

Digitalisasi Rantai Pasok Sampah di Indonesia

Ivan Michael Siregar

Program Studi Sistem Informasi, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Email: ivan@ithb.ac.id

Abstrak

Pengelolaan sampah hingga saat ini masih menjadi permasalahan yang serius di kota-kota besar di Indonesia. Pertambahan jumlah penduduk berdampak pada bertambahnya volume sampah sedangkan mekanisme pengelolaan sampah tidak banyak mengalami perbaikan, menambah panjang rantai masalahnya. Meskipun telah banyak upaya dilakukan oleh pemerintah dan swasta, namun hasilnya belum memberikan perubahan signifikan, karena tidak mengintegrasikan seluruh stakeholder pada rantai proses pengelolaan sampah. Khusus untuk sampah daur ulang, pemulung menjadi pemain kunci yang memiliki kontribusi terbesar dalam memilah dan mengumpulkan sampah yang bisa didaur ulang dan dimanfaatkan kembali. Dengan metoda analisis dapat diketahui bahwa jumlah pemulung yang sangat banyak dan tersebar di seluruh kota besar menjadi faktor penentu keberhasilan ketika ada platform digital yang hadir dan mampu mengintegrasikan pengelolaan sampah mulai dari tempat penghasil sampah, lapak, hingga pabrik daur ulang untuk mengefisienkan proses transportasi sampah daur ulang. Platform digital menjadi salah satu platform digital yang mengintegrasikan dan memberdayakan peran seluruh pemangku kepentingan dalam mengoptimalkan proses transportasi sampah dan meningkatkan valuasi sampah di Indonesia, sekaligus meningkatkan kesejahteraan pemulung.

Kata Kunci: Rantai pasok pengelolaan sampah, platform digital, valuasi sampah, pabrik daur ulang.

Abstract

Waste management is still a serious problem in major cities in Indonesia. The increase in population has an impact on the increasing volume of waste while the waste management mechanism has not improved much, adding to the length of the problem chain. Although many efforts have been made by the government and private sector, the results have not provided significant changes, because it does not integrate the entire stakeholder in the chain of waste management processes. Especially for recycled waste, scavengers become key players who have the greatest contribution in sorting and collecting waste that can be recycled and reused. Based on the analysis method, the large number of scavengers scattered throughout major cities becomes a determining factor of success when there are digital platforms that are present and able to integrate waste management ranging from waste generators, and stalls, to recycling plants to streamline the process of recycling waste transportation. The digital platform becomes one of the digital platforms that integrate and empower the role of all stakeholders in efficiently transporting waste increasing waste valuation in Indonesia and automatically increasing the prosperity of scavengers.

Keywords: Waste management supply chain, digital platform, waste valuation, recycling plant.

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai sebuah negara kepulauan, Indonesia terdiri dari 17,504 pulau dengan luas keseluruhan sebesar 1.890.000 km² dan dibagi menjadi 33 provinsi. Di antaranya ada 14 kota metropolitan dengan penduduk sekitar satu juta, 15 kota besar dengan penduduk hampir mencapai satu juta, 56 kota sedang dengan penduduk sekitar 500.000 jiwa, dan 380 kota kecil dengan penduduk sekitar 100.000 jiwa. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia (2023), dengan jumlah penduduk Indonesia secara keseluruhan sebesar 246.533.673 jiwa, maka secara rata-rata setiap penduduk Indonesia menghasilkan sampah padat sebesar 0,76 kg / hari, dan jika diakumulasi setara dengan 187.366 ton per hari sampah nasional. Berdasarkan jenisnya, 39,8 persen sampah tersebut terdiri dari sisa makanan, 17 persen plastik, 14,01 persen kayu atau ranting, dan 12,02 persen kertas atau karton. Kemudian, sisanya merupakan sampah logam, kain, kaca, karet, kulit, dan jenis lain. Dari jumlah tersebut yang berhasil dikelola adalah sebesar 63,44% sedangkan yang gagal dikelola adalah sebesar 36,56%. Secara keseluruhan pengurangan sampah sebesar 13,01% dan yang berhasil ditangani adalah sebesar 50,42%. Data tersebut membuktikan bahwa meskipun ada pengurangan sampah sebesar 13,01%, namun kemampuan untuk menangani sampah hanya 50,42% yang artinya hanya setengah dari keseluruhan sampah nasional. Selain itu, sampah yang tidak terkelola ada sebesar 36,56% yang menunjukkan masih banyak pekerjaan dan perbaikan yang harus dilakukan agar sampah yang tidak terkelola menjadi bisa dikelola. Khusus untuk sampah plastik, dalam penelitian yang dilakukan Jenna Jambeck dari Universitas Georgia, Amerika Serikat, pada 2016, Indonesia menjadi negara penghasil sampah plastik terbanyak kedua setelah China.

1.2 Permasalahan Sampah di Indonesia

Bahwa sampah merupakan permasalahan yang sangat penting khususnya bagi masyarakat perkotaan, dan hal ini dapat terjadi oleh beberapa faktor yaitu:

1. Faktor manusia (*people*), kesadaran masyarakat dalam mengurangi dan membatasi penggunaan bahan yang berpotensi menghasilkan limbah seperti penggunaan kantong plastik, budaya dan kebiasaan yang kurang tertanam untuk menggunakan kembali barang yang masih bisa digunakan lagi. Selain itu, meskipun sudah ada ajakan dari pemerintah untuk memisahkan sampah organik dan non organik, namun hal ini belum memberikan dampak yang signifikan pada pengelolaan sampah.
2. Faktor proses (*process*): sampah selalu dihasilkan setiap saat dengan volume yang sangat besar, melebihi jumlah dan kemampuan fasilitas penampungan sampah lokal, TPS dan TPA yang sangat terbatas. Selain itu fasilitas dan kecepatan transportasi untuk mengangkut sampah dari tempat penghasil sampah menuju TPS dan TPA belum memadai, sehingga masih banyak sampah yang tidak bisa diambil, dan banyak orang membuang sampah sembarangan tempat seperti sungai dan selokan.
3. Faktor teknologi (*technology*), bisa dibagi menjadi teknologi untuk mengontrol timbulan (*generation*), pengumpulan (*collection*), pemindahan (*transfer*), pengangkutan (*transportation*), pemrosesan (*processing*), penyingkiran akhir (*final disposal*), hal ini sesuai dengan tulisan Damanhuri dan Padmi (2018). Untuk penyingkiran akhir (*final disposal*) sampah dapat digolongkan dengan cara pengomposan untuk jenis sampah organik, pembakaran suhu tinggi untuk mengurangi massa sampah hingga 90%, konversi menjadi energi (*waste to energy*) misal biogasifikasi, dan juga

daur ulang untuk jenis sampah non organik.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memfokuskan pada faktor teknologi pengangkutan sampah dengan cara memaksimalkan peran pemain utama yaitu pemulung, mengefisiensikan waktu dan jarak tempuh, dan cara kerja pemulung ketika melakukan pengambilan sampah *door to door*, dengan bantuan teknologi informasi.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model rantai pasok sampah yang sesuai dengan kondisi pelaku (penghasil sampah, pemulung, dan lapak), untuk mempermudah dan mempersingkat proses transportasi sampah di Indonesia
2. Platform digital transportasi sampah ini menyediakan proses pengambilan sampah. Penjadwalan pengambilan, pengangkutan, hingga penyetoran sampah kepada lapak.

2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Peraturan Pemerintah Terkait Sampah

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 pasal 2,3,4 (2008) pengelolaan sampah berdasarkan dinyatakan sebagai usaha dan kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang terdiri dari dua bagian yaitu pengurangan dan penanganan sampah. Berdasarkan undang-undang ini pula diketahui bahwa sampah yang dikelola adalah sampah yang digolongkan ke dalam tiga golongan yaitu: sampah rumah tangga, sampah sejenis rumah tangga maupun sampah spesifik.

Adapun asas pengelolaan sampah berdasarkan undang-undang adalah: Pengelolaan sampah diselenggarakan berdasarkan asas tanggung jawab, asas berkelanjutan, asas manfaat, asas keadilan, asas kesadaran, asas kebersamaan, asas

keselamatan, asas keamanan, dan asas nilai ekonomi. Sementara pengelolaannya fokus pada peningkatan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya.

2.1.1 Karakteristik Sampah di Indonesia

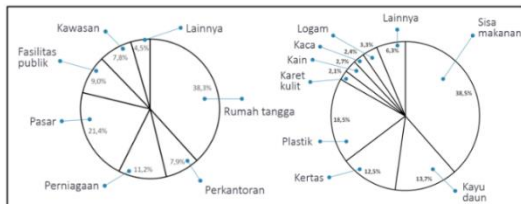
Agar lebih jelas berikut definisi pengelolaan sampah, pengurangan sampah, dan penanganan sampah menurut Undang-undang nomor 18 tahun 2008 (UU-18/2008) tentang Pengelolaan Sampah. Pengelolaan sampah, berdasarkan Undang-undang Nomor 18 tahun 2008 dinyatakan sebagai usaha dan kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang terdiri dari dua bagian yaitu pengurangan dan penanganan sampah. Berdasarkan undang-undang ini pula diketahui bahwa sampah yang dikelola adalah sampah yang digolongkan ke dalam tiga golongan yaitu; sampah rumah tangga, sampah sejenis rumah tangga maupun sampah spesifik. Pengelolaan sampah pada umumnya dimulai dari rumah tangga yaitu dengan memisahkan sampah organik dan anorganik dengan menggunakan wadah terpisah (biasanya ditandai dengan menggunakan simbol-simbol atau warna tertentu), adapun wadah/tempat yang digunakan adalah yang bisa didaur ulang.

Pengurangan sampah, sesuai dengan pasal 20 ayat (1) dimaksudkan sebagai rangkaian kegiatan yang meliputi pembatasan timbulan sampah, pendauran ulang sampah; dan/atau pemanfaatan kembali sampah yang ada.

Penanganan sampah, dimaksudkan sebagai usaha yang terkait dengan:

1. Pemilahan dalam bentuk pengelompokan dan pemisahan sampah sesuai dengan jenis, jumlah, dan/atau sifat sampah;
2. Pengumpulan dalam bentuk pengambilan dan pemindahan sampah dari sumber sampah ke tempat penampungan sementara atau tempat pengolahan sampah terpadu;
3. Pengangkutan dalam bentuk membawa sampah dari sumber dan/atau dari tempat penampungan sampah sementara atau

- dari tempat pengolahan sampah terpadu menuju ke tempat pemrosesan akhir;
4. Pengolahan dalam bentuk mengubah karakteristik, komposisi, dan jumlah sampah;
 5. Pemrosesan akhir sampah dalam bentuk pengembalian sampah dan/atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan secara aman.



Gambar 1. Komposisi sampah: (kiri) sumber (kanan) jenis.

Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Kementerian LHK), pada tahun 2021, sebaran sumber sampah adalah sebagai berikut: rumah tangga yaitu sebesar 38,3% lalu diikuti oleh pasar 21,4%, perniagaan 11,2%, fasilitas umum 9%, perkantoran 7,9%, kawasan 7,8%, dan lainnya 4,5%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa rumah tangga adalah penghasil sampah terbesar, lalu diikuti oleh pasar, kemudian oleh perniagaan. Sedangkan berdasarkan jenis sampah, sisa makanan (sampah organik) sebesar 38,5%, plastik 18,5%, kayu/daun 13,7%, kertas 12,5%, logam 3,3%, kain 2,7%, kaca 2,4%, karet 2,1%.

2.1.2 Manfaat Platform Digital

Platform digital mengacu pada perangkat lunak atau aplikasi online yang memfasilitasi interaksi antara beberapa pengguna atau partisipan. Platform digital dirancang untuk menghubungkan orang, organisasi, dan sumber daya dalam lingkungan jaringan. Menurut Jackson Nyarko *et al.* (2020), platform digital memberikan cara untuk mengakses dan berbagi data, produk, layanan, dan konten dengan cara yang mudah dan nyaman. Biasanya mereka beroperasi di internet dan menggunakan berbagai bentuk teknologi,

seperti komputasi awan, perangkat seluler, dan API, untuk memungkinkan interaksi tersebut.

Menurut Bintoro Agung (2023), platform digital menjadi semakin penting dalam ekonomi saat ini karena mereka memfasilitasi penciptaan pasar baru, munculnya model bisnis baru, dan pertumbuhan industri baru. Mereka juga memberikan peluang untuk inovasi, kolaborasi, dan kewirausahaan. Namun, mereka juga menimbulkan tantangan dalam hal privasi, keamanan, dan kepatuhan regulasi, yang memerlukan pertimbangan dan pengelolaan yang hati-hati.

2.2 Platform Digital Pemrosesan Sampah

Platform digital dalam pengelolaan sampah merujuk pada aplikasi atau sistem online yang memfasilitasi pengumpulan, pemrosesan, dan manajemen sampah secara efisien dan berkelanjutan.

Platform digital ini dapat mencakup berbagai elemen, seperti:

1. Aplikasi pengumpulan sampah: Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memesan pengambilan sampah dari lokasi mereka dan memberikan informasi tentang jenis sampah dan volume yang akan diambil.
2. Sistem pemilahan dan pengolahan sampah: Sistem ini menggunakan teknologi otomatis atau manual untuk memilah dan mengolah sampah yang dikumpulkan menjadi bahan yang dapat didaur ulang atau dibuang dengan aman.
3. Platform manajemen data: Platform ini memungkinkan pengumpulan, pemrosesan, dan analisis data terkait pengelolaan sampah, termasuk jenis dan volume sampah yang dihasilkan, pemilahan dan pengolahan sampah, dan penggunaan sumber daya.
4. Sistem informasi geografis: Sistem ini memberikan informasi tentang lokasi dan kepadatan sampah di suatu wilayah, memudahkan perencanaan pengumpulan sampah dan manajemen infrastruktur.

Dalam pengelolaan sampah, platform digital dapat membantu meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam manajemen sampah, meminimalkan dampak negatif pada lingkungan, serta meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

3 METODE PENELITIAN

Analisa adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengumpulkan data yang akan digunakan sebagai informasi pengembangan sistem. Penelitian ini menggunakan metode analisa data dengan menggunakan beberapa cara yaitu *studi literature*, dan *interview*. *Studi literature* dilakukan dengan mengumpulkan sebanyak mungkin data dan informasi dari berbagai sumber diantaranya adalah perpustakaan dan internet.

3.1 Pengumpulan Data dari Studi Literatur

Analisa Data yang dilakukan dalam tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan data tentang proses transportasi sampah di Provinsi Jawa Barat.

3.2 Pengumpulan Data Wawancara

Pengumpulan data dilakukan secara langsung lewat observasi lapangan seperti yang terlihat pada gambar 2, kemudian melakukan interview terhadap rumah tangga, pemulung, dan lapak.



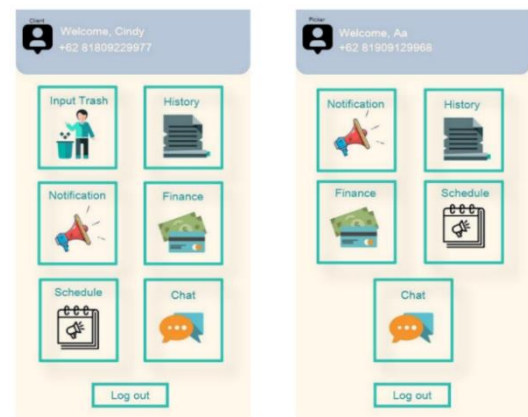
Gambar 2. Suasana di sebuah lapak

3.3 Perangkat Lunak dan Perangkat Keras yang Digunakan

Peneliti mengimplementasikan *platform digital* dengan menggunakan script PHP dan berjalan pada web server Apache, dengan menggunakan basis data MySQL. Aplikasi yang dibuat harus bisa berjalan dengan *multi operating system* menggunakan *web browser* dan dalam hal ini digunakan.

3.4 Rancangan Tampilan Aplikasi

Pembuatan rancangan hirarki program pada aplikasi bertujuan untuk menggambarkan secara garis besar isi dari aplikasi.



Gambar 3. Halaman Menu Utama

Melalui hirarki program ini dapat dilihat secara menyeluruh isi dan susunan dari aplikasi ini. Rancangan menu utama aplikasi dapat dilihat pada Gambar 3.

3.5 Implementasi dan Pengujian Aplikasi

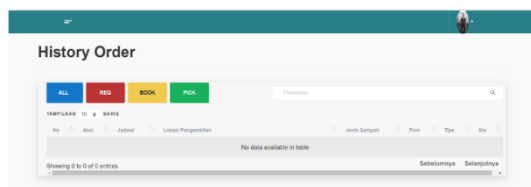
Dalam tahap implementasi aplikasi mencakup:

a. Pengkodean

Pada tahap pengkodean ini, yang dilakukan adalah pengembangan aplikasi dengan pemrograman *script* disertai dengan penulisan kode program (*list program*).

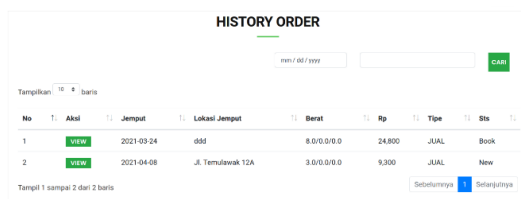
b. Pengujian Program

Pengujian dilakukan dengan pengujian perangkat lunak secara langsung dan menuangkan deskripsi dan hasil ujinya dalam sebuah tabel. Teknik yang digunakan dari sekian banyak metoda pengujian salah satunya adalah teknik pengujian *black box*. Teknik ini akan digunakan pada suatu kasus uji untuk menangani beberapa kebutuhan sehingga isi dari keterurutan ini harus dapat menunjukkan suatu langkah pengujian yang khusus menangani setiap kebutuhan.

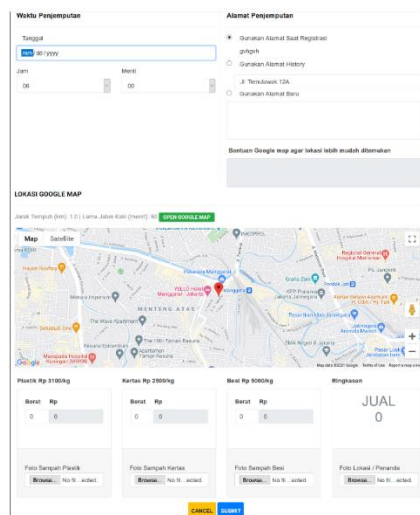


Gambar 4. History Order pada Customer

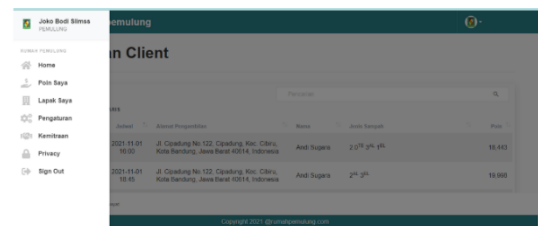
Pengujian permintaan jemput sampah berhasil mencatat transaksi seperti pada Gambar 4 dan 5, melihat kembali riwayat transaksi seperti pada Gambar 6.



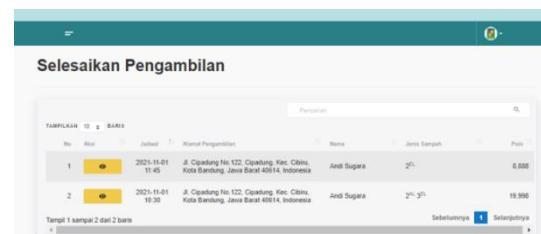
Gambar 5. History Order pada Customer



Gambar 6. Entry Order pada Customer

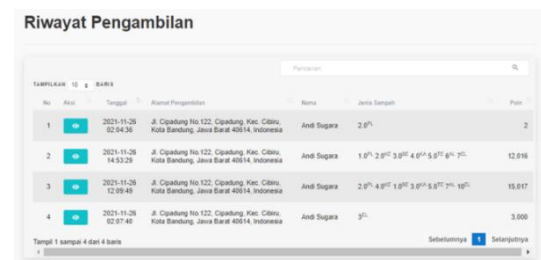


Gambar 7. Fitur pada Pemulung



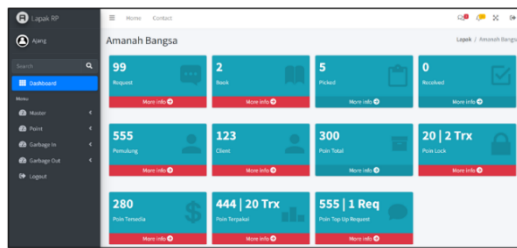
Gambar 8. Daftar pengambilan pada Pemulung

Permintaan jemput sampah yang sudah tersimpan selanjutnya akan ditinjaulanjuti oleh pemulung seperti pada gambar 7 dan 8. Pemulung juga dapat melihat daftar penjemputan dan riwayat transaksi seperti pada Gambar 9.

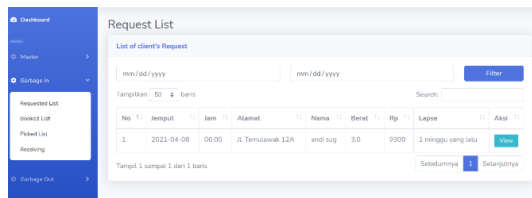


Gambar 9. Riwayat pengambilan pada Pemulung

Admin dapat melihat laporan keseluruhan transaksi meliputi daftar pelanggan, daftar pemulung, daftar penjemputan, jumlah sampah terkumpul seperti pada Gambar 9. Selain itu admin juga dapat melakukan manajerial terhadap data pelanggan dan pemulung serta penugasan penjemputan sampah kepada pemulung seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Dashboard pada Admin



Gambar 11. Request List pada Admin

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Sistem Yang Berjalan

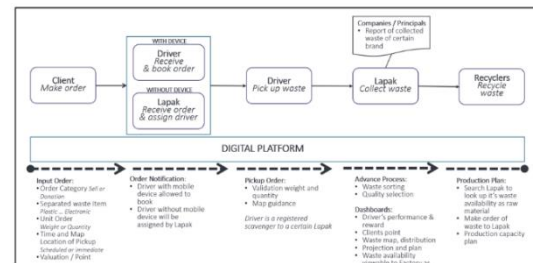
Analisis sistem merupakan suatu langkah penguraian sistem yang utuh dan telah ada dengan tujuan mencari permasalahan dan kekurangan yang terjadi di sistem yang berjalan dengan tujuan mengevaluasi permasalahan yang ada dan menganalisis kebutuhan sistem yang akan dibangun sehingga mampu menyelesaikan permasalahan yang ada. Berikut Gambar 2 yang menjelaskan *flowmap* dari proses transportasi sampah yang diimplementasikan.

4.2 Solusi Platform Digital Rantai Pasok Sampah

Beberapa perusahaan telah mencoba melakukan digitalisasi pengelola sampah lewat aplikasi, namun banyak diantaranya mengandalkan inhouse resource untuk melakukan pengambilan sampah. In house resource sudah tentu sangat terbatas jumlahnya, sehingga dampak efisiensi transportasi sampah tidak maksimal, karena dalam rantai proses pengelolaan sampah pada fase transportasi justru pemain kunci adalah pemulung. Menurut Yusfi dan Damanhuri (2019) berdasarkan data IPI tahun 2018 menunjukkan bahwa kontribusi pemulung di TPA Bantar Gebang Bekasi dalam pengambilan kembali sampah yang dapat di

daur ulang mencapai 420 ton per hari. Ini merupakan potensi yang cukup besar melibatkan pemulung dalam proses daur ulang sampah

Untuk itu penelitian ini menciptakan suatu platform digital berbasis rantai pasok yang memberdayakan seluruh pemangku kepentingan untuk berinteraksi lewat platform digital.



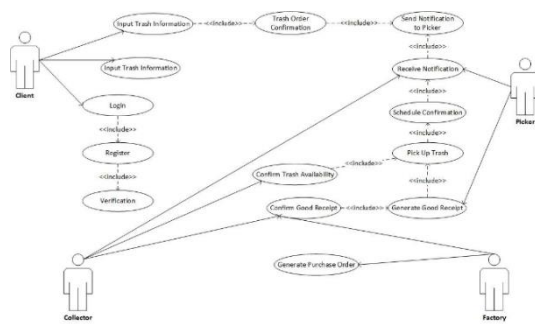
Gambar 12. Flowmap platform yang diimplementasikan

Sebagai sebuah platform berbasis supply chain, platform akan mempersingkat proses transportasi sampah dengan cara mengurangi entity yang terlibat menjadi lebih sedikit dengan cara meniadakan entity Agent yang sebelumnya berada di antara lapak dan recycler. Hal ini bisa dilakukan karena peran agent dianggap tidak signifikan lagi untuk kategori sampah recycleable, karena jumlah stok sampah pada suatu lapak dari waktu ke waktu sudah dapat diakses secara langsung oleh recycler, sehingga recycler bisa merencanakan demand berdasarkan supply yang ada pada lapak. Sebagai gantinya, driver dan lapak disebut sebagai agent, sebab driver dan lapak adalah pelaku yang berinteraksi langsung dan paling intens dengan platform digital.

4.3 Perencanaan

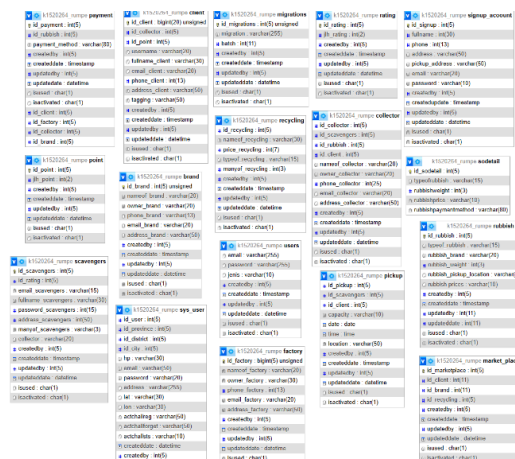
Setelah menganalisa dan mempelajari sistem yang ada, maka gambaran tentang aplikasi dari sistem tersebut yaitu sebagai berikut.

Berikut ini adalah use case diagram yang menjelaskan pengguna aplikasi yaitu penghasil sampah, pemulung, dan lapak.



Gambar 13. *Usecase Diagram*

Berikut ini adalah basis data yang dihasilkan untuk menyimpan seluruh data utam dan data transaksi pada platform digital pengelolaan sampah.



Gambar 14. *Physical Data Model*

5 SIMPULAN

Kesimpulan dari dibuatnya platform digital rantai pasok sampah di antaranya adalah bahwa yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengelola permintaan pengambilan sampah, penjadwalan pengambilan, serta pengumpulan di lapak. Dengan diimplementasikannya aplikasi ini proses transportasi sampah dapat dapat dilaksanakan secara efisien dengan memaksimalkan pemberdayaan pemulung dan lapak, serta meningkatkan nilai ekonomi sampah yang dapat dimanfaatkan oleh seluruh pihak yang terkait seperti rumah tangga penghasil sampah, pemulung, dan lapak.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, B. (2019). 5 Inovasi Kelola Sampah Buatan Indonesia. *CNN Indonesia*. <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20190606194629-199-401461/5-inovasi-kelola-sampah-buatan-indonesia>
- Damanhuri, E. & Padi, T. (2018). *Pengelolaan Sampah Terpadu*. Penerbit ITB.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2012). *Indonesia Domestic Solid Waste*. <http://www.inswa.or.id/wp-content/uploads/2012/07/Indonesian-Domestic-Solid-Waste-Statistics-20082.pdf>
- Nyarko, J., Yeboah, F. A., Yeboah, F. A., Larbi, I. S., & Osei-Bonsu, M. (2020). Green Supply Chain in Solid Waste Management: Case Study of EcoCare H2H Waste Collection, Goaso, Ghana. In *Green Supply Chain-Competitiveness and Sustainability*. IntechOpen., DOI: 10.5772/intechopen.93718
- Purningsih, D. (2018). Penerapan Circular Economy Dalam Pengelolaan Sampah Belum Maksimal. *Greeners*. <https://www.greeners.co/berita/penerapan-circular-economy-pengelolaan-sampah-belum-maksimal>
- Purningsih, D. (2018). Siti Nurbaya Apresiasi Pemulung dan Bank Sampah. *Greeners*. <https://www.greeners.co/berita/siti-nurbaya-apresiasi-pemulung-dan-bank-sampah/>
- Republik Indonesia. (2008). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008, Pasal 2, 3, 4*.
- Yusfi, R. N., & Damanhuri, T. P. (2012). Studi Karakteristik dan Potensi Daur Ulang Sampah di Bantaran Sungai Cikapundung. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 18(2), 155-166.