maupun *user* pelanggan sampah. Adapun desain fitur dan tampilan *user interface* pada *user* pengelola sampah dapat dilihat pada **Gambar 4.12**.



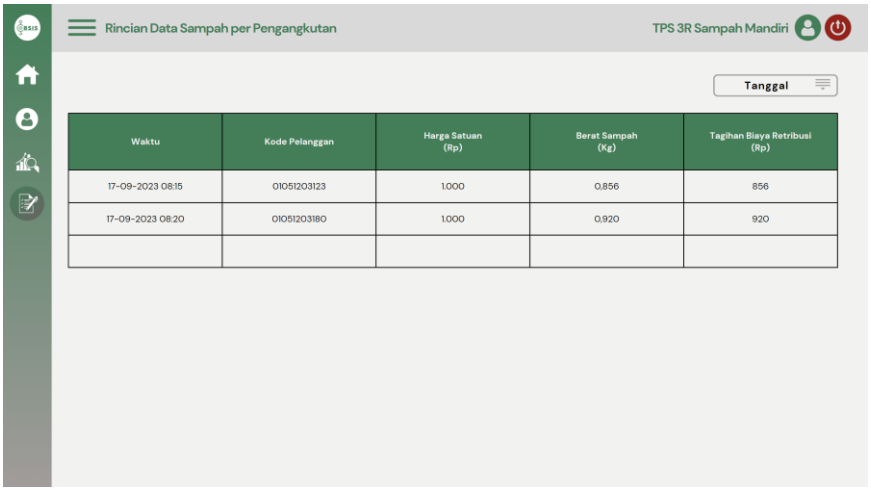
(a)


Informasi Pengelola Sampah
TPS 3R Sampah Mandiri
AKTIF
ID Pengelola Sampah : 01051203
Nama Pengelola Sampah : TPS 3R Sampah Mandiri
Jenis Pengelola Sampah : TPS 3R
Lokasi Pengelola Sampah : Batur, Desa Kepuharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta

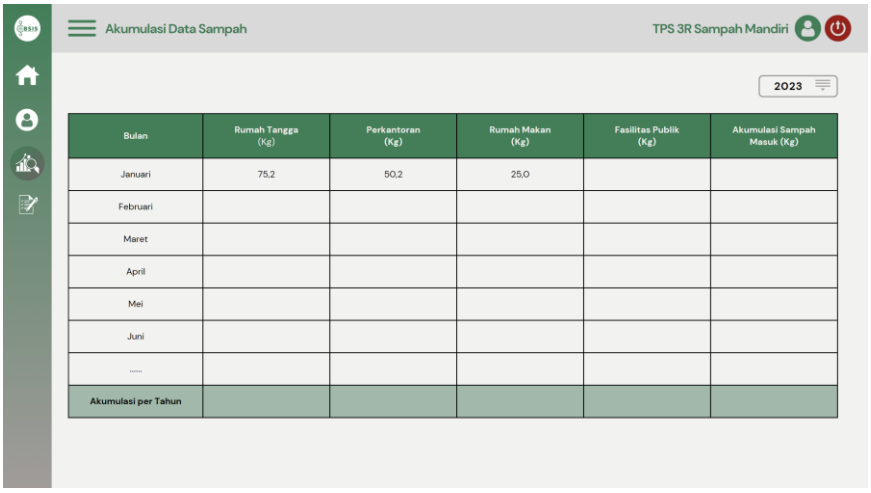
(b)


Identitas Pelanggan Sampah
TPS 3R Sampah Mandiri
ID Nasabah
Jenis Pelanggan
Nama Pelanggan
Nomor Kontak
Alamat
01051203123
Rumah Tangga
Budi
081234567890
Jl. Kaliurang, Desa Umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta
Penjelasan Kode Nasabah :
• 01051203123 : Kode Provinsi
• 01051203123 : Kode Kabupaten/Kota
• 01051203123 : Kode Kecamatan
• 01051203123 : Kode Pengelola Sampah
• 01051203123 : Kode Nasabah Sampah

(c)


Rincian Data Sampah per Pengangkutan
TPS 3R Sampah Mandiri
Tanggal
Waktu
Kode Pelanggan
Harga Satuan (Rp)
Berat Sampah (Kg)
Tagihan Biaya Retribusi (Rp)
17-09-2023 08:15
01051203123
1.000
0,856
856
17-09-2023 08:20
01051203180
1.000
0,920
920

(d)

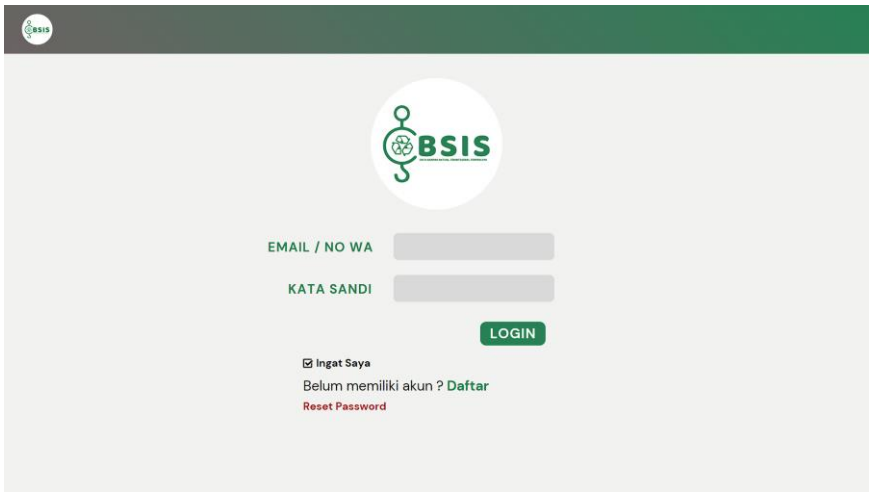


(e)

Gambar 4.12 Rancangan Desain *Interface* bagian *User* Pengelola Sampah

Keterangan gambar : (a) Halaman *user* pengelola sampah bagian login; (b) Halaman *user* pengelola sampah bagian identitas pengelola sampah; (c) Halaman *user* pengelola sampah bagian daftar identitas pelanggan sampah yang dilayani; (d) Halaman *user* pengelola sampah bagian rincian data berat sampah dan tagihan biaya retribusi setiap pengangkutan; (e) Halaman *user* pengelola sampah bagian akumulasi data sampah yang dikelola.

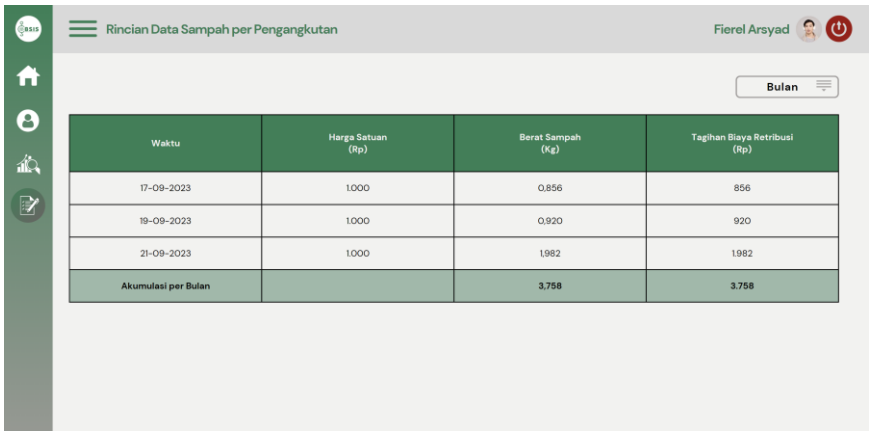
Selanjutnya **Gambar 4.13** merupakan desain fitur dan tampilan *user interface* pada *user* pelanggan sampah.



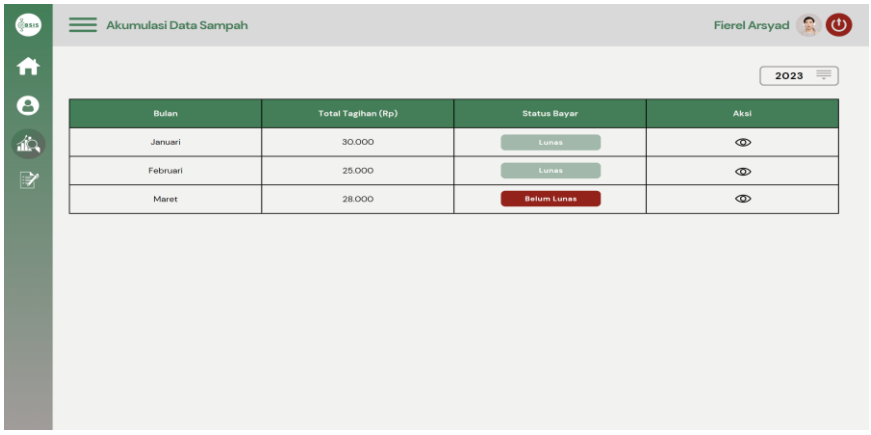
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.13 Rancangan Desain *Interface* bagian *User* Pelanggan Sampah

Keterangan gambar : (a) Halaman *user* pelanggan sampah bagian login; (b) Halaman *user* pelanggan sampah bagian identitas pelanggan sampah; (c)

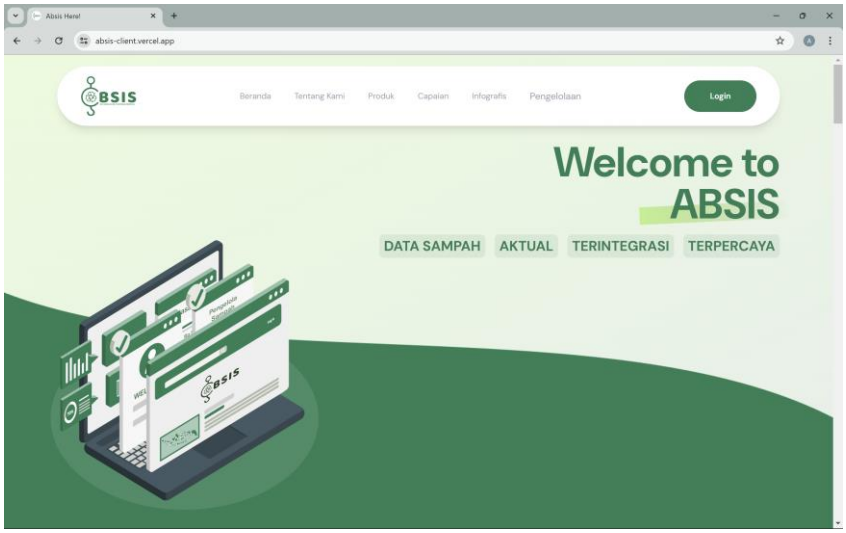
Halaman *user* pelanggan sampah bagian rincian data berat sampah dan tagihan biaya retribusi setiap pengangkutan; (d) Halaman *user* pelanggan sampah bagian akumulasi data sampah dan tagihan biaya retribusi setiap bulan.

b. Pemrograman Fitur *Website*

Tahapan yang dilakukan setelah membuat desain *interface website* adalah merealisasikannya menjadi sebuah *website* melalui proses pemrograman *front-end, back-end,* manajemen *database*, dan sistem integrasi *website* dengan timbangan. *Website* dikembangkan menggunakan *framework frontend ReactJs* dan *framework backend Laravel* dengan *tools* VSCode dan MySQL serta format file yang digunakan dalam pengiriman data ke *database website* berupa format JSON. Tampilan *website* dibuat sistematis, sehingga mudah dipahami dan diakses oleh siapapun. Adapun berikut merupakan detail hasil realisasi *website* pada bagian *landing page*.

1. Halaman *Landing Page* bagian *Header Website*

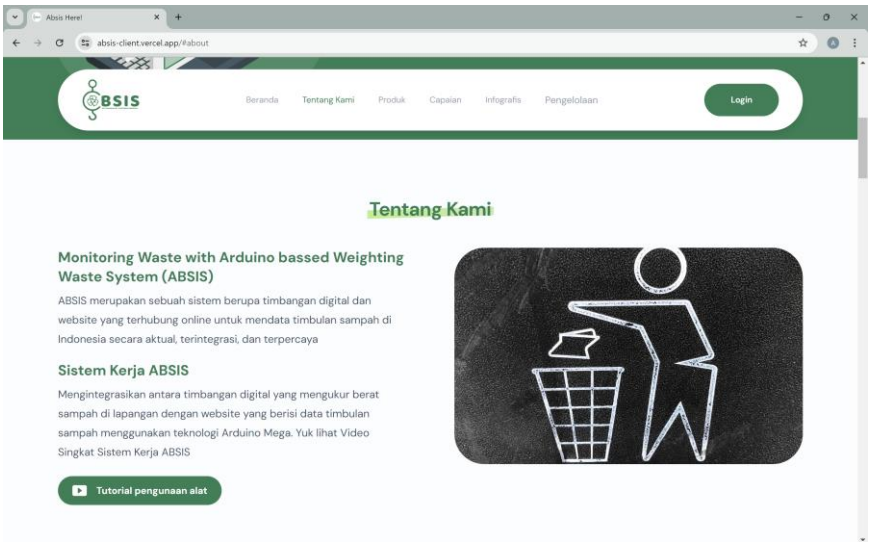
Bagian *header website* sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.14** merupakan bagian teratas dari halaman *landing page*. Adapun komponen yang terdapat pada bagian ini, yaitu di bagian sudut kiri atas terdapat sebuah logo yang merupakan bentuk visual dari merek dan menjadi ciri khas dalam *branding* sistem. Selanjutnya terdapat beberapa menu navigasi yang ditujukan untuk mengarahkan pengunjung *website* ke bagian halaman lainnya yang terdapat di *website*.



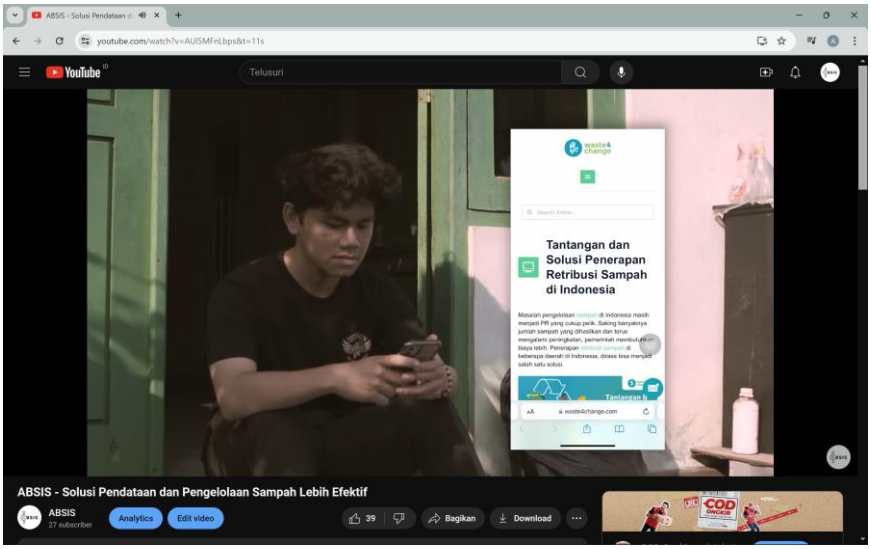
Gambar 4.14 Halaman *Landing Page* bagian *Header Website*

2. Halaman *Landing Page* bagian Pengenalan Sistem

Pada bagian ini disajikan informasi singkat yang memperkenalkan sistem guna memberikan pemahaman mendasar bagi pengunjung *website* (Gambar 4.15). Selanjutnya disertakan pula navigasi menuju laman YouTube yang berisi video tutorial penggunaan dan mekanisme kerja sistem untuk memberikan gambaran yang lebih jelas (Gambar 4.16).



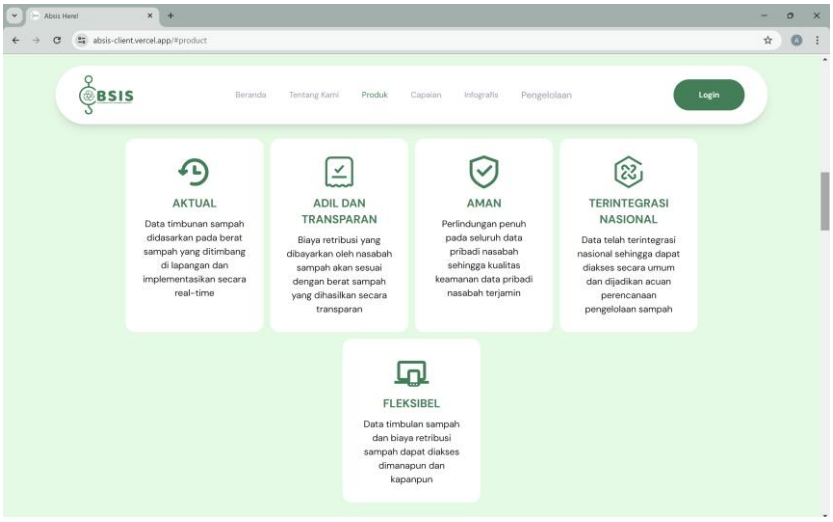
Gambar 4.15 Halaman *Landing Page* bagian Pengenalan Sistem



Gambar 4.16 Video Tutorial dan Mekanisme Kerja Sistem (https://youtu.be/AUl5MFnLbps?si=HqsBpLZ2H0gVC6fa)

3. Halaman *Landing Page* bagian Keunggulan Sistem

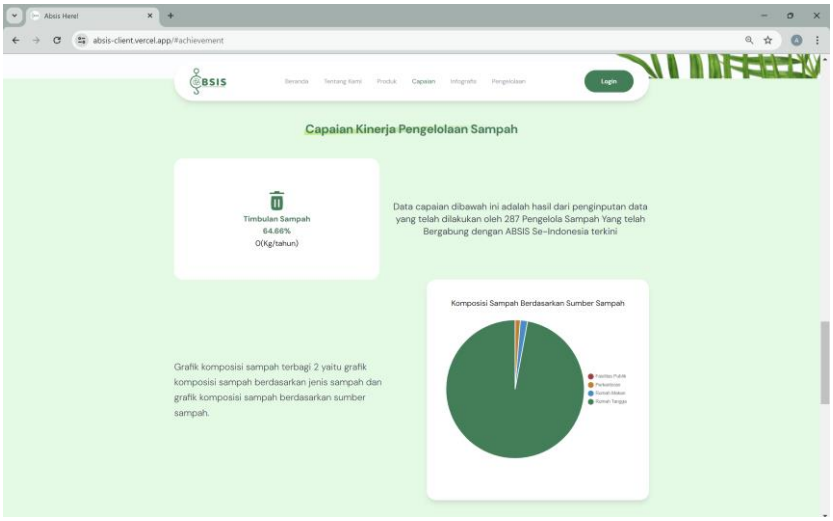
Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.17,** pada bagian ini disajikan informasi mengenai keunggulan dan manfaat yang diperoleh apabila dalam pengelolaan sampah khususnya terkait dengan pendataan timbulan sampah dan penetapan biaya retribusi sampah menggunakan sistem ini.



Gambar 4.17 Halaman *Landing Page* bagian Keunggulan Sistem

4. Halaman *Landing Page* bagian Capaian Pengelolaan Sampah

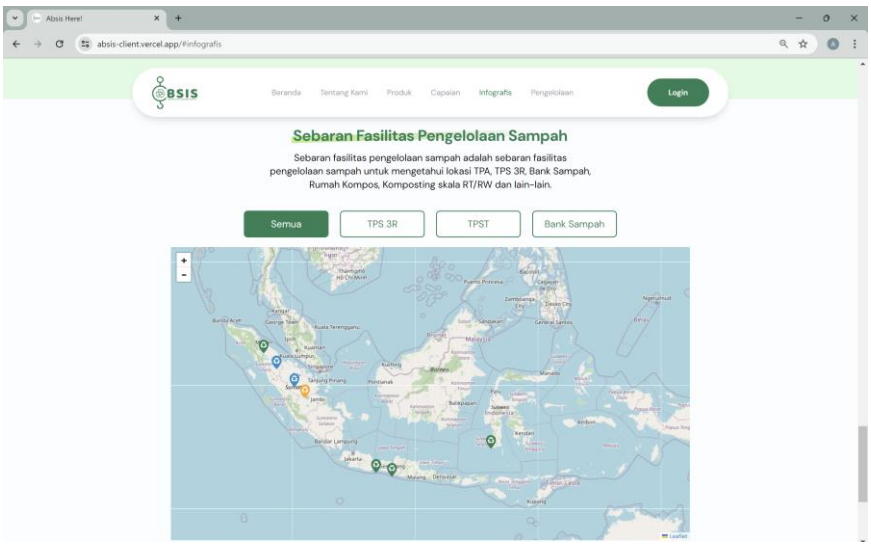
Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.18,** pada bagian ini disajikan akumulasi timbulan sampah di Indonesia yang datanya diperoleh dari penimbangan sampah di lapangan oleh pengelola sampah yang menggunakan sistem ini.



Gambar 4.18 Halaman *Landing Page* bagian Capaian Pengelolaan Sampah

5. Halaman *Landing Page* bagian Informasi Sebaran Fasilitas Pengelola Sampah

Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.19,** pada bagian ini disajikan peta fasilitas pengelola sampah di Indonesia, seperti TPS3R, TPST, dan bank sampah, yang menggunakan sistem ini. Peta disajikan dengan *google maps* yang interaktif, sehingga dapat diperbesar, diperkecil, dan diklik penanda fasilitasnya untuk mendapatkan informasi lokasi yang lebih detail. Peta ini ditujukan untuk memudahkan pengunjung *website* menemukan fasilitas pengelola sampah terdekat yang telah menggunakan sistem ini serta sebagai *branding* terkait dengan skala dan jangkauan sistem.

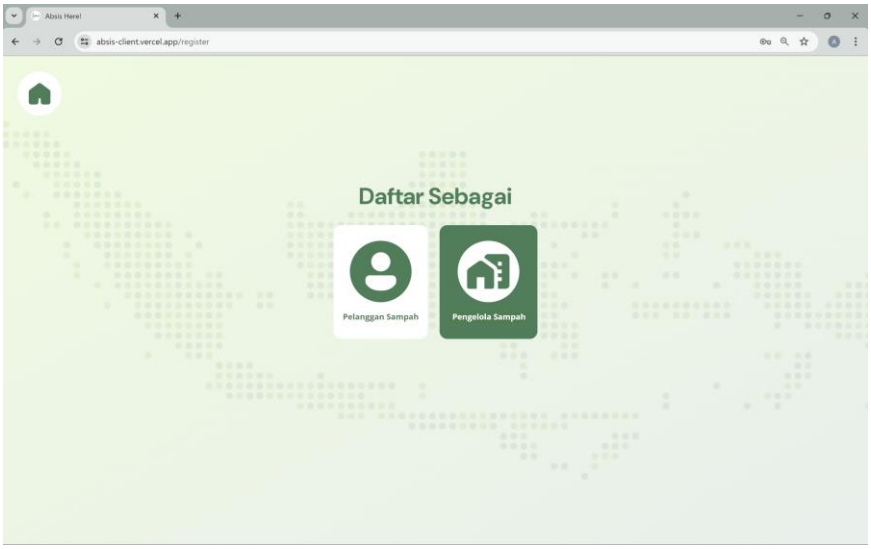


Gambar 4.19 Halaman *Landing Page* Bagian Informasi Sebaran Fasilitas Pengelola Sampah

Selanjutnya berikut merupakan detail hasil realisasi *website* pada halaman pendaftaran calon *user*.

1. Halaman Pendaftaran bagian Opsi Calon *User*

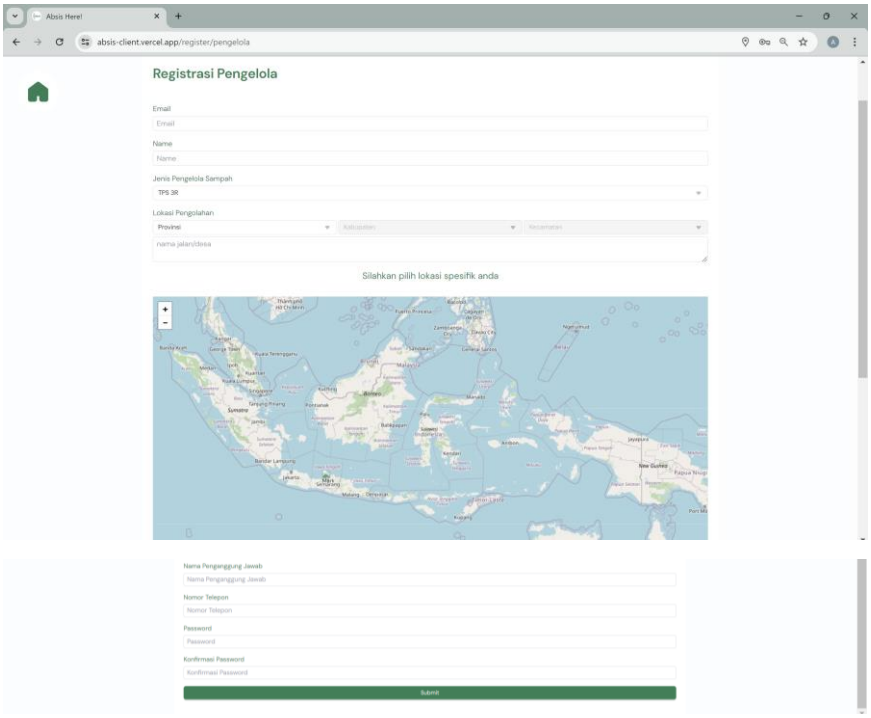
Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.20,** halaman pendaftaran ini menawarkan dua kategori *user*, yaitu pengelola sampah dan pelanggan sampah. Hal ini ditujukan agar formulir pendaftaran disesuaikan dengan kebutuhan profil setiap *user*, yang akan digunakan sebagai identitas *user* dalam sistem.



Gambar 4.20 Halaman Pendaftaran bagian Opsi Calon *User*

2. Halaman Pendaftaran sebagai *User* Pengelola Sampah

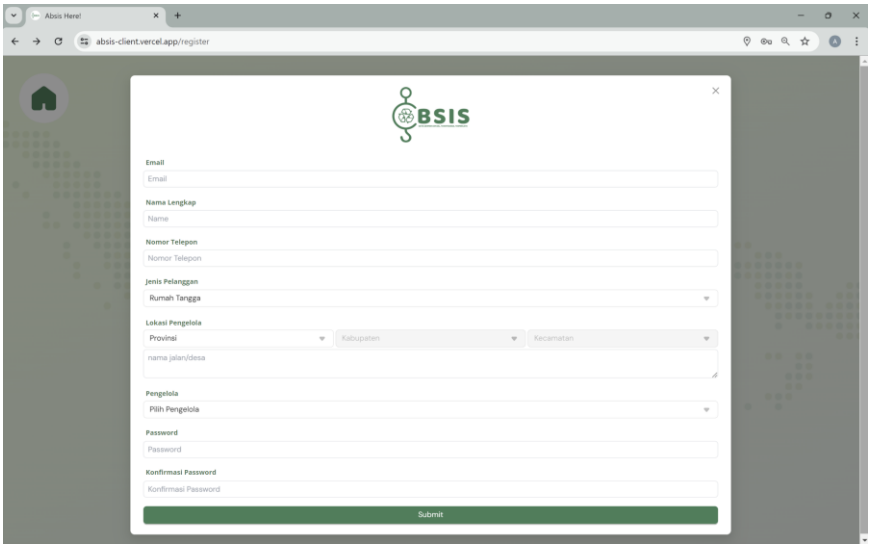
Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.21,** halaman pendaftaran *user* pengelola sampah dirancang untuk TPS3R, TPST, dan bank sampah, dengan formulir yang meminta detail tempat pengelola sampah (nama, jenis, alamat) dan informasi pribadi penanggung jawab (email, nama, nomor telepon). Informasi ini membantu mengoptimalkan operasional pengelolaan sampah berdasarkan wilayah dan jenis layanan, sehingga saat pendaftaran *user* pelanggan dapat memilih lokasi pengelola sampah terdekat.



Gambar 4.21 Halaman Pendaftaran sebagai *User* Pengelola Sampah

3. Halaman Pendaftaran sebagai *User* Pelanggan Sampah

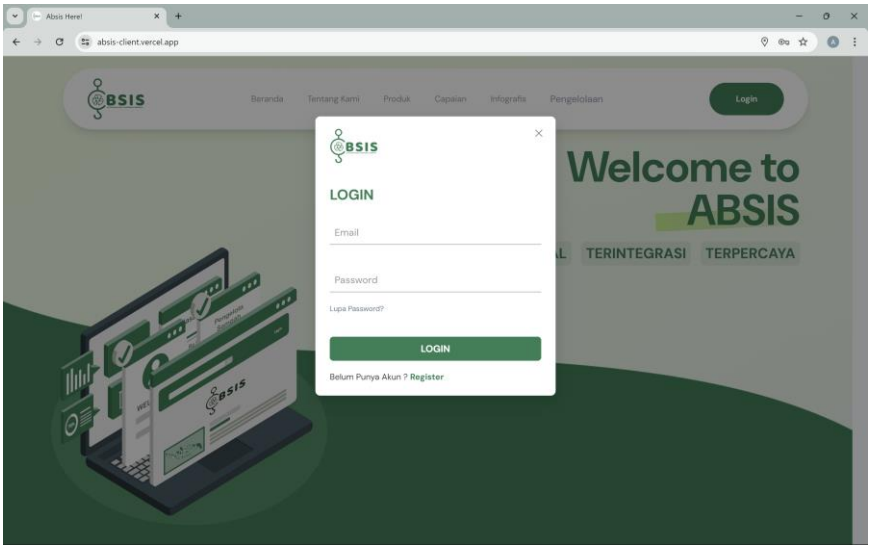
Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.22,** halaman pendaftaran *user* pelanggan sampah dirancang untuk berbagai sumber sampah seperti rumah tangga, rumah makan, perkantoran, dan fasilitas publik lainnya. Formulir ini meminta informasi pribadi seperti alamat email, jenis pelanggan, nama, dan nomor telepon. Selain itu, calon pelanggan juga perlu memasukkan alamat untuk mendapatkan daftar rekomendasi pengelola sampah terdaftar yang dapat melayani mereka.



Gambar 4.22 Halaman Pendaftaran sebagai *User* Pelanggan Sampah

4. Halaman *Login* sebagai *User* Sistem

Apabila calon *user* telah berhasil melakukan pendaftaran pada sistem, maka *user* tersebut telah dapat mengakses dan menggunakan akunnya, yakni dengan memasukkan alamat email serta password yang telah didaftarkan (Gambar 4.23).



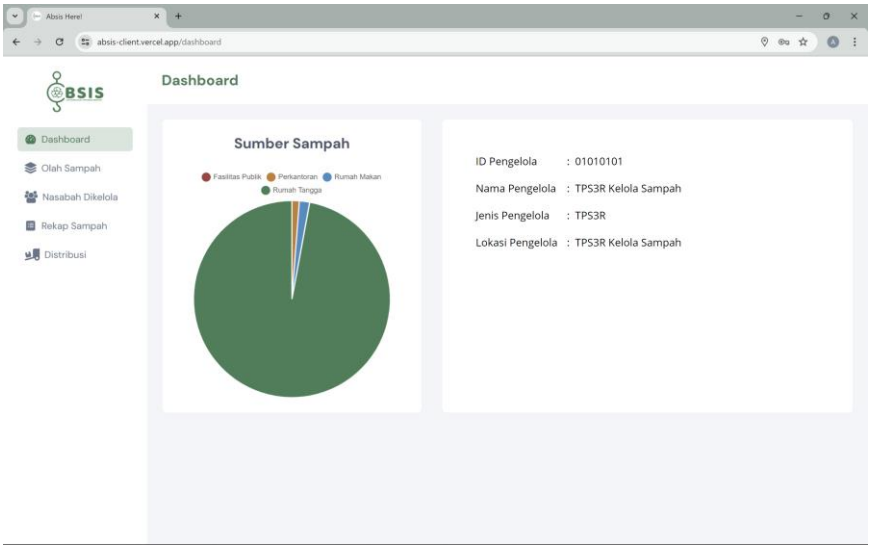
Gambar 4.23 Halaman *Login* Sistem

.

Selanjutnya berikut merupakan detail hasil realisasi *website* pada halaman *user* pengelola sampah.

1. **Halaman *User* Pengelola Sampah bagian Identitas Pengelola Sampah**

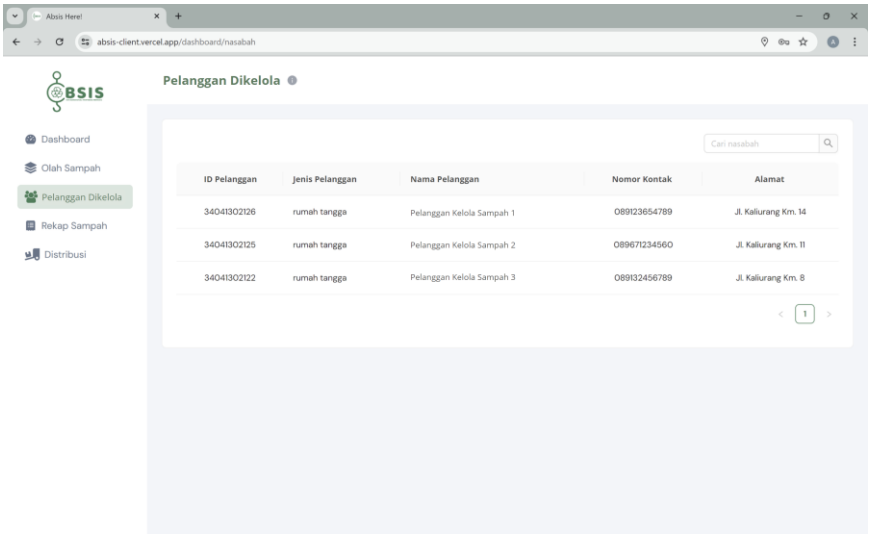
Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.24,** pada halaman *user* pengelola sampah bagian ini menampilkan identitas pengelola berdasarkan data pendaftaran, yaitu nomor ID, nama, jenis, dan alamat pengelola sampah. Selain itu, pengelola juga dapat melihat akumulasi jumlah sampah yang terkumpul berdasarkan sumber sampah.



Gambar 4.24 Halaman *User* Pengelola Sampah bagian Informasi Pengelola Sampah

2. **Halaman *User* Pengelola Sampah bagian Daftar Identitas Pelanggan Sampah yang Dilayani**

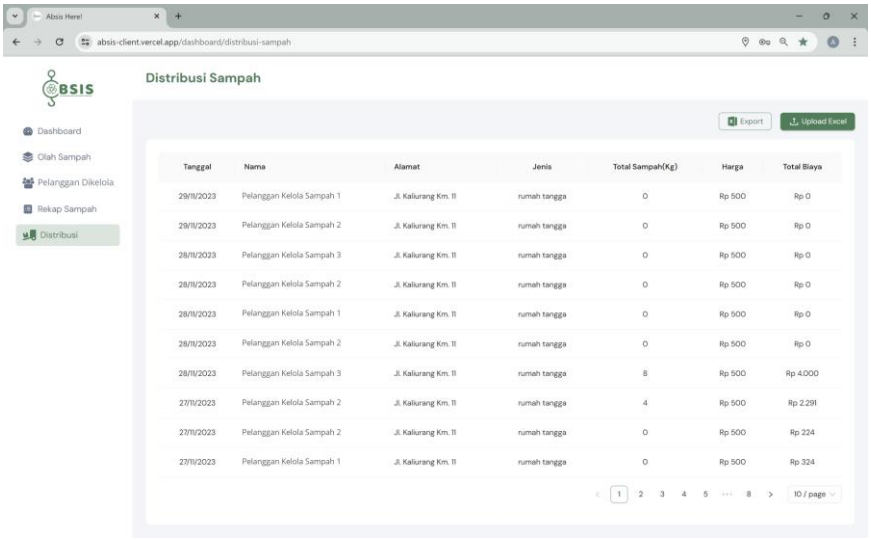
Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.25,** pada halaman *user* pengelola sampah bagian ini menampilkan daftar pelanggan yang harus dilayani, termasuk nomor ID, jenis pelanggan, nama, nomor kontak, dan alamat. Daftar ini otomatis diperbarui ketika pelanggan memilih pengelola sampah terkait saat pendaftaran.



Gambar 4.25 Halaman *User* Pengelola Sampah bagian Daftar Identitas Pelanggan Sampah yang Dilayani

3. Halaman *User* Pengelola Sampah bagian Rincian Data Berat Sampah dan Tagihan Biaya Retribusi Setiap Pengangkutan

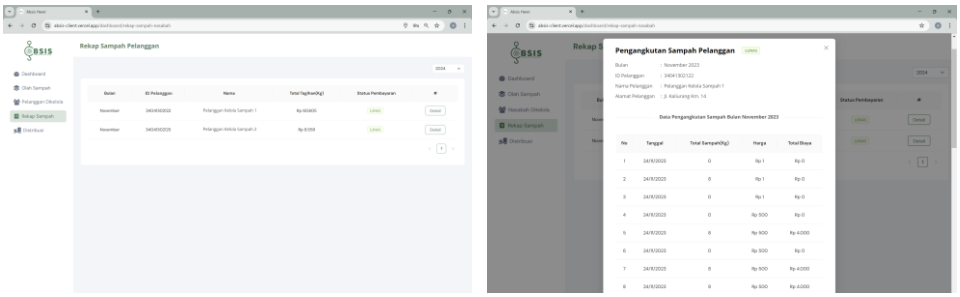
Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.26,** pada halaman *user* pengelola sampah bagian ini menampilkan jumlah sampah yang diangkut dan biaya layanan untuk setiap pelanggan. Data ini diperoleh melalui sistem timbangan terintegrasi yang mengirim hasil penimbangan ke *database.* Informasi yang disajikan mencakup tanggal pengangkutan, nama dan alamat pelanggan, jenis pelanggan, berat sampah, biaya retribusi per kg, dan total biaya. Halaman ini bertujuan untuk kebutuhan pelaporan kepada pemangku kepentingan, sehingga menghasilkan data pengelolaan sampah yang akurat.



Gambar 4.26 Halaman *User* Pengelola Sampah bagian Rincian Data Berat Sampah dan Tagihan Biaya Retribusi Setiap Pengangkutan

4. Halaman *User* Pengelola Sampah bagian Akumulasi Data Sampah yang Dikelola

Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.27,** pada halaman user pengelola sampah bagian ini menyediakan informasi tentang akumulasi biaya retribusi bulanan untuk setiap pelanggan sampah dan status pembayarannya. Hal ini memudahkan pengelola sampah dalam mengevaluasi dan melacak tagihan yang belum dibayar serta membantu manajemen keuangan yang lebih baik.

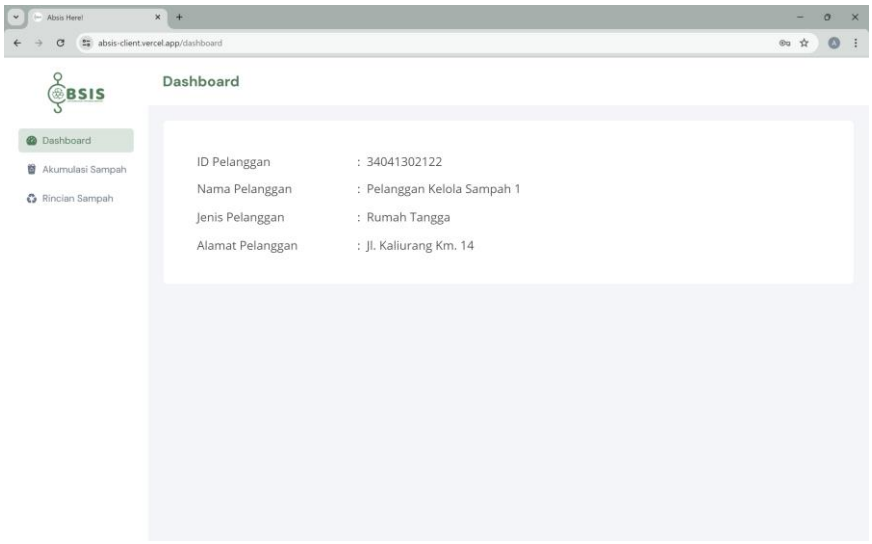


Gambar 4.27 Halaman *User* Pengelola Sampah bagian Akumulasi Data Sampah yang Dikelola

Selanjutnya berikut merupakan detail hasil realisasi *website* pada halaman *user* pelanggan sampah.

1. **Halaman *User* Pelanggan Sampah bagian Identitas Pelanggan Sampah**

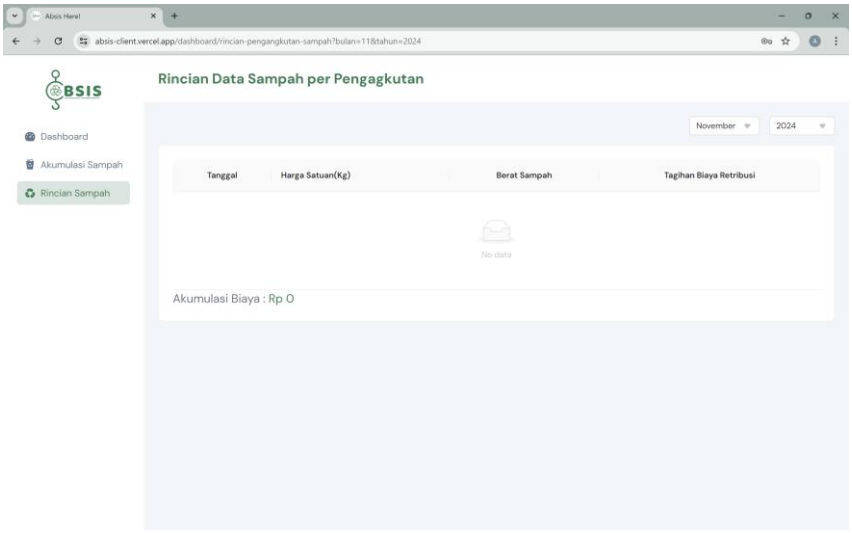
Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.28,** pada halaman *user* pelanggan sampah bagian ini menampilkan identitas pelanggan sampah berdasarkan data pendaftaran, yaitu nomor ID, nama, jenis, dan alamat pelanggan



Gambar 4.28 Halaman *User* Pelanggan Sampah bagian Identitas Pelanggan Sampah

2. **Halaman *User* Pelanggan Sampah bagian Rincian Data Berat Sampah dan Tagihan Biaya Retribusi Setiap Pengangkutan**

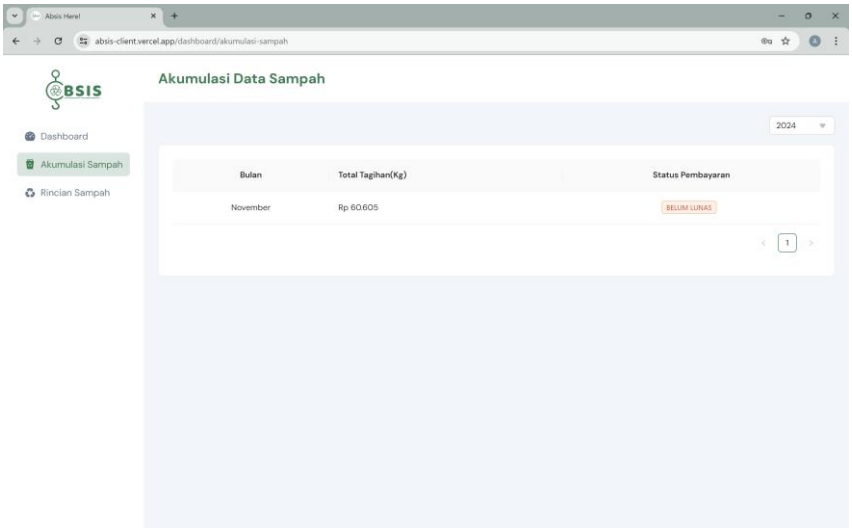
Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.29**, pada halaman *user* pelanggan sampah bagian ini menampilkan *track record* pengangkutan sampah pelanggan oleh pengelola serta tagihan biaya retribusi pada setiap pengangkutan. Tujuannya adalah memberikan transparansi data kepada pelanggan guna meningkatkan kesadaran mereka mengenai jumlah sampah yang dihasilkan karena hal tersebut berkaitan langsung dengan biaya retribusi yang dikenakan.



Gambar 4.29 Halaman *User* Pelanggan Sampah bagian Rincian Data Berat Sampah Dan Tagihan Biaya Retribusi Setiap Pengangkutan

3. Halaman *User* Pelanggan Sampah bagian Tagihan Biaya Retribusi Setiap Bulan

Sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 4.30,** pada halaman *user* pelanggan sampah bagian ini menampilkan rincian tagihan biaya retribusi bulanan dan status pembayaran pelanggan. Tujuannya untuk memudahkan pelanggan dalam memantau pembayaran layanan pengelolaan sampahnya dan mengevaluasi jumlah sampah yang dihasilkan.

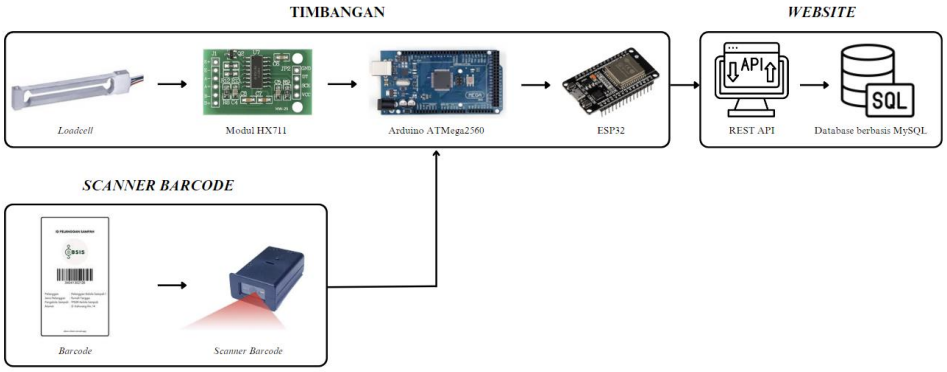


Gambar 4.30 Halaman User Pelanggan Sampah bagian Tagihan Biaya Retribusi Setiap Bulan

c. Hasil Pemrograman Sistem Integrasi

Setelah perancangan dan manufaktur timbangan serta pengembangan *website*, tahap selanjutnya adalah pemrograman *website* untuk mengintegrasikan seluruh komponen berupa *scanner barcode*, timbangan, dan *website* pendataan. *Scanner barcode* difungsikan untuk membaca data pelanggan pada *barcode* guna mengurangi kesalahan input, timbangan digunakan untuk mengukur berat sampah dan menentukan biaya retribusi, serta *website* untuk menampilkan data dari kedua komponen tersebut kepada pengelola dan pelanggan, serta menyediakan informasi umum tentang pengelolaan sampah.

Adapun alur kerja sistem integrasi yang terdiri dari tiga komponen berupa *scanner barcode*, alat timbangan, dan *website* pendataan terlihat pada **Gambar 4.31.**

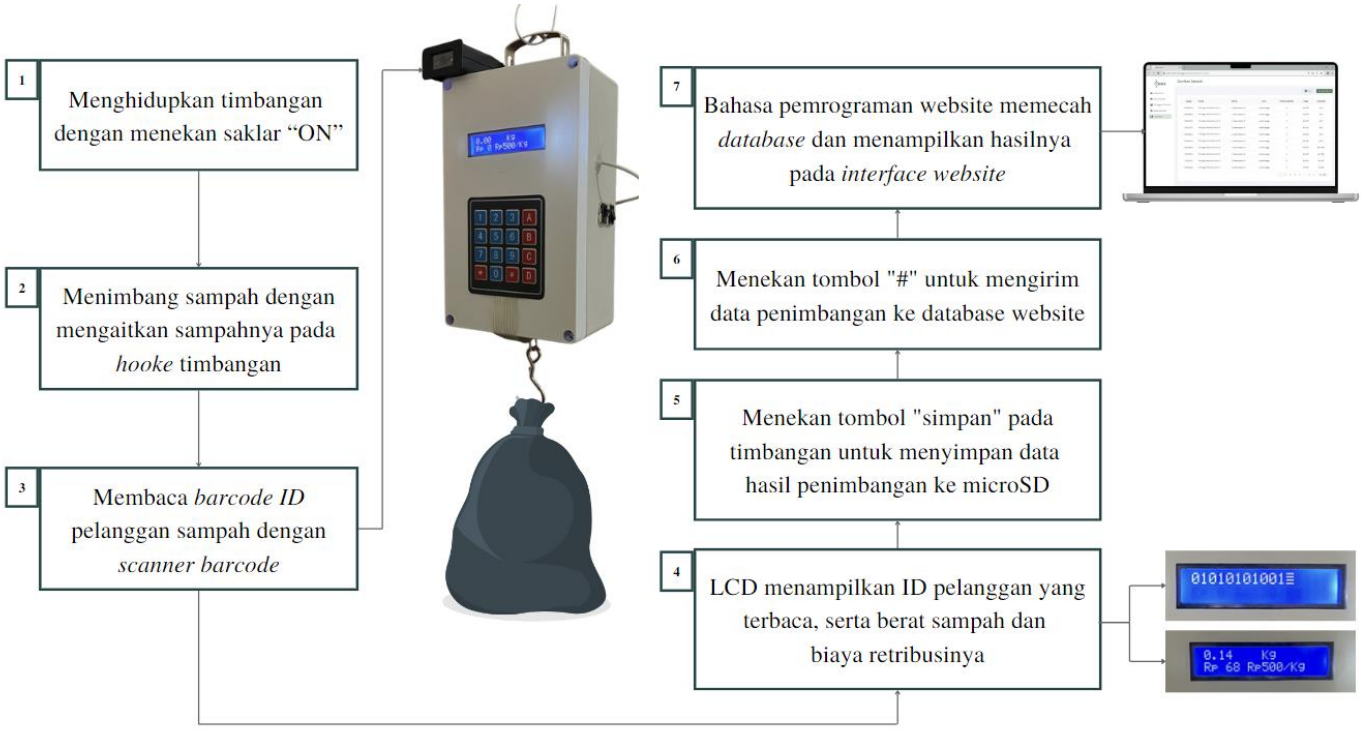


Gambar 4.31 Alur Kerja Sistem Integrasi

Berdasarkan gambar di atas, terdapat dua alur sistem yang mengirimkan data ke *database website*, yaitu sistem timbangan dan *scanner barcode*. Adapun alur kerja dari segmen sistem timbangan, yaitu *loadcell* yang digunakan untuk mengukur berat sampah menghasilkan sinyal analog yang selanjutnya akan diubah menjadi sinyal digital dengan ADC (*Analog* to *Digital Converter*) menggunakan modul HX711. Setelah itu, sinyal tersebut dikirimkan ke Arduino ATMega2560. Disisi lain, sistem *scanner barcode* juga mengirim data hasil pembacaan *barcode* berupa identitas pelanggan ke Arduino yang sama. Data dari Arduino berupa ID pelanggan, berat sampah, dan biaya retribusi yang telah diproses akan ditampilkan pada layar LCD timbangan dan disimpan di microSD

sebagai *backup* data. Selain itu, data dari Arduino ATMega2560 tersebut juga dikirim ke ESP32 melalui modul I2C (*Inter-Integrated Circuit*). Selanjutnya data yang diterima oleh ESP32 diubah ke format JSON agar dapat dikirim *database website* melalui server REST API dengan menggunakan jaringan Wi-Fi. Adapun proses integrasi data dari ESP32 ke *database website* melalui REST API ini, yaitu ESP32 membuat permintaan HTTP POST untuk mengirim data ke server yang kemudian server menerima permintaan tersebut dan memproses data yang dikirimkan dengan bahasa pemrograman yang telah dikembangkan pada *backend website*, sehingga data dapat disimpan ke dalam *database website*. Terakhir, data yang telah tersimpan pada *database website* akan dipecah oleh kode yang sudah diprogram pada *backend* dan *frontend website*, sehingga hasilnya dapat ditampilkan pada *interface website.*

Adapun selanjutnya mekanisme kerja sistem timbangan terintegrasi *website* ini ketika digunakan oleh pengelola sampah di lapangan terlihat pada **Gambar 4.32**.



Gambar 4.32 Mekanisme Kerja Sistem Timbangan Terintegrasi *Website*

4.3.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem integrasi merupakan proses yang dilakukan dalam serangkaian pengembangan sistem untuk menguji kerja sistem sudah sesuai dengan rencana proses yang diharapkan atau belum, yakni memastikan bahwa data hasil penimbangan sampah yang dikirim oleh timbangan dapat diterima, diproses, dan ditampilkan dengan akurat pada *website*. Adapun proses pengujian integrasi ini dibagi menjadi dua segmen, yaitu pengujian sistem kerja fitur pada *website* dan pengujian integrasi sistem pendataan. Adapun berikut merupakan hasil pengujian dari setiap proses uji tersebut.

a. Hasil Pengujian Fitur *Website*

Hasil dari pengujian terhadap sistem kerja fitur *website* menggunakan metode *black box*, yakni dengan menginputkan kondisi skenario yang benar dan salah pada setiap fiturnya yang terlihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Fitur *Website* dengan Metode *Black Box*

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
A	**Pendaftaran bagian Opsi *User***			
1	Klik opsi “Pengelola Sampah”	Menampilkan formulir pendaftaran dengan isian data sebagai *user* pengelola sampah	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
2	Klik opsi “Pelanggan Sampah”	Menampilkan formulir pendaftaran dengan isian data sebagai *user* pelanggan sampah	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
B	**Pendaftaran sebagai *User* Pengelola Sampah dan Pelanggan Sampah**			
1	Mengisi semua isian formulir dengan data yang valid	*User* berhasil mendaftar dan mendapatkan pesan konfirmasi “Berhasil membuat akun”	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
2	Tidak mengisi salah satu atau beberapa isian formulir pendaftaran	Menampilkan pesan kesalahan "Semua isian formulir wajib diisi"	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
3	Menggunakan data (email / nama / nomor telepon) yang sudah terdaftar dalam sistem	Menampilkan pesan kesalahan "Email / Nama / Nomor telepon sudah terdaftar”	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
4	Memasukkan email dengan format yang tidak valid	Menampilkan pesan kesalahan "Format email tidak valid”	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
5	Memasukkan nomor telepon dengan karakter selain angka	Menampilkan pesan kesalahan "Nomor telepon harus berupa angka”	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
6	Memasukkan kata sandi dan konfirmasi kata sandi yang tidak cocok	Menampilkan pesan kesalahan "Kata sandi dan konfirmasi kata sandi tidak cocok”	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
C	***Login***			
1	*Login* (*email* dan *password)* benar atau sudah terdaftar	Masuk ke halaman utama *user*	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
2	*Login* (*email* dan *password)* salah atau belum terdaftar	Menampilkan pesan *error* “Periksa kembali *email* dan *password* anda”	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
3	*Login* (*email* dan *password)* tidak diisi	Menampilkan pesan *error* “*email* dan *password* wajib diisi”	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
D	***Logout***			
1	Klik tombol *logout*	*User* berhasil *logout* dan menampilkan halaman *landing page website*	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
E	**Halaman *User* Pengelola Sampah**			

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Klik menu "*Dashboard"*	Menampilkan data identitas pengelola sampah, yaitu berupa ID, nama, jenis, dan alamat pengelola sampah, serta akumulasi berat sampah yang telah diangkut berdasarkan sumber sampah	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
2	Klik menu "Pelanggan Dikelola" setelah *login* sebagai *user* pengelola sampah	Menampilkan data pelanggan sampah yang dilayani, yaitu ID, nama, jenis, nomor kontak, dan alamat pelanggan sampah yang dilayani	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
3	Klik menu "Pelanggan Dikelola" setelah *login* sebagai *user* pengelola sampah tanpa pelanggan yang terdaftar	Menampilkan pesan konfirmasi "No data"	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
4	Klik menu "Distribusi Sampah" setelah *login* sebagai *user* pengelola sampah	Menampilkan *track record* pengangkutan sampah seluruh pelanggan sampah yang dilayani dengan informasi berupa tanggal, nama, alamat, dan jenis pelanggan sampah, serta berat sampah dan biaya retribusi setiap pelanggan sampah	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
5	Klik menu "Distribusi Sampah" setelah *login* sebagai *user* pengelola sampah tanpa data	Menampilkan pesan konfirmasi "No data"	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
	pengangkutan sampah			
6	Klik menu “Rekap Sampah” setelah *login* sebagai *user* pengelola sampah	Menampilkan data akumulasi biaya retribusi untuk seluruh pengangkutan dalam satu bulan bagi setiap pelanggan sampah	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
7	Klik menu “Rekap Sampah” setelah *login* sebagai *user* pengelola sampah tanpa ada data akumulasi	Menampilkan pesan konfirmasi “No data”	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
F	**Halaman *User* Pelanggan Sampah**			
1	Klik menu “*Dashboard”*	Menampilkan data identitas pelanggan sampah, yaitu berupa ID, nama, jenis, dan alamat pelanggan sampah	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
2	Klik menu “Rincian Sampah” setelah *login* sebagai pelanggan sampah	Menampilkan *track record* pengangkutan sampah dengan informasi tanggal, harga satuan, berat sampah, dan tagihan biaya retribusi setiap pengangkutan dalam jangka waktu satu bulan	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
3	Klik menu “Rincian Sampah” setelah *login* sebagai pelanggan sampah tanpa data pengangkutan sampah	Menampilkan pesan konfirmasi “No data”	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
4	Klik menu “Akumulasi Sampah” setelah	Menampilkan akumulasi tagihan biaya retribusi yang	Sesuai dengan	Berhasil

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
	login sebagai pelanggan sampah	dikenakan setiap bulan serta keterangan status pembayaran	hasil yang diharapkan	
5	Klik menu "Akumulasi Sampah" setelah *login* sebagai pelanggan sampah tanpa data akumulasi	Menampilkan pesan konfirmasi "No data"	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil

b. Hasil Pengujian Sistem Integrasi

Dalam pengujian sistem integrasi ini proses pengujian dibagi menjadi dua segmen, yaitu pengujian dalam proses pembacaan *barcode* dengan *scanner barcode* dan pengujian sistem integrasi secara keseluruhan Adapun hasil dari setiap pengujian tersebut dengan menggunakan metode *black box* adalah sebagai berikut.

- **Hasil Pengujian Pembacaan *Barcode* dengan *Scanner Barcode***

Proses pengujian pada segmen ini dilakukan untuk memastikan ID pelanggan sampah dari hasil pembacaan *barcode* dengan *scanner barcode* dan proses transfer data menuju timbangan dapat diimplementasikan dan berjalan dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan cara mendekatkan sensor pada *scanner barcode* ke salah satu *barcode* yang telah disiapkan dan memeriksa kesesuaian ID yang terbaca dan yang ditampilkan pada LCD timbangan. Adapun *scanner barcode* dan *barcode* yang digunakan dalam pengujian beserta dengan hasil pembacaan pada layar LCD timbangan terlihat pada **Gambar 4.33**.



(a) (b) (c)

Gambar 4.33 Pengujian Pembacaan *Barcode* dengan *Scanner Barcode*

Keterangan gambar : (a) Scanner Barcode yang diuji coba, (b) Barcode yang diuji coba, (c) Hasil pengujian pembacaan *barcode* dengan *scanner barcode*

- **Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Integrasi**

Hasil dari pengujian keseluruhan sistem integrasi dengan beberapa skema pengujian menggunakan metode *black box* terdapat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Integrasi

No	Skema Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Pengujian pengiriman data hasil penimbangan dan *scanner barcode* ke *website*	Data identitas pelanggan sampah dan berat sampah muncul dengan benar pada *user interface website* sesuai dengan makna ID pelanggan sampah	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil
2	Pengujian kecepatan pemrosesan dengan cara mengukur waktu pengiriman data dari *scanner* dan timbangan ke *website*	Data muncul di *interface website* dalam waktu kurang dari 5 detik dan *website* perlu di *refresh* untuk menampilkan data yang terbaru	Sesuai dengan hasil yang diharapkan	Berhasil

4.4 Analisis Pengaruh dan Rencana Penerapan Timbangan Sampah Terintegrasi Website dalam Penanganan Permasalahan Sampah

4.4.1 Analisis Permasalahan Pengelolaan Sampah serta Pengaruh Penerapan Timbangan Sampah Terintegrasi Website Dalam Penanganan Permasalahan Sampah

Timbangan sampah yang terintegrasi dengan *website* ini merupakan inovasi teknologi dalam pengelolaan sampah. Pengadaan produk ini ditujukan untuk mendukung terwujudnya sistem pengelolaan sampah yang menyeluruh, sistematis, dan berkesinambungan yang tertuang dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Timbangan sampah ini dirancang untuk memudahkan proses penetapan harga retribusi sampah sekaligus sebagai layanan penyedia data sampah yang diharapkan menjadi salah satu solusi penanganan permasalahan sampah di Indonesia. Dalam penerapannya di masyarakat, produk ini akan mendorong adanya perubahan sistem pengelolaan sampah yang umumnya diterapkan di Indonesia. Adapun analisis pengaruh penerapan produk timbangan sampah terintegrasi *website* dalam penanganan permasalahan sampah di Indonesia sebagai berikut.

a. Perubahan Sistem Penetapan Biaya Retribusi Sampah

Berdasarkan data SIPSN tahun 2024 sebesar 46,72% sumber sampah berasal dari sampah rumah tangga, sehingga masyarakat memiliki peran penting dalam berjalannya paradigma baru pengelolaan sampah yang bertumpu pada sistem 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Namun kenyataannya sampah masih dianggap sebagai permasalahan yang menjadi tanggung jawab pemerintah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Abdul., *et al* (2013:91) masalah yang mempengaruhi paradigma masyarakat dalam mengelola sampahnya adalah kendala finansial. Munculnya kendala finansial akibat adanya pemikiran masyarakat yang beranggapan sampah tidak memiliki nilai ekonomis. Nilai ekonomis sampah hanya terlihat sebesar biaya retribusi sampah yang harus dibayarkan.

Adanya pembayaran retribusi menjadi alasan masyarakat telah bertanggung jawab atas sampah yang dihasilkannya dan tidak memiliki keharusan untuk

melakukan pengelolaan sampah secara mandiri. Hal tersebut menyebabkan kurangnya peran serta masyarakat dalam melakukan pemilahan yang mengakibatkan rendahnya kualitas sampah, serta tidak melakukan pembatasan dan pengolahan sampah secara mandiri sehingga timbulan sampah di Indonesia terus meningkat. Disisi lain, penerapan biaya retribusi yang tetap di Indonesia tidak sebanding dengan peningkatan volume dan beban biaya sampah yang akan diolah. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan perubahan sistem penetapan retribusi sampah dari yang bersifat tetap menjadi bersifat fleksibel berdasarkan jumlah sampah yang dihasilkan. Melalui timbangan sampah yang telah dibuat, mekanisme pembayaran retribusi sampah dirancang berdasarkan berat sampah yang dikenal dengan sistem *Pay As You Throw* (PAYT). Adapun sistem PAYT berupa mekanisme penetapan retribusi sampah berdasarkan berat di Indonesia telah diatur dalam Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 07 Tahun 2021 tentang Tata Cara Perhitungan Tarif Retribusi Dalam Penyelenggaraan Penanganan Sampah. Namun dalam pelaksanaannya, konsep ini belum dijalankan secara menyeluruh dalam proses pengelolaan sampah di Indonesia.

Sistem PAYT merupakan instrumen ekonomi yang menerapkan prinsip pencemar membayar *"**polluter pays**"* dengan membebankan biaya sesuai dengan jumlah sampah yang dihasilkan sebenarnya (Morlok et al., 2017). PAYT berjalan dengan prinsip pembayaran yang sama seperti layanan publik lainnya, seperti air, gas, atau listrik, yang ditagihkan kepada masyarakat berdasarkan penggunaannya. Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penyediaan layanan publik sekaligus mengurangi dampak lingkungan (Messina & Tomasi, 2020). Adapun penerapan prinsip ini akan menjadi dasar pertanggungjawaban atas aktivitas yang menimbulkan kerugian terhadap lingkungan yang dalam hal ini menghasilkan sampah secara berlebih tanpa tanggung jawab pengolahan secara mandiri. Adapun sistem PAYT telah diperkenalkan sejak tahun 1970 di jepang, yang selanjutnya sistem tersebut diterapkan di korea, Australia, Canada, dan Mexico (Park et al., 2003; Canterbury & Eisenfeld, 2006). Sejak tahun 1990-an banyak negara telah mengakui PAYT sebagai sistem yang penting dalam pengelolaan sampah.

b. Pengurangan Kuantitas dan Peningkatan Kualitas Sampah

Pengolahan sampah secara ideal dilakukan oleh masyarakat dimulai dari skala terkecil, yaitu rumah tangga. Pentingnya pengelolaan sampah mulai dari sumbernya, yaitu rumah tangga adalah untuk menjaga kualitas sampah, sehingga nantinya sampah dapat diolah menjadi produk yang dapat dimanfaatkan. Penggunaan timbangan sampah terintegrasi *website* yang telah dirancang salah satunya ditujukan untuk membatasi timbulan sampah serta meningkatkan kualitas sampah melalui pemilahan dengan menerapkan konsep PAYT. Menerapkan mekanisme retribusi sampah yang elastis berdasarkan jumlah yang dihasilkan (PAYT) merupakan sistem pungutan biaya sampah yang relevan untuk pendorong peningkatan pemilahan sampah di sumber serta meminimalisasi sumber sampah rumah tangga (Bel & Gradus, 2016; Linderhof et al., 2001).

Melalui penerapan prinsip pencemar membayar dalam penetapan retribusi sampah, akan mengubah sudut pandang bahwa sampah bukan sekedar permasalahan kecil yang dapat diabaikan, sehingga hal ini akan mendorong kesadaran masyarakat untuk berpartisipasi dalam pengurangan maupun pengolahan sampah. Penerapan PAYT dapat meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah dengan memberikan umpan balik positif melalui alokasi biaya (insentif) terhadap perilaku masyarakat yang melakukan pemilihan (Dahl´en & Lagerkvist, 2010; Elia et al., 2015; Karagiannidis et al., 2008). Dalam penerapan penggunaan sistem PAYT menggunakan timbangan sampah, penetapan biaya retribusi sampah menjadi lebih elastis, sehingga skema insentif berupa potongan biaya retribusi bagi masyarakat yang telah melakukan pemilihan secara mandiri dapat dijalankan. Adanya sistem tersebut akan mendorong kebiasaan baru masyarakat untuk mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan ataupun melakukan pengolahan sampah secara mandiri agar beban retribusi sampah berkurang. Timbangan sampah terintegrasi *website* yang telah dikembangkan menjadi teknologi yang memberikan kemudahan dalam penerapan konsep PAYT retribusi sampah sehingga dalam penerapannya dalam jangka panjang akan berpengaruh pada kuantitas maupun kualitas sampah.

c. Digitalisasi Data Sampah

Kualitas perencanaan pengelolaan sampah merupakan faktor kunci yang perlu ditingkatkan untuk mencapai tujuan pengelolaan sampah. Untuk mendapatkan kualitas perencanaan yang baik diperlukan strategi perencanaan pengelolaan sampah yang perlu berlandaskan pada data yang akurat dan aktual. Adapun realita di lapangan terdapat berbagai permasalahan dan tantangan dalam pendataan sampah di Indonesia diantaranya :

1. Kurangnya Data yang Akurat dan Terbaru

Banyak daerah di Indonesia tidak memiliki data yang akurat terkait timbulan sampah yang dihasilkan. Data yang tersedia seringkali tidak terbaru dan tidak mencakup semua wilayah. Berdasarkan data Sistem Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) dinas lingkungan hidup tahun 2023, dari jumlah 416 kabupaten di Indonesia hanya sebanyak 303 kabupaten yang terdata dalam pendataan sampah. Data tersebut tentunya belum mencakup semua wilayah di Indonesia, sehingga sulit untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif tentang situasi sampah secara nasional. Disisi lain, berdasarkan amanat SNI 8632:2018 menyebutkan bahwa kewajiban sampling setidaknya sekali dalam periode lima tahun. Adapun praktiknya berdasarkan data ringkasan rekomendasi reformasi pengelolaan sampah yang diterbitkan oleh kementerian Bappenas tahun 2023, dari jumlah 13 kota/kabupaten yang disurvei secara acak dalam periode lima tahun hanya satu kota/kabupaten yang mengkonfirmasi telah melakukan sampling timbulan sampah sesuai amanat SNI. Sementara 12 kota/kabupaten lainnya hanya melakukan perhitungan menggunakan standar laju timbulan sampah.

Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa sebagian besar pendataan sampah didasarkan pada standar laju timbulan sampah yang merujuk pada SNI SNI 19-3983-1995 tentang Spesifikasi Timbulan Sampah untuk Kota Kecil dan Kota Sedang di Indonesia, SNI 8632:2018 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan, dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) Nomor 6 Tahun 2022 tentang Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). Melihat adanya beragam faktor lokal yang terus berubah dan mempengaruhi laju timbulan sampah, maka

penilaian timbulan sampah yang hanya didasarkan koefisien laju timbulan sampah dinilai tidak cukup representatif.

2. **Keterbatasan Infrastruktur dan Teknologi**

Banyak wilayah, terutama di daerah terpencil yang tidak memiliki infrastruktur dan teknologi yang memadai untuk mengumpulkan dan mengelola data sampah berupa kekurangan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk pendataan yang efektif, sehingga umumnya kegiatan pendataan sampah yang dilakukan oleh fasilitas pengelola sampah dilakukan secara manual yang dimana hal ini dirasa rumit serta membebani kerja pengelola sampah. Hal tersebut menyebabkan pendataan sampah menjadi tidak efektif dan tidak dilakukan secara konsisten.

3. **Kurangnya Sumber Daya Manusia yang Terampil**

Metode sampling data sampah yang digunakan sebagai metode pengumpulan data harus dilakukan oleh tenaga kerja yang mumpuni. Tenaga kerja yang terampil dan berpengalaman dalam pengelolaan data sampah seringkali terbatas, sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk melakukan pengumpulan data sampah serta memungkinkannya adanya keterbatasan jangkauan wilayah sampling yang menyebabkan data sampah tidak menyeluruh.

4. **Masalah Koordinasi Antar Lembaga**

Kurangnya koordinasi antara berbagai lembaga pemerintah yang bertanggung jawab dan terkait atas pengelolaan sampah berupa pendataan sampah juga menjadi hambatan. Saat ini inventarisasi data di Indonesia bermuara pada platform di level nasional yang terdiri atas kementerian terkait yaitu Bappenas (AKSARA dan NAWASIS), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (SIPSN), Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (SIINSAN), dan Kementerian Dalam Negeri (SIPD). Berdasarkan informasi yang didapat dari data rekomendasi reformasi pengelolaan sampah yang diterbitkan oleh kementerian Bappenas tahun 2023, saat ini kelima kementerian yang berbeda yang terkait memuat data persampahan di Indonesia saling beririsan dengan standar, format bahkan nilai data yang berbeda-beda. Data tersebar di berbagai instansi tanpa ada

integrasi yang baik yang mengakibatkan kesatuan data yang tidak valid sehingga terdapat kebutuhan mendesak terhadap satu data persampahan.

Berdasarkan berbagai permasalahan dalam pendataan sampah yang telah dipaparkan, data ringkasan rekomendasi reformasi pengelolaan sampah yang diterbitkan oleh kementerian Bappenas tahun 2023, untuk meningkatkan kualitas data persampahan nasional diperlukan adanya implementasi satu data persampahan melalui penyeragaman struktur data sesuai prinsip satu data pada sistem informasi. Hal ini guna mewujudkan keterpaduan interoperabilitas data antar sistem informasi.

Penerapan produk yang telah dirancang merupakan inovasi perangkat lunak dan perangkat keras guna merealisasikan kegiatan pendataan sampah dengan sederhana secara digital. Dengan adanya inovasi ini, pendataan sampah dapat dilakukan siapapun tanpa harus memiliki kompetensi khusus, dilakukan secara cepat, tepat, dan menyeluruh. Ini menjadi salah satu upaya meningkatkan keakuratan dan keterbaruan data melalui penyeragaman pemantauan data timbulan sampah dari sumber berdasarkan berat. Adapun data yang didapat setelah proses penimbangan akan diproses secara menyeluruh dan terpublikasi secara *realtime* pada sistem informasi berupa *website* yang dapat diakses umum.

Data sampah yang ada dapat menjadi salah satu sumber data akurat pengelolaan sampah melalui penerapan satu data sesuai dengan amanat perpres 39/2019 untuk mewujudkan data yang saling terpadu, dapat dipertanggungjawabkan dan dapat dibagi-pakai. Selain data timbulan sampah, melalui penggunaan timbangan sampah data terkait retribusi sampah juga dikelola secara real dan transparan. Sehingga data tersebut dapat menjadi salah satu sumber data pemerintah dalam merencanakan penetapan kebijakan maupun melakukan pemantauan efektivitas retribusi sebagai sumber pendapatan negara atau daerah. Sebab retribusi sampah merupakan jenis pungutan yang menjadi salah satu sumber pendapatan daerah yang diharapkan menjadi sumber pembiayaan peningkatan kualitas layanan dalam menyelenggarakan pengelolaan lingkungan.

4.4.2 Rencana Penerapan Timbangan Sampah Terintegrasi Website dalam Penanganan Permasalahan Sampah

Melalui penerapan penggunaan produk yang telah dikembangkan berupa timbangan sampah terintegrasi *website* diharapkan menjadi salah satu teknologi yang memberikan kemudahan dalam menangani permasalahan sampah, sehingga menjadi perlu untuk diterapkan dalam pelaksanaan pengelolaan sampah terutama dalam pengelolaan sampah rumah tangga atau sampah sejenis rumah tangga. Dalam penerapannya akan berpengaruh pada sektor pembiayaan dan pendataan sampah dengan mengusung sistem PAYT serta digitalisasi data sampah. Berdasarkan penelitian terdahulu tentang penerapan sistem PAYT oleh Bilitewski (2008), menyatakan bahwa prinsip PAYT didasari oleh tiga faktor utama, yaitu :

1. Identifikasi sumber sampah
2. Perhitungan jumlah sampah yang dihasilkan
3. Penetapan harga satuan pembebanan

Berdasarkan hal tersebut, sebagai rangkaian dalam penerapan di masyarakat, maka terdapat analisis rencana penerapan sebagai pertimbangan yang perlu diperhatikan agar sistem yang dihadirkan dapat diterima serta efektif dalam menangani permasalahan pengelolaan sampah. Adapun analisis yang telah dilakukan dan menjadi pertimbangan dalam penerapan produk yang telah dikembangkan adalah sebagai berikut.

a. Kepatuhan Regulasi

Kepatuhan regulasi diperlukan dengan tujuan memastikan bahwa semua aktivitas dan pembaruan yang akan terjadi ketika menggunakan produk dilakukan sesuai dengan hukum dan standar yang berlaku, melindungi kepentingan publik, dan dapat meningkatkan kualitas dalam pengelolaan sampah. Adapun produk yang telah dirancang mengusung dua fungsi utama, yaitu terkait penetapan retribusi sampah berdasarkan berat serta pendataan sampah. Berikut adalah beberapa poin penting mengenai kepatuhan regulasi dalam penetapan retribusi sampah serta pendataan sampah di Indonesia.

1. Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah merupakan dasar hukum pengelolaan sampah yang menyediakan dasar

hukum bagi pemerintah daerah untuk menetapkan retribusi sampah serta menekankan pentingnya pendataan sampah sebagai bagian dari pengelolaan sampah yang komprehensif

2. Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga. Mengamanatkan bahwa dalam penyelenggaraan penanganan sampah diperlukan pungutan retribusi yang akan diberikan kepada setiap orang atas jasa pelayanan yang melakukan layanan pengelolaan sampah. Kemudian juga mengatur bahwa pemerintah daerah wajib melakukan pendataan sampah dengan menyediakan informasi pengelolaan sampah berupa informasi timbulan sampah yang terhubung dalam jejaring sistem informasi yang harus dapat diakses oleh setiap orang.
3. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.10/MENLHK/SETJEN/PLB.0/4/2018 tentang Pedoman Penyusunan Kebijakan dan Strategi Daerah Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga memuat terkait penetapan arah kebijakan pengelolaan sampah yang disusun berdasarkan data pengelolaan sampah sebagai dasar penyusunan neraca pengelolaan sampah.
4. Peraturan Menteri Dalam Negeri No.7 Tahun 2021 tentang Tata Cara Perhitungan Tarif Retribusi Dalam Penyelenggaraan Pananganan Sampah merupakan dasar tata cara penetapan tarif retribusi sampah yang terdiri atas penetapan menggunakan sistem volume (Rp/Kg, Rp/m^3, Rp/L) dan menggunakan sistem tarif tetap (Rp/KK/Bulan).

Berdasarkan berbagai regulasi yang menjadi dasar pengelolaan sampah, sistem yang dihadirkan telah berdasarkan regulasi dan mendukung terlaksananya regulasi yang berlaku, sehingga dalam penerapannya di lapangan, setiap aktivitas yang nantinya terkait serta rencana pengembangan fungsi produk kedepan harus menaati regulasi terkait yang berlaku dan melakukan implementasi yang konsisten dengan taat hukum.

b. Penetapan Harga

Sebelum timbangan sampah terintegrasi *website* digunakan, perlu adanya penetapan harga satuan sampah. Hal ini sesuai dengan fungsi timbangan sampah, yaitu menetapkan biaya retribusi sampah berdasarkan satuan berat. Adapun tarif retribusi disesuaikan dengan jenis fasilitas pengelolaan sampah yang akan menggunakan produk. Pungutan retribusi ditujukan kepada subjek retribusi yang meliputi orang pribadi atau badan yang menggunakan atau menikmati pelayanan persampahan. Adapun penarik retribusi dilakukan oleh fasilitas yang melayani atau memberikan jasa pengelolaan lingkungan atau yang disebut objek retribusi yang meliputi:

1. Pengambilan atau pengumpulan sampah dari sumbernya ke lokasi pembuangan sementara;
2. Pengangkutan sampah dari sumbernya dan/atau lokasi pembuangan sementara ke lokasi pembuangan /pembuangan akhir sampah; dan
3. Penyediaan lokasi pembuangan atau pemusnahan akhir sampah.

Dalam penerapan produk, tujuan utama produk dirancang untuk digunakan oleh fasilitas pengelola sampah berupa TPS3R, dimana kegiatan penetapan retribusi dilakukan ketika dilakukan pengambilan atau pengumpulan sampah dari sumbernya. Adapun besar biaya retribusi diserahkan kepada masing-masing fasilitas untuk menetapkan biayanya dengan memperhatikan prinsip kebutuhan biaya penyedia jasa, kemampuan masyarakat, aspek keadilan, dan efektivitas pengendalian atas pelayanan.

Penetapan tarif retribusi harus mengacu pada standar tata cara serta ketentuan penetapan tarif retribusi sampah berdasarkan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 7 Tahun 2021 tentang Tata Cara Perhitungan Tarif Retribusi Dalam Penyelenggaraan Penanganan Sampah. pada fasilitas TPS3R perhitungan retribusi juga perlu dibuat berdasarkan perkiraan biaya investasi, pengoperasian dan pemeliharaan fasilitas TPS3R yang mengacu pada Petunjuk Teknis TPS3R oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

BAB V.
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Timbangan digital yang dapat menetapkan biaya retribusi berdasarkan berat sampah telah berhasil dirancang dengan baik melalui tiga tahapan proses pembuatan desain yang disesuaikan dengan kebutuhan calon pengguna sistem.
2. Timbangan digital yang dirancang telah berhasil dimanufaktur dengan baik sesuai dengan hasil kriteria dan spesifikasi desain yang ditetapkan. Timbangan ini dapat menetapkan biaya penghasil sampah berdasarkan berat sampah yang dihasilkan. Timbangan telah dilakukan uji kalibrasi dengan hasil keakuratan 95% dan kekuatan material *cover* hingga kapasitas beban 15 Kg.
3. Timbangan digital telah berhasil diintegrasikan dengan *website* pendataan yang dikembangkan, sehingga sistem ini dapat dijadikan sebagai satu kesatuan sistem digitalisasi data dalam pengelolaan sampah yang dapat memberikan kemudahan dalam pencatatan data sampah secara akurat dan aktual. Keseluruhan sistem integrasi telah diuji dengan metode *black box* dan memberikan hasil bahwa seluruh fungsi fitur yang dikembangan telah berjalan sesuai kebutuhan pengguna.
4. Penerapan timbangan sampah terintegrasi *website* ini berpengaruh positif terhadap penyelesaian masalah retribusi sampah, pengurangan kuantitas dan peningkatan kualitas sampah, serta proses digitalisasi data sampah di Indonesia.

5.2 Saran

Beberapa saran untuk pengembangan produk dan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas timbangan dapat ditingkatkan dan jenis timbangan dapat divariasikan, yaitu jenis timbangan gantung dan duduk.
2. Perlu adanya penyusunan SOP operasional penggunaan produk
3. Melakukan penelitian lebih lanjut penerapan produk terhadap kesediaan membayar atau *willingness to pay* retribusi sampah.

DAFTAR PUSTAKA

Aipina, D., & Witriyono, H. (2022). Pemanfaatan Framework Laravel dan Framework Boostrap pada Pembangunan Aplikasi Penjualan Hijab Berbasis Web. Jurnal Media Infotama, 18(1), 36–42.

Alfian, R., & Phelia, A. 2021. Evaluasi Efektifitas Sistem Pengangkutan Dan Pengelolaan Sampah Di TPA Sarimukti Kota Bandung. Journal of Infrastructural in Civil Engineering, 2(01), 16-22.

Allafi, I., & Iqbal, T. (2017). Design and implementation of a low cost web server using ESP32 for real-time photovoltaic system monitoring. 2017 IEEE Electrical Power and Energy Conference, EPEC 2017, 2017-Octob(May), 1–5.

Assidiqie, N. H., Aditya Karna, N. B., & Sussi. (2022). Implementasi Pembayaran Dan Palang Otomatis Pada Sistem Smart Parking Di Lahan Parkir Menggunakan Metode QR Code. 8(6), 3058–3063.

Batllevell, M., Hanf, K., 2008. The fairness of PAYT systems: some guidelines for decision-makers. Waste Manage. 28 (12), 2793–2800.

Bel, G., Gradus, R., 2016. Effects of unit-based pricing on household waste collection demand: a meta-regression analysis. Resour. Energy Econ. 44, 169–182.

Bilitewski, B. (2008). From traditional to modern fee systems. *Waste management*, *28*(12), 2760-2766.

Dahl´ en, L., Lagerkvist, A., 2010. Pay as you throw: Strengths and weaknesses of weight- based billing in household waste collection systems in Sweden. Waste Manage. 30 (1), 23–31.

Elia, V., Gnoni, M.G., Tornese, F., 2015. Designing pay-as-you-throw schemes in municipal waste management services: a holistic approach. Waste Manage. 44, 188–195.

Haryanto, D., Yulianeu, A., Sukmaindrayana, A., & Nugraha, A. R. (2023). International Journal of Intelligent Systems And Applications In Engineering Microcontroller-Based Digital Body Height Measuring Tool with Display Information. Original Research Paper International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering IJISAE, 2023(1), 25–32.

Hulu, F. N. (2018). Analisis Perbandingan Tingkat Akurasi Timbangan Digital Dan Manual Sebagai Alat Pengukur Berat Badan Anak. Jurnal Ilmu Komputer Dan Bisnis, 9(1), 1864–1868.

Karagiannidis, A., Xirogiannopoulou, A., Tchobanoglous, G., 2008. Full cost accounting as a tool for the financial assessment of pay-as-you-throw schemes: a case study for the panorama municipality, Greece. Waste Manage. 28 (12), 2801–2808.

Kazuya, A. S., Ariyadi, T., & Dasmen, R. N. (2024). Perancangan Timbangan Berbasis Digital yang Dilengkapi dengan Metal Detector Sebagai Sensor Logam. 8, 14261–14277.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2022. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2022 tentang Tentang Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. KemenLHK. Jakarta.

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2023. *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. URL: https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/. Diakses tanggal 27 April 2024

Linderhof, V., Kooreman, P., Allers, M., Wiersma, D., 2001. Weight-based pricing in the collection of household waste: the Oostzaan case. Resour. Energy Econ. 23 (4), 359–371.

Maliki, A., Warta, J., Sari, R., Komputer, I., Bhayangkara, U., Raya, J., & Utara, B. (2023). Analisis Sharing Data Wemos D1 R32 Menggunakan Web. 2(2), 207–220.

Manege, M. N. P., K. Allo, E., & Bahrun. (2017). Rancang Bangun Timbangan Digital Dengan Kapasitas 20Kg Berbasis Microcontroller ATMega8535. E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer, 6(1), 57–62.

Messina, G., Tomasi, A., 2020. Wasted in waste? The benefits of switching from taxes to Pay-as-you-throw fees: the Italian case. In: Questioni di Economia e Finanza, vol. 584.

Morlok, J., Schoenberger, H., Styles, D., Galvez-Martos, J.-L., Zeschmar-Lahl, B., 2017. The impact of pay-as-you-throw schemes on municipal solid waste management: the exemplar case of the county of Aschaffenburg, Germany. Resources 6 (1), 8.

Nasution, A. N., Asri, A., Rosdiana, R., & Nisa, F. (2022). Perancangan Alat Penimbang Kacang Tanah Otomatis Menggunakan Sensor Berat (Load Cell Single Point). Jurnal Energi Elektrik, 11(2), 25.

Peraturan Menteri. 2021. Peraturan Menteri Dalam Negeri tentang Tata Cara Perhitungan Tarif Retribusi Dalam Penyelenggaraan Pananganan Sampah. Jakarta

Purnomo, C. W. (2021). *Solusi Pengelolaan Sampah Kota*. UGM Press.

Reichenbach, J. Status and prospects of pay-as-you-throw in Europe—A review of pilot research and implementation studies. Waste Manag. 2008, 28, 2809–2814.

Romano, G., & Masserini, L. (2023). Pay as You Throw Tariff and Sustainable Urban Waste Management: An Empirical Analysis of Relevant Effects. *Journal of Environmental Management*, *347*, 119211.

Shudhuashar, M. *Sistem Pendataan Berat Badan Kambing Dengan Sensor Load Cell dan RFID Menggunakan Teknologi Cloud Computing Berbasis IoT* (Bachelor's Thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).

Siregar, B., Fadhillah, D., Andayani, U., Pranoto, H., & Fahmi, F. (2017, September). Simulation of Waste Transport Monitoring Based on Garbage Load Capacity Using Load Cell. In *2017 International Conference on ICT For Smart Society (ICISS)* (pp. 1-7). IEEE.

Susrama, I. G., Diyasa, M., Winardi, S., Ansyah, A. A., & Dzaky, D. (2022). Making the Internet of Things Trainer Based on ESP-32 Microcontroller. 2022, 176–182.

Undang-undang. 2008. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah. Jakarta

Watkins, E.; Mitsios, A.; Mudgal, S.; Neubauer, A.; Reisinger, H.; Troeltzsch, J.; van Acoleyen, M. Use of Economic Instruments and Waste Management Performances.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan Penelitian



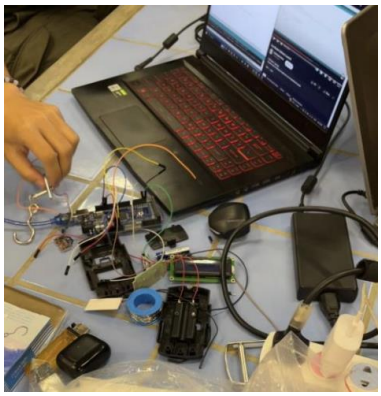
Observasi Tempat Pengelola Sampah (TPS3R)



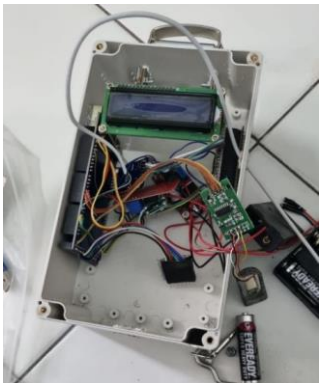
Observasi Tempat Pengelola Sampah (Bank Sampah)



Wawancara dengan Pengelola Sampah (TPS3R)



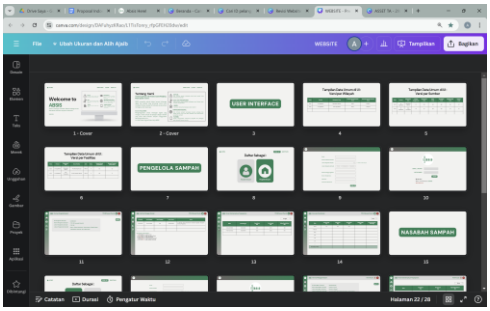
Pengcodingan Timbangan Digital Terintegrasi



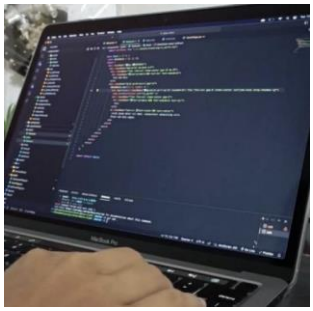
Perangkaian Elektronika Timbangan Digital Terintegrasi



Uji Kalibrasi Sensor Berat Timbangan



Pembuatan Desain *Website*



Pemrograman *Website*

Lampiran 2 Dokumen Teknis Produk



Deskripsi Produk

ABSIS
sebuah sistem **monitoring sampah terintegrasi PERTAMA** di **Indonesia,** yaitu merekam timbulan sampah langsung dari sumber sampah

SISTEM KERJA
mengintegrasikan secara otomatis antara **timbangan digital *pricing scale*** yang mengukur berat sampah di lapangan dengan ***website*** yang berisi data timbulan sampah menggunakan teknologi ***microcontroller*** berupa **Arduino Mega** dan **ESP32**

MANFAAT
1. Merekam berat sampah setiap sumbernya secara aktual dan akurat dengan cara yang mudah dan efisien
2. Menetapkan biaya retribusi sampah yang adil dan transparan, yaitu sesuai dengan berat sampah, sehingga masyarakat sadar untuk mengurangi jumlah sampah yang dihasilkannya

Target pengguna dari produk **ABSIS** ini, yaitu pengelola sampah berupa **TPS 3R** dan pemerintah berupa **Dinas Lingkungan Hidup**

Why Choose Us?

AKTUAL
Data timbulan sampah yang dipublikasikan didasarkan pada berat sampah yang ditimbang di lapangan karena timbangan dihubungkan dengan jaringan internet melalui modul Wifi

ADIL
Biaya retribusi yang dibayarkan oleh nasabah sampah akan sesuai dengan berat sampah yang dihasilkan

TRANSPARAN
Data timbulan sampah di lapangan akan dipublikasikan langsung ke website ABSIS tanpa adanya manipulasi data

TERINTEGRASI NASIONAL
Data timbulan sampah terintegrasi secara nasional, sehingga dapat dijadikan acuan desain perencanaan pengelolaan sampah

FLEKSIBEL
Data timbulan sampah dan biaya retribusi nasabah sampah dapat diakses dimanapun dan kapanpun secara realtime

Spesifikasi Timbangan

01 Gantungan Timbangan
Digunakan untuk meletakkan timbangan pada besi di alat pengangkut sampah agar stabilitas dan efisiensi proses penimbangan lebih terjamin

02 LCD Timbangan
Digunakan untuk menampilkan berat sampah yang ditimbang serta tagihan biaya retribusi yang merupakan hasil perkalian antara berat sampah dengan biaya retribusi sampah per kg

03 Keypad
Digunakan untuk menginput ID nasabah sampah secara manual apabila terdapat *trouble* pada alat *scanner barcode*

04 Tombol #
Digunakan untuk menyimpan data hasil penimbangan ke *microSD* sekaligus mengirimkan data ke *server website*. Penyimpanan data ke *microSD* ditujukan sebagai *backup storage* apabila tidak ada jaringan pada saat proses penimbangan, sehingga data hasil penimbangan tetap akan tersimpan dan akan terkirim ke *website* pada saat jaringan telah tersedia



05 Tombol *
Digunakan untuk mereset timbangan pada posisi nol yang digunakan pada saat sebelum penimbangan sampah

06 *Power Button*
Digunakan untuk menghidupkan dan mematikan timbangan serta *scanner barcode*

07 *Hook* Timbangan
Digunakan untuk tempat menggantung sampah yang akan ditimbang

08 *Scanner Barcode*
Digunakan untuk *scanning barcode* yang berisi identitas nasabah sampah, sehingga data berat sampah yang ditimbang masuk ke database berdasarkan id pemilik sampah

Kriteria	Spesifikasi
Dimensi	20 cm x 12 cm x 8 cm
Tegangan Input	5,0 V
Controller	ESP32 versi 1.0.6 & Arduino MegaAtmega256
Sensor	*Loadcell* 50 Kg
Display	LCD 16x2 dengan I2C Modul Arduino
Koneksi Alat	Wi-Fi
Bahan Box	*Polivinil Chlorida*

Pengujian Timbangan

Pengujian Akurasi

Dilakukan dengan **mengkalibrasi** timbangan serta **membandingkan kepresisian sensor berat** yang telah dirancang dengan menghitung persentase kesamaan dengan anak timbangan. Timbangan dikalibrasi dengan menggunakan **10 anak timbangan** dengan standar anak timbangan dan prosedur yang mengacu pada **CSIRO 2020**

Lokasi Kalibrasi
Laboratorium Kalibrasi **Tatonas**
- Telah terakreditasi **KAN - LK-272-IDN**
- Telah tersertifikasi **ISO 17025 : 2017**

Nomor Sertifikat
038 / LKT-EB / X / 23

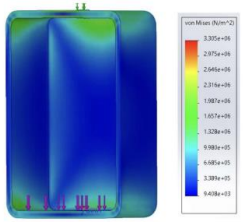


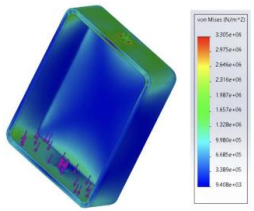


Nilai Histeris
Kurang dari **10 gram**

Pengujian Kekuatan Box

Dilakukan dengan pengujian menggunakan metode ***Computer Aided Engineer (CAE)*** pada software ***Solid Work***





Hasil Uji Kekuatan

Box dapat menahan pembebanan **tanpa** mengalami **fail** dan **terdeformasi plastis.** Pengujian menggunakan ***safety factor*** sebesar **3,** artinya secara faktual produk akan tetap aman **hingga 15 kg**

Spesifikasi *Website*



Develope Website

- *Framework fronted* ReactJs
- *Framework backend* Laravel menggunakan tools VSCode dan MySqL
- Metode pengiriman data berupa JSON

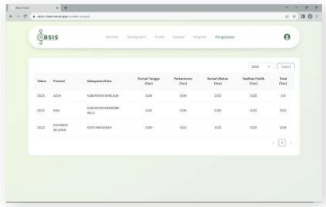
Tampilan Login Akun



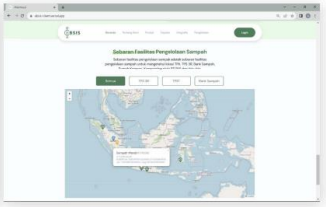
Tampilan Registrasi Akun



Timbulan Sampah Umum



Sebaran Pengelola Sampah



User Pengelola Sampah



User Pelanggan Sampah

