

Aplikasi Pemantauan Tong Sampah berasaskan IoT menggunakan Sensor Ultrasonik

IoT-based Garbage Bin Monitoring Application using Ultrasonic Sensor

Fatin Hamizah Jailani, Hazalila Kamaludin*

Fakulti Sains Komputer dan Teknologi Maklumat,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, 86400, MALAYSIA

DOI: <https://doi.org/10.30880/aitcs.2021.02.02.071>

Received 28 July 2021; Accepted 12 November 2021; Available online 30 November 2021

Abstrak: Aplikasi Pemantauan Tong Sampah berasaskan IoT menggunakan Sensor Ultrasonik merupakan satu aplikasi yang dibangunkan bagi memudahkan proses pengutipan sisa buangan di Pasar Awam Batu Pahat. Kekerapan pengutipan sisa penting bagi mengelakkan longgokan sisa buangan dari terus bertambah. Pengutipan sisa yang tidak kerap akan memberikan implikasi kepada alam sekitar dan manusia. Dengan itu, satu sistem pemantauan tong sampah perlulah diperkenalkan bagi mengelakkan masalah longgokan sisa buangan dari terus bertambah. Penggunaan sensor sel beban HX711 dapat mengukur berat sisa buangan dan sensor ultrasonik HC-SR04 dapat mengesan jarak antara sisa buangan ke permukaan tong sampah. Seterusnya, pengutipan sisa boleh dilakukan apabila tempat pembuangan sisa telah penuh bagi mengelakkan daripada berlaku masalah longgokan sisa buangan yang berlebihan. Berdasarkan kitar hayat pembangunan sistem model air terjun, aplikasi ini dibangunkan menggunakan perisian Android Studio dengan menggunakan bahasa pengaturcaraan Java dan pangkalan data Google Firebase. Pada akhir projek ini, sebuah Aplikasi Pemantauan Tong Sampah berasaskan IoT menggunakan Sensor Ultrasonik berjaya dihasilkan berdasarkan keperluan pengguna.

Kata Kunci: Aplikasi Android, IoT, pemantauan, tong sampah

Abstract: *The IoT-based Garbage Bin Monitoring Application using Ultrasonic Sensor is an application developed to make the process of collecting waste from garbage bins in Pasar Awam Batu Pahat easier. It is important to collect waste regularly to avoid the increasing amount of waste. Environment and humans will be affected by large amounts of waste not being collected. That is why this application is developed. Load cell sensor module HX711 is used to measure the weight of waste and ultrasonic sensor HC-SR04 is for measuring distance of waste from surface of garbage bin. Waste can be collected when the garbage bin is full to avoid waste overflow. Based on waterfall methodology, this application is developed by using Android Studio, using Java programming language and Google Firebase as the*

*Corresponding author: hazalila@uthm.edu.my

database. At the end of development, an IoT-based Garbage Bin Monitoring Application using Ultrasonic Sensor is successfully developed according to user requirement.

Keywords: *Android Application, IoT, monitoring, garbage bin*

1. Pengenalan

Sisa buangan merujuk kepada bahan yang tidak berguna dan tidak diperlukan lagi seperti sisa makanan, plastik, kertas, botol dan sebagainya [1]. Pada tahun 2019, rakyat Malaysia dianggarkan membuang sehingga 37,890 tan sisa setiap hari dengan purata 1.17 kilogram dijangka bagi setiap individu [2]. Pengurusan sisa buangan amat penting kerana jika tidak diuruskan dengan sistematik akan mendatangkan kesan kepada masyarakat dan alam sekitar.

Aplikasi ini dibangunkan bagi membantu kerja-kerja pengutipan sisa buangan oleh pekerja-pekerja syarikat konsesi di Pasar Awam Batu Pahat dan pemantauan oleh pengurus syarikat konsesi. Aplikasi dibangunkan dan direka dengan menggunakan Arduino IDE dan Android Studio ini menggunakan Google Firebase sebagai pangkalan data dan ThingSpeak untuk menyampaikan data dari sensor supaya boleh diakses oleh aplikasi. Selain itu, sensor yang digunakan dalam sistem ini adalah sensor sel beban HX711 untuk mengukur berat sisa buangan di dalam tong sampah dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak antara sisa buangan dengan permukaan tong sampah bagi mengetahui tahap kepenuhan tong sampah.

Tujuan utama aplikasi ini ialah untuk mengurangkan masalah ketika menguruskan sisa buangan yang sering berlaku seperti sisa buangan yang terlalu banyak dan menyebabkan kawasan menjadi kotor. Dengan adanya aplikasi ini, masalah longgokan sisa buangan yang berlebihan tidak akan berlaku kerana sisa buangan di dalam tong sampah yang telah penuh akan dikutip oleh pekerja syarikat konsesi setelah menerima notifikasi daripada aplikasi di telefon pintar. Selain itu, kos bagi khidmat tenaga kerja juga dapat dikurangkan kerana pemantauan boleh dilakukan dengan menggunakan aplikasi sahaja.

Secara kesimpulannya, pembangunan Aplikasi Pemantauan Tong Sampah berasaskan IoT menggunakan Sensor Ultrasonik ini telah mencapai objektif yang telah ditetapkan pada awal pembangunan aplikasi, iaitu memantau keadaan tong sampah seperti memantau berat sisa buangan di dalam tong sampah dan juga memantau tahap kepenuhan tong sampah.

2. Kajian Literatur

Bahagian ini menerangkan tentang kajian yang dijalankan terhadap komponen yang terlibat dalam pembangunan aplikasi. Terdapat tiga sistem sedia ada yang dijadikan sebagai kajian untuk membuat perbandingan dari segi fungsi dan komponen yang digunakan dalam sistem. Kajian dilakukan secara teori mahupun teknikal untuk memahami latar belakang aplikasi dan fungsi yang diperlukan oleh pengguna. Oleh itu, beberapa sistem yang sedia ada dikaji dan difahami bagi membolehkan aplikasi dibangunkan memenuhi keperluan pengguna.

2.1 Perbandingan Dengan Sistem Sedia Ada

Sistem yang sedia ada seperti sistem *IoT Based Waste Management for Smart City* [3], *Smart Dustbin Monitoring System using LAN Server and Arduino* [4] dan *Smart Garbage Monitoring System using IoT* [5] dibandingkan kerana mempunyai ciri yang serupa dengan sistem cadangan iaitu Aplikasi Pemantauan Tong Sampah berasaskan IoT menggunakan Sensor Ultrasonik. Tujuan perbandingan adalah bagi mencari penambahbaikan yang boleh dilakukan pada aplikasi yang dibangunkan. Bagi sistem yang sedia ada, terdapat beberapa kelemahan yang telah dikenal pasti. Antaranya ialah sistem-sistem tersebut tidak mengambil kira berat sisa di dalam tong sampah. Selain itu, data perlu dianalisis secara manual kerana ketiadaan modul graf. Sistem sedia ada menggunakan laman web untuk

mengakses sistem, oleh itu tiada modul daftar akaun dan log masuk digunakan. Kesemua sistem yang dibandingkan memerlukan sambungan Internet untuk berfungsi. Berbanding dengan sistem sedia ada, aplikasi yang dibangunkan merupakan aplikasi mudah alih yang boleh diakses melalui telefon pintar. Jadual 1 menunjukkan perbandingan antara sistem sedia ada dengan sistem cadangan.

Jadual 1: Perbandingan Sistem Sedia Ada dengan Sistem Cadangan

Ciri-ciri / Sistem	<i>IoT Based Waste Management for Smart City</i>	<i>Smart Dustbin Monitoring System using LAN Server and Arduino</i>	<i>Smart Garbage Monitoring System using IoT</i>	Aplikasi Pemantauan Tong Sampah berasaskan IoT
Modul Daftar & Log Masuk	Tiada	Tiada	Tiada	Ada
Modul Berat Sisa Buangan	Tiada	Tiada	Tiada	Ada
Modul Tahap Tong Sampah	Ada	Ada	Ada	Ada
Modul Notifikasi	Ada	Ada	Ada	Ada
Modul Graf Penggunaan Internet	Tiada	Tiada	Tiada	Ada
Aplikasi mudah alih	Ya	Ya	Ya	Ya
Pangkalan data	Tidak	Tidak	Tidak	Ya
	Ya	Ya	Ya	Ya

3. Metodologi

Kitar hayat pembangunan sistem menggunakan model air terjun kerana proses pembangunan aplikasi adalah mengikut turutan. Dengan menggunakan model air terjun, proses pembangunan aplikasi menjadi lebih teratur kerana setiap proses dilakukan dengan mengikut turutan. Kitar hayat pembangunan sistem ini terdiri daripada lima fasa iaitu fasa analisis keperluan, fasa reka bentuk, fasa pelaksanaan, fasa pengujian dan fasa penyelenggaraan [6].

3.1 Fasa Analisis Keperluan

Masalah yang timbul dapat dikenal pasti. Selain itu, tujuan dan cara untuk membina aplikasi juga dapat dikenal pasti. Objektif, skop, metodologi, keputusan jangkaan serta kepentingan projek juga dibincangkan di dalam fasa ini. Selain itu, analisis terhadap keperluan sistem turut dilakukan. Terdapat lapan modul iaitu modul daftar akaun, modul log masuk, modul menu utama, modul berat sisa buangan, modul tahap penuh tong sampah, modul notifikasi, modul graf dan modul profil pengguna. Fungsi bagi setiap modul diterangkan pada bahagian ini. Jadual 2 menunjukkan analisis keperluan sistem berfungsi.

Jadual 2: Analisis keperluan sistem berfungsi

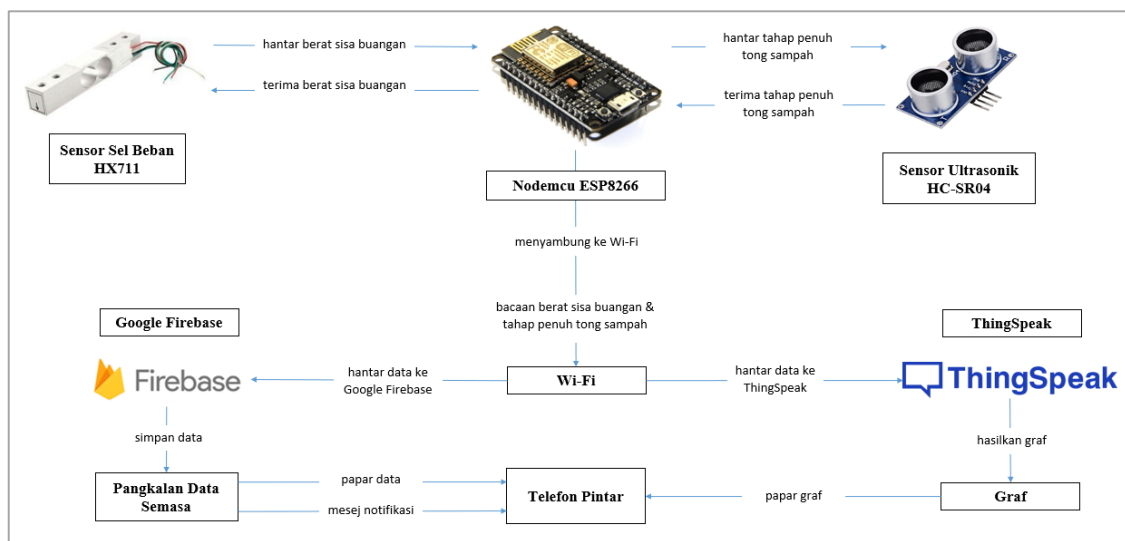
Modul	Fungsi
Daftar Akaun	- Pengguna mendaftar akaun sebagai pengguna baru
	- Sistem menerima pendaftaran pengguna baru

Jadual 2: (sambungan)

Modul	Fungsi
Log Masuk	- Pengguna masukkan emel dan kata laluan yang sah - Sistem memastikan maklumat dimasukkan sah
Menu Utama	- Pengguna memilih menu yang diperlukan - Sistem memaparkan pilihan menu
Berat Sisa Buangan	- Sistem memaparkan berat sisa buangan
Tahap Penuh Tong Sampah	- Sistem memaparkan tahap kepenuhan tong sampah - Sistem menghantar notifikasi kepada pengguna apabila tong sampah telah lebih 80 peratus (%) penuh dan berat melebihi satu kilogram (kg)
Notifikasi	
Graf	- Sistem menghasilkan graf berdasarkan data
Profil Pengguna	- Sistem memaparkan nama dan emel pengguna

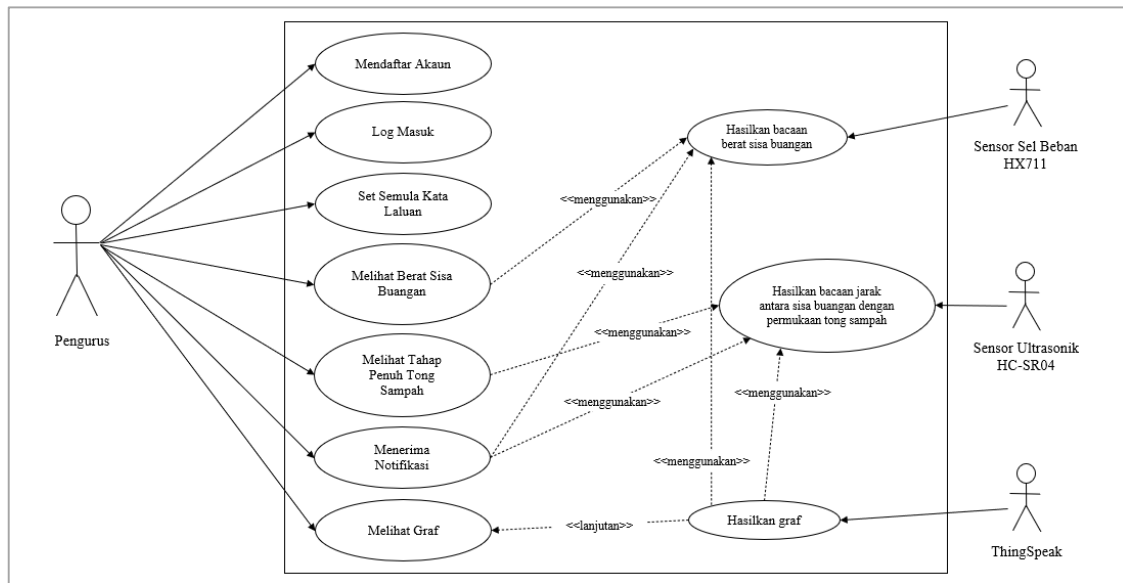
3.2 Fasa Reka Bentuk

Aplikasi direka bentuk dalam fasa ini. Cara aplikasi beroperasi dikenal pasti dari segi peralatan, perisian, rangkaian, antara muka dan juga pangkalan data yang digunakan. Seni bina sistem dan antara muka direka bentuk dalam fasa ini. Rajah 1 menunjukkan seni bina sistem yang direka mengikut keperluan aplikasi mengikut fungsi sensor yang diperlukan iaitu sensor sel beban HX711 untuk mengukur berat sisa buangan dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur tahap penuh tong sampah. Selain itu, Nodemcu ESP8266 digunakan untuk menerima berat sisa buangan dan tahap penuh tong sampah daripada sensor sel beban HX711 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Data yang diterima oleh Nodemcu ESP8266 disimpan di Google Firebase dan ThingSpeak sebelum dipaparkan dalam aplikasi Android.

**Rajah 1: Seni bina sistem**

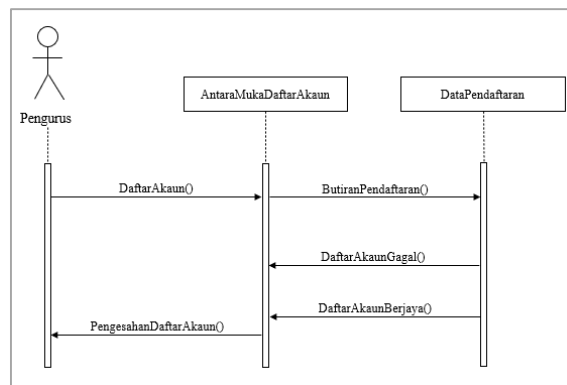
Rajah 2 menunjukkan gambar rajah kes guna yang boleh dihasilkan untuk projek ini. Gambar rajah kes guna mempunyai satu pengguna iaitu pengurus syarikat konsesi dan tujuh kes guna yang boleh digunakan oleh pengguna iaitu kes guna Mendaftar Akaun, kes guna Log Masuk, kes guna Set Semula Kata Laluan, kes guna Melihat Berat Sisa Buangan, kes guna Melihat Tahap Penuh Tong Sampah, kes guna Melihat Graf dan kes guna Menerima Notifikasi. Bagi kes guna Mendaftar Akaun, kes guna Log Masuk dan kes guna Set Semula Kata Laluan, data disimpan ke pangkalan data Google Firebase. Selain itu, kes guna Melihat Berat Sisa Buangan menggunakan Sensor Sel Beban HX711 untuk membaca data dan kes guna Melihat Tahap Penuh Tong Sampah menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk

membaca data. Bagi kes guna Melihat Graf pula, menggunakan ThingSpeak untuk menjana graf dan kes guna Menerima Notifikasi pula menggunakan Google Firebase untuk menjana fungsi notifikasi.



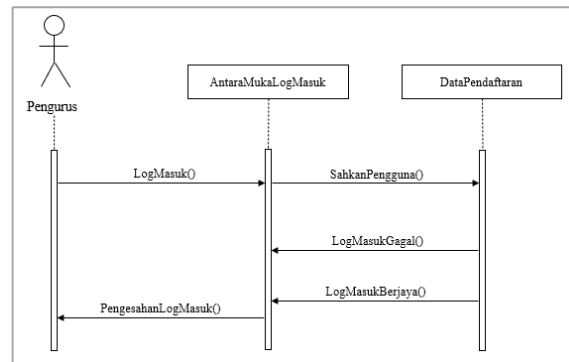
Rajah 2: Gambar Rajah Kes Guna

Rajah 3 menunjukkan gambar rajah jujukan bagi pengguna untuk kes guna Mendaftar Akaun. Pengguna boleh daftar akaun baharu dengan memasukkan nama pengguna, emel dan kata laluan. Kemudian, butiran pendaftaran disimpan dan seterusnya pengesahan daftar akaun dilakukan untuk mengenal pasti proses daftar akaun berjaya atau gagal.



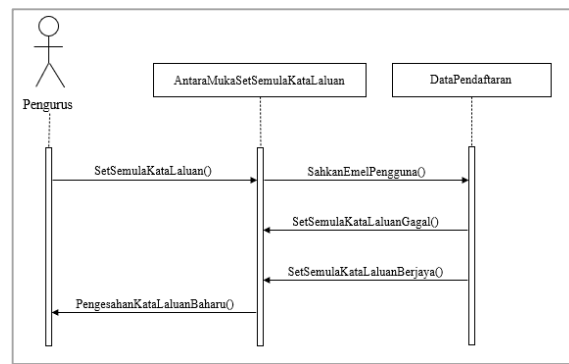
Rajah 3: Gambar Rajah Jujukan untuk Kes Guna Mendaftar Akaun

Rajah 4 menunjukkan gambar rajah jujukan untuk kes guna Log Masuk. Pengguna boleh log masuk menggunakan emel dan kata laluan yang telah didaftarkan. Seterusnya ialah proses mengesahkan maklumat pengguna supaya mendapat kebenaran untuk mengakses aplikasi.



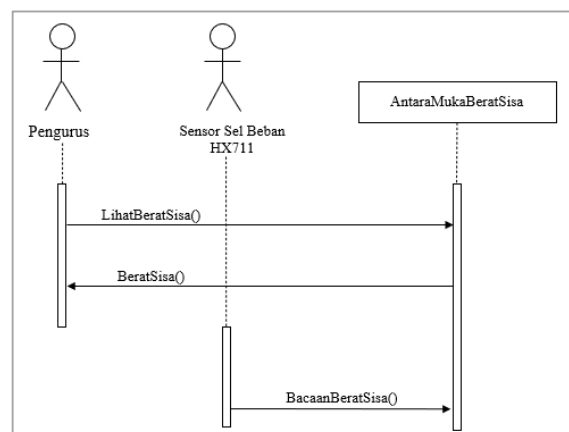
Rajah 4: Gambar Rajah Jujukan untuk Kes Guna Log Masuk

Rajah 5 menunjukkan gambar rajah jujukan untuk kes guna Set Semula Kata Laluan. Pengguna boleh set semula kata laluan menggunakan emel yang telah didaftarkan. Notifikasi untuk set semula kata laluan baharu akan dihantar kepada emel yang didaftarkan dalam proses daftar akaun.



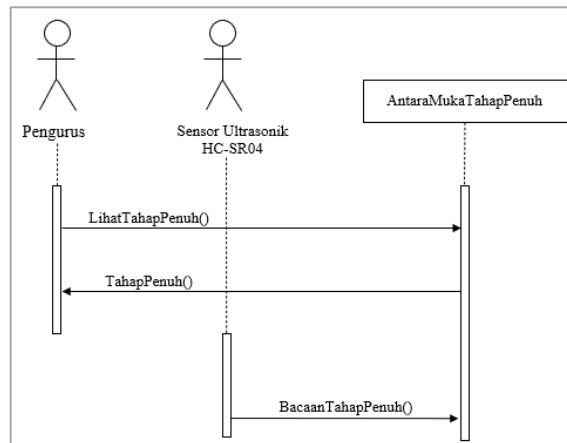
Rajah 5: Gambar Rajah Jujukan untuk Kes Guna Set Semula Kata Laluan

Rajah 6 menunjukkan gambar rajah jujukan untuk kes guna Melihat Berat Sisa Buangan. Pengguna boleh melihat berat sisa buangan melalui fungsi LihatBeratSisa dan bacaan daripada sensor dapat dilihat melalui fungsi BeratSisa.



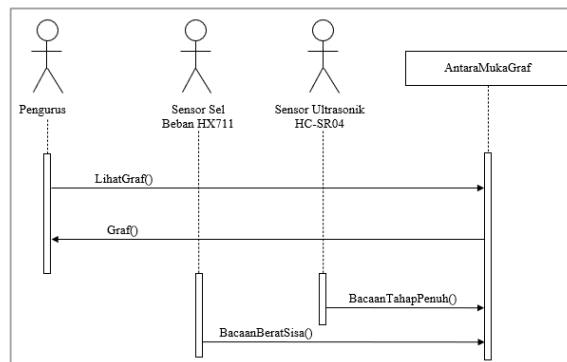
Rajah 6: Gambar Rajah Jujukan untuk Kes Guna Melihat Berat Sisa Buangan

Rajah 7 menunjukkan gambar rajah jujukan untuk kes guna Melihat Tahap Kepenuhan Tong Sampah. Pengguna boleh melihat tahap kepenuhan tong sampah melalui fungsi LihatTahapPenuh dan bacaan daripada sensor dapat dilihat melalui fungsi TahapPenuh.



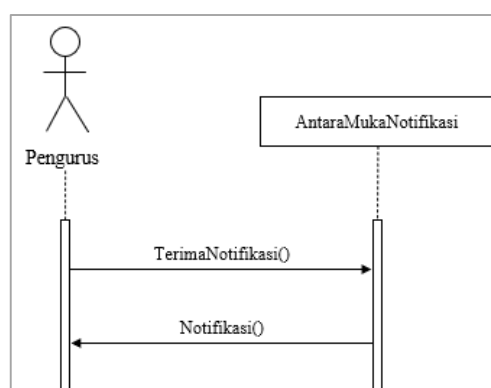
Rajah 7: Gambar Rajah Jujukan untuk Kes Guna Melihat Tahap Kepenuhan Tong Sampah

Rajah 8 menunjukkan gambar rajah jujukan untuk kes guna Melihat Graf. Pengguna boleh melihat graf berat sisa buangan dan graf tahap penuh tong sampah melalui fungsi LihatGraf dan graf daripada ThingSpeak dapat dilihat melalui fungsi Graf.



Rajah 8: Gambar Rajah Jujukan untuk Kes Guna Melihat Graf

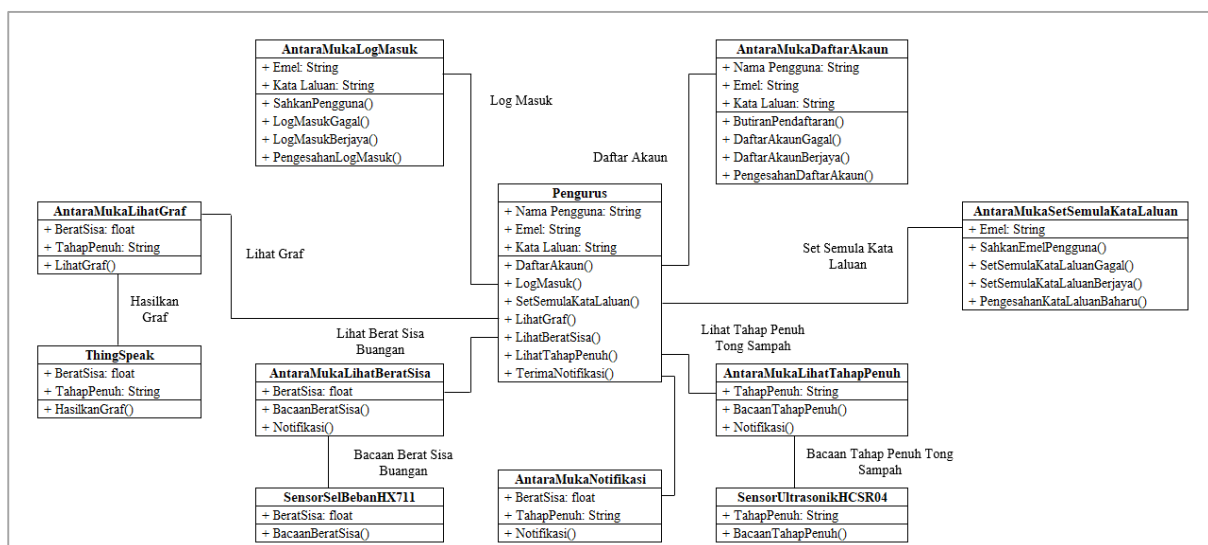
Rajah 9 menunjukkan gambar rajah jujukan untuk kes guna Menerima Notifikasi. Pengguna menerima notifikasi apabila tong sampah lebih 80 peratus penuh dan berat melebihi satu kilogram melalui fungsi TerimaNotifikasi dan notifikasi untuk kosongkan tong sampah diterima melalui fungsi Notifikasi.



Rajah 9: Gambar Rajah Jujukan untuk Kes Guna Menerima Notifikasi

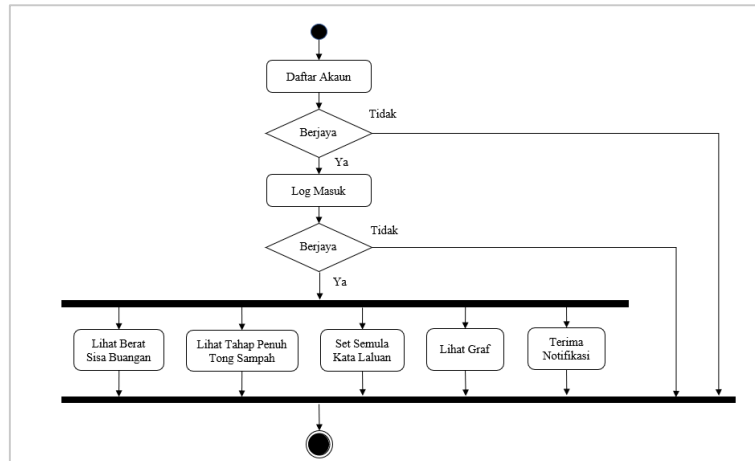
Rajah 10 menunjukkan gambar rajah kelas yang terdiri daripada kelas Pengguna, AntaraMukaLogMasuk, AntaraMukaDaftarAkaun, AntaraMukaBeratSisa, AntaraMukaTahapPenuh, AntaraMukaSetSemulaKataLaluan dan perhubungan Log Masuk, Daftar Akaun, Berat Sisa, Tahap

Penuh dan Set Semula Kata Laluan. Kelas *AntaramukaLihatBeratSisa* dihubungkan dengan *SensorSelBebanHX711* dan kelas *AntaramukaLihatTahapPenuh* berhubung dengan *SensorUltrasonikHCSR04*. *AntaramukaLogMasuk* mengandungi *SahkanLogMasuk*, *LogMasukGagal*, *LogMasukBerjaya* dan *PengesahanLogMasuk*. Pada kelas *AntaraMukaDaftarAkaun*, proses *ButiranPendaftaran*, *DaftarAkaunGagal*, *DaftarAkaunBerjaya* dan *PengesahanDaftarAkaun* berlaku. Bagi *AntaramukaLihatBeratSisa*, proses *LihatBerat* dan *Notifikasi* berlaku, manakala pada *AntaramukaLihatTahapPenuh* pula dua proses iaitu *LihatTahapPenuh* dan *Notifikasi* dilaksanakan. Bagi kelas *AntaraMukaSetSemulaKataLaluan* pula, proses yang berlaku ialah *SahkanEmelPengguna*, *SetSemulaKataLaluanGagal*, *SetSemulaKataLaluanBerjaya* dan *PengesahanKataLaluanBaharu*. Bagi kelas *AntaraMukaGraf*, terdapat dua atribut iaitu berat sisa dan tahap penuh, dan proses *Lihat Graf*. Kelas *ThingSpeak* memerlukan data tahap penuh tong sampah dan berat sisa buangan bagi menghasilkan graf. Bagi kelas *AntaraMukaNotifikasi* pula terdapat atribut berat sisa jenis data float, tahap penuh jenis data String dan proses *Notifikasi* untuk menerima notifikasi.



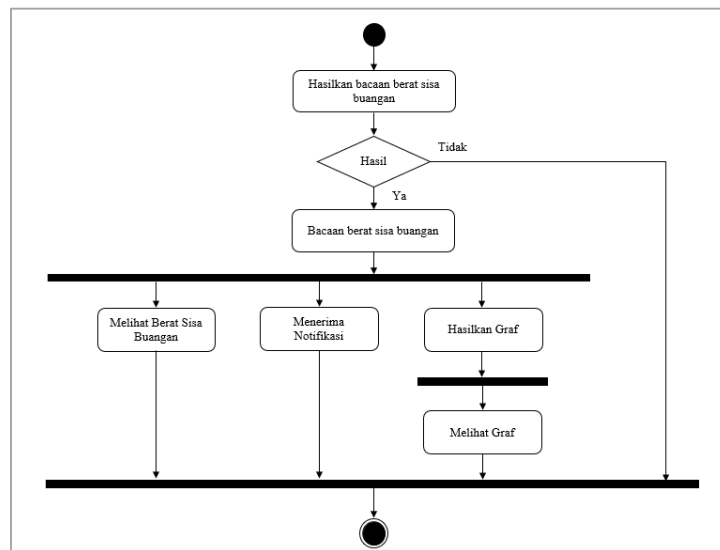
Rajah 10: Gambar Rajah Kelas

Rajah 11 menunjukkan gambar rajah aktiviti bagi pengurus. Terdapat tujuh aktiviti yang boleh dilakukan oleh pengurus iaitu *Daftar Akaun*, *Log Masuk*, *Melihat Berat Sisa Buangan*, *Melihat Tahap Penuh Sisa Buangan*, *Set Semula Kata Laluan*, *Melihat Graf* dan *Menerima Notifikasi*. Aktiviti pertama ialah aktiviti *daftar akaun*. Pengguna baharu perlu mendaftar akaun untuk mengakses aplikasi. Setelah berjaya *daftar akaun*, pengguna akan *log masuk* ke aplikasi. Apabila telah berjaya *log masuk*, pengguna akan dapat mengakses fungsi aplikasi seperti *melihat berat sisa buangan*, *melihat tahap penuh tong sampah*, *set semula kata laluan*, *melihat graf* dan *menerima notifikasi*.



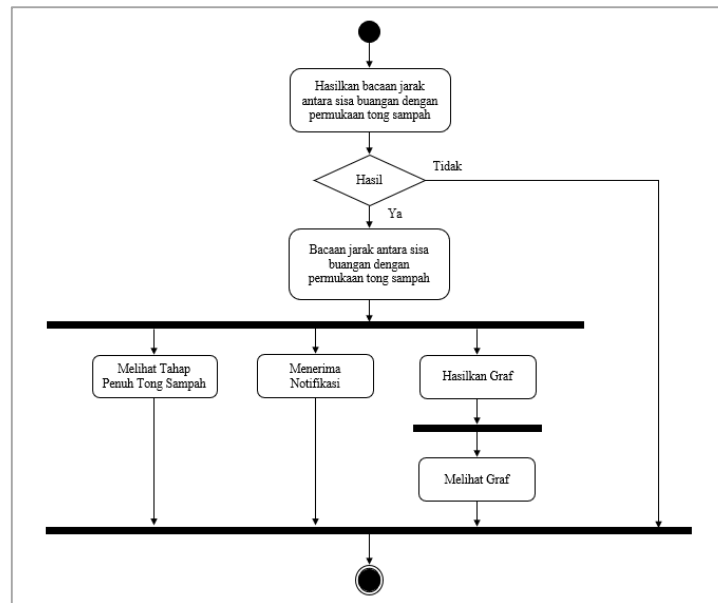
Rajah 11: Gambar Rajah Aktiviti untuk Pengurus

Rajah 12 menunjukkan gambar rajah aktiviti daripada pelakon Sensor Sel Beban HX711. Enam aktiviti boleh dilakukan, iaitu Hasilkan bacaan berat sisa buangan, Bacaan berat sisa buangan, Melihat Berat Sisa Buangan, Menerima Notifikasi, Hasilkan Graf dan Melihat Graf. Nilai daripada bacaan berat sisa buangan digunakan bagi melihat berat sisa buangan dan menerima notifikasi. Notifikasi akan diterima apabila berat sisa buangan melebihi satu kilogram. Selain itu, bacaan berat sisa buangan juga digunakan bagi menghasilkan graf dan melihat graf.



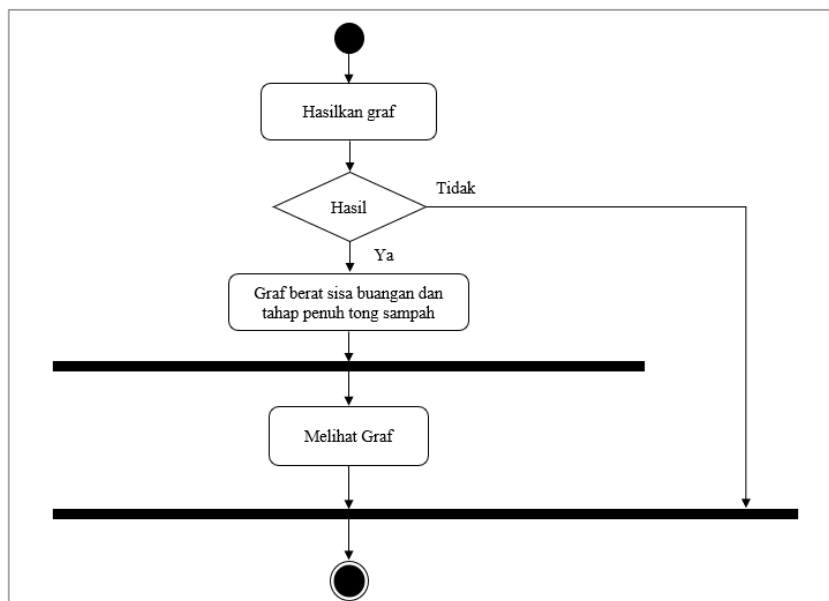
Rajah 12: Gambar Rajah Aktiviti untuk Sensor Sel Beban HX711

Rajah 13 menunjukkan gambar rajah aktiviti daripada pelakon Sensor Ultrasonik HC-SR04. Enam aktiviti boleh dilakukan, iaitu Hasilkan bacaan jarak antara sisa buangan dengan permukaan tong sampah, Bacaan jarak antara sisa buangan dengan permukaan tong sampah, Melihat Tahap Penuh Tong Sampah, Menerima Notifikasi, Hasilkan Graf dan Melihat Graf. Nilai daripada bacaan jarak antara sisa buangan dengan permukaan tong sampah digunakan bagi melihat tahap penuh tong sampah dan menerima notifikasi. Notifikasi akan diterima apabila tahap penuh tong sampah melebihi 80 peratus. Selain itu, bacaan jarak antara sisa buangan dengan permukaan tong sampah juga digunakan bagi menghasilkan graf dan melihat graf.



Rajah 13: Gambar Rajah Aktiviti untuk Sensor Ultrasonik HC-SR04

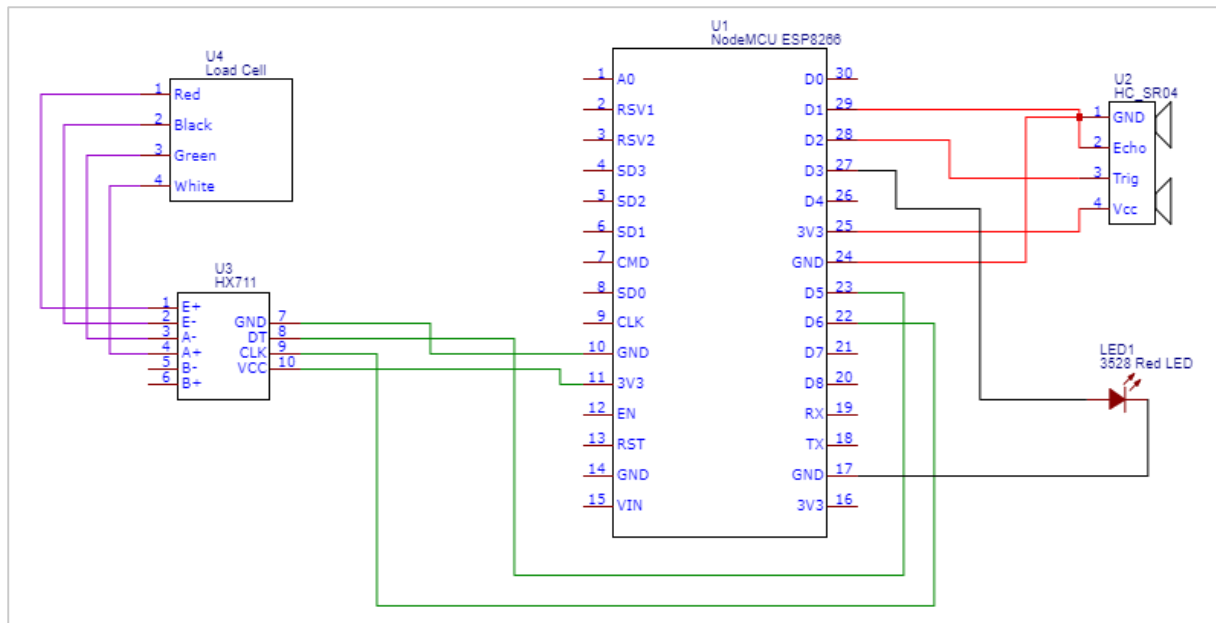
Rajah 14 menunjukkan gambar rajah aktiviti daripada pelakon ThingSpeak. Tiga aktiviti boleh dilakukan, iaitu Hasilkan graf, Graf berat sisa buangan dan tahap penuh tong sampah dan Melihat Graf. Nilai daripada bacaan jarak antara sisa buangan dengan permukaan tong sampah dan bacaan berat sisa buangan digunakan bagi menghasilkan graf berat sisa buangan dan tahap penuh tong sampah. Selain itu, bacaan jarak antara sisa buangan dengan permukaan tong sampah dan bacaan berat sisa buangan juga digunakan bagi melihat graf.



Rajah 14: Gambar Rajah Aktiviti untuk ThingSpeak

3.3 Fasa Pelaksanaan

Dalam fasa ini, aplikasi dibina seperti yang telah direka bentuk dalam fasa reka bentuk. Perisian Android Studio dan Arduino IDE digunakan bagi membangunkan aplikasi dan bahasa pengaturcaraan yang digunakan ialah Java dan C. Selain itu, Google Firebase pula digunakan sebagai pangkalan data dalam aplikasi ini. Rajah 12 menunjukkan rajah skematik yang dirujuk semasa pemasangan komponen seperti sensor sel beban HX711, sensor ultrasonik HC-SR04, LED dan NodeMCU ESP8266.



Rajah 12: Rajah skematik

3.4 Fasa Pengujian

Aplikasi diuji mengikut modul yang telah ditentukan bagi mengenal pasti masalah dan ralat. Pengujian dilakukan oleh pembangun sistem dan pengguna untuk memastikan aplikasi yang dihasilkan dapat memenuhi keperluan pembangun sistem dan pengguna.

Jadual 3: Keputusan Pelan Uji

Penerangan	Keputusan Jangkaan	Keputusan Sebenar
Daftar akaun pengguna baru	Pendaftaran pengguna baru berjaya	Berjaya
Log masuk akaun pengguna yang telah berdaftar	Pengguna dapat mengakses akaun menggunakan emel dan kata laluan yang telah didaftarkan	Berjaya
Set semula kata laluan	Kata laluan baharu boleh digunakan untuk log masuk	Berjaya
Klik pada menu berat sisa buangan	Berat sisa buangan dipaparkan	Berjaya
Klik pada menu tahap penuh tong sampah	Tahap penuh tong sampah dipaparkan	Berjaya
Terima notifikasi	Terima notifikasi apabila tong sampah telah lebih 80 peratus penuh dan berat melebihi satu kilogram	Berjaya

3.5 Fasa Penyelenggaraan

Setelah pengujian dilakukan, masalah yang telah dikenal pasti diperbaiki dan penambahbaikan dilakukan. Seterusnya aplikasi diselenggara bagi memastikan tiada masalah dan ralat semasa penggunaan aplikasi.

4. Hasil Pembangunan Sistem dan Perbincangan

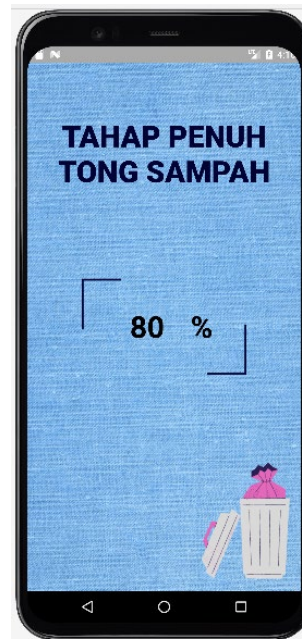
Aplikasi Pemantauan Tong Sampah berasaskan IoT menggunakan Sensor Ultrasonik berjaya dibangunkan dan berfungsi mengikut perancangan. Sensor sel beban HX711 dan sensor ultrasonik HC-

SR04 yang digunakan telah berjaya memaparkan data yang diperlukan seperti berat sisa buangan dan tahap penuh tong sampah.

4.1 Hasil Pembangunan Sistem



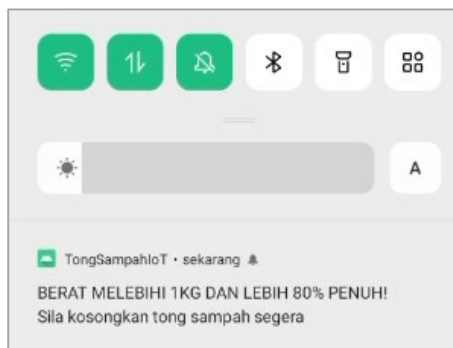
Rajah 13: Berat Sisa Buangan



Rajah 14: Tahap Penuh Tong Sampah

4.2 Perbincangan

Berdasarkan rajah 13 dan rajah 14, data berat sisa buangan dan tahap penuh tong sampah berjaya dipaparkan dalam aplikasi yang dibangunkan. Data tersebut disimpan di pangkalan data Google Firebase dan kemudian dipaparkan dalam aplikasi dengan menggunakan perisian Android Studio. Selain itu, terdapat dua parameter yang diukur iaitu tong sampah telah lebih 80 peratus penuh dan berat melebihi satu kilogram. Kedua-dua parameter digunakan supaya proses pengutipan sampah lebih efisien kerana pengguna hanya akan menerima notifikasi untuk mengosongkan tong sampah apabila tong sampah telah lebih 80 peratus penuh dan berat melebihi satu kilogram. Rajah 15 menunjukkan notifikasi yang diterima apabila berat melebihi satu kilogram dan tahap penuh tong sampah melebihi 80 peratus.



Rajah 15: Notifikasi pada telefon pintar

4.3 Arduino IDE

Rajah 16 menunjukkan *output* daripada perisian Arduino IDE yang memaparkan data daripada sensor sel beban HX711 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Data yang dipaparkan adalah jarak antara sisa buangan dengan permukaan tong sampah, peratus tahap kepenuhan tong sampah dan berat sisa buangan. Jarak antara sisa buangan dengan permukaan tong sampah diukur dalam unit sentimeter (cm), tahap kepenuhan tong sampah diukur dalam unit peratus (%) dan berat sisa buangan diukur dalam unit gram (g).

```
Distance : 9cm
Percentage : 60%
Weight (g): 153.47g

Distance : 8cm
Percentage : 70%
Weight (g): 153.47g

Distance : 8cm
Percentage : 70%
Weight (g): 153.47g

Distance : 8cm
Percentage : 70%
Weight (g): 153.46g
```

Rajah 16: Output sketch Arduino IDE

4.4 Pangkalan Data

Rajah 17 menunjukkan pangkalan data dalam masa sebenar di Google Firebase Console. Pangkalan data tersebut menyimpan data seperti berat sisa buangan, jarak antara sisa buangan dan permukaan tong sampah, peratus tahap penuh tong sampah dan maklumat pengguna. Maklumat pengguna yang disimpan ialah alamat emel dan nama pengguna.

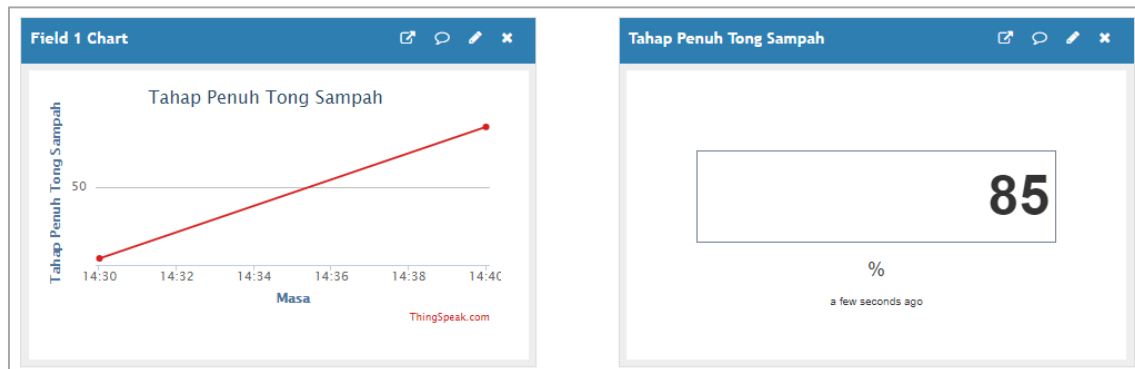


Rajah 17: Pangkalan Data Semasa Google Firebase

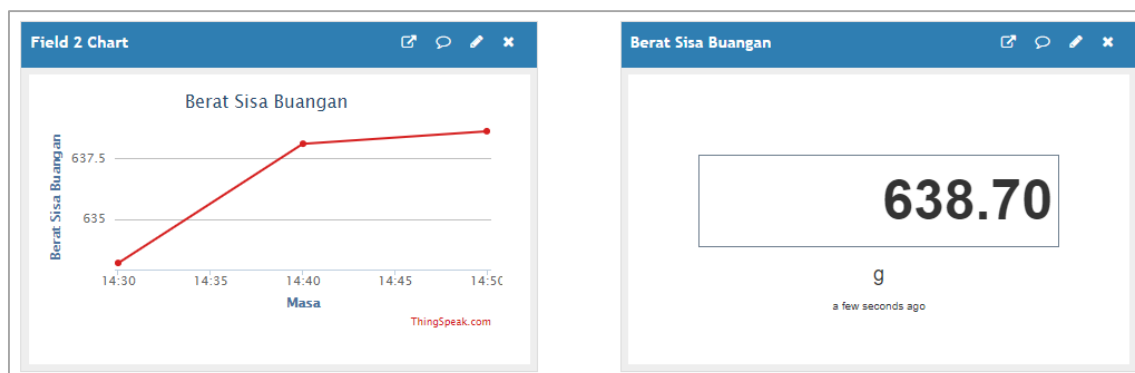
4.5 ThingSpeak

Rajah 18 dan rajah 19 menunjukkan graf yang dijana daripada ThingSpeak berdasarkan nilai bacaan sensor sel beban HX711 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Graf bagi tahap penuh tong sampah diplot tahap penuh tong sampah dalam unit peratus pada paksi y dan masa pada paksi x. Bagi graf berat sisa

buangan, pada paksi y ialah berat sisa buangan dalam unit gram dan paksi x ialah masa. Data pada graf akan dikemas kini dalam tempoh masa 15 saat.

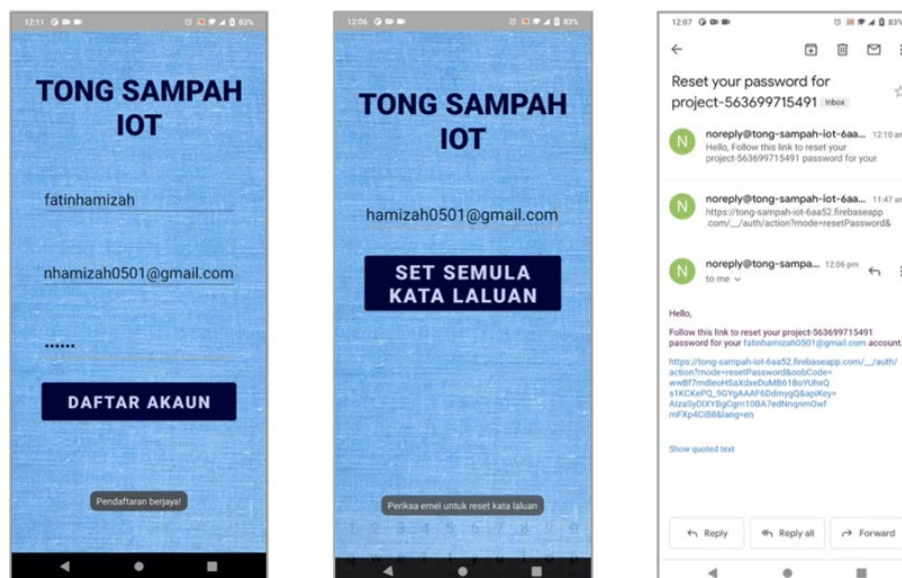


Rajah 18: Graf ThingSpeak Tahap Penuh Tong Sampah

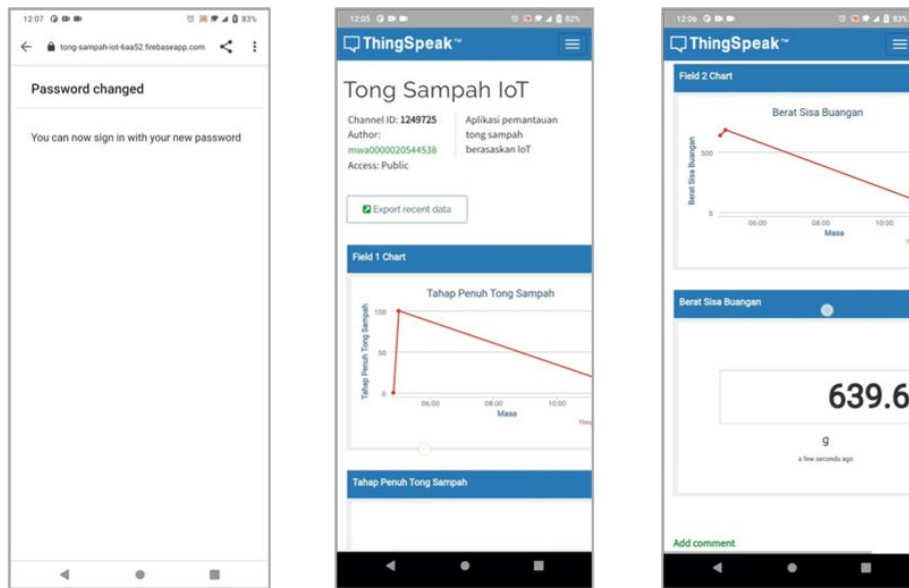


Rajah 19: Graf ThingSpeak Berat Sisa Buangan

4.6 Ujikaji Sistem



Rajah 20: Ujikaji Daftar Akaun dan Set Semula Kata Laluan



Rajah 21: Ujikaji Set Semula Kata Laluan dan Graf

Jadual 4: Ujikaji dan Pemerhatian

Ujikaji	Pemerhatian
Pendaftaran pengguna baharu	Pendaftaran pengguna baharu berjaya
Set semula kata laluan baharu	Menerima emel untuk set semula kata laluan
Menggunakan kata laluan baharu untuk log masuk	Kata laluan baharu boleh digunakan untuk log masuk
Paparan graf tahap penuh tong sampah	Graf tahap penuh tong sampah berjaya dipaparkan
Paparan graf berat sisa buangan	Graf berat sisa buangan berjaya dipaparkan
LED menyala	LED menyala apabila berat sisa buangan melebihi satu kilogram dan tahap penuh tong sampah melebihi 80 peratus

Berdasarkan rajah 20, rajah 21 dan jadual 4, ujikaji bagi menguji fungsi bagi setiap modul telah dilakukan. Antara ujikaji yang dijalankan ialah pendaftaran pengguna baharu, set semula kata laluan baharu, menggunakan kata laluan baharu untuk log masuk, paparan graf tahap penuh tong sampah dan paparan graf berat sisa buangan. Pemerhatian yang dapat dibuat berdasarkan ujikaji yang dijalankan ialah setiap modul berjaya untuk menghasilkan *output* yang dijangkakan. Kesimpulannya, setiap modul berjaya mengeluarkan hasil mengikut fungsi modul seperti modul daftar akaun berjaya mendaftar pengguna baru. Modul set semula kata laluan berjaya menerima emel set semula kata laluan seterusnya menggunakan kata laluan baharu untuk log masuk ke aplikasi. Modul graf berjaya memaparkan dua graf, iaitu graf tahap penuh tong sampah dan graf berat sisa buangan. Modul notifikasi pula berjaya menerima notifikasi apabila berat sisa buangan melebihi satu kilogram dan tahap penuh tong sampah melebihi 80 peratus.



Rajah 22: Simulasi Sensor (LED menyala)

Rajah 22 menunjukkan simulasi sensor. LED menyala apabila tahap penuh tong sampah melebihi 80 peratus dan berat sisa buangan melebihi satu kilogram. Jarak antara sisa buangan dengan permukaan tong sampah diukur menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan kemudian ditukarkan kepada unit peratus untuk mengesan tahap kepenuhan tong sampah. Berat sisa buangan diukur menggunakan sensor sel beban HX711.



Rajah 23: Simulasi Sensor (berat sisa buangan kurang satu kilogram)

Rajah 23 menunjukkan menunjukkan simulasi sensor. Tahap penuh tong sampah telah melebihi 80 peratus tetapi lampu LED tidak menyala jika berat sisa buangan kurang daripada satu kilogram.



Rajah 24: Simulasi Sensor (tahap penuh tong sampah kurang 80 peratus)

Rajah 24 menunjukkan simulasi sensor. Berat sisa buangan telah melebihi satu kilogram, tetapi lampu LED tidak menyala jika tahap penuh tong sampah kurang daripada 80 peratus.

5. Kesimpulan

Secara keseluruhannya, pembangunan aplikasi pemantauan tong sampah berasaskan IoT menggunakan sensor ultrasonik ini telah berjaya mencapai objektif yang telah ditetapkan pada awal pembangunan aplikasi. Proses pengujian telah dijalankan bagi menguji tahap kelancaran aplikasi dan mengenalpasti ralat yang berlaku dalam aplikasi sebelum dilancarkan. Cadangan penambahbaikan yang boleh dilakukan pada masa akan datang ialah penambahan pengesan GPS dimana lokasi tong sampah dapat dikesan oleh pengguna, justeru akan memudahkan proses pengutipan sampah. Selain itu, penambahan sensor seperti sensor infrared dan sensor kelembapan yang membolehkan pengasingan sampah dilakukan secara automatik. Hal ini akan memudahkan proses pengasingan sisa buangan kerana sensor infrared dan sensor kelembapan boleh digunakan untuk mengasingkan sisa buangan kering dengan sisa buangan basah.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Fakulti Sains Komputer dan Teknologi Maklumat, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongan dan dorongan sepanjang proses menjalankan kajian ini.

Rujukan

- [1] H. A. Rahman, "Penglibatan Komuniti dalam Pengurusan Sisa Pepejal di Malaysia," *Malaysian Journal of Environmental Management*, vol. 16, no. 1, pp. 13-22, 2017.
- [2] S. S. Annuar, "Rakyat Malaysia hasil 37,890 tan sisa setiap hari," *Berita Harian*, 2019. <https://www.bharian.com.my>. [Diakses pada Oktober 13, 2020]
- [3] P. Tambare & P. Venkatachalam, "IoT Based Waste Management for Smart City," *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 1267-1274, 2016, doi:110.15680/IJRCCE.
- [4] K. Selvaraj & Dr. A. Chakrapani, "Smart Dustbin Monitoring System using LAN Server and Arduino," *International Journal of Advances in Computer and Electronics Engineering*, vol. 2, no. 4, pp. 20-28, 2017.
- [5] K. Maheshwaran et al., "Smart Garbage Monitoring System using IoT," *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 6, no. 3, 2018.
- [6] "Waterfall Methodology: The Ultimate Guide to Waterfall Projects," *ProjectManager*, 2020. <https://www.projectmanager.com>. [Diakses pada Disember 14, 2020]
- [7] R. Ibrahim, "Analisis dan Reka Bentuk Sistem menggunakan Bahasa Pemodelan Bersepadu (UML) dan Gambar Rajah Aliran Data (DFD)," *Perpustakaan Negara Malaysia*, ISBN 978-983-49-2557-4.