

ECO COLLECT UKM : APLIKASI PENGUMPULAN SISA KITAR SEMULA DAN PEMULIHARAAN ALAM SEKITAR

¹Mohammad Darwish Luqman, ¹Dian Indrayani Jambari

¹Fakulti Teknologi & Sains Maklumat
43600 Universiti Kebangsaan Malaysia

Abstrak

Pengurusan kitar semula dalam kalangan pelajar universiti sering berdepan dengan cabaran seperti kurangnya penyertaan, sistem pelaporan manual yang tidak sistematik, serta kekurangan dorongan melalui teknologi. Di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), isu ini menjadi penghalang kepada pelaksanaan amalan kelestarian secara menyeluruh di peringkat kolej kediaman. Justeru, projek *Eco Collect UKM* telah dibangunkan sebagai sistem berasaskan web yang bertujuan untuk memudahkan pelajar menghantar laporan bahan kitar semula, melengkapkan pengumpulan dengan pengesanan GPS, memperoleh mata ganjaran dan lencana pencapaian, manakala penyelaras dan pentadbir dapat melaksanakan semakan, penjanaan laporan, serta analisis data secara sistematik. Pembangunan sistem ini menggunakan *Laravel* sebagai rangka kerja utama, *Python* untuk fungsi pengecaman imej berasaskan AI, dan *MySQL* sebagai pangkalan data, manakala pendekatan *Agile* digunakan bagi membolehkan penyesuaian pantas terhadap keperluan pengguna sepanjang proses pembangunan. Antara ciri unik sistem termasuk pengesanan tahap kesamaan imej sebelum dan selepas pengumpulan serta keperluan lokasi pengguna berada dalam radius 10 meter daripada pusat pengumpulan untuk membolehkan proses dilengkapkan. Hasil pengujian menunjukkan tahap kepuasan pengguna sangat tinggi dengan skor min melebihi 4.80 bagi hampir semua fungsi utama. Walau bagaimanapun, kekangan seperti ketiadaan fungsi notifikasi automatik dan sokongan Bahasa Melayu telah dikenal pasti. Maka, penambahbaikan disarankan meliputi pembangunan aplikasi mudah alih, integrasi notifikasi masa nyata, dan sokongan berbilang bahasa bagi memastikan sistem ini lebih inklusif, responsif, dan mampan untuk menyokong amalan kelestarian kampus.

Kata kunci: Eco Collect UKM, kitar semula, kelestarian kampus, sistem berasaskan web, gamifikasi, pengecaman imej AI, pengesanan GPS, Laravel, Agile, pengurusan sisa digital

Abstract

Recycling management among university students often faces challenges such as low participation, non-systematic manual reporting, and a lack of motivation through technology. At Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), these issues hinder the effective implementation of sustainability practices, especially at the residential college level. Therefore, the Eco Collect UKM project was developed as a web-based system aimed at facilitating students in submitting recycling reports, completing collection activities with GPS verification, earning reward points and achievement badges, while coordinators and administrators are able to review submissions, generate reports, and analyse data systematically. The system was developed using Laravel as the main framework, Python for AI-based image recognition, and MySQL as the database, with an Agile methodology adopted to allow for rapid adaptation to user requirements throughout the development cycle. Unique features of the system include image similarity detection between “before” and “after” collection photos, as well as GPS-based validation that requires students to be within a 10-meter radius of a designated collection centre to complete the process. Usability testing revealed a very high level of user satisfaction, with mean scores exceeding 4.80 for nearly all core functions. However, some limitations were identified, such as the absence of real-time notifications and lack of Malay language support. As such, proposed improvements include the development of a mobile application, integration of real-time notifications, and multilingual support to ensure the system becomes more inclusive, responsive, and sustainable in promoting campus-wide recycling practices.

Keywords: Eco Collect UKM, recycling, campus sustainability, web-based system, gamification, AI image recognition, GPS verification, Laravel, Agile, digital waste management

1.0 PENGENALAN

Isu pengurusan sisa dan kitar semula kini menjadi perhatian global kerana kepentingannya dalam memastikan kelestarian alam sekitar dan kesihatan awam. Di Malaysia, pertumbuhan ekonomi dan peningkatan populasi telah menjadikan pengurusan sisa satu cabaran besar, khususnya di kawasan urban. Menurut kajian oleh Mapa et al. (Mapa et al. 2019), peningkatan jumlah sisa pepejal telah memberi tekanan kepada sistem pengurusan sisa di bandar-bandar utama. Statistik menunjukkan bahawa jumlah penjanaan sisa isi rumah meningkat daripada 36,500 tan sehari pada tahun 2015 kepada 38,150 tan sehari pada tahun 2018 (Solid Waste and Public Cleansing Management Corporation (SWCorp) 2020), dengan kadar pertumbuhan tahunan sebanyak 4% (Abubakar et al. 2022). Namun, kadar kitar semula di Malaysia masih berada pada tahap rendah dan memerlukan strategi penambahbaikan yang lebih efektif.

Di institusi pengajian tinggi seperti Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), pelbagai inisiatif kelestarian telah diperkenalkan untuk menggalakkan amalan kitar semula dalam kalangan warga kampus. Sebagai institusi yang dihuni oleh majoriti pelajar, UKM memainkan peranan penting dalam memperkenalkan perubahan kepada tabiat kitar semula. Pelajar, sebagai penyumbang utama kepada penghasilan bahan kitar semula di kampus, perlu diberi perhatian khusus kerana populasi mereka yang besar menjadikan mereka agen perubahan yang berpotensi. Walau bagaimanapun, sambutan terhadap inisiatif kitar semula dalam kalangan pelajar masih kurang memuaskan. Faktor seperti kurang kesedaran mengenai kepentingan kitar semula, sikap sambil lewa, dan keengganan mengubah tabiat lama menjadi cabaran utama (Baharudin & Aziz 2020).

Tambahan pula, sistem pelaporan dan pengurusan sisa yang masih bergantung kepada kaedah manual atau sistem yang tidak mesra pengguna menyukarkan pemantauan dan analisis data sisa yang konsisten. Pelajar sebagai pengguna utama kemudahan kampus perlu diberikan pendedahan dan motivasi yang lebih besar untuk terlibat secara aktif dalam inisiatif kitar semula, selain memastikan sistem yang lebih efisien dapat membantu melancarkan proses ini.

Secara keseluruhannya, pengurusan sisa yang berkesan bukan sahaja memastikan pembuangan sisa yang selamat dan teratur, tetapi juga mengurangkan kesan negatif terhadap kesihatan awam dan alam sekitar. Di samping itu, ia membantu memelihara sumber alam semula jadi, meningkatkan kualiti hidup, dan menjamin kelestarian untuk generasi akan datang. Dalam konteks UKM, pelajar sebagai penyumbang terbesar bahan kitar semula berpotensi memainkan peranan penting dalam menyokong agenda kelestarian kampus. Oleh itu, usaha yang lebih komprehensif perlu dilaksanakan untuk meningkatkan kesedaran, mengubah tabiat, dan memperkuat infrastruktur pengurusan sisa yang mesra pengguna bagi memastikan kelestarian alam sekitar di peringkat universiti.

2.0 KAJIAN LITERATUR

Program kitar semula di institusi pengajian tinggi memainkan peranan penting dalam pengurusan sisa dan kelestarian alam sekitar, terutamanya di kawasan urban. Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) dan Universiti Malaya, misalnya, telah melaksanakan sistem pengurusan kitar semula yang berkesan dengan penggunaan kontena sisa aliran ganda, yang terbukti kos efektif dan mudah diuruskan (Tiew et al., 2019). Walaupun kesedaran terhadap kitar semula semakin meningkat, kajian oleh Mohd Haszami Mat Zaini dan Mohammad Tahir Mapa (Zaini & Mapa, 2024) mendapati bahawa kadar penyertaan pelajar masih rendah disebabkan oleh kekurangan motivasi dan kesedaran dalam kalangan komuniti kampus.

Beberapa universiti telah memperkenalkan program kitar semula, namun hasilnya sering kali tidak memuaskan akibat kekurangan infrastruktur yang sesuai, tabiat pengguna yang tidak mengutamakan kitar semula, serta kelemahan dalam pemantauan. Kajian lampau juga menunjukkan bahawa amalan kitar semula masih rendah dalam institusi pendidikan walaupun pelbagai usaha telah dilakukan bagi meningkatkan kesedaran (Zaini & Mapa, 2024). Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan baharu yang lebih berkesan untuk menarik minat dan penglibatan pelajar dalam aktiviti ini.

Kemajuan teknologi telah membawa kepada penggunaan aplikasi digital dalam usaha meningkatkan kadar kitar semula. Aplikasi mudah alih kini digunakan secara meluas untuk mengoptimumkan proses pengumpulan sisa, menggalakkan penglibatan pengguna, serta meningkatkan kecekapan dan ketepatan data (Iparraguirre-Villanueva et al., 2023). Universiti-universiti di seluruh dunia, termasuk Malaysia, telah menggunakan aplikasi yang membolehkan pelajar melaporkan bahan, menjejak aktiviti kitar semula, dan menerima insentif. Fungsi seperti pemuatan naik gambar, statistik aktiviti, dan ganjaran seperti mata atau lencana terbukti berkesan dalam meningkatkan penyertaan (Hsu, 2022).

Walaupun begitu, masih terdapat cabaran dari segi teknikal seperti pengesahan imej dan kesilapan pengguna yang perlu ditangani (Dursun, Kabadayı & Yürüyen, 2023). Di Malaysia, meskipun penggunaan kontena sisa aliran ganda telah terbukti berkesan, tahap penglibatan pelajar kekal rendah. Ini menunjukkan bahawa walaupun insentif digital dan teknologi mampu meningkatkan penyertaan, aspek motivasi dan kesedaran masih menjadi halangan utama, serta keperluan untuk aplikasi yang benar-benar memenuhi keperluan pengguna.

Bagi mengatasi isu ini, Aplikasi Eco Collect UKM dibangunkan untuk membolehkan pelajar melaporkan bahan kitar semula secara digital. Aplikasi ini dijangka meningkatkan kecekapan sistem kitar semula di UKM dan menyediakan gambaran lebih jelas mengenai aktiviti pengumpulan. Data yang dikumpul secara automatik membolehkan pemantauan yang lebih efektif oleh pihak pentadbir. Jika dilaksanakan dengan baik, sistem ini mampu menyelesaikan masalah pengumpulan, pemantauan, dan pengagihan data kitar semula secara lebih efisien, seterusnya meningkatkan penglibatan komuniti kampus dalam usaha kelestarian (Zaini & Mapa, 2024; Iparraguirre-Villanueva et al., 2023; Hsu, 2022).

3.0 METODOLOGI

Projek Eco Collect UKM akan mengikuti pendekatan *Agile* yang merangkumi enam proses utama: perancangan, rekaan, pembangunan, pengujian, pelaksanaan, dan semakan. Pendekatan Agile dipilih kerana ia menawarkan fleksibiliti dan kemampuan untuk bertindak balas dengan cepat terhadap perubahan keperluan dan maklum balas daripada pengguna. Dengan menjalankan setiap proses secara berulang, pasukan dapat memastikan aplikasi yang dibangunkan bukan sahaja memenuhi keperluan pengguna dengan berkesan dan cekap, tetapi juga menyokong prinsip kelestarian.

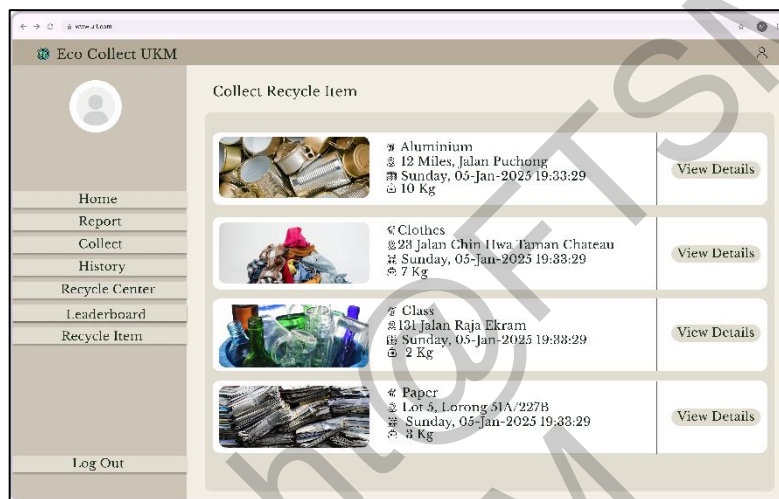
3.1 Analisis Keperluan

Fasa analisis keperluan telah dijalankan untuk mengenal pasti fungsi utama sistem berdasarkan keperluan sebenar pengguna daripada tiga kumpulan utama iaitu pelajar, penyelarar seperti MEP Kelestarian Kolej, dan pentadbir kolej. Projek *Eco Collect UKM* dibangunkan dengan objektif untuk memudahkan proses kitar semula dalam kampus UKM melalui penyelesaian digital yang sistematik dan mesra pengguna. Pelajar menggunakan sistem ini untuk menghantar laporan bahan kitar semula dan menumpul bahan kitar semula, penyelarar bertanggungjawab memantau serta meluluskan laporan pengumpulan pelajar, manakala pentadbir kolej mengurus sistem secara menyeluruh termasuk analisis data kitar semula.

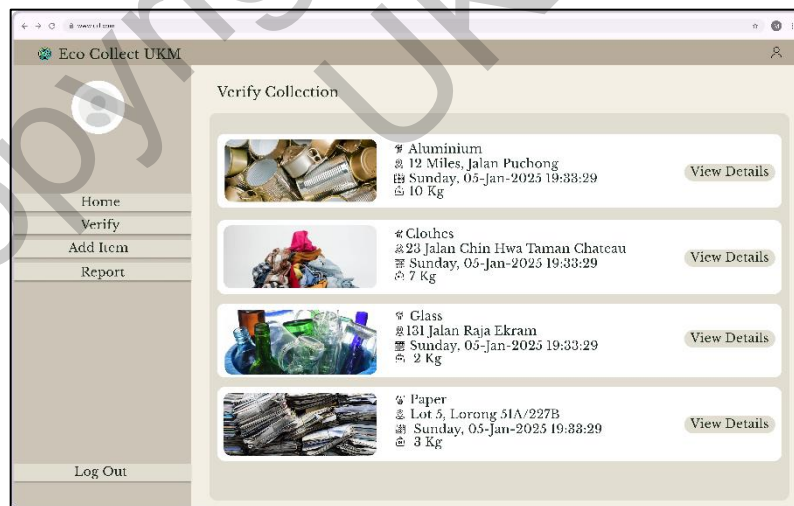
Kaedah soal selidik, temubual dan lakaran antaramuka telah digunakan bagi memahami dan menggambarkan keperluan pengguna dengan lebih jelas. Soal selidik telah diedarkan kepada 30 pelajar UKM bagi mengenal pasti tahap kesedaran, cabaran dan keperluan berkaitan aktiviti kitar semula. Hasilnya menunjukkan bahawa walaupun pelajar menyedari kepentingan kitar semula, kebanyakan daripada mereka tidak aktif disebabkan kekurangan kemudahan, kesedaran dan motivasi. Namun begitu, 100% pelajar bersetuju bahawa penggunaan teknologi dapat membantu mempermudah dan menggalakkan penyertaan dalam aktiviti kitar semula. Antara cadangan pelajar ialah sistem yang mempunyai papan kedudukan.

Selain itu, sesi temubual bersama MEP Kelestarian Kolej Pendeta Za'ba dan Penasihat Biro Kelestarian Kampus Hijau KPZ telah memberikan input berharga berkaitan keperluan pengurusan dan pemantauan aktiviti kitar semula di kolej. Mereka mencadangkan agar sistem dibangunkan dengan ciri penjanaan laporan, serta ganjaran kepada pelajar yang aktif sebagai bentuk motivasi. Tambahan pula, mereka menekankan bahawa sistem mestilah mesra pengguna dan dapat mengurangkan beban pentadbiran secara manual.

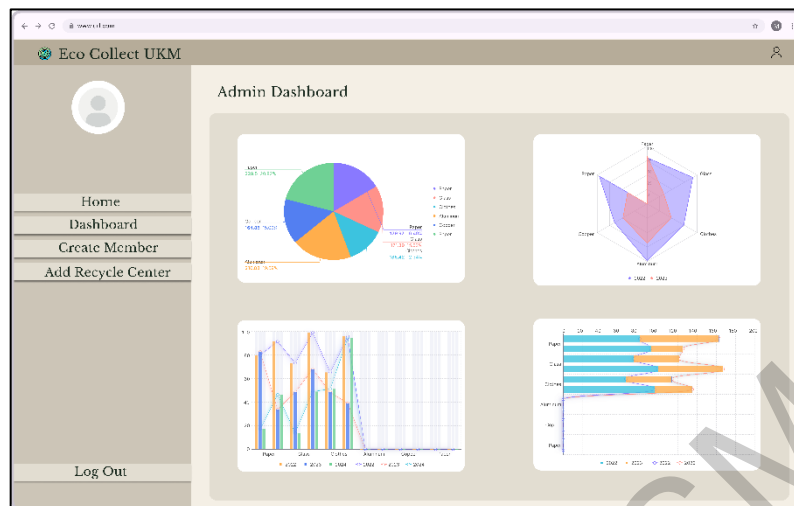
Bagi membantu pengguna membayangkan fungsi sistem, lakaran awal antaramuka telah direka bentuk. Lakaran ini melibatkan halaman utama pelajar, papan kedudukan, halaman penyelarar untuk semakan laporan, serta paparan pentadbir untuk analisis data. Rajah-rajah lakaran ini telah digunakan dalam sesi semakan bersama pengguna bagi mendapatkan maklum balas dan pengesahan keperluan sistem. Lakaran tersebut berperanan penting dalam menyesuaikan antara keperluan pengguna dan reka bentuk sistem yang bakal dibangunkan, sekaligus memastikan kefungsi sistem adalah selaras dengan kehendak pengguna sebenar.



Rajah 1: Lakaran Awal Antara Muka Pelajar



Rajah 2: Lakaran Awal Antara Muka Penyelarar



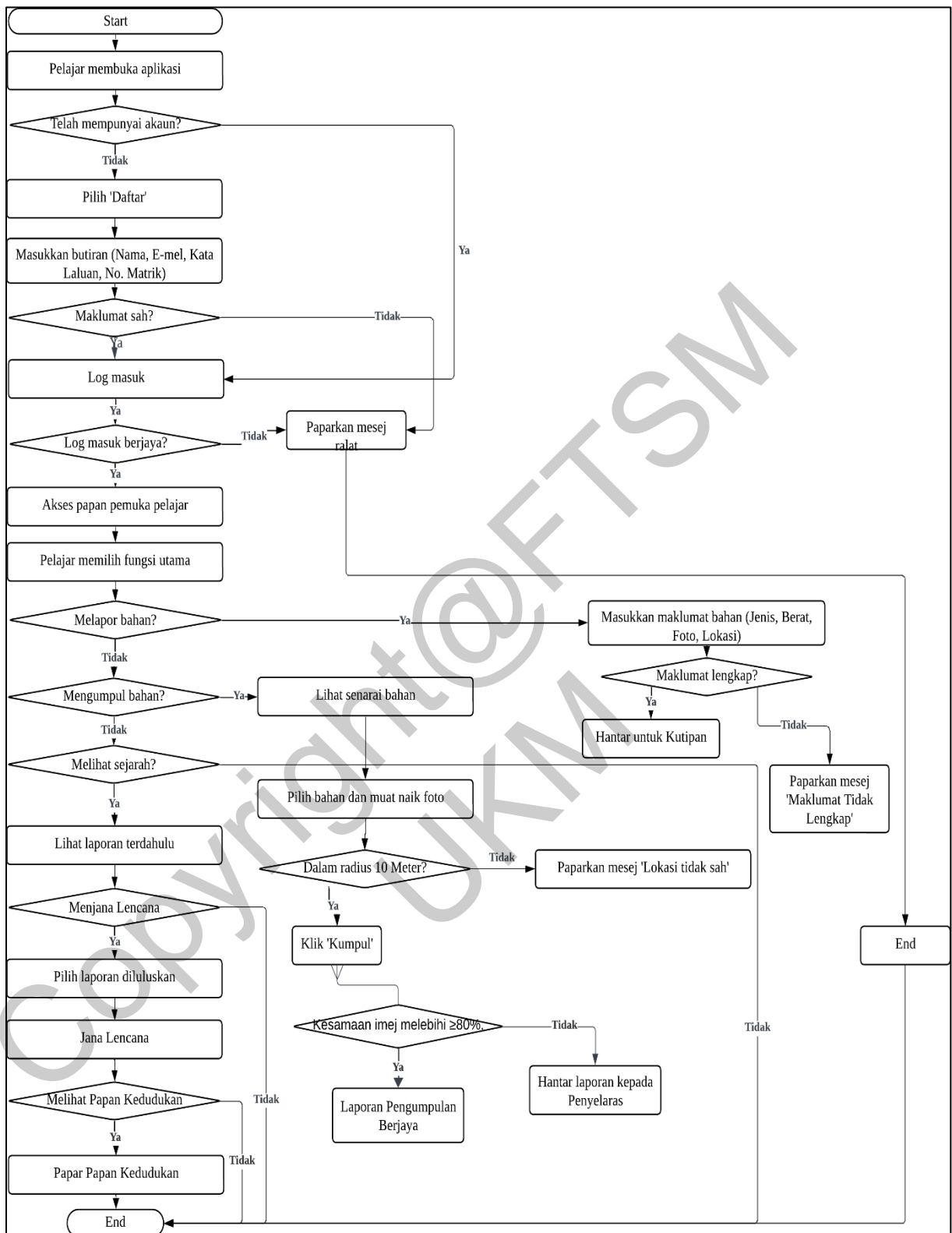
Rajah 3: Lakaran Awal Antara Muka Pentadbir

3.2 Reka Bentuk Model Konseptual

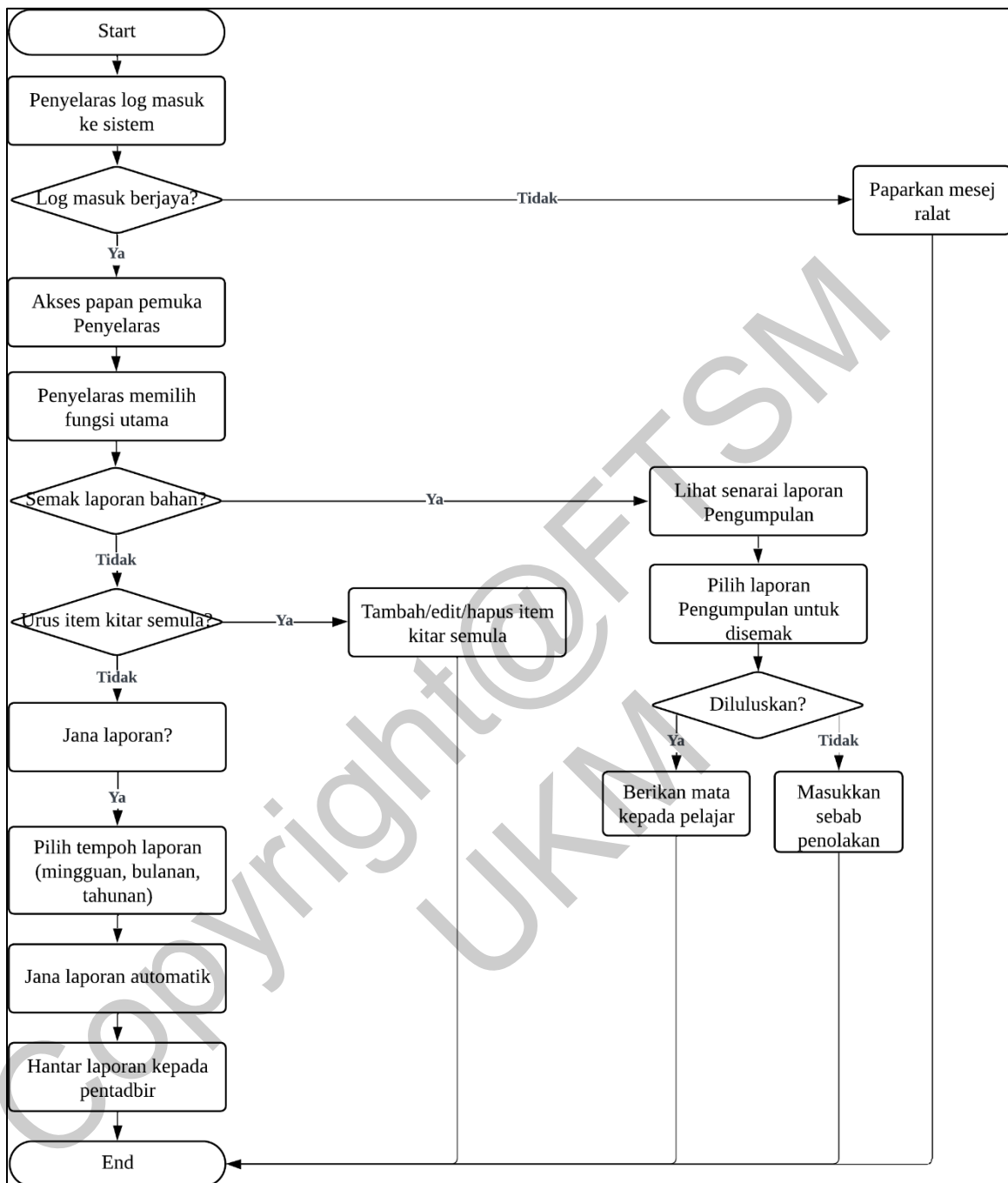
Pengujian reka bentuk sistem merangkumi pembangunan model pangkalan data, lakaran antara muka pengguna, serta aliran proses bagi setiap peranan utama iaitu pelajar, penyelar, dan pentadbir kolej. Rajah Entiti-Perhubungan (E-R) telah digunakan bagi merancang struktur pangkalan data secara sistematik, memastikan semua entiti seperti pengguna, laporan, pusat pengumpulan, dan pengumpulan mempunyai hubungan yang jelas dan mantap. Antara muka pengguna pula direka berdasarkan prinsip mesra pengguna dan responsif, dengan mengambil kira kemudahan navigasi serta kefahaman pengguna akhir. Reka bentuk ini dibangunkan hasil daripada maklum balas semasa fasa analisis keperluan dan lakaran awal antaramuka.

Model aliran sistem telah dibangunkan dalam bentuk carta alir untuk menggambarkan interaksi pengguna dengan sistem berdasarkan aliran tugas sebenar. Tiga carta alir utama dihasilkan bagi mewakili peranan pelajar, penyelar, dan pentadbir dalam sistem Eco Collect UKM. Rajah 4 menunjukkan carta alir bagi pelajar, yang merangkumi proses log masuk, penghantaran laporan bahan kitar semula, pemantauan status laporan, serta semakan sejarah penyertaan dan mata ganjaran. Rajah 5 pula memaparkan carta alir penyelar, yang melibatkan proses semakan dan kelulusan laporan pelajar, pemantauan pusat pengumpulan, serta penjaan laporan bulanan berkaitan aktiviti kitar semula. Sementara itu, Rajah 6 memperincikan carta alir bagi pentadbir, termasuk pengurusan akaun pengguna sistem, analisis statistik melalui papan pemuka, dan pemantauan menyeluruh terhadap aktiviti kitar semula di kolej kediaman. Pembangunan carta alir ini membantu memastikan setiap modul sistem memenuhi aliran kerja sebenar pengguna, sekaligus menyokong pelaksanaan sistem yang lebih teratur dan berkesan.

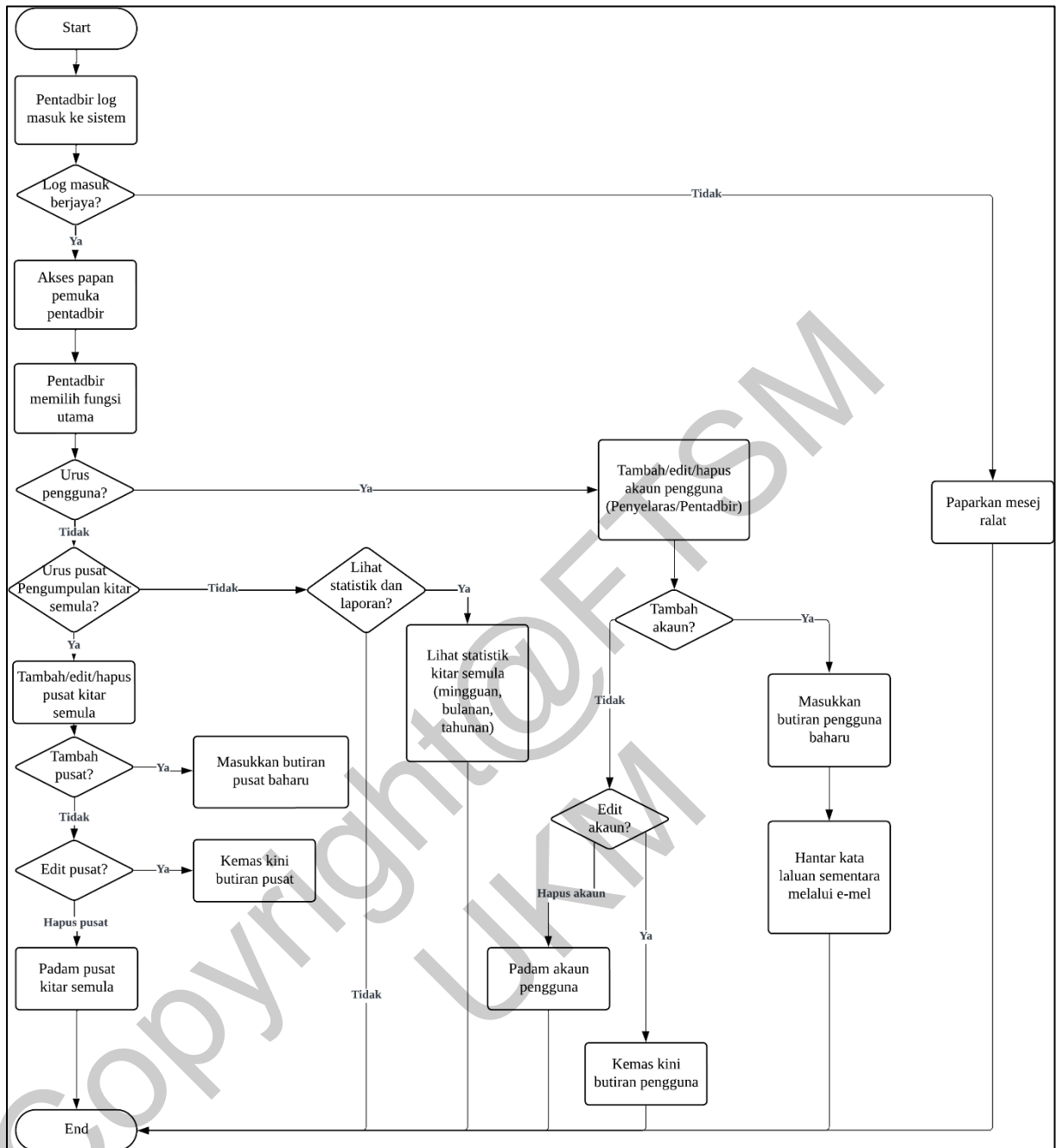
Setiap modul sistem direka secara modular agar setiap komponen seperti laporan, pengumpulan, pengguna, dan penjana laporan dapat berfungsi secara bebas serta mudah diuji atau dinaik taraf. Pembangunan sistem dijalankan menggunakan *PHP* sebagai bahasa pengaturcaraan utama, dengan *Laravel* sebagai rangka kerja (framework) yang menyusun struktur backend, logik aplikasi, dan pengurusan antaramuka secara sistematik. Sistem dibangunkan dalam persekitaran *XAMPP*, yang menyediakan pelayan web *Apache* dan pangkalan data *MySQL* untuk tujuan pembangunan dan ujian setempat. Selain itu, Python turut digunakan bagi melaksanakan fungsi pintar seperti pengiraan tahap persamaan imej bagi tujuan auto-kelulusan laporan, yang meningkatkan kecekapan dan kebolehpercayaan sistem. Pangkalan data *MySQL* digunakan untuk menyimpan semua maklumat secara teratur dan selamat, manakala pembangunan keseluruhan dilaksanakan dalam persekitaran *Visual Studio Code* yang menyokong pelbagai bahasa dan alat pembangunan. Reka bentuk sistem ini memastikan Eco Collect UKM dapat menyokong amalan kelestarian kampus dengan menyediakan platform pengurusan kitar semula yang sistematik, efisien, dan mesra pengguna kepada semua pihak.



Rajah 4: Carta Alir Eco Collect UKM Bagi Pelajar



Rajah 5: Carta Alir Eco Collect UKM Bagi Penyelaras



Rajah 6: Carta Alir Eco Collect UKM Bagi Pentadbir

4.0 HASIL

4.1 Pembangunan Sistem

Tujuan sistem Eco Collect UKM adalah untuk memudahkan pelajar, penyelarar, dan pentadbir kolej dalam mengurus aktiviti kitar semula secara sistematik, serta boleh diakses pada bila-bila masa melalui laman sesawang yang mesra pengguna. Pelajar boleh menghantar laporan bahan kitar semula, melengkapkan proses pengumpulan, memantau status kelulusan, menyemak sejarah penyertaan, dan memperoleh lencana serta mata ganjaran berdasarkan aktiviti mereka. Penyelarar pula boleh menyemak dan meluluskan pengumpulan, mengurus item kitar semula, menjana laporan bulanan, serta memantau pusat pengumpulan. Manakala pentadbir mempunyai akses penuh kepada sistem termasuk pengurusan pengguna, pemantauan pusat pengumpulan, serta semakan statistik melalui papan pemuka dan analitik sistem.

Proses pembangunan sistem ini dimulakan dengan pembinaan pangkalan data menggunakan *XAMPP* dan *phpMyAdmin*, di mana semua maklumat penting seperti pengguna, laporan, pengumpulan, item, pusat kitar semula, dan lencana disimpan secara berstruktur dalam pangkalan data *MySQL*. Antara muka sistem dibangunkan menggunakan *Visual Studio Code*, dengan teknologi utama seperti *Laravel* untuk membina logik aplikasi dan backend, *Blade templating engine* untuk antara muka pengguna, serta *HTML*, *CSS*, dan *JavaScript* bagi memastikan sistem responsif dan mesra pengguna. Fungsi tambahan seperti pengecaman imej untuk auto-kelulusan dibangunkan menggunakan *Python*, yang membandingkan gambar sebelum dan selepas pengumpulan bagi menyokong keputusan kelulusan secara automatik.

Rajah 7 hingga Rajah 14 memaparkan reka bentuk antara muka sistem *Eco Collect UKM* berdasarkan peranan pengguna. Selepas log masuk, pelajar akan mengakses antara muka untuk menghantar laporan bahan kitar semula, memulakan pengumpulan, memantau status pengumpulan, menyemak sejarah, serta melihat papan kedudukan dan pencapaian lencana. Penyelarar pula akan melihat antara muka yang memaparkan senarai pengumpulan yang menunggu semakan, fungsi untuk meluluskan atau menolak dengan alasan, pengurusan item kitar semula, serta penajaan dan semakan sejarah laporan bulanan. Pentadbir diberikan akses kepada antara muka untuk mencipta atau menyunting akaun pengguna, menyelia statistik sistem melalui papan pemuka analitik, dan mengurus maklumat pusat pengumpulan termasuk tetapan lokasi dan radius. Setiap antara muka direka agar mudah difahami, responsif dan sesuai digunakan oleh semua peringkat pengguna sistem mengikut peranan mereka.

Rajah 5 menunjukkan antara muka laporan bahan kitar semula oleh pelajar. Pelajar mengisi maklumat bahan, menetapkan lokasi, dan memuat naik gambar sebelum menghantar laporan.

Eco Collect UKM 10267 Points

Submit Recycling Form

Item Category
Select Category

Estimated Weight (Kg)
e.g., 1.5

Location Description
e.g., Kolej Idris Zaini, Block C

Search Location
Search location...

Pin Location
Map Satellite

Recenter to My Location

Upload Photo
Choose File No file chosen

Submit Report

Rajah 5: Antara Muka Laporan Kitar Semula Bagi Pelajar

Rajah 6 menunjukkan antara muka senarai bahan kitar semula yang boleh dikumpulkan oleh pelajar. Untuk memulakan pengumpulan, pelajar mesti berada dalam radius 10 meter daripada lokasi pusat pengumpulan. Selepas berada di lokasi, pelajar perlu memuat naik gambar bahan sebelum dan selepas pengumpulan. Sistem kemudian akan menilai tahap kesamaan imej menggunakan AI, dan jika melebihi 80%, pengumpulan akan diluluskan secara automatik.

Eco Collect UKM 10267 Points

Collect Recycle Item

Sort by Date Ascending

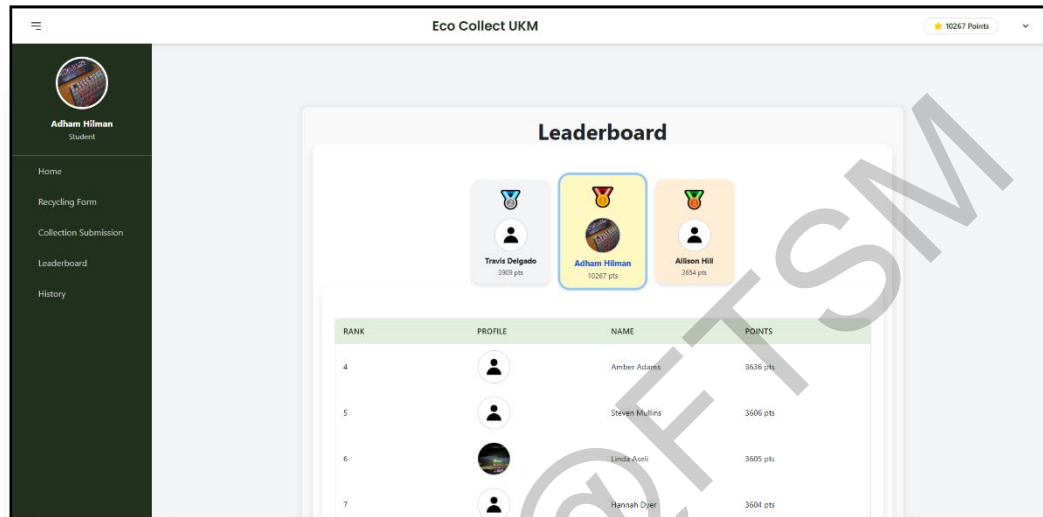
Aluminium Cans at Kolej Ungku Omar
Cans Jalan Kolej 2025-04-10 21:37:34 2 Kg View Details

Tin Cans at Perpustakaan UKM
Cans Jalan Perpustakaan 2025-04-09 23:58:54 1.5 Kg View Details

Cardboard Recycled at DECTAR
Cardboard Jalan Canselor 2025-04-09 23:58:54 4.5 Kg View Details

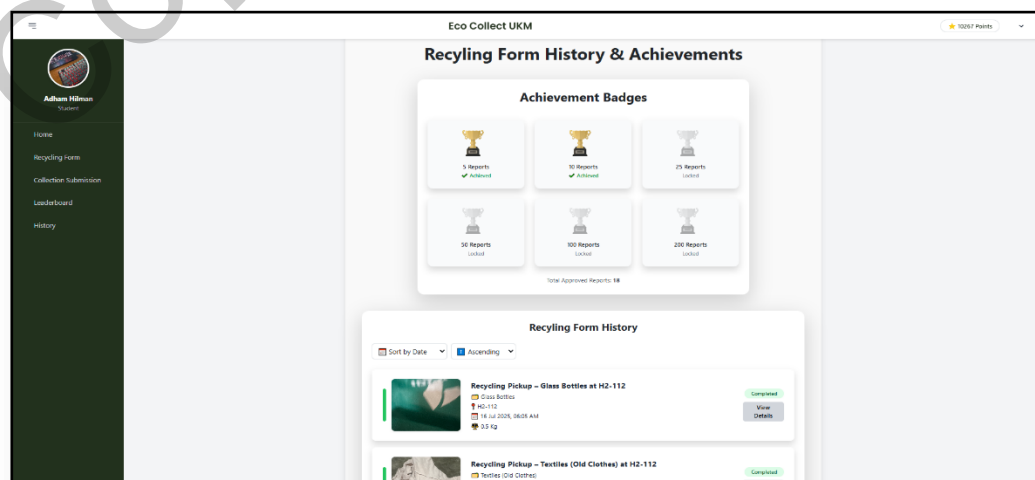
Rajah 6: Antara Muka Pengumpulan Kitar Semula Bagi Pelajar

Rajah 7 menunjukkan antara muka papan kedudukan pelajar berdasarkan jumlah mata terkumpul hasil aktiviti kitar semula. Senarai ini dikemas kini secara automatik dan direka untuk mendorong persaingan sihat dalam kalangan pelajar melalui sistem ganjaran dan motivasi berasaskan mata.



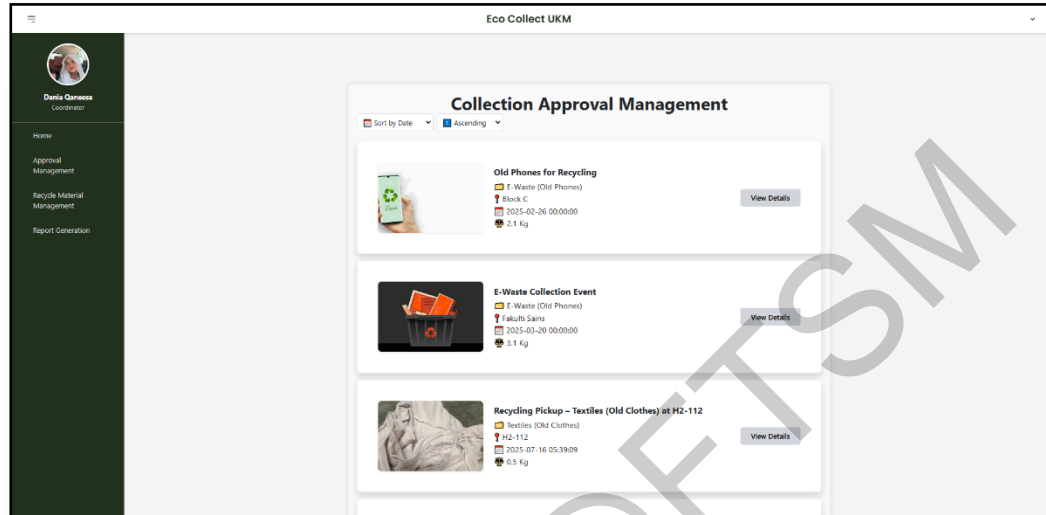
Rajah 7: Antara Muka Papan Kedudukan Bagi Pelajar

Rajah 8 menunjukkan antara muka sejarah laporan dan pengumpulan pelajar. Pelajar boleh melihat status kelulusan setiap penyertaan serta maklumat terperinci seperti tarikh, berat, jenis bahan, dan gambar. Antaramuka ini juga memaparkan lencana pencapaian yang diperoleh apabila pelajar mencapai jumlah tertentu, seperti 10, 25, atau 50 laporan atau pengumpulan, sebagai bentuk penghargaan dan motivasi.



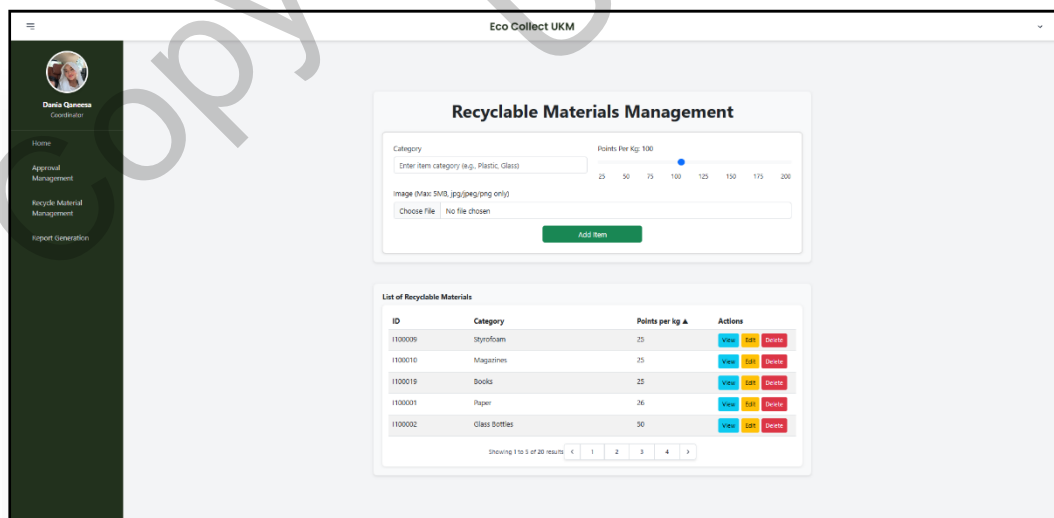
Rajah 8: Antara Muka Sejarah Laporan, Pengumpulan Dan Penjanaan Lencana Bagi Pelajar

Rajah 9 menunjukkan antara muka penyelarar untuk menyemak dan meluluskan pengumpulan bahan kitar semula yang dihantar oleh pelajar. Setiap permohonan disertakan dengan gambar sebelum dan selepas, jenis bahan, lokasi, tarikh, dan berat. Penyelarar boleh meluluskan atau menolak dengan alasan,



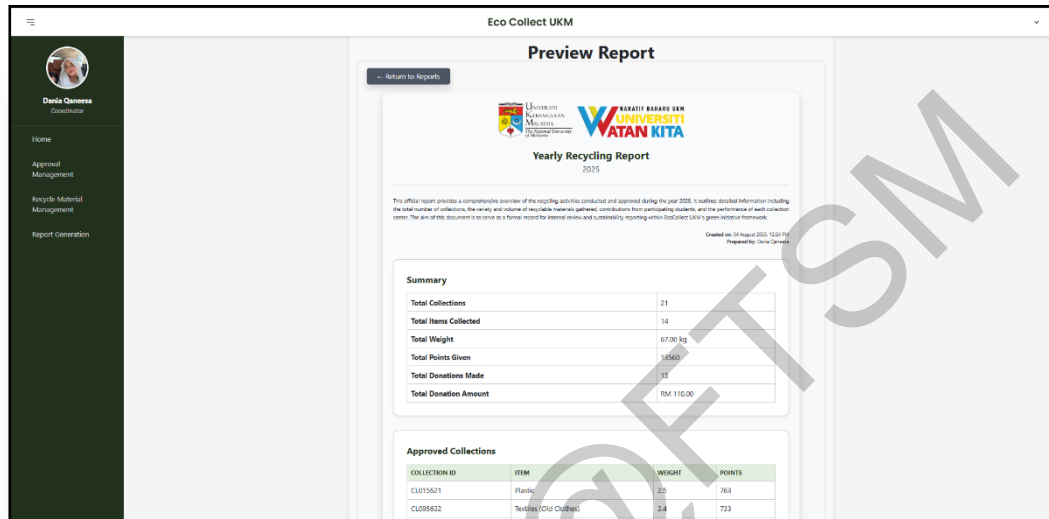
Rajah 9: Antaramuka Semakan Dan Kelulusan Pengumpulan Kitar Semula Bagi Penyelarar

Rajah 10 menunjukkan antara muka pengurusan item bahan kitar semula oleh penyelarar. Melalui paparan ini, penyelarar boleh menambah, mengemas kini, atau memadam jenis bahan seperti plastik, kertas, dan kaca, serta menetapkan mata ganjaran berdasarkan berat bahan.



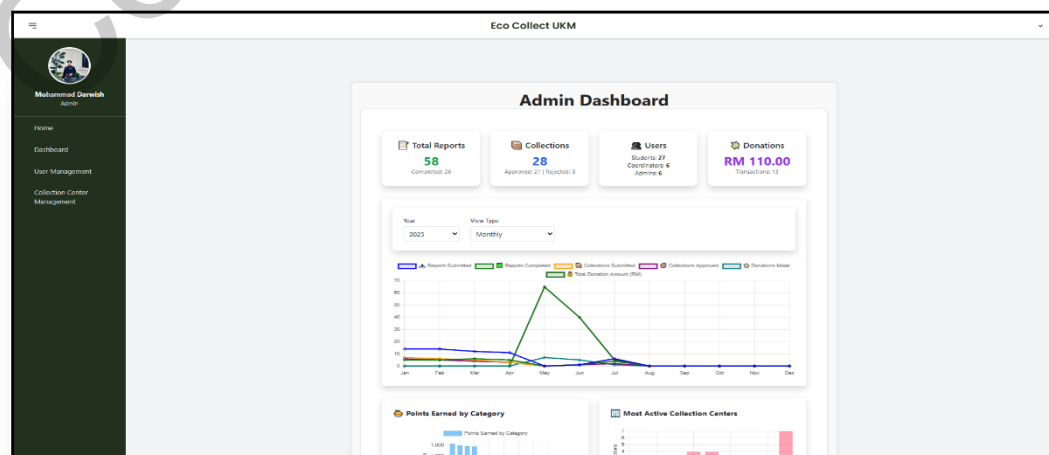
Rajah 10: Antaramuka Pengurusan Item Kitar Semula Bagi Penyelarar

Rajah 11 menunjukkan antara muka penjana laporan aktiviti kitar semula oleh penyelaras. Laporan boleh dijana secara automatik mengikut bulan dan memaparkan jumlah bahan yang dikumpulkan, pecahan jenis bahan, dan berat. Laporan ini kemudiannya dihantar kepada pentadbir untuk rujukan dan pemantauan.



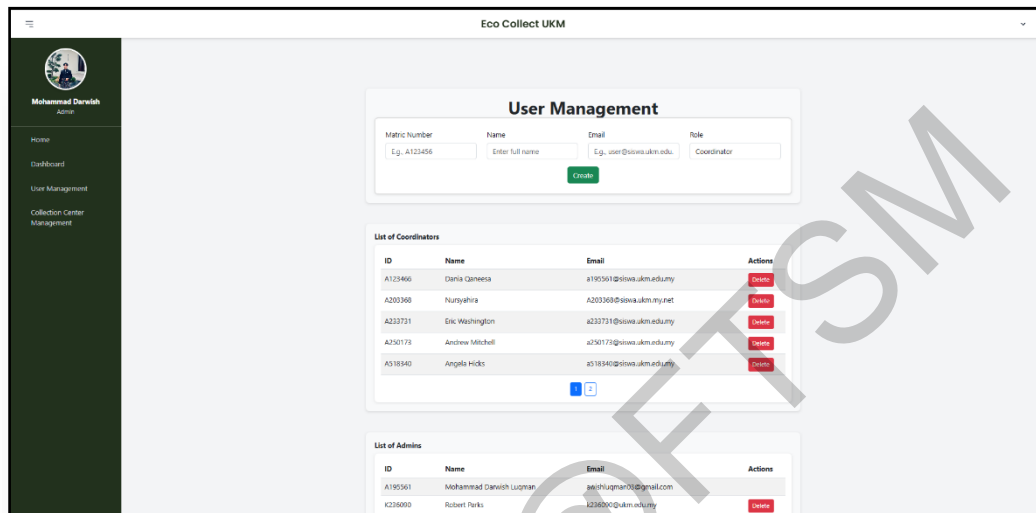
Rajah 11: Antaramuka Penjana Laporan Kitar Semula Bagi Penyelaras

Rajah 12 menunjukkan antara muka papan muka pentadbir yang memaparkan statistik aktiviti kitar semula dalam bentuk graf, jadual, dan ringkasan. Antara data yang dipaparkan termasuk jumlah berat bahan terkumpul, jenis bahan, bilangan laporan, dan jumlah mata yang diberikan kepada pelajar. Paparan ini membantu pentadbir memantau prestasi sistem secara menyeluruh.



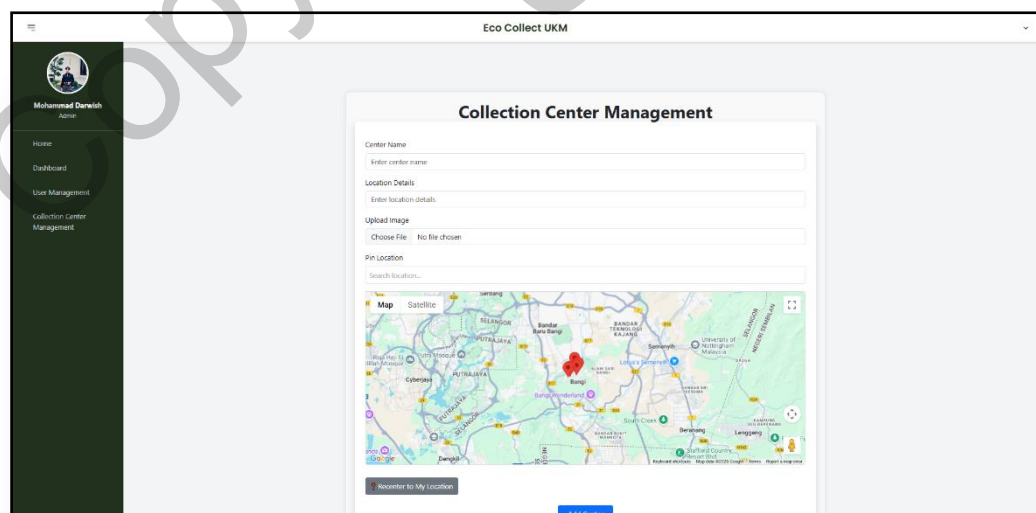
Rajah 12: Antaramuka Papan Muka Dan Analitik Bagi Pentadbir

Rajah 13 menunjukkan antara muka pengurusan pengguna oleh pentadbir. Pentadbir boleh mencipta akaun baharu untuk penyelaras dan pentadbir lain, menetapkan peranan, serta menyunting atau menyahaktifkan akaun sedia ada. Kata laluan sementara akan dijana dan dihantar ke emel pengguna secara automatik semasa pendaftaran.



Rajah 13: Antaramuka Pengurusan Akaun Pentadbir Dan Penyelaras Bagi Pentadbir

Rajah 14 menunjukkan antara muka pengurusan pusat pengumpulan kitar semula oleh pentadbir. Pentadbir boleh menambah, mengemas kini, atau memadam pusat pengumpulan termasuk menetapkan nama, alamat, dan lokasi peta.



Rajah 14: Antara Muka Pengurusan Pusat Pengumpulan Kitar Semula Bagi Pentadbir

4.2 Penilaian Sistem

Prosedur penilaian sistem dilaksanakan bagi memastikan sistem Eco Collect UKM menepati keperluan pengguna dari aspek kebolehgunaan. Pengujian kebolehgunaan ini melibatkan pengguna sebenar iaitu pelajar, penyelaras seperti MEP Kelestarian Kolej, dan pentadbir kolej di Universiti Kebangsaan Malaysia. Objektif utama pengujian ini adalah untuk menilai sejauh mana sistem mudah digunakan, jelas dari segi susun atur antara muka, serta menyokong aliran kerja pengguna mengikut peranan masing-masing dengan berkesan.

i. Pengujian Kebolehgunaan

Bahagian ini membincangkan penilaian terhadap fungsi-fungsi utama dalam sistem Eco Collect UKM yang digunakan oleh pelajar, penyelaras, dan pentadbir kolej di Universiti Kebangsaan Malaysia. Penilaian ini bertujuan untuk mengenal pasti tahap keberkesanan, kemudahan penggunaan, dan kepuasan pengguna terhadap ciri-ciri seperti log masuk, pendaftaran, penghantaran laporan bahan kitar semula, pengumpulan bahan, semakan kelulusan, serta penjana laporan dan analisis data.

Kajian ini menggunakan skala Likert lima mata, iaitu daripada 1 (sangat tidak setuju) hingga 5 (sangat setuju), bagi menilai tahap penerimaan pengguna terhadap sistem. Nilai min bagi setiap item telah dianalisis dan dikategorikan kepada tiga tahap: rendah (1.00–2.32), sederhana (2.33–3.65), dan tinggi (3.66–5.00). Jadual 1 menunjukkan skala interpretasi skor min yang digunakan bagi menganalisis data soal selidik yang diperoleh.

Jadual 1: Skala Interpretasi Min

Skor Min	Interpretasi
1.0 - 2.32	Rendah
2.33 - 3.65	Sederhana
3.66 - 5.00	Tinggi

Jadual 2: Skor Min dan Tahap Kebolegunaan LIS PKUKM

Item	Pernyataan	Min dan Tahap
1.	Antara muka sistem mesra pengguna	4.91 (Tinggi)
2.	Kepuasan terhadap fungsi log masuk	4.91 (Tinggi)
3.	Kepuasan terhadap fungsi pendaftaran	4.91 (Tinggi)
4.	Kepuasan terhadap fungsi laporan bahan kitar semula	4.82 (Tinggi)
5.	Kepuasan terhadap fungsi pengumpulan bahan kitar semula	4.82 (Tinggi)
6.	Kepuasan terhadap fungsi papan kedudukan	4.82 (Tinggi)
7.	Kepuasan terhadap fungsi sejarah laporan & lencana	4.91 (Tinggi)
8.	Kepuasan terhadap fungsi kelulusan pengumpulan	4.50 (Tinggi)
9.	Kepuasan terhadap fungsi penjana laporan	4.73 (Tinggi)
10.	Kepuasan terhadap fungsi pengurusan bahan kitar semula	4.64 (Tinggi)
11.	Kepuasan terhadap fungsi analitik & dashboard	4.64 (Tinggi)
12.	Kepuasan terhadap fungsi pengurusan pengguna	4.64 (Tinggi)
13.	Kepuasan terhadap fungsi pengurusan pusat pengumpulan	4.64 (Tinggi)
14.	Sistem stabil dan responsif semasa digunakan	4.82 (Tinggi)
15.	Keseluruhan kepuasan pengguna terhadap sistem LISPKUKM	4.91 (Tinggi)

Merujuk Jadual 2, iaitu Jadual Skor Min dan Tahap Kebolegunaan Pengguna terhadap sistem Eco Collect UKM, keputusan pengujian kebolegunaan menunjukkan bahawa sistem ini mencapai tahap keberkesanan yang sangat baik. Sebilangan besar item mencatatkan nilai min melebihi 4.50, dengan beberapa item seperti "Antaramuka sistem mesra pengguna" (min = 4.91), "Kepuasan terhadap fungsi log masuk" (min = 4.91), dan "Keseluruhan kepuasan pengguna terhadap sistem Eco Collect UKM" (min = 4.91) memperoleh skor yang sangat tinggi. Ini menunjukkan bahawa pengguna berpuas hati dengan kefungsi sistem, susun atur yang intuitif, serta kecekapan pelaksanaan tugas seperti laporan dan pengumpulan bahan kitar semula. Malah, fungsi papan kedudukan, sejarah laporan, lencana, dan penjana laporan turut mendapat skor tinggi, membuktikan bahawa sistem ini bukan sahaja mesra pengguna, malah menyokong objektif gamifikasi dan pemantauan aktiviti dengan berkesan. Skor min yang tinggi secara konsisten membuktikan bahawa sistem ini mampu menyediakan pengalaman pengguna yang positif, responsif, dan menyeluruh dalam menyokong inisiatif kelestarian kampus.

4.3 Cadangan Penambahbaikan

Berdasarkan maklum balas yang diperoleh daripada pengguna sistem Eco Collect UKM melalui soal selidik, beberapa cadangan penambahbaikan telah dikemukakan bagi meningkatkan kefungsian dan pengalaman pengguna. Antaranya termasuk penambahan fungsi notifikasi automatik masa nyata (real-time notification) untuk memaklumkan pengguna mengenai status laporan, kelulusan pengumpulan, pencapaian lencana, dan peringatan tarikh penting berkaitan aktiviti kitar semula. Selain itu, pembangunan aplikasi mudah alih untuk peranti Android dan iOS dicadangkan bagi membolehkan pengguna mengakses sistem secara lebih pantas dan lancar melalui telefon pintar, di samping menyokong ciri asli seperti notifikasi push dan GPS yang lebih stabil. Sokongan berbilang bahasa, terutamanya dalam Bahasa Melayu, juga dicadangkan untuk memudahkan kefahaman dan akses kepada pengguna tempatan. Penambahbaikan ini bertujuan memastikan sistem lebih cekap, responsif, mesra pengguna, dan menyokong pelaksanaan aktiviti kitar semula kampus secara lebih meluas dan berkesan.

5.0 KESIMPULAN

Sistem yang telah dibangunkan ialah sistem berasaskan web yang direka khas untuk menyokong pengurusan aktiviti kitar semula di Universiti Kebangsaan Malaysia melalui platform digital yang sistematik dan mesra pengguna. Sistem ini dibangunkan bagi menyelaraskan keperluan pelajar, penyelaras, dan pentadbir kolej dalam satu platform berpusat yang membolehkan pelaksanaan, pemantauan, dan penilaian aktiviti kitar semula dijalankan dengan lebih efisien dan teratur.

Antara fungsi utama dalam sistem Eco Collect UKM termasuk log masuk dan pendaftaran pelajar, penghantaran laporan bahan kitar semula, pengumpulan bahan berdasarkan lokasi pusat pengumpulan, semakan dan kelulusan oleh penyelaras, serta penjanaan laporan dan statistik oleh pentadbir. Pelajar juga boleh melihat sejarah penyertaan, memperoleh lencana pencapaian, dan mengikuti kedudukan dalam papan kedudukan. Sistem ini direka bentuk agar mudah digunakan mengikut peranan masing-masing, serta membantu meningkatkan kesedaran, penglibatan, dan pengurusan data berkaitan kitar semula di peringkat kolej kediaman.

Kekuatan dan Kekangan Sistem

Kekuatan utama sistem Eco Collect UKM terletak pada keupayaannya mengurus aktiviti kitar semula dengan lebih sistematik, cekap, dan mudah diakses oleh pelbagai peranan pengguna seperti pelajar, penyelar, dan pentadbir. Antara muka yang mesra pengguna serta fungsi seperti log masuk, pendaftaran, laporan bahan kitar semula, pengumpulan, papan kedudukan, sejarah laporan, lencana pencapaian, kelulusan penyelar, dan penjana laporan telah membantu meningkatkan pengalaman pengguna serta mendorong penglibatan pelajar dalam aktiviti kitar semula. Sistem ini juga dilengkapi dengan ciri automasi seperti kelulusan pengumpulan berasaskan AI yang membandingkan tahap kesamaan imej, sekali gus mempercepatkan proses kelulusan dan pemberian mata ganjaran kepada pelajar.

Walau bagaimanapun, terdapat beberapa kekangan yang dikenalpasti sepanjang pembangunan projek Eco Collect UKM. Pertama, aplikasi memerlukan sambungan internet yang stabil bagi memastikan ketepatan lokasi GPS, akses laporan kitar semula, status pengumpulan, dan paparan papan kedudukan secara masa nyata. Kedua, sistem ini masih belum mempunyai fungsi notifikasi automatik untuk memaklumkan pelajar mengenai status laporan, kelulusan pengumpulan, atau tarikh penting yang berkaitan. Ketiga, aplikasi ini hanya disediakan dalam Bahasa Inggeris dan belum menyokong Bahasa Melayu, yang berpotensi menyukarkan pengguna tempatan, terutamanya pelajar yang kurang fasih dalam Bahasa Inggeris. Oleh itu, penambahbaikan dari aspek teknikal, fungsi notifikasi, dan sokongan berbilang bahasa perlu diberi perhatian untuk memastikan sistem dapat berfungsi dengan lebih baik, mesra pengguna, dan responsif.

6.0 PENGHARGAAN

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan saya kekuatan dan ketabahan dalam menyelesaikan projek ini. Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih kepada penyelia saya, Dr. Dian Indrayani Binti Jambari, atas bimbingan, nasihat, dan sokongan yang tidak pernah putus sepanjang perjalanan penyelidikan ini. Sokongan beliau amat berharga dalam membantu saya merealisasikan projek ini. Seterusnya, setinggi-tinggi penghargaan juga saya tujukan kepada keluarga tercinta atas kasih sayang, doa, dan dorongan mereka yang menjadi pendorong utama saya untuk terus maju. Tidak lupa juga kepada sahabat-sahabat yang telah memberikan bantuan, idea, serta semangat ketika saya menghadapi cabaran sepanjang penyelidikan ini. Sokongan mereka amat bermakna kepada saya. Akhir sekali, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung atau tidak langsung telah membantu menjayakan projek ini. Semoga segala usaha ini memberikan manfaat kepada semua

7.0 RUJUKAN

- Abubakar, I.R., Maniruzzaman, K.M., Dano, U.L., AlShihri, F.S., AlShammari, M.S., Ahmed, S.M.S. & Alrawaf, T.I. 2022. Environmental sustainability impacts of solid waste management practices in the global south. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(19): 12717. doi:10.3390/ijerph191912717.
- Baharudin, A.K.S. & Aziz, S. 2020. Menganjak ke satu pengurusan sisa pepejal secara lestari di kampus ukm bangi, selangor: Pertimbangan awal. *Jurnal Personalia Pelajar* 23(2).
- Bhatnagar, N.M. 2019. Overview of gps fundamentals. *International Journal of Advanced Research in Science Communication and Technology* hlm. 82–90.
- Dursun, , Kabadayı, E.T. & Yürüyen, H. 2023. Roles of mobile applications in removing barriers to individual recycling: Case of türkiye. *Environmental Research and Technology* 7(1): 97–107. doi:10.35208/ert.1317616.
- Galán, O.A.A., Valdéz, J.L.C., Medina, H.F., Contreras, G.A.V. & Sumuano, J.L.S. 2020. Proposal of a sustainable agile model for software development. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 11(1).
- Heidelberg, R.L. & Surak, S. 2020. The administrative making of the recycler. *Policy Studies* 41(4): 331–349.
- Hikmatulloh, H., Susilawati, S., Oktaviani, A. & Normah, N. 2024. Pengembangan sistem informasi bank sampah untuk efektivitas peran administrator. *EVOLUSI- Jurnal Sains Dan Manajemen* 12(1).
- Hsu,C.2022. Applying cognitive evaluation theory to analyze the impact of gamification mechanics on user engagement in resource recycling. *Information & Management* 59(2): 103602.
- Hussien, N.M., Mohialden, Y.M., Abbas, B.K. & Mohammed, I.S. 2023. Review of an accurate system utilizing gps technology. *Journal La Multiapp* 3(6): 266–269.
- Iparraguirre-Villanueva, O., Tuesta-Pereda, L., Tapia-Chavez, E. & Cabanillas Carbonell, M. 2023. Improving environmental sustainability: A geolocation basedmobileapplicationtooptimizetherecyclingprocess. *InternationalJournal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)* 17(23): 32–48
- Mapa, M.T., Haris, L.M., Geogre, F., Molia, S.D., Japar, A. & Gulasan, A. 2019. Kajian komposisi dan pengasingan sisa pepejal di kawasan perumahan. *Geografia* 15(2).
- Pi, Z., Yu, Q., Zhang, Y., Li, Y., Chen, H. & Yang, J. 2023. Presenting points or rank: The impacts of leaderboard elements on english vocabulary learning through video lectures. *Journal of Computer Assisted Learning* 40(1): 104–117.
- Solid Waste and Public Cleansing Management Corporation (SWCorp). 2020. Laporan tahunan 2020. Laporan teknikal, Solid Waste and Public Cleansing Management Corporation (SWCorp).

- Tiew, K.G., Basri, N.E., Watanabe, K., Zain, S.M., Er, A.C. & Deng, H. 2019. Higher educational institutions recycling management in malaysia. International Journal of Business and Society 20: 277–285.
- Zaini, M.H.M. & Mapa, M.T. 2024. Pengaruh faktor situasi terhadap amalan tingkah laku kitar semula dalam kalangan pelajar tingkatan enam di daerah beaufort sabah. Malaysian Journal of Society and Space 20(1).

Copyright@FTSM
UKM

*Mohammad Darwish Luqman Bin
Mohammad (A195561)
Dr. Dian Indrayani Binti Jambari
Fakulti Teknologi & Sains Maklumat
Universiti Kebangsaan Malaysia*