

# LITERATUR SURVEY : PEMANFAATAN TEKNOLOGI UNTUK PENGELOLAAN SAMPAH

(SURVEY LITERATURE: UTILIZATION OF TECHNOLOGY FOR WASTE MANAGEMENT)

Hannatul Ma'we<sup>1)</sup>, Fitriani<sup>2)</sup>, dan Heri Wijayanto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Magister Teknologi Informasi Universitas Mataram

<sup>2)</sup> Prodi Sistem Informasi. STMIK Syaikh Zainuddin NW Anjani

<sup>3)</sup> Program Studi Magister Teknologi Informasi Universitas Mataram

e-mail: [i2s02310003@student.unram.ac.id](mailto:i2s02310003@student.unram.ac.id)<sup>1)</sup>, [fitriani31121984@gmail.com](mailto:fitriani31121984@gmail.com)<sup>2)</sup>, [heri@unram.ac.id](mailto:heri@unram.ac.id)<sup>3)</sup>

## ABSTRAK

Mayoritas negara - negara saat ini sedang berjuang menghadapi tingkat produksi sampah yang tidak berkelanjutan dan minimnya tingkat daur ulang, khususnya yang berkaitan dengan sampah rumah tangga dan bidang ini sangat membutuhkan solusi baru. Secara umum, pada sektor pengelolaan limbah mengalami kesulitan dengan minimnya kepercayaan konsumen, penipuan, manipulasi, proses manual yang signifikan, dan rendahnya tingkat informasi dan kontrol. Sampah merupakan hasil buangan dari berbagai kegiatan yang dilakukan sehari – hari oleh manusia yang tidak memiliki keterpakaian, akibatnya sampah dapat menimbulkan kerugian karena akan menyebabkan banjir, meningkatnya pemanasan iklim, menimbulkan bau busuk, mengganggu keindahan hingga memperburuk sanitasi lingkungan. Tujuan studi ini untuk memberikan suatu tinjauan terhadap berbagai studi tentang Pengelolaan Sampah dengan memanfaatkan teknologi, yaitu bagaimana cara dan metode yang diterapkan di daerah – daerah di Indonesia maupun negara – negara lain dalam mengelola limbah sampah baik itu sampah dari rumah tangga, biomassa yang berbahaya maupun industri. Studi ini juga mereview 12 paper ilmiah yang telah dipublikasikan di berbagai jurnal internasional. Metode pengelolaan sampah yang paling sering digunakan yakni berbasis Website, Android maupun Blockchain yang dirancang menggunakan UML secara waterfall maupun incremental dengan mempertimbangkan kebutuhan sistem dari berbagai aspek baik itu kebutuhan fungsional maupun kebutuhan non fungsionalnya. Untuk mempermudah dalam proses pengangkutan sampah – sampah tersebut dibantu dengan berbagai fitur seperti GPS/GIS/AHP, blockchain Ethereum, model LOP dan dikelola dengan cara siklus hidup TPA/TPS, pencernaan anaerobik, pengomposan, brainstorming, Paket Peningkatan Sanitasi atau Pit. **Kata Kunci:** Teknologi, Pengelolaan, Bank Sampah, Website, Android, Blockchain, Waterfall, Incremental Software Development.

## ABSTRACT

The majority of countries are currently struggling with unsustainable levels of waste production and lack of recycling, especially with regard to household waste and this field is in dire need of new solutions. In general, the waste management sector has struggled with a lack of consumer trust, fraud, manipulation, significant manual processes, and low levels of information and control. Waste is the result of waste from various activities carried out daily by humans who do not have clothing, as a result of which waste can cause losses because it will cause floods, increase climate warming, cause bad odors, disturb beauty to worsen environmental sanitation. The purpose of this study is to provide an overview of various studies on Waste Management by utilizing technology, namely how and methods are applied in regions in Indonesia and other countries in managing waste both from households, hazardous biomass and industry. The study also reviewed 12 scientific papers that have been published in various international journals. The most frequently used waste management methods are Website-based, Android and Blockchain which are designed using UML waterfall and incrementally by considering system needs from various aspects, both functional needs and non-functional needs. To facilitate the process of transporting waste - the waste is assisted by various features such as GPS / GIS / AHP, Ethereum blockchain, LOP model and managed by means of the TPA / TPS life cycle, anaerobic digestion, composting, brainstorming, Sanitation Improvement Package or Pit.

**Keyword :** Technology, Management, Waste Bank, Website, Android, Blockchain, Waterfall, Incremental Software Development

## I. PENDAHULUAN

Sampah merupakan hasil buangan dari kegiatan yang dilakukan sehari – hari oleh manusia yang tidak memiliki keterpakaian,

akibatnya sampah dapat menimbulkan kerugian karena akan menyebabkan banjir, meningkatnya pemanasan iklim, menimbulkan bau busuk, mengganggu keindahan, memperburuk sanitasi lingkungan. Salah satu cara untuk mengumpulkan

sampah agar bernilai ekonomis ialah melalui bank sampah[1]. Di era sekarang ini banyak inovasi baru yang diimplementasikan kepada barang – barang konsumtif yang bersifat kebutuhan primer sampai tersier untuk meningkatkan jumlah penjualan barang[2]. Contohnya saja inovasi terhadap model barang rumah tangga atau elektronik yang di desain dengan lebih simpel dan tidak memakan banyak tempat. Oleh karena itu, tidak jarang generasi muda muncul keinginannya untuk dapat membeli barang tersebut walaupun sebenarnya terkadang sudah punya maupun barang lama mereka masih layak dan bisa digunakan[2]. Universitas Georgia melakukan penelitian pada tahun 2015, mengatakan bahwa “Indonesia menjadi negara kedua terbesar di dunia sebagai penghasil sampah plastik ke lautan”[3].

Teknologi informasi merupakan faktor pendukung yang sangat efektif yang memungkinkan masyarakat untuk menikmati berbagai kemudahan yang diberikan oleh teknologi, Teknologi banyak digunakan sebagai sarana promosi dan informasi, khususnya di bidang *website*, yang kini berperan penting dalam penyampaian informasi. *Website* bisa diakses oleh semua orang di berbagai wilayah dengan menggunakan jaringan internet. Sebuah halaman *website* mempunyai informasi dokumen - dokumen seperti text, gambar, suara, video menggunakan protokol HTTP (*hypertext transfer protokol*). Banyak fitur yang bisa dimanfaatkan pada sebuah halaman *website* yaitu sebagai media informasi dan promosi sebuah produk atau jasa. Selain *website* ada juga berbasis android karena mayoritas masyarakat menggunakan handphone / telephone pintar saat ini sebagai sarana komunikasi sehari hari. Android dirancang untuk perangkat bergerak layar sentuh memanipulasi objek di layar serta papan ketik virtual untuk menulis teks[2].

Bahkan untuk negara – negara maju seperti Eropa sudah menggunakan Blockchain Polkadot dalam proses pengolahan sampahnya. Teknologi Polkadot adalah teknologi blockchain yang menghubungkan jaringan blockchain (*parachain*) yang disesuaikan dengan kebutuhan bisnis dari aplikasi tertentu. Hal ini memberikan manfaat dari segi biaya, skalabilitas, dan kontrol dari blockchain yang berizin atau pribadi dan sekaligus memberikan keamanan, verifikasi, dan kepercayaan dari blockchain publik[4].

## II. STUDI PUSTAKA

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk penanganan sampah ini baik itu mengenai sampah pertanian, sampah rumah tangga maupun

sampah *industry*. Diantaranya : penelitian yang dilakukan oleh Meilisa Dwiwati Marali dengan judul Pengembangan Sistem Aplikasi Transaksi Bank Sampah Online Berbasis Web (Studi Kasus : Bank Sampah Malang) pada tahun 2018, untuk dapat menyelesaikan permasalahan dari nasabah dan petugas BSM maka dibuat suatu pengembangan Sistem Aplikasi Transaksi Bank Sampah Online Berbasis Web menggunakan Bahasa pemrograman PHP yang diterapkan pada *framework codeigniter* dengan metode *waterfall*. Setelah melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi dan pengujian yang telah dilakukan dengan metode *white box* unit uji unit dan *black box* untuk uji validasi menghasilkan nilai rata – rata pada *cyclomatic complexity* sebesar 4, yang berarti sistem memiliki tingkat kompleksitas yang baik. Pengujian validasi dilakukan terhadap 32 kebutuhan fungsional. Kemudian dilakukan pengujian non fungsional yaitu *compatibility testing* yang diuji pada *web browser mozilla firefox, chrome, dan Microsoft Edge*. Dari seluruh hasil pengujian yang dilakukan diperoleh hasil 100% valid dan tidak ada kesalahan yang ditemukan. Pada penelitian ini aplikasi Clean Up belum memiliki penambahan fitur Tracking dengan memanfaatkan GPS sehingga pengguna dapat melihat perjalanan petugas kebersihan yang akan mengangkut sampah mereka sehingga pengguna dapat mengestimasi waktu sampai petugas di tempat yang sudah ditentukan[3].

Berdasarkan pengabdian yang dilakukan oleh Nurfadillah dan Nia Rahma Kurnianda tahun 2019 dengan judul Analisa dan Perancangan Aplikasi Pengolahan Sampah Rumah Tangga Berbasis Android, untuk memudahkan masyarakat dalam mengelola dalam pembuangan sampah rumah tangga bervolume besar agar lingkungan sekitar tidak terganggu dibuatkan suatu Aplikasi *Clean Up* dengan menggunakan metode *Object Oriented Analysis* yang bisa memberikan fasilitas pengelolaan pembuangan sampah yang dibutuhkan oleh pengguna saat ini yaitu lokasi TPA. Order untuk penjemputan pembuangan sampah, kalkulasi biaya yang dibuat untuk dapat melakukan pengelolaan order, melihat informasi dan jadwal pengangkutan sampah sehingga diharapkan akan menurunkan resiko terjadinya banjir. Pada aplikasi ini juga diharapkan memiliki penambahan fitur Tracking dengan memanfaatkan GPS sehingga pengguna dapat melihat perjalanan petugas kebersihan yang akan mengangkut sampah sehingga pengguna dapat mengestimasi waktu sampai petugas di tempat yang sudah ditentukan[2].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Guntoro, Anto Ariyanto, David Setiawan, dan Hamzah tahun 2021 dengan judul Sosialisasi Website Portal Bank Sampah Universitas Lancang Kuning agar masyarakat sadar menjaga lingkungan, dapat memberikan fasilitas serta kemudahan bagi pengelola bank sampah, masyarakat dapat mencari informasi dengan lebih mudah dan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat khususnya bagi nasabah maka peneliti membangun suatu aplikasi Bank Sampah Universitas Lancang Kuning Berbasis Web dengan metode *Waterfall*. Pada penelitian ini perlu untuk membuat laporan bulanan transaksi dan menambahkan aktor baru seperti pimpinan direktur untuk memperoleh hasil laporan transaksi[1].

Penelitian yang dilakukan tahun 2023 oleh Ian J.Scott, Miguel de Castro Neto dan Flávio L. Pinheiro dengan judul *Bringing trust and transparency to the opaque world of waste management with blockchain : A Polkadot para thread application* ini menerapkan pendekatan ilmu desain untuk mengembangkan sistem pengumpulan dan insentif sampah inovatif yang disebut *BEE2 Waste Crypto*. Sistem ini dikembangkan dengan teknologi *blockchain hybrid* untuk memberikan catatan yang transparan dan terpercaya mengenai perjalanan rantai pasokan limbah konsumen setelah meninggalkan rumah tangga dan menghubungkan insentif dan penalti ekonomi dengan perilaku daur ulang rumah tangga. Salah satu kelemahan dari penelitian ini pengembang dibatasi pada fitur-fitur blockchain yang ada saat ini dan tidak dapat menyesuaikannya untuk kebutuhan proyek tertentu. Kumpulan fitur, biaya, dan pengoperasian blockchain juga bergantung pada keputusan tata kelola kelompok yang mengendalikan blockchain dan proyek individual kemungkinan besar tidak banyak berpengaruh terhadap keputusan tersebut. Selain itu, meskipun biaya dan kerumitan pengaturan dan pengoperasian blockchain dapat dihindari, pengguna diharuskan membayar biaya dalam beberapa bentuk untuk penggunaan jaringan yang ada. Selain biaya peneliti juga memiliki kelemahan yang signifikan terhadap dua pendekatan paling umum dalam pengembangan blockchain yang ditemukan dalam literatur yaitu blockchain publik memberikan kepercayaan tetapi bukan kinerja, dan blockchain pribadi memberikan kinerja tetapi hanya kepercayaan kepada anggota konsorsium swasta (dan bukan masyarakat luas) [4].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Dyah Retno Wijayanti dan Sri Suryani

dengan judul *Waste Bank as Community-based Environmental Governance: A Lesson Learned from Surabaya* menemukan bahwa data persampahan di Indonesia menunjukkan bahwa sumber sampah terbanyak adalah rumah tangga (48%), disusul pasar tradisional (24%), kawasan komersial (19%) dan fasilitas umum (9%), oleh karena itu Pemerintah harus membuat peraturan lebih lanjut untuk melindungi pengelola dan nasabah bank sampah. Hal ini dapat dibentuk menjadi Prosedur Operasional Standar, program terpadu antara bank sampah dan koperasi (koperasi) atau bank umum. Dengan demikian, modal dan keuntungan dapat dikelola secara optimal untuk kesejahteraan pengelola dan pelanggan. Selain itu diperlukan program promosi atau ekstensifikasi oleh masyarakat dan pemerintah. Dengan demikian, tata kelola lingkungan hidup berbasis masyarakat dapat dikembangkan dengan baik di masa depan[5]

Tidak hanya penelitian yang dilakukan di dalam negeri di luar negeri pun banyak yang melakukan riset terhadap sampah, karena sampah merupakan salah satu hal yang sangat perlu untuk diperhatikan untuk keberlangsungan kehidupan di masa depan. Penelitian yang dilakukan oleh Kiran D.A., Pushkara S.V. , Jitvan R. dan Darshan S. tahun 2023 dengan judul *Characterization, quantification and management of municipal solid waste in Shivamogga city, Karnataka, India* bertujuan untuk pengelolaan sampah yang efektif, baik pada kebijakan maupun tingkat praktis yang diakibatkan oleh urbanisasi dan pembangunan ekonomi, timbunan sampah kota (MSW) meningkat secara drastis selama bertahun – tahun yang dapat menimbulkan masalah yang berpotensi mempengaruhi kualitas hidup dan penghidupan di wilayah perkotaan seperti penyebaran penyakit yang ditularkan dari air dan udara. Berdasarkan studi ini, direkomendasikan bahwa kota harus berinvestasi pada infrastruktur tambahan untuk membawa 110% sampah kota mengingat akan ada kesenjangan 10% dalam efisiensi. Juga direkomendasikan bahwa limbah harus dikumpulkan dalam wadah terpisah dari kendaraan pengumpulan sampah kembar bercabang dua. Itu akan membantu dalam memproses setiap aliran limbah secara terpisah dan meningkatkan efisiensi pemrosesan. Disarankan agar semua pengumpulan sampah terjadi pada ambang pintu perumahan, fasilitas komersial dan institusional. MSW dari pasar dan tempat-tempat umum lainnya harus dikumpulkan melalui tim penyapu khusus. Pembersihan jalan dan pembersihan saluran pembuangan harus menjadi aliran limbah yang

terpisah, juga rencana penyapuan harus disiapkan untuk kota. Beberapa layanan MSW yang diusulkan untuk dipertimbangkan adalah promosi pemilahan sampah di sumbernya, mendirikan fasilitas pemulihan material, mendirikan satu stasiun transfer lagi untuk ditransfer[6]. Pada penelitian ini direkomendasikan untuk focus pengumpulan dan pengangkutan sampah primer dari sistem yang ada saat ini ke sistem yang lebih formal. Hal ini akan memungkinkan pemantauan berkelanjutan terhadap perbaikan sistem dan disarankan juga untuk mengintegrasikan sektor informal dan daur ulang yang lazim di Shivamogga ke dalam sistem formal dengan mengakui pekerjaan mereka dan menyediakan layanan dukungan yang diperlukan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan tahun 2023 oleh M.M. Hasan, M.G. Rasul, M.I. Jahirul, dan M.M.K. Khanet dengan judul *Impact of Operating Parameters on Waste Macadamia Nut-shell Pyrolysis: A Modeling Approach and Analysis of Product Yield and Composition* yakni untuk mengoptimalkan produksi *bio-oil*, *biochar* dan *syngas* dan untuk menyelidiki pengaruh berbagai parameter, seperti kadar air, suhu pirolisis dan ukuran partikel terhadap hasil pirolisis dan komposisi *bio-oil* maka dibuatlah suatu pengembangan model proses pirolisis kacang limbah *macadamia* menggunakan perangkat lunak *Aspen Plus*. Perangkat lunak *Aspen Plus (V11)* digunakan untuk mengembangkan model proses pirolisis WMNS. Sifat-sifat WMNS didefinisikan dalam *Aspen Plus* berdasarkan hasil analisis proksimat dan akhir. Simulasi disiapkan untuk mereplikasi kondisi dan parameter eksperimental [7].

Di India pernah dilakukan juga suatu Layanan - Pendidikan Pembelajaran dengan Sarjana Teknik untuk mengetahui Perspektif Ilmiah tentang Pengelolaan Sampah Berkelanjutan dengan metode *Service – Learning* yang menghasilkan mereka menjadi agen sosial, luaran program KKN dalam kurikulum pendidikan teknik tercermin dalam terciptanya kesadaran menjaga kebersihan lingkungan, meningkatkan kemampuan komunikasi dan kepemimpinan sekaligus meningkatkan potensi teknologi pada mahasiswa Teknik, mereka mengembangkan model prototipe pengontrol mikro yang bermanfaat bagi lingkungan, untuk pemantauan dan simulasi yang tepat proses pengomposan sampah berbasis mikroorganisme. Agen-agen sosial ini pada akhirnya akan memainkan peran penting dalam mewujudkan perubahan sosial yang positif untuk masa depan yang berkelanjutan[8]

Di daerah Mesir yakni Fayoum telah dilakukan penelitian oleh Karim Emara tahun 2023 dengan judul *Sustainable solid waste management in rural areas: A case study of Fayoum governorate, Egypt ini dibuat sistem ISWM dalam konteks Fleet Size dan Mix Vehicle Routing Problem dengan Time Windows, dirancang model mixed-integer linear programming (MILP) MSW* untuk mengelola limbah karena tiga desa (Qalamshah, Monshat Ramzy, dan Abou Defeya) di Markaz Etsa di Kegubernuran Fayoum dipilih sebagai wilayah studi karena kelemahan sistem pengelolaan sampah. Dalam hal ini, studi karakterisasi di ketiga desa tersebut dimana layanan pengelolaan sampah perkotaan tidak ada atau tidak mencukupi, dengan demikian menjadikan ketiga desa tersebut sebagai prioritas tinggi dan merupakan langkah kemajuan yang efektif untuk mencapai tujuan yang lebih besar yaitu pengelolaan sampah kota yang berkelanjutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase bahan organik di ketiga desa tersebut adalah 76%, 67%, dan 80% tanpa popok yang masing-masing mewakili 9,3%, 14,3%, dan 5,8%. Tiga skenario penilaian siklus hidup (skenario TPA, pencernaan anaerobik, dan Skenario Pengomposan) dilakukan dan disimulasikan menggunakan perangkat lunak WRATE. Skenario pengomposan dan anaerobik memiliki nilai yang sebanding dan serupa dalam kategori berikut: potensi pemanasan global, hujan asam, potensi eutrofikasi, dan penipisan sumber daya. Pada kategori pengasaman, kategori pengomposan dan anaerobik menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan skenario TPA. Terakhir, studi kelayakan membuktikan bahwa instalasi pengolahan kompos adalah solusi terbaik untuk situasi limbah padat perkotaan saat ini dengan penghematan tahunan sebesar EGP 1.365.043 selama periode proyek[9].

Pada tahun 2023 Mulusew Minuyelet Zewdie dan Simachew Miniyikis Yeshanew telah melakukan penelitian dengan judul *GIS based MCDM for waste disposal site selection in Dejen town, Ethiopia* bertujuan untuk mengetahui lokasi pembuangan sampah yang sesuai di kota Dejen dengan menerapkan teknik pengambilan keputusan multikriteria GIS dan AHP dengan sepuluh pemodelan kesesuaian kota dejen disusun dengan pendekatan menggunakan perangkat lunak ArcGIS versi 10.5. Bobot sepuluh faktor penentu beserta sub temanya dihitung dengan menggunakan metode AHP dan sistem informasi geografis untuk menghasilkan peta lokasi kesesuaian pembuangan akhir sampah dan berdasarkan analisis pembobotan

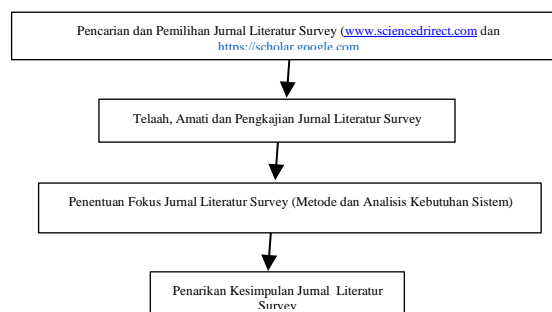
keseluruhan, peta kesesuaian akhir dibuat pada perangkat lunak ArcGIS. Temuan penelitian ini memberikan gambaran bahwa 17% luas wilayah penelitian sangat sesuai, sesuai, cukup sesuai, kurang sesuai dan tidak sesuai[10].

Di Ghana pernah juga dilakukan suatu penelitian dengan judul *Rethinking solid waste governance in Ghana oleh Emmanuel Volsuuri, Ebenezer Owusu-Sekyere dan Abubakari Zarouk Imoro* untuk menganalisis sejauh mana kepatuhan terhadap prinsip-prinsip tata kelola yang menjadi pedoman pengelolaan sampah, pengelola sampah mulai memikirkan sistem tata kelola kolaboratif yang menggabungkan beberapa kerangka kerja Indikator Tolak Ukur *Waste aware* dengan Statistik Leven untuk mencerminkan keragaman sifat pengelolaan sampah dan yang mendasari pendekatan saat ini dalam mengelola layanan sosial perkotaan. Pendekatan seperti ini akan memanfaatkan keahlian pemangku kepentingan formal dan informal untuk menjamin pengelolaan limbah padat yang berkelanjutan. Yang lebih penting lagi, strategi dan rencana lokal harus selaras dengan prioritas nasional. Penyelarasan ini akan mengarah pada produksi strategi bersama dan menumbuhkan kepemilikan pengetahuan bersama yang dapat membantu merencanakan dan memberikan layanan pengelolaan sampah. Hal ini penting karena, dalam industri SWM, strategi produksi bersama mencerminkan logika kebersamaan, sebuah unsur yang diperlukan untuk penyampaian layanan sosial yang berkelanjutan. Penelitian ini menganjurkan perlunya menyederhanakan peran dan tanggung jawab aktor-aktor negara untuk menghilangkan duplikasi, karena dalam jangka panjang, duplikasi memerlukan biaya yang besar dan tidak memberikan hasil yang efisien [11].

Pada 2023 Ranajit Das, Erkan Topal dan Elham Mardaneh melakukan review dengan judul *A review of open pit mine and waste dump schedule planning* pada sampah industri tambang yang merupakan salah satu biaya operasionalnya terbesar kehati – hatian dalam pembuangan dan penimbunannya secara bertahap dibuat suatu penggantian penjadwalan bijih dan limbah yang terpisah secara bertahap dengan model yang inklusif dan multiguna, hasil ekonomi dan lingkungan yang lebih baik akan terjamin misalnya dengan model pemrograman linier bilangan bulat campuran (MILP) dan menggunakan teknik eksak dan/atau heuristik. Masih terdapat kesenjangan penelitian dalam pengembangan model optimasi jadwal jangka pendek termasuk penanganan limbah.

Jadwal jangka pendek melibatkan beberapa kendala seperti produktivitas excavator dan truk yang terperinci serta faktor operasional lainnya seperti waktu shift, tenaga kerja, kualitas pakan pabrik, dll. yang dapat membuat ukuran model menjadi sangat besar dan NP menjadi sulit[12].

### III. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Alur Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode literatur sistematis. Paper rujukan diambil dari database [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) dan <https://scholar.google.com> dengan menggunakan Keyword :

- “Bank Sampah/Waste Bank”, ditemukan + 4.700 paper dan penulis hanya mengambil 2 buah paper pada google scholar dan pada sciencedirect terdapat +101.791 paper tahun 2023, penulis hanya mengambil 8 buah sebagai bahan rujukan.
- “Sistem Pengelolaan Sampah dengan Metode Incremental/ Waste Management System with Incremental Method” pada sciencedirect pada tahun 2023 sebanyak 5.267 paper dan penulis mengambil 2 paper buah sebagai bahan rujukan.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan 12 literatur survey jurnal ditemukan bahwa dalam pengelolaan sampah menggunakan berbagai metode dan analisa kebutuhan sistem yang dilakukan. Berikut penjabarannya :

- Metode Penelitian/Pengabdian : Metode Terapan, Waterfall, sains design/pendekatan ilmu desain fundamental, *Google Earth Engine* (GEE), Service-Learning, kebijakan tata kelola kemitraan swasta-publik (KPS), Model matematika dan pemrograman linier bilangan bulat campuran (MILP) dan Metode kualitatif dengan metode deskriptif -analitik.
- Metode Mendapatkan data dengan cara Kualitatif, Observasi, Wawancara, Studi Pustaka,

- Literatur Sistematis, Literatur Terapan, Survei, Studi Ekstensif / Pengambilan Sampel dan Penelitian campuran (Kualitatif dan Kuantitatif).
- Analisa dan Perancangan Sistem : Analisa data dengan *metode Object Oriented Analysis* (Pendekatan Berbasis Objek) dengan *Unified Modeling Language (UML)*, perancangan sistem dengan pemodelan *FlowChart dan Data Flow Diagram (DFD)*, Pendekatan Desain Blockchain Substrat, Membuat desain gambar/denah wilayah, Grafik MSW, membuat tabel karakteristik MSW, tabel quantity TPD dan diagram mekanisme transportasi, Rancangan block diagram prototipe sistem monitoring, Hasil rekaman audio, Analisis kemungkinan pencapaian SDGs perspektif rencana dan program pengelolaan sampah secara langsung dan tidak langsung, Pemodelan dan simulasi proses pirolisis dan Mendeskripsikan-menganalisis data dengan teori normatif sebagai pembanding.
  - Metode Pengembangan Perangkat Lunak : Berbasis *Android, Web, Blockchain Hybrid / Parachain Polkadot*, Algoritma pembelajaran mesin dengan Random Forest, Arduino, Statistik Leven, Pengembangan model MILP, Perangkat lunak ArcGIS, perangkat lunak WRATE, pengembangan pirolisis WMNS memakai perangkat lunak Aspen Plus (V11), Tata kelola lingkungan hidup berbasis masyarakat,
  - Metode Penentuan Lokasi Pengambilan Sampah : fitur Google Maps API, melacak limbah dengan Blockchain Ethereum, Teknik GIS, Pendekatan end-of-pipe, model LOP dan Metode Sistem Informasi Geografis (GIS) dan AHP dengan Keputusan Multi-Kriteria (MCDM),
  - Metode Proses Pengolahan Sampah : TPA/TPS, Brainstorming, Paket Peningkatan Sanitasi (SIP), Modul Sampah dan SANITASI (wsm), Waralaba Pengumpulan Sampah *Door-to-Door (DDCF)*, Pembuangan Pit, Skenario penilaian siklus hidup, Pirolisis dan Pendekatan inovatif
  - Analisa Kebutuhan Sistem : Kebutuhan Fungsional dan Kebutuhan Non-Fungsional (Identifikasi kolaboratif permasalahan yg menggabungkan peneliti, praktisi dan pemangku kepentingan, Identifikasi kebutuhan tingkat kesadaran terhadap lingkungan sekitar, Identifikasi fisik dan tata kelola, Rencana strategis, Identifikasi masalah jarak pemukiman, Identifikasi Unit fungsionalitas (FU) mencakup seluruh sampah, dampak dan jumlah produk/layanan yg

dikelola selama periode tertentu , Pendekatan evaluasi, Identifikasi pendekatan konvensional terhadap produksi dan konsumsi energi dan pendekatan non konvensional, Identifikasi Kesepahaman kesepahaman secara konsensus pemberdayaan masyarakat/social engineering)

Dari masing – masing metode memiliki sisi kelebihan dan kekurangan begitu pula dengan analisa kebutuhan sistem yang akan dibuat. Berdasarkan literatur survey dijelaskan bahwa metode *waterfall* yakni metode yang dilakukan secara berurutan dan sekuensial yang melakukan tahapan suatu sistem dari tahap awal pengumpulan data dan informasi hingga akhir yakni testing kemudian baru bisa diimplementasikan kepada pengguna. Metode ini menurut peneliti agak sedikit memberatkan dan kurang efisien karena jika pada salah satu tahapan mengalami kendala maka tahapan berikutnya tidak akan bisa dilanjutkan, hal ini tentunya menimbulkan dampak terhadap waktu dan biaya pembuatan atau pengembangan sistem yang semakin meningkat yang bisa mengakibatkan pengguna sistem akan berpindah ke sistem yang lebih dahulu dirilis atau bahkan lebih baik dari sistem yang sedang dibuat. Berbeda halnya dengan menggunakan metode *incremental development*, hal ini merupakan saran dari peneliti bagi peneliti selanjutnya atau pembuat suatu sistem menggunakan metode ini karena lebih praktis dan fleksibel dalam proses pengembangannya bisa saja sejalan dengan proses sistem yang sedang berjalan. Sehingga pengembangan dapat menyempurnakan sistem yang dibuat setiap saat dengan melihat respon dan masukan dari pengguna sistem. Metode ini lebih hemat waktu dan biaya dalam proses pengembangannya. Akan tetapi metode ini memiliki kelemahan yaitu akan sering terjadi update ke versi terbaru karena akan terus terjadi penyempurnaan sistem, hal ini memungkinkan pengguna merasa bosan jika terus menerus mengupdate sistem [13].

Setelah menentukan metode penelitian atau pengabdian para peneliti akan mulai mencari data dan informasi untuk sistem yang akan dibuat atau dikembangkan, beberapa metode yang bisa digunakan untuk mencari data dan informasi yakni bisa di dapat dari sumbernya langsung dengan cara observasi/survey langsung ke tempat atau objek penelitian/pengabdian, wawancara dengan pihak – pihak yang terlibat dalam sistem yang akan dibuat atau yang sedang dikembangkan maupun secara tidak langsung dengan cara mencari informasi mengenai metode pengelolaan sampah di berbagai



literatur misalnya di database SCOPUS, Web of Science, IEE atau jurnal internasional lainnya. Menurut penulis alangkah baiknya menggunakan semua metode ini untuk mendapatkan data dan informasi karena akan mempengaruhi nilai kebermanfaatan dari sistem yang akan dibuat ataupun dikembangkan. Dari semua metode yang disebutkan tadi (observasi/survey, wawancara, studi pustaka/literatur) peneliti akan mengetahui seperti apa masalah yang terjadi dalam sistem yang akan dibuat/dikembangkan sehingga dapat membuat dan menentukan seperti apa solusi dari sistem tersebut, apa saja yang dibutuhkan dalam sistem baik itu kebutuhan dari sisi fungsional dan non fungsionalnya.

Dalam proses penentuan kebutuhan fungsional dan non fungsional, hendaknya dipilih, difikirkan, ditentukan dan disepakati dari semua aspek dan semua pihak misalnya dari faktor sampah itu sendiri baik itu jenis dan bentuknya, faktor lingkungan alam, masyarakat, peneliti, pengembang, pengguna, perusahaan dan pemerintahan sebagai pemangku kebijakan baik itu di tingkat daerah – daerah maupun tingkat pusat. Karena dampak yang ditimbulkannya di masa depan akan berpengaruh, jika salah dalam menentukan kebutuhan fungsional dan non fungsional maka sistem yang telah dirancang dan dibuat bisa saja membawa kerugian bagi lingkungan alam seperti lingkungan akan semakin kotor dan tercemar, masyarakat kurang atau bahkan tidak mengerti atau paham kegunaan dan cara menggunakan sistem yang sudah dibuat atau dikembangkan, bagi pengembang sistem berikutnya bisa saja akan mengulang kembali/mengganti sistem yang telah dibuat sebelumnya dan hal itu memakan tambahan waktu dan tenaga, bagi perusahaan berdampak pada biaya yang telah diinvestasikan akan sia – sia dan kemungkinan proyek tidak bisa dilanjutkan / bisa dikatakan gagal. Sedangkan dampak buruknya bagi pemerintah salah satunya pemerintah akan semakin repot dengan jumlah sampah yang semakin banyak dari hari ke hari, pemerintah akan semakin kesulitan dalam menginformasikan dan melarang masyarakat agar patuh terhadap peraturan yang ada mengenai pembuangan dan pengelolaan sampah atau akan berdampak buruk kepada pihak – pihak lainnya yang berkaitan dengan sampah.

Proses setelahnya yaitu perancangan dan pembuatan sistem pengelolaan sampah baik itu sampah yang berasal dari rumah tangga, sampah padat, sampah dari tanaman liar dan sampah industri/perusahaan dibutuhkan suatu metode yang bisa

menghemat biaya, efisiensi waktu, bisa membawa dampak / manfaat untuk warga, perusahaan, pengembang dan pemerintah daerah/kota maupun pemerintah pusat sebagai pemangku kepentingan agar proses pengolahan sampah ini berkelanjutan. Perancangan sistem bisa dibuat dengan menggunakan *Unified Modeling Language (UML)*, *UML* menggambarkan suatu sistem dengan bentuk diagram alir, diagram – diagram tersebut menjelaskan tahapan alur sistem dari awal hingga akhir, biasanya para peneliti menggunakan activity diagram, use case diagram, sequence diagram dan class diagram. Semakin banyak gambaran *UML* yang dibuat maka semakin jelas desain/perancangan sistemnya. Dan kadang kala para peneliti juga menggunakan *Entity Relationship Diagram (ERD)* dan *DFD*. Tetapi menurut penulis hendaknya memakai *UML* karena selain yang paling populer digunakan, desain menggunakan *UML* ini bisa memberikan gambaran dan pemahaman bagi semua orang dengan lebih mudah sekalipun bukan bergerak dibidang tersebut.

Dengan percepatan perkembangan teknologi saat ini, berbagai macam cara para peneliti merancang, membuat dan mengembangkan pengelolaan sampah. Salah satu pilihan terbaik menurut penulis yakni : bagi masyarakat di daerah pemukiman lebih baik menggunakan tempat penampungan sampah (TPA/IDF) yang letaknya dibuat jauh dari lingkungan tempat tinggal penduduk yang tidak dekat dengan sumber aliran air dan tidak dekat dengan jalan raya dengan bantuan pengangkutannya oleh para pengepul atau dengan armada dinas, jika menggunakan para pengepul untuk mengefisienkan waktu dan memberikan kontribusi bagi masyarakat berupa uang maka perlu dibuat sistem dengan sarana berbasis website maupun android sedangkan jika menggunakan fasilitas pengangkutannya dengan bantuan armada dinas maka masyarakat perlu untuk menyeter sejumlah uang kepada pihak yang telah ditunjuk di masing – masing wilayah sebagai bentuk kontribusi pada pemerintah setempat. Bagi daerah perkotaan bisa melakukan proses daur ulang kembali atau diolah menjadi kompos dengan bantuan teknologi atau bisa dengan menggunakan metode blockchain yang saat ini merupakan teknologi yang sering digunakan. Dalam proses penjemputan sampah pedesaan maupun perkotaan, menurut penulis alangkah baiknya menggunakan fitur GPS / GIS karena bisa mempermudah para pengangkut sampah maupun mesin untuk

menentukan letak, posisi atau wilayah tempat sampah sehingga bisa mempercepat waktu pengangkutannya.

Dari semua metode yang digunakan oleh para peneliti di atas sebagai bahan review dan bagaimana analisis kebutuhan (fungsional dan non fungsional) hingga perancangan sistem yang dibuat atau dikembangkan, penulis meyakini tentu para peneliti semua sudah mempertimbangkan dengan matang dan cermat agar sistem yang dibuat atau dikembangkan berdaya guna lebih optimal dan berkelanjutan dalam mengelola sampah sehingga membawa perubahan khususnya bagi lingkungan alam, masyarakat dan pemerintah.

## V. KESIMPULAN

Hasil review penulis pada 12 paper rujukan ditemukan bahwa metode yang paling sering digunakan yakni menggunakan metode :

- Metode software proses dengan model Incremental software development karena lebih memudahkan dalam proses pengembangannya
- Metode untuk mendapatkan data dan informasi yang akurat dan detail menggunakan metode observasi/survey langsung, wawancara dan studi literatur dari berbagai jurnal.
- Metode analisis dan perancangan sistem menggunakan Objek Oriented Analysis atau Unified Modelling Language (UML). Diagram yang sering dipakai dalam penelitian yaitu usecase diagram, activity diagram, class diagram dan sequence diagram.
- Proses Analisa Kebutuhan sistem dengan merancang, membuat, memilih, menentukan dan disepakati bersama seperti apa analisa bagi kebutuhan fungsional dan kebutuhan non fungsional dengan melibatkan berbagai pihak.
- Metode pengembangan perangkat lunak menggunakan website, android, Blockchain Hybrid / Parachain Polkadot, Algoritma pembelajaran mesin dengan Random Forest, Arduino, Statistik Leven, mengembangkan model MILP, perangkat lunak WRATE dan pengembangan pirolisis WMNS memakai perangkat lunak Aspen Plus (V11) / Sistem lanjutan rekayasa poses Plus.
- Metode pengangkutan sampah dengan bantuan fitur GPS, GIS, AHP, blockchain Ethereum, model LOP dan Pendekatan end-of-pipe.
- Metode pengelolaan sampah menggunakan Skenario penilaian siklus hidup (TPA/TPS, pencernaan anaerobik dan skenario

pengomposan), Brainstorming, Paket Peningkatan Sanitasi (SIP), Modul Sampah dan Sanitasi (wsm), Waralaba Pengumpulan Sampah Door-to-Door (DDCF), Pembuangan Pit, dengan Pirolisis (proses menghasilkan produk energi dgn mendegradasi bahan kaya karbon (biomassa) dan Program pendekatan sampah dengan pendekatan inovatif yg bisa menghemat sampah biasa seperti kegiatan workshop daur ulang dan pelatihan pemilahan sampah.

Saran untuk peneliti selanjutnya agar menambah paper sebagai bahan review dan bisa mereview hasil penelitiannya tidak hanya dari metode dan analisis kebutuhan sistem tetapi juga bagaimana implementasi dan hasil validasi uji coba sistem yang telah dibuat atau dikembangkan agar para peneliti selanjutnya bisa menemukan metode baru dalam proses mengolah sampah. Harapan penulis juga agar masyarakat khususnya pelajar dan peneliti yang membaca tulisan ini semakin sadar akan sebab dan dampak dari sampah yang dikelola dan/atau tidak dikelola dengan maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. R. Kurnianda, "Analisa dan Perancangan Aplikasi Pengolahan Sampah Rumah Tangga Berbasis Android," vol. XI, no. 1, pp. 41–51, 2019.
- [2] M. D. Marali, F. Pradana, and B. Priyambadha, "Pengembangan Sistem Aplikasi Transaksi Bank Sampah Online Berbasis Web ( Studi Kasus : Bank Sampah Malang )," vol. 2, no. 11, pp. 5644–5650, 2018.
- [3] I. J. Scott, M. D. C. Neto, and F. L. Pinheiro, "Computers & Industrial Engineering Bringing trust and transparency to the opaque world of waste management with blockchain : A Polkadot para thread application," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 182, no. May, p. 109347, 2023, doi: 10.1016/j.cie.2023.109347.
- [4] A. Ariyanto and D. Setiawan, "Sosialisasi Website Portal Bank Sampah Universitas Lancang Kuning," vol. 5, pp. 259–264, 2021.
- [5] D. Retno and S. Suryani, "Waste Bank as Community-based Environmental Governance : A Lesson Learned from Surabaya," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 184, no. August 2014, pp. 171–179, 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.05.077.
- [6] D. A. Kiran, S. V. Pushkara, R. Jitvan, and S. Darshan, "Characterization, quantification and management of municipal solid waste in Shivamogga city, Karnataka, India," *Waste Manag. Bull.*, vol. 1, no. 3, pp. 18–26, 2023, doi: 10.1016/j.wmb.2023.06.006.
- [7] V. Valsan *et al.*, "ScienceDirect ScienceDirect Effects Of Service-Learning Education Among Effects Education Among Effects Of Of Education Among WEEF 2019 Among Effects Of Education Engineering Undergraduates : Engineering Engineering



- Undergraduates : Undergraduates : Engin,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 172, pp. 770–776, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2020.05.110.
- [8] M. M. Hasan, M. G. Rasul, M. I. Jahirul, and M. M. K. Khan, “ScienceDirect Modeling and process simulation of waste macadamia nutshell pyrolysis using Aspen Plus software,” *Energy Reports*, vol. 8, pp. 429–437, 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2022.10.323.
- [9] K. Emara, “Sustainable solid waste management in rural areas : A case study of Fayoum,” *Energy Nexus*, vol. 9, no. January 2022, p. 100168, 2023, doi 10.1016/j.nexus.2022.100168.
- [10] M. Minuyelet and S. Miniykis, “Environmental and Sustainability Indicators GIS based MCDM for waste disposal site selection in Dejen town, Ethiopia,” vol. 18, no. December 2022, 2023, doi: 10.1016/j.indic.2023.100228.
- [11] E. Volsuuri, E. Owusu-sekere, and A. Zarouk, “Heliyon Rethinking solid waste governance in Ghana,” *Heliyon*, vol. 8, no. December, p. e12235, 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12235.
- [12] R. Das, E. Topal, and E. Mardaneh, “A review of open pit mine and waste dump schedule planning,” *Resour. Policy*, vol. 85, no. PA, p. 104064, 2023, doi 10.1016/j.resourpol.2023.104064.