

**PERENCANAAN SMART WASTE MANAGEMENT SYSTEM
GUNA MENDUKUNG KONSEP SMART CITY: STUDI KASUS
KOMPLEK HUNIAN RUSUN ASN 4
IBU KOTA NUSANTARA**



AIRIN KHUZAIMAH

D131201059

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2024



**PERENCANAAN *SMART WASTE MANAGEMENT SYSTEM*
GUNA MENDUKUNG KONSEP *SMART CITY*: STUDI KASUS
KOMPLEK HUNIAN RUSUN ASN 4
IBU KOTA NUSANTARA**

**AIRIN KHUZAIMAH
D131201059**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**PERENCANAAN *SMART WASTE MANAGEMENT SYSTEM*
GUNA MENDUKUNG KONSEP *SMART CITY*: STUDI KASUS
KOMPLEK HUNIAN RUSUN ASN 4
IBU KOTA NUSANTARA**

AIRIN KHUZAIMAH

D131201059

Skripsi

sebagai salah satu untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Lingkungan

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI

PERENCANAAN *SMART WASTE MANAGEMENT SYSTEM* GUNA MENDUKUNG KONSEP *SMART CITY*: STUDI KASUS KOMPLEK HUNIAN RUSUN ASN 4 IBU KOTA NUSANTARA

AIRIN KHUZAIMAH
D131201059

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada 1 Oktober 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada



Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,



Dr.Eng. Ir. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T.
NIP. 197211192000121001

Mengetahui:

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr.Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER.
NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "**Perencanaan *Smart Waste Management System* Guna Mendukung Konsep *Smart City*: Studi Kasus Komplek Hunian Rusun ASN 4 Ibu Kota Nusantara**" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr. Eng. Ir. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 7-Oktober-2024



Airin Khuzaimah
NIM D131201059

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala, yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dalam bentuk skripsi dengan judul "Perencanaan *Smart Waste Management System* Guna Mendukung Konsep *Smart City*: Studi Kasus Komplek Hunian Rusun ASN 4 Ibu Kota Nusantara". Sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW., yang telah membawa umat manusia dari alam kegelapan ke masa yang cerah seperti saat sekarang ini.

Penelitian yang penulis lakukan dapat terlaksana dengan sukses serta dapat terampungkan dalam bentuk tugas akhir ini atas bimbingan, diskusi, dan arahan dari Bapak Dr. Eng. Ir. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing. Terima kasih saya ucapkan kepada Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, ilmu, arahan, serta ketulusan selama bimbingan kepada penulis dan teman-teman. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ibu Ir. Annisa Dwi Damayanti, S.T., M.T. yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses pengerjaan tugas akhir. Serta ucapan terima kasih kepada penulis Bapak/Ibu dosen, karyawan dan staf Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak pengetahuan dan pembelajaran kepada penulis selama bangku perkuliahan.

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua dan saudara tercinta (Mama, Papa, Sasa, Andra) yang senantiasa memberikan dukungan, baik secara finansial dan moral, mendidik dan menyayangi, serta senantiasa mendoakan dan memberikan nasehat kepada penulis. Ucapan terima kasih kepada mahasiswa Teknik Pertambangan dengan NIM D111201021 yang senantiasa mendampingi penulis dan telah menjadi *support system* selama penulis menjalani perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.

Teruntuk teman-teman Lingkungan 2020, penulis berterima kasih atas segala cerita dan pengalaman yang kalian berikan kepada penulis selama menjalani dinamika perkuliahan. Terima kasih kepada teman-teman MSIB Batch 5 Kementerian PUPR di Ibu Kota Nusantara yang telah memberi dukungan serta pengalaman yang luar biasa bagi penulis. Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian.

Penulis,

Airin Khuzaimah

ABSTRAK

AIRIN KHUZAIMAH. Perencanaan Smart Management System Guna Mendukung Konsep Smart City: Studi Kasus Komplek Hunian Rusun ASN 4 Ibu Kota Nusantara (dibimbing oleh Irwan Ridwan Rahim)

Sampah merupakan salah satu permasalahan kompleks yang dihadapi, baik oleh negara berkembang maupun negara maju. Dunia telah terdorong oleh perubahan ke teknologi pintar untuk mengubah kota pintar guna meningkatkan pengelolaan persampahan, termasuk Ibu Kota Nusantara yang sedang dalam proses pembangunan. Penelitian ini bertujuan merencanakan pengembangan sistem pengelolaan persampahan di Ibu Kota Nusantara menggunakan konsep smart waste management dan melakukan analisis perbandingan terhadap jejak karbon gas rumah kaca. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode observasi lapangan dan studi literatur dari dokumen pengelolaan persampahan sebagai standar dalam melakukan pengembangan, serta melakukan perhitungan cepat emisi karbon menggunakan EQT (*Emission Quantification Tool*) yang dikembangkan oleh IGES (*Institute for Global Environmental Strategies*). Hasil yang didapatkan, pada kondisi eksisting sampah belum maksimal terpilah dari sumber, akibatnya sampah akan menumpuk dan sampah yang dibuang ke TPA akan lebih banyak. Sedangkan hasil rencana pengembangan sampah daur ulang yang terpilah 42%, hal ini disebabkan adanya rencana pemilahan sampah daur ulang secara mandiri dari sumber menggunakan waste bin shelter dan garbage chute untuk memilah sampah organik dan residu. Kemudian untuk pengolahan sampah 100% menggunakan teknologi fisika dan termal di TPST dan hasil berupa FABA 10% direncanakan diolah menjadi bahan bangunan oleh pihak ketiga. Hal ini menjadikan emisi GRK pada kegiatan pengelolaan sampah kondisi eksisting sebesar 1.173,49 kg CO₂-eq/ton. Sedangkan hasil rencana pengembangan didapatkan emisi GRK sebesar 39,91 kg CO₂-eq/ton.

Kata Kunci: Pengelolaan, Persampahan, Jejak Karbon, Kota Cerdas, IKN

ABSTRACT

AIRIN KHUZAIMAH. Planning a Smart Waste Management System to Support the Smart City Concept: Case Study of ASN 4 Flats Residential in the Capital of Nusantara (supervised by Irwan Ridwan Rahim)

Waste is a complex issue faced by both developing and developed countries. The world has been driven by technological advancements to transform cities into smart cities to improve waste management, including the ongoing development of the new capital city, Nusantara. This research aims to plan the development of a waste management system in Nusantara using the concept of smart waste management and to conduct a comparative analysis of the greenhouse gas carbon footprint. The study employs field observation methods and literature reviews from waste management documents as standards for development, alongside a quick calculation of carbon emissions using the EQT (Emission Quantification Tool) developed by IGES (Institute for Global Environmental Strategies). The results indicate that in the existing condition, waste has not been adequately sorted at the source, leading to accumulation and an increase in waste sent to landfills. The proposed development plan aims for 42% of recyclable waste to be sorted at the source, facilitated by the implementation of waste bin shelters and garbage chutes for separating organic and residual waste. Furthermore, waste processing will utilize 100% physical and thermal technology at the Waste Treatment Facility (TPST), with 10% of the resulting Bottom Ash (FABA) planned to be processed into building materials by a third party. This results in greenhouse gas emissions from existing waste management activities amounting to 1,173.49 kg CO₂-eq/ton. In contrast, the projected emissions from the proposed development plan are significantly reduced to 39.91 kg CO₂-eq/ton.

Keywords: Management, Waste, Carbon Footprint, Smart City, IKN

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Teori	4
1.7 Penelitian Terdahulu	12
BAB II METODE PENELITIAN.....	23
2.1 Diagram Alir Penelitian.....	23
2.2 Kerangka Berpikir Penelitian	24
2.3 Gambaran Lokasi Perencanaan.....	25
2.4 Kebutuhan Data	27
2.5 Metode Pengumpulan Data.....	28
2.6 Metode Pengolahan dan Analisis Data	28
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	31
3.1 Dokumen Perencanaan dan Kondisi Eksisting Sistem Pengelolaan Persampahan di Ibu Kota Nusantara	31
3.2 Rencana Pengembangan Sistem Pengelolaan Persampahan Berbasis <i>Smart Waste Management System</i>	34
3.3 Perhitungan Reduksi Karbon dari Sektor Persampahan setelah Menggunakan Konsep <i>Smart Waste Management System</i>	57
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	63
4.1 Kesimpulan	63
4.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	66
Lampiran.....	68

DAFTAR TABEL

No. Urut	Halaman
1. Penelitian Terdahulu	12
2. Kebutuhan data.....	27
3. Rekapitulasi prediksi timbulan sampah.....	35
4. Prediksi komposisi sampah	36
5. Potensi sampah daur ulang	37
6. Sampah tidak dapat didaur ulang	37
7. Sampah bahan berbahaya dan beracun (B3)	38
8. Volume sampah yang dibuang ke <i>waste bin shelter</i>	40
9. Kekurangan dan kelebihan <i>waste bin shelter</i>	40
10. Volume sampah yang dibuang ke <i>garbage chute</i>	47
11. Kekurangan dan kelebihan <i>garbage chute</i>	48
12. Jumlah wadah tempat sampah untuk fasilitas umum.....	50

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Ringkasan Target KPI	7
2. Diagram alir penelitian	23
3. Kerangka berpikir penelitian	24
4. Peta lokasi pembangunan kompleks hunian rumah susun ASN 4	27
5. <i>Waste material flow</i> berdasarkan dokumen perencanaan	31
6. Kondisi eksisting sistem pengelolaan persampahan di Hunian Pekerja Konstruksi	32
7. Kondisi tempat sampah di hunian pekerja konstruksi	33
8. Diagram prediksi berat timbulan sampah	35
9. Contoh <i>waste bin shelter</i> di Denmark	40
10. Contoh <i>garbage chute system</i>	42
11. Komponen utama <i>garbage chute system</i>	43
12. Bukaan pada <i>garbage chute system</i>	44
13. Ventilator pada saluran <i>garbage chute</i>	44
14. <i>Fire protection</i> pada bukaan <i>garbage chute</i>	45
15. <i>Brush</i> pembersih pada saluran <i>garbage chute</i>	45
16. Pintu penahan api pada ujung saluran <i>garbage chute</i>	46
17. Lubang pembuangan air pada ruang penyimpanan sampah	46
18. Wadah komunal untuk menyimpan sampah	47
19. Wadah sampah organik, anorganik, dan B3 untuk fasilitas umum	49
20. Wadah sampah kayu/ranting-daun untuk fasilitas umum	49
21. Alat pengangkut sampah jenis <i>front load truk</i>	51
22. Alat pengangkut sampah jenis <i>hook lift truk</i>	51
23. Desain perencanaan Kawasan TPST 1 – KIPP IKN	52
24. Desain gedung pengolahan fisika di TPST 1 – KIPP IKN	53
25. Alur sampah daur ulang dan B3 di TPST 1 – KIPP IKN	54
26. Neraca massa proses pengolahan sampah secara fisika di TPST 1 – KIPP IKN	54
27. <i>Waste material flow</i> hasil rencana pengembangan berbasis <i>smart waste management</i>	56
28. Perbandingan kondisi eksisting sistem pengelolaan persampahan dengan dokumen perencanaan sistem pengelolaan persampahan Ibu Kota Nusantara	57
29. Perbandingan kondisi eksisting dengan hasil rencana pengembangan sistem pengelolaan persampahan Ibu Kota Nusantara	58

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Hasil Perhitungan.....	68
2. Hasil Peta Lokasi Penelitian	73
3. Peta Tata Guna Lahan.....	74

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perluasan lingkungan perkotaan akan mempengaruhi tingkat populasi global yang tinggal di perkotaan (Toli & Murtagh, 2020). Hal ini disebabkan urbanisasi yang pesat dan pertumbuhan jumlah penduduk (Fang et al., 2023) dan (Ali et al., 2020). Menurut Toli dan Murtagh (2020), diperkirakan 66% populasi global akan tinggal di perkotaan tahun 2050, dan akan mempengaruhi peningkatan timbunan sampah hingga tiga kali lipat dari saat ini (Hasan et al., 2022).

Sampah merupakan salah satu permasalahan kompleks yang dihadapi, baik oleh negara-negara berkembang maupun negara maju di dunia, termasuk di Indonesia (Hermawan et al., 2019). Menurut laporan Bank Dunia (2023) yang berjudul *The Atlas of Sustainable Development Goals*, pada tahun 2020 Indonesia telah memproduksi 65,2 juta ton sampah dan berada di 5 peringkat besar negara penghasil sampah terbesar di dunia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2023), jumlah penduduk di Indonesia kini mencapai 278,7 juta jiwa pada pertengahan 2023. Angka tersebut naik 1,05% dari tahun sebelumnya. Dilansir dari CNN Indonesia (2023), Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) menjelaskan bahwa, penduduk Indonesia diperkirakan sebanyak 285 juta jiwa pada 2025, dan dapat mencapai sebanyak 324 juta jiwa pada 2045. Bertambahnya jumlah penduduk di kota-kota besar berbanding lurus dengan produksi sampah yang dihasilkan (Hermawan dkk., 2019). Hal ini dibuktikan oleh Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) (2024), menyebutkan data hasil perhitungan sampah di Indonesia pada tahun 2023 terdapat 19,56 juta ton.

Pengelolaan sampah bukan hanya tanggung jawab sektor lingkungan, tetapi juga merupakan agenda utama pembangunan berkelanjutan (Gusdevi dkk., 2023). Pembangunan kota berkelanjutan merupakan salah satu target yang ingin dicapai pada poin ke-11 dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang berarti membuat perkotaan dan pemukiman menjadi inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan (ITS, 2021). Untuk mencapai hal tersebut, konsep *smart city* muncul sebagai salah satu solusi yang banyak digunakan di beberapa negara (Toli & Murtagh, 2020) seperti di Korea Selatan (Huh et al., 2021) dan Pakistan (Hasan et al., 2022). Dunia telah terdorong oleh perubahan ke teknologi pintar untuk mengubah kota-kota menjadi kota pintar guna meningkatkan pengelolaan seluruh sistem yang lebih efektif, berkelanjutan, dan bertanggung jawab kepada penduduknya (Mortos et al., 2024). Menurut Hasan et al (2022), salah satu pemanfaatan teknologi untuk mendukung kota pintar dengan prioritas lingkungan yang berkelanjutan adalah dengan mengimplementasikan konsep *smart waste management*.

Smart waste management adalah sistem pengelolaan sampah yang memanfaatkan teknologi untuk mengumpulkan dan mengolah data sampah dengan lebih efisien sehingga sampah dapat dioptimalkan secara signifikan, menciptakan

lingkungan perkotaan yang lebih bersih dan berkelanjutan (Gusdevi dkk., 2023). *Smart waste management* diharapkan bisa menjadi salah satu solusi dalam penanggulangan sampah di Indonesia (Hermawan dkk., 2019).

Berbagai penelitian terkait *smart waste management* telah dilakukan antara lain, penerapan pewadahan dan pengangkutan menggunakan konsep *smart waste management* (Hasan et al., 2022) dan (Hermawan dkk., 2019) pemantauan tempat sampah cerdas berbasis IoT (Ali et al., 2020), sistem pewadahan *garbage chute* (Mortos et al., 2024), dan lain lain. Penelitian Fang et al (2023), membuktikan bahwa penerapan *smart waste management* dapat mengurangi jarak transportasi hingga 36,8%, penghematan biaya hingga 13,35%, dan penghematan waktu hingga 28,22%. Penelitian lainnya juga telah dilakukan oleh Effendy (2023) mengenai perencanaan manajemen sampah cerdas untuk mendukung kota cerdas di Ibu Kota Nusantara. Pada penelitian tersebut, dilakukan perencanaan untuk keseluruhan wilayah IKN terkait pengelolaan sampah dari hulu ke lihir dengan menggunakan konsep manajemen sampah cerdas. Hal ini sesuai dengan Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara, dijelaskan bahwa salah satu prinsip pembangunan dan pengembangan Ibu Kota Nusantara adalah Kota Pintar yang bertujuan untuk menciptakan kota yang nyaman dan efisien untuk tata kelola pemerintahan, bisnis, dan penduduk melalui informasi, komunikasi, dan teknologi (Presiden Republik Indonesia, 2022).

Presiden Indonesia, Joko Widodo mengumumkan pada pertengahan 2019 bahwa Ibu Kota di Indonesia akan dipindahkan, dengan sebagian besar berada di wilayah administrasi Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kutai Kartanegara. Dilansir dari Samarinda Niaga Asia (2023), Kepala Bidang Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 DLH Kaltim, Rina Juliati menjelaskan bahwa keputusan menjadikan Kalimantan Timur sebagai Ibu Kota Negara berdampak pada peningkatan signifikan jumlah penduduk juga pada peningkatan produksi sampah yang mencapai 791.828 ton pada tahun 2022. Sudah semestinya pengelolaan sampah harus semakin diperhatikan (Hermawan dkk., 2019)

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara, dijelaskan bahwa salah satu prinsip pembangunan dan pengembangan Ibu Kota Nusantara adalah Kota Pintar yang bertujuan untuk menciptakan kota yang nyaman dan efisien untuk tata kelola pemerintahan, bisnis, dan penduduk melalui informasi, komunikasi, dan teknologi (Presiden Republik Indonesia, 2022)

Dilansir dari Antara Kaltim, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Direktur Sistem dan Strategi Penyelenggaraan Perumahan Kementerian PUPR, Edward Abdurrahman (2022) mengungkapkan IKN memiliki peluang skala besar dalam implementasi Konsep Hunian Cerdas. Hal ini juga diungkapkan oleh Satuan Tugas (Satgas) Pelaksanaan Pembangunan Infrastruktur IKN, Danis Sumadilaga (2023) bahwa saat ini sedang berlangsung pembangunan 47 tower rumah susun bagi ASN dan Hankam. Dari total keseluruhan, terdapat 8 tower yang dibangun untuk Komplek Hunian Rusun ASN 4. Plt Direktorat Jenderal SDA Kementerian PUPR, Jarot Widyoko (2023) mengatakan IKN akan memanfaatkan

inovasi teknologi yang mendukung upaya *zero waste*, salah satu upaya yaitu menggunakan konsep *smart waste management*.

Berdasarkan latar belakang permasalahan, maka perlu dibuat perencanaan sistem pengelolaan sampah cerdas di Ibu Kota Nusantara khususnya pada Komplek Hunian Rumah Susun ASN 4. Oleh karena itu, penulis memilih judul tugas akhir “**Perencanaan *Smart Waste Management System* Guna Mendukung Konsep *Smart City* di Komplek Hunian Rumah Susun ASN 4 Ibu Kota Nusantara**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pernyataan pada sub bab 1.1 maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana kondisi eksisting sistem pengelolaan persampahan sesuai dengan dokumen perencanaan di Ibu Kota Nusantara?
2. Bagaimana rencana pengembangan sistem pengelolaan persampahan berbasis *smart waste management system* di Komplek Hunian Rusun ASN 4, Ibu Kota Nusantara?
3. Berapa reduksi emisi karbon GRK dari sektor persampahan setelah menggunakan konsep *smart waste management system* di Komplek Hunian Rusun ASN 4, Ibu Kota Nusantara?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pernyataan pada sub bab 1.2 maka tujuan yang hendak dicapai pada tugas akhir ini yaitu:

1. Melakukan observasi pada kondisi eksisting sistem pengelolaan persampahan sesuai dengan dokumen perencanaan di Ibu Kota Nusantara
2. Mengembangkan konsep perencanaan sistem pengelolaan persampahan berbasis *smart waste management system*
3. Mengevaluasi emisi karbon GRK dari sektor persampahan setelah menggunakan konsep *smart waste management system* di IKN.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi akademik, diharapkan penelitian ini dapat membantu dan berkontribusi terhadap ilmu pengetahuan untuk penelitian selanjutnya yang juga berkaitan dengan *smart waste management system*.
2. Bagi pemerintah, diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat dan memberikan rekomendasi terkait perencanaan *smart waste management system*.

1.5 Ruang Lingkup

Batas permasalahan pada tugas akhir ini yaitu:

1. Rencana pengembangan mempertimbangkan hasil analisis kondisi eksisting dan standar pada dokumen perencanaan
2. Pada perhitungan emisi karbon GRK tahap transportasi, jalanan diasumsikan tidak macet dan tidak termasuk waktu pelayanan pada setiap lokasi ataupun waktu pembongkaran.

1.6 Teori

1.6.1 Pengertian Sampah

Pengertian sampah berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah yaitu, sampah adalah sisa kegiatan manusia sehari-hari atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik maupun anorganik yang dapat terurai atau tidak dapat terurai yang sudah dianggap tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan. Dalam undang-undang ini, dijelaskan bahwa sampah terdiri dari 3 jenis, adapun jenis-jenis sampah yang diatur dalam undang-undang ini adalah

- a. Sampah rumah tangga; yang dimaksud berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik.
- b. Sampah sejenis sampah rumah tangga: berasal dari Kawasan komersial, Kawasan industri, Kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan/atau fasilitas lainnya.
- c. Sampah spesifik, meliputi sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun; sampah yang mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun; sampah yang timbul akibat bencana; puing bongkaran bangunan; sampah yang secara teknologi belum dapat diolah; dan/atau sampah yang timbul secara tidak periodik.

Menurut *World Health Organization* (WHO) sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Sedangkan berdasarkan SNI 19-2454-2002, sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan.

1.6.2 Pengelolaan Sampah

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Berdasarkan penelitian dari Sholihah (2020) menjelaskan bahwa amanat undang-undang ini menyebutkan pemerintah pusat maupun pemerintah daerah memiliki tugas untuk menjamin terselenggaranya pengelolaan sampah yang baik dan berwawasan lingkungan. Pemerintah wajib menyelenggarakan dan memfasilitasi pengelolaan sampah. Pelaksanaan pengelolaan sampah bukan saja tanggung jawab pemerintah secara penuh.

Dibutuhkan keterlibatan semua pihak karena sampah bukan hanya tanggung jawab pemerintah, melainkan juga masyarakat (Sholihah, 2020).

Sistem pengelolaan sampah di Indonesia umumnya sama yaitu metode kumpul, angkut, buang. Sebuah metode sederhana yang akhirnya berubah menjadi pembuangan sampah secara sembarangan tanpa mengikuti ketentuan teknis di lokasi yang sudah ditentukan. Pengelolaan sampah saat ini berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 dan Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 dilakukan dengan dua fokus utama yaitu pengurangan dan penanganan sampah (Yusnita dkk., 2024).

1.6.3 Ibu Kota Nusantara (IKN)

Ibu Kota Negara bernama Nusantara dan selanjutnya disebut Ibu Kota Nusantara adalah satuan pemerintahan daerah yang bersifat khusus setingkat provinsi yang wilayahnya menjadi tempat kedudukan Ibu Kota Negara sebagaimana ditetapkan dan diatur dengan Undang-Undang ini (Presiden Republik Indonesia, 2022).

Nusantara adalah sebuah konsep kesatuan yang mengakomodasi kekayaan kemajemukan Indonesia. Dengan nama Nusantara, Ibu Kota Negara Kesatuan Republik Indonesia merepresentasikan realitas tersebut. Realitas kekayaan kemajemukan Indonesia itu menjadi modal untuk memajukan kesejahteraan rakyat yang berkeadilan, menuju masa depan Indonesia maju, tangguh, dan berkelanjutan (Presiden Republik Indonesia, 2022).

Pembangunan dan pengelolaan Ibu Kota Nusantara memiliki visi Ibu Kota Negara sebagai kota dunia untuk semua yang bertujuan utama mewujudkan kota ideal yang dapat menjadi acuan bagi pembangunan dan pengelolaan kota di Indonesia dan dunia. Visi besar tersebut bertujuan untuk mewujudkan Ibu Kota Nusantara sebagai:

- a. Kota berkelanjutan di dunia yang menciptakan kenyamanan, keselarasan dengan alam, ketangguhan melalui efisiensi penggunaan sumber daya dan rendah karbon;
- b. Penggerak ekonomi Indonesia di masa depan, yang memberi peluang ekonomi untuk semua melalui pengembangan potensi, inovasi, dan teknologi, serta
- c. Simbol identitas nasional, merepresentasikan keharmonisan dalam keragaman sesuai dengan Bhinneka Tunggal Ika

1.6.3 Konsep *Smart City*

Konsep *smart city* telah menjadi isu besar di berbagai penjuru dunia saat ini. Konsep ini pada awalnya diciptakan oleh IBM pada tahun 1990-an. IBM memberikan pengertian awal bahwa *smart city* adalah kota yang saling terhubung dan berfungsi secara cerdas (Puspitasari, 2021).

Smart city merupakan sebuah konsep kota yang memanfaatkan teknologi informasi untuk mengintegrasikan seluruh infrastruktur dan pelayanan dari pemerintah kepada warga masyarakat. Penerapan konsep *smart city* dalam sebuah perencanaan kota ialah untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan dengan meningkatkan layanan masyarakat dengan mengintegrasikan beberapa elemen yang ada di perkotaan seperti pemerintahan, ekonomi, kualitas hidup, lingkungan, sumber daya manusia, dan transportasi (Putri & Salahudin, 2021).

Smart city adalah pendekatan yang memanfaatkan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi, pengelolaan data perkotaan, dan teknologi digital untuk merencanakan dan mengelola fungsi inti perkotaan secara efisien, inovatif, inklusif, dan berketahanan. Keberhasilan dari implementasi kota cerdas ialah ketika kota tersebut mampu mengarahkan munculnya berbagai inovasi dalam memperbaiki keberlanjutan lingkungan, serta memberdayakan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Penerapan kota cerdas juga dapat memperbaiki kualitas demokrasi, tata kelola yang terdistribusi, otonomi individual dan kolektif, partisipasi masyarakat dalam perencanaan perkotaan, menjamin perlindungan hak privasi, dan perlindungan dari komodifikasi data (Perpres Indonesia, 2022).

Manfaat pendekatan kota cerdas adalah: (a) efisiensi, penghematan waktu perjalanan, biaya hidup lebih terjangkau, penyerapan tenaga kerja lebih optimal; (b) transparansi, meningkatnya partisipasi sosial dan kepercayaan masyarakat terhadap pemerintah; serta (c) keberlanjutan, kualitas lingkungan yang lebih baik dengan berkurangnya emisi gas rumah kaca, pemborosan air, serta timbulan sampah (Perpres Indonesia, 2022).

Konsep *smart city* yang diusung pada ibu kota nusantara akan menjadi pembeda pada kondisi saat ini. Secara umum konsep kota cerdas merupakan upaya bagaimana membangun layanan yang efektif, efisien dan berkelanjutan yang memenuhi kebutuhan dari penduduk yang tinggal pada suatu kota sehingga kualitas hidup pada kota tersebut semakin meningkat (perpres indonesia, 2022).

1.6.4 Konsep *Smart City*

Smart waste management adalah suatu sistem pengelolaan sampah yang memanfaatkan teknologi untuk mengumpulkan dan mengolah data sampah dengan lebih efisien. Melalui implementasi sistem *smart waste management*, penanganan sampah dapat dioptimalkan dengan signifikan, menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih bersih, lebih efisien, dan lebih berkelanjutan (Gusdevi dkk., 2023).

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2022 tentang Perincian Rencana Induk Ibu Kota Nusantara, menjelaskan bahwa pembangunan sarana dan prasarana serta manajemen sistem pengelolaan sampah diupayakan dikelola secara terintegrasi dari hulu (sumber sampah) ke hilir (tempat pemrosesan akhir) dengan menerapkan prinsip sirkular di setiap aspek pada rantai pengelolaan persampahan. Prinsip pengurangan dan pemilahan sampah di sumber serta pengumpulan dan transportasi sampah yang terpilah dan terjadwal menjadi prinsip utama pengelolaan sampah yang dilakukan di hulu. Sampah yang telah terpilah didaur ulang sesuai dengan jenis sampah dan menjadi input dari berbagai proses industri, pertanian, dan bahan produk lainnya yang dapat diperjualbelikan. Sampah residu dari hasil proses daur ulang diolah pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dengan menggunakan teknologi yang ramah lingkungan dan sekaligus mampu mengurnagi potensi keluarnya emisi GRK dari proses pengolahan residu sampah. Khusus untuk limbah B3 diwajibkan melakukan pemilahan mandiri dan diangkut secara terjadwal oleh sistem transportasi pengumpul limbah B3 secara khusus (terpisah dari sistem pengumpulan sampah domestik).

Ibu Kota Nusantara menargetkan 100 persen sampah ditangani dan diolah serta mengacu kepada KPI 5.2 yaitu 60 persen semua timbulan limbah padat (sampah) diolah pada tahun 2045 sehingga memenuhi pengelolaan sampah komprehensif, terpadu dari hulu ke hilir, berwawasan lingkungan, dan memberikan manfaat secara sosial dan ekonomi. Sampah dipisahkan pada sumbernya dan dikumpulkan dengan menggunakan berbagai cara untuk diolah secara terpusat. Fasilitas daur ulang sampah sebagai fokus utama dari sistem pengelolaan sampah akan mengurangi volume sampah yang dibuang ke tempat pemrosesan akhir (TPA). Hal ini akan memperpanjang umur TPA serta barang daur ulang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan produk baru (Perpres Indonesia, 2022). Selain KPI 5.2, yang juga berkaitan dengan pengelolaan sampah yaitu KIP 4.3 dan 7.2 (Operasi, 2024)

1. Selaras Dengan Alam	2. Bhinneka Tunggal Ika	3. Terhubung, Aktif dan Mudah Diakses	4. Rendah Emisi Karbon	5. Sirkular dan Tangguh	6. Aman dan Terjangkau	7. Nyaman dan Efisien melalui Teknologi	8. Peluang Ekonomi untuk Semua
1.1 >75% dari 256.142 Ha area untuk ruang hijau (85% area dilindungi dan 10% area produksi pangan)	2.1 100% integrasi seluruh penduduk	3.1 80% perjalanan dengan transportasi publik atau mobilitas aktif	4.1 Instalasi kapasitas energi terbarukan akan memenuhi 100% kebutuhan energi Ibu Kota Nusantara	5.1 >10% dari lahan 256.142 Ha tersedia untuk kebutuhan produksi pangan	6.1 Ranking 10 besar kota paling layak huni di dunia pada tahun 2045	7.1 Merupakan peringkat sangat tinggi dalam E-Government Development Index (EGDI) oleh PBB	8.1 0% kemiskinan pada populasi Ibu Kota Nusantara pada tahun 2035
1.2 100% penduduk dapat mengakses ruang hijau rekreasi dalam 10 menit	2.2 100% warga dapat mengakses layanan sosial/masyarakat dalam waktu 10 menit	3.2 10 menit ke fasilitas penting dan simpul transportasi publik	4.2 60% penghematan energi untuk konservasi energi dalam gedung	5.2 60% daur ulang timbulan limbah padat di tahun 2045	6.2 Pemukiman yang ada dan terencana di kawasan 256.142 Ha memiliki akses terhadap infrastruktur penting di 2045	7.2 100% konektivitas digital dan teknologi, informasi, serta komunikasi untuk semua penduduk dan bisnis	8.2 Pendapatan domestik regional bruto (PDRB) per kapita setara ekonomi berpendapatan tinggi
1.3 100% penggantian ruang hijau untuk setiap bangunan bertingkat institusional, komersial, dan hunian	2.3 100% ruang publik dirancang menggunakan prinsip akses universal, kearifan lokal, serta desain yang responsif gender dan inklusif	3.3 <50 menit Koneksi transit ekspres dari Kawasan Inti Pusat Pemerintahan ke bandara strategis pada tahun 2030	4.3 Net zero emission untuk Ibu Kota Nusantara di 2045 di kawasan 256.142 Ha	5.3 100% air limbah akan diolah melalui sistem pengolahan pada tahun 2035	6.3 Perumahan layak, aman, dan terjangkau yang memenuhi rasio hunian berimbang.	7.3 >75% kepuasan dunia usaha atas layanan digital	8.3 Rasio Gini regional terendah di Indonesia di 2045

Gambar 1 Ringkasan Target Target KPI
Sumber: Indonesia, P.P., 2022

Buku Pedoman Bangunan Cerdas Nusantara oleh Otorita IKN (2023) menjelaskan bahwa Saluran Sampah Cerdas adalah sistem teknologi yang digunakan untuk mengoptimalkan pengelolaan sampah secara efisien dan terintegrasi dengan mengumpulkan data yang tepat dan real-time, mengoptimalkan rute pengumpulan sampah, dan integrasi dengan pihak berwenang. Adapun persyaratan fungsional dari saluran sampah cerdas adalah sebagai berikut

1. Pembuangan Sampah Otomatis: Sistem harus memungkinkan pembuangan sampah otomatis dengan yang terintegrasi dengan kendaraan pengumpulan sampah dan menyediakan data waktu nyata tentang tingkat pengisian saluran sampah.
2. Pemilahan dan daur ulang sampah: Sistem harus memungkinkan pemilahan dan daur ulang sampah dengan menyertakan sensor dan kamera untuk mengidentifikasi dan memilah berbagai jenis sampah.
3. Analisis data: Sistem harus menyediakan analisis data tentang pola timbulan sampah, memungkinkan manajemen gedung untuk mengidentifikasi peluang pengurangan dan daur ulang sampah.
4. Perawatan dan perbaikan: Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti malfungsi peralatan atau penyumbatan, memungkinkan pemeliharaan proaktif dan meminimalkan waktu henti.
5. Efisiensi energi: Sistem harus memprioritaskan efisiensi energi dengan menggunakan sensor berdaya rendah dan mode tidur untuk mengurangi konsumsi energi.
6. Pengalaman pengguna: Sistem harus memberikan pengalaman pengguna yang positif, dengan antarmuka yang intuitif, instruksi yang jelas, dan layanan pelanggan yang responsif.
7. Integrasi: Sistem ini harus terintegrasi dengan perusahaan pengelolaan sampah untuk memastikan pengumpulan dan pembuangan sampah yang efisien.
8. Pemantauan dan kontrol jarak jauh: Sistem harus memungkinkan manajemen gedung untuk memantau dan mengendalikan pembuangan sampah dan daur ulang dari jarak jauh melalui platform terpusat atau aplikasi seluler.
9. Kesehatan dan keselamatan: Sistem harus memprioritaskan kesehatan dan keselamatan dengan memastikan pembuangan sampah yang tepat dan meminimalkan risiko yang terkait dengan penanganan dan penyimpanan sampah.
10. Keberlanjutan: Sistem ini harus memprioritaskan keberlanjutan dengan memungkinkan pengurangan sampah dan daur ulang, dan mempromosikan praktik yang bertanggung jawab terhadap lingkungan

1.6.4 Peraturan Terkait

Berikut beberapa peraturan yang terkait dengan penelitian ini yaitu:

1.6.4.1 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah.

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. Pengelolaan sampah bertujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya.

Pengurangan sampah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 huruf a meliputi kegiatan:

- a. pembatasan timbulan sampah;
- b. daur ulang sampah; dan/atau
- c. pemanfaatan kembali sampah.

Kegiatan penanganan sampah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 huruf b meliputi:

- a. pemilahan dalam bentuk pengelompokan dan pemisahan sampah sesuai dengan jenis, jumlah, dan/atau sifat sampah;
- b. pengumpulan dalam bentuk pengambilan dan pemindahan sampah dari sumber sampah ke tempat penampungan sementara atau tempat pengolahan sampah terpadu;
- c. 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;
- d. pengolahan dalam bentuk mengubah karakteristik, komposisi, dan jumlah sampah; dan/atau
- e. pemrosesan akhir sampah dalam bentuk pengembalian sampah dan/atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan secara aman.

1.6.4.2 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga

Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah mengamanatkan perlunya perubahan yang mendasar dalam pengelolaan sampah yang selama ini dijalankan. Sesuai dengan Pasal 19 Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tersebut, pengelolaan sampah dibagi dalam dua kegiatan pokok, yaitu pengurangan sampah dan penanganan sampah.

Pasal 20 menguraikan tiga aktivitas utama dalam penyelenggaraan kegiatan pengurangan sampah, yaitu pembatasan timbulan sampah, pendauran ulang sampah, dan pemanfaatan kembali sampah. Ketiga kegiatan tersebut merupakan perwujudan dari prinsip pengelolaan sampah yang berwawasan lingkungan yang disebut 3R (*reduce, reuse, recycle*). Dalam Pasal 22 diuraikan lima aktivitas utama dalam penyelenggaraan kegiatan penanganan sampah yang meliputi pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah

1.6.4.3 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022, (Pasal 1) Ibu Kota Negara bersama Nusantara dan selanjutnya disebut Ibu Kota Nusantara adalah satuan pemerintahan daerah yang bersifat khusus setingkat provinsi yang wilayahnya menjadi tempat kedudukan Ibu Kota Negara sebagaimana ditetapkan dan diatur dengan Undang-Undang ini. (Pasal 2) Ibu Kota Nusantara memiliki visi sebagai kota dunia untuk semua yang dibangun dan dikelola dengan tujuan untuk: a. menjadi kota berkelanjutan di dunia; b. sebagai penggerak ekonomi Indonesia di masa depan; dan c. menjadi simbol identitas nasional yang merepresentasikan keberagaman bangsa Indonesia, berdasarkan Pancasila dan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945.

Yang dimaksud dengan "kota berkelanjutan di dunia" pada pasal 2 bagian (a) adalah kota yang mengelola sumber daya secara tepat guna dan memberikan pelayanan secara efektif dalam pemanfaatan sumber daya air dan energi yang efisien, pengelolaan sampah berkelanjutan, moda transportasi terpadu, lingkungan layak huni dan sehat, dan lingkungan alam dan binaan yang sinergis, yang di dalamnya juga menetapkan Ibu Kota Nusantara sebagai kota di dalam hutan (*forest city*) untuk memastikan kelestarian lingkungan dengan minimal 75% (tujuh puluh lima persen) kawasan hijau, serta rencana Ibu Kota Nusantara dijalin dengan konsep masterplan yang berkelanjutan untuk menyeimbangkan ekologi alam, kawasan terbangun, dan sistem sosial yang ada secara harmonis

1.6.4.4 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau

Prinsip bangunan hijau merupakan salah satu pondasi utama dalam perencanaan konsep bangunan cerdas (Nusantara, 2023). (Berdasarkan Permen PUPR Nomor 21 Tahun 2021, (Pasal 1) Bangunan Gedung Hijau yang selanjutnya disingkat BGH adalah Bangunan Gedung yang memenuhi Standar Teknis Bangunan Gedung dan memiliki kinerja terukur secara signifikan dalam penghematan energi, air, dan sumber daya lainnya melalui penerapan prinsip BGH sesuai dengan fungsi dan klasifikasi dalam setiap tahapan penyelenggaraannya.

Ketentuan Tahap Perencanaan Teknis BGH (pasal 8, ayat 1) sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 huruf b terdiri atas: a. pengelolaan tapak; b. efisiensi penggunaan energi; c. efisiensi penggunaan air; d. kualitas udara dalam ruang; e. penggunaan material ramah lingkungan; f. pengelolaan sampah; g. pengelolaan air limbah. Parameter pengelolaan sampah sebagaimana dimaksud pada ayat 1 huruf f terdiri atas kriteria:

- a. penerapan prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*);
- b. penerapan sistem penanganan sampah; dan
- c. penerapan sistem pencatatan timbulan sampah.

Pengelolaan sampah pada BGH dimaksudkan untuk meningkatkan kesehatan, aman bagi lingkungan pengguna BGH serta menjadikan sampah sebagai sumber daya. Terobosan pengelolaan sampah dan menyediakan alternatif fasilitas-fasilitas pengelolaan sampah di BGH yang berkelanjutan.

- a. Penerapan Prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*)

Penerapan prinsip 3R dimaksudkan untuk mengurangi sampah sejak dari sumbernya pada skala komunal atau kawasan, untuk mengurangi beban sampah yang harus diolah di Tempat Pemrosesan Akhir sampah dan untuk mendapatkan nilai manfaat dari sampah dan mengurangi dampak lingkungan.

- b. Penerapan sistem penanganan sampah pada Bangunan Gedung hijau terdiri atas pemilahan, pengumpulan, dan pengolahan sampah yang dimaksudkan untuk menambah nilai manfaat dari sampah dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Tersedianya fasilitas tempat sampah sementara yang terpisah pada gedung bagi minimal 3 jenis sampah, yaitu: Organik, Non organik, dan B3. Dengan adanya fasilitas tempat sampah sementara yang terpisah pada gedung, diharapkan penanganan sampah menjadi lebih bersih dan lebih mudah untuk dikelola pada tahap lebih lanjut.
- c. Sistem pencatatan timbulan sampah dilakukan untuk mengetahui berapa besar jumlah sampah yang dapat dikurangi, digunakan kembali, dan/atau didaur ulang. Metode pencatatan dapat berupa dalam satuan berat (kg atau ton) atau dalam satuan volume. Frekuensi pengambilan sampah juga harus masuk ke dalam pencatatan. Dengan melakukan pencatatan timbulan sampah, dapat direncanakan program 3R yang lebih tepat.

1.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Negara	Tujuan	Hasil
(Effendy, 2023)	Perencanaan Manajemen Sampah Cerdas (<i>Smart Waste Management</i>) untuk Mendukung Penerapan Kota Cerdas (<i>Smart City</i>) di Ibu Kota Nusantara	Ibu Kota Nusantara (IKN), Indonesia	Merencanakan pengelolaan sampah pintar dari hulu ke hilir.	Pahap pemilahan menggunakan <i>smart trash bin</i> yang mampu membedakan jenis sampah secara otomatis. Pada tahap pengangkutan, dilakukan simulasi mencari rute operasional teroptimal menggunakan bantuan GIS. Untuk pengolahan, dilakukan komposting, pembakaran, dan pemanfaatan gas metana dari TPA untuk pembangkit listrik
(Toli & Murtagh, 2020)	<i>The Concept of Sustainability in Smart City definitions</i>	Inggris	Penelitian ini bertujuan untuk memberikan tinjauan komprehensif mengenai peran keberlanjutan dalam definisi kota pintar.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sebagai besar definisi (sekitar sepertiga) memasukkan keberlanjutan sebagai salah satu tujuan sekunder kota pintar, sedangkan hanya sedikit definisi yang menggambarkan

Penulis	Judul	Negara	Tujuan	Hasil
				keberlanjutan sebagai tujuan utama atau tersier.
(Hasan et al., 2022)	<i>Smart Waste Management and Classification System for Smart Cities Using Deep Learning</i>	Pakistan	Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan sistem pengelolaan dan klasifikasi sampah pintar berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah di kota pintar	Sistem pengelolaan sampah pintar menggunakan IoT untuk memantau dan melacak jumlah sampah. Sedangkan untuk klasifikasi sampah, menggunakan jaringan konvolusional untuk mengklasifikasikan sampah menjadi kategori plastik, kertas, karton, kaca, logam dan lainnya guna memudahkan proses daur ulang
(Fang et al., 2023)	<i>Artificial Intelligence for Waste Management in Smart Cities</i>	China	Mengidentifikasi efisiensi kecerdasan buatan dalam sistem pengelolaan sampah untuk kota pintar	Kecerdasan buatan dapat mengoptimalkan logistik pengangkutan sampah hingga dapat mengurangi jarak tempuh 36,8%, pengurangan biaya 13,35%, dan penghematan waktu 28,22%. Kecerdasan buatan memungkinkan

Penulis	Judul	Negara	Tujuan	Hasil
				untuk mengidentifikasi dan memilah sampah dengan akurasi berkisar antara 72,8 hingga 99,95%.
(Chehab, 2022)	<i>Enhancing Solid Wastes Separation Behaviour at the Residential Towers Using the Garbage Chute Systems</i>	Swedia	Mengetahui peningkatan perilaku pemilahan limbah padat penduduk di bangunan bertingkat dengan adanya <i>garbage chute systems</i>	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa perilaku pemisahan sampah penduduk di bangunan bertingkat mengalami perkembangan dan peningkatan setelah tersedia <i>garbage chute system</i> untuk pemisahan sampah padat.
(Mortos et al., 2024)	<i>SMARTSORT : YOLOv4-driven Smart Sorting for Household Waste Management</i>	Filipina	Mengembangkan sistem pemilahan sampah rumah tangga secara otomatis untuk mendukung pengelolaan sampah yang lebih efisien dan berkelanjutan	Hasil dari penelitian ini mengembangkan sistem yang mengotomatisasi pemilahan sampah rumah tangga menjadi tiga kategori menggunakan klasifikasi limbah berbasis YOLOv4 dan berbagai perangkat lainnya.
(Onoda, 2020)	<i>Smart Approaches to Waste Management</i>	Jepang	Mengusulkan pendekatan cerdas dalam pengelolaan	Hasil dari penelitian ini adalah penerapan teknologi seperti

Penulis	Judul	Negara	Tujuan	Hasil
	<i>for Post-COVID-19 Smart Cities in Japan</i>		sampah di kota pintar Jepang pasca pandemi COVID-19	VR, sistem informasi, otomatisasi, dan kendali jarak jauh untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah di kota pintar pasca pandemi COVID-19.
(Bulatov, 2024)	<i>Modelling of a Tubular Conveyor for Waste Collection and Sorting in Multi-Storey Residential Buildings</i>	Kazakhstan	Evaluasi efisiensi dan potensi integrasi sistem konveyor tubular otomatis untuk pengumpulan dan pemilahan sampah pada bangunan bertingkat di Kazakhstan	Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem konveyor tubular dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah dan berkontribusi positif terhadap upaya kota berkelanjutan dan perlindungan lingkungan di negara tersebut.
(Sekarsari dkk., 2023)	Emisi Gas Rumah Kaca dari Pengelolaan Sampah di Jakarta, Indonesia	Jakarta, Indonesia	Memberikan gambaran umum tentang praktik pengelolaan sampah di Jakarta dan mengkaji kontribusi pengelolaan sampah perkotaan terhadap emisi GRK	Hasil studi mengestimasi emisi GRK dari pengelolaan sampah perkotaan Jakarta pada tahun 2022 sebesar 1.516,60 ribu ton $\text{CO}_2\text{-eq}$ /tahun dan yang terkecil berada di Kabupaten Administrasi

Penulis	Judul	Negara	Tujuan	Hasil
				Kepulauan Seribu sebesar 2,7 ribu ton CO ₂ -eq/tahun.
(Sa'diyah dkk., 2020)	Pengelolaan Sampah dalam Implementasi <i>Smart City</i> di Kota Bogor	Bogor, Indonesia	Eektifitas implementasi <i>smart city</i> di Kota Bogor	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Kota Bogor belum maksimal melakukan pengelolaan sampah dalam penerapan <i>Smart City</i>

2.7.1 Perencanaan Manajemen Sampah Cerdas (*Smart Waste Management*) untuk Mendukung Penerapan Kota Cerdas (*Smart City*) di Ibu Kota Nusantara

Penelitian ke-1 dari Effendy (2023) yang melakukan penelitian mengenai *smart waste management* di IKN. Salah satu komponen penting dalam *smart city* adalah *smart environment*. *Smart environment* memiliki area kerja diantaranya *smart waste management*. Penelitian ini memberikan perencanaan terkait *smart waste management* bagi Ibu Kota Nusantara (IKN) mulai dari hulu ke hilir meliputi pemilahan, pengangkutan, pengolahan hingga pemrosesan akhir sampah. Perencanaan ini didasarkan pada hasil wawancara dengan deputi bidang transformasi hijau dan digital otorita IKN serta studi literatur terkait pengelolaan sampah berbasis teknologi di berbagai negara.

Hasil dari penelitian ini memberikan perencanaan *smart waste management* Ibu Kota Nusantara yang terdiri dari tahap pemilahan menggunakan *smart trash bin* yang mampu membedakan jenis sampah secara otomatis. Pada tahap pengangkutan, dilakukan simulasi mencari rute operasional teroptimal menggunakan bantuan GIS. Untuk pengolahan, dilakukan komposting, pembakaran, dan pemanfaatan gas metana dari TPA untuk pembangkit listrik.

2.7.2 The Concept of Sustainability in Smart City Definitions

Penelitian ke-2 dari Toli dan Murtagh (2020) yang melakukan penelitian mengenai konsep keberlanjutan dalam kota pintar. Kota pintar digambarkan sebagai kota yang berketahanan dan inklusif yang dibangun secara kolaboratif, menggunakan berbagai jenis teknologi dan data untuk mencapai kualitas hidup yang lebih baik bagi seluruh penduduknya. Kota-kota tersebut dapat dipandang sebagai kota yang berkinerja baik dalam enam karakteristik, yaitu lingkungan, ekonomi, mobilitas, masyarakat, kehidupan dan tata kelola (Toli dan Murtagh, 2020).

Kota pintar akan menggunakan kemampuan komunikasi dan sensor yang tertanam dalam infrastruktur kota untuk mengoptimalkan operasional kelistrikan, transportasi, dan logistik sehari-hari lainnya, dengan tujuan meningkatkan kualitas hidup. Penambahan sensor dan pembaruan infrastruktur perkotaan yang ada akan berdampak positif terhadap efisiensi dan kapasitas pemberian layanan, peluang ekonomi, dan kualitas hidup warga. Demikian pula, kota pintar dapat dianggap sebagai sistem manusia, yang memanfaatkan aliran energi, material, layanan, dan modal untuk mencapai pembangunan ekonomi berkelanjutan, ketahanan, dan kualitas hidup yang tinggi. Namun demikian, kualitas hidup warga negara dan gaya hidup yang lebih nyaman, aman, dan mudah, harus selaras dengan lingkungan, dan kota pintar harus bertujuan untuk menciptakan hubungan yang seimbang antara manusia dan bumi, karena elemen-elemen yang efisien, layak huni, dan berkelanjutan harus berjalan seiring (Toli dan Murtagh, 2020).

Definisi yang sebagian besar berorientasi pada lingkungan, berfokus pada dampak teknologi digital terhadap layanan perkotaan tertentu. Teknologi tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan penggunaan sumber daya dan mengurangi emisi. Hal ini tidak hanya akan menghasilkan infrastruktur transportasi yang lebih cerdas, sistem pasokan air dan pembuangan limbah yang lebih baik, serta kontrol termal gedung yang lebih efisien, namun juga peningkatan layanan administrasi kota, ruang publik yang lebih aman, dan respons yang lebih baik terhadap kebutuhan populasi lanjut usia (Toli dan Murtagh, 2020).

British Standards Institute (BSI), badan standar nasional Inggris, mendukung bahwa kota pintar mencakup integrasi sistem fisik, digital, dan manusia yang efisien dalam infrastruktur yang dibangun untuk menciptakan masa depan yang berkelanjutan, sejahtera, dan inklusif penduduk. Penekanan pada kelayakhunian dan inklusivitas lingkungan perkotaan ini secara khusus menggarisbawahi sifat sosial dari kota pintar. Melalui penggunaan kecerdasan digital, alat dapat dirancang untuk menyelamatkan nyawa, mencegah kejahatan, dan mengurangi beban penyakit. Hal ini dapat menghemat waktu, mengurangi pemborosan, dan bahkan membantu meningkatkan keterhubungan sosial. Dengan kata lain, kota pintar berupaya meningkatkan layanan kota dan pengelolaan perkotaan bagi warganya, dengan menciptakan lingkungan yang maju secara sosial (Toli dan Murtagh, 2020).

2.7.3 Smart Waste Management and Classification System for Smart Cities Using Deep Learning

Penelitian ke-3 dari Hasan, et al (2022) yang melakukan penelitian mengenai manajemen sampah pintar. Kota Pintar adalah cetak biru pembangunan baru yang mengintegrasikan teknologi "TIK" dan "IoT" untuk mengantarkan revolusi teknis berikutnya. Konsep "kota pintar" menyarankan penggunaan keterampilan untuk meningkatkan manajemen dasar dan organisasi untuk menghemat biaya dan pemanfaatan sumber daya (Hasan, et al., 2022).

Pengelolaan limbah, pembuangan, dan daur ulang merupakan masalah di banyak kota di Pakistan, khususnya Karachi dan Lahore, Pembuangan sampah adalah tanggung jawab utama setiap kota yang ingin memastikan bahwa warganya hidup dalam lingkungan yang aman dan berkelanjutan. Berbagai macam solusi dan model pengelolaan sampah tersedia di kota pintar. Pengumpulan dan pembuangan limbah sangat penting. Sampah yang tidak dibuang dengan benar akan mencemari lingkungan, sehingga dapat menyebabkan infeksi bakteri (Hasan, et al., 2022).

Studi ini menyajikan rencana pengelolaan sampah yang terpadu dan efektif berdasarkan tantangan-tantangan yang disoroti di atas. Sistem yang diusulkan menggunakan sensor untuk mengukur puncak tempat sampah setelah penuh. Sistem pengelolaan limbah ini membuat karyawan mendapat informasi tentang jumlah limbah secara teratur. Ketika tempat sampah akan terisi, ia juga mengirimkan peringatan kepada otoritas pengumpulan sampah yang sesuai. Untuk meningkatkan daur ulang sampah, sistem yang disarankan mencakup metode untuk memilah

sampah ke dalam berbagai jenis. Sebuah model sistem “pengelolaan sampah cerdas” yang diusulkan telah berhasil dibuat dan diuji (Hasan, et al., 2022).

Penelitian ini berfokus pada sistem pengumpulan, misalnya, tempat sampah pintar diciptakan untuk mengelola sampah dan menghasilkan data yang dapat membantu sistem pengumpulan dengan mengubah lokasi dan volume kompartemen. Dengan menyempurnakan rute, strategi ini terus ditujukan untuk mengurangi waktu dan biaya bahan bakar, material truk, serta sumber daya manusia. Penelitian lain berfokus pada pemilahan bahan limbah ke dalam kategori daur ulang yang berbeda. Tentu saja, prosedur pengelolaan sampah terbaik dianggap sebagai kategorisasi, daur ulang, dan penggunaan kembali (Hasan, et al., 2022).

2.7.4 Artificial Intelligence for Waste Management in Smart Cities

Penelitian ke-4 dari Fang, et al (2023) yang melakukan penelitian mengenai penerapan kecerdasan buatan yang digunakan pada pengelolaan sampah di kota pintar. Penelitian ini menekankan peran penting kecerdasan buatan dalam mengubah paradigma pengelolaan sampah menjadi lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan di kota-kota pintar (Fang, et al., 2023).

Penggunaan teknologi kecerdasan buatan berpotensi membawa perubahan revolusioner dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah. Kecerdasan buatan diterapkan pada berbagai tahapan pengelolaan sampah mulai dari pengumpulan, pemilahan, pemantauan, transportasi hingga daur ulang. Beberapa penerapan kecerdasan buatan yang dijelaskan antara lain sistem sampah pintar, robot pemilahan sampah, model prediksi penghasilan sampah, dan pemantauan sampah berbasis sensor (Fang, et al., 2023).

Berdasarkan penelitian ini, kecerdasan buatan dapat mengoptimalkan logistik pengangkutan sampah hingga dapat mengurangi jarak tempuh 36,8%, pengurangan biaya 13,35%, dan penghematan waktu 28,22%. Kecerdasan buatan memungkinkan untuk mengidentifikasi dan memilah sampah dengan akurasi berkisar antara 72,8 hingga 99,95%. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan kecerdasan buatan memiliki peran penting dalam merevolusi sistem pengelolaan sampah di kota-kota pintar dengan meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan berkelanjutan (Fang, et al., 2023).

2.7.5 Enhancing Solid Wastes Separation Behaviour at the Residential Towers using the Garbage Chute System

Pengelolaan sampah padat merupakan tantangan utama untuk gaya hidup yang berkelanjutan. Menurut penelitian ini, secara global sampah kota yang dihasilkan pada tahun 2016 mencapai 2.01 miliar ton dan diperkirakan akan tumbuh hingga 3,4 miliar ton pada tahun 2050. Hal ini disebabkan pertumbuhan penduduk dan urbanisasi yang pesat. Di swedia sendiri, rumah tangga merupakan penyumbang terbesar kedua terhadap total sampah padat yang dihasilkan. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan sistem pemilahan sampah yang efektif agar sampah dapat didaur ulang (Chehab, 2022).

Penelitian ke-5 dari Chehab (2022) yang melakukan penelitian mengenai peningkatan pemilahan limbah padat pada bangunan bertingkat dengan adanya *garbage chute system*. Data primer dikumpulkan melalui kuesioner dan wawancara kepada penduduk bangunan bertingkat. Sedangkan data primer diperoleh dari tinjauan teoritis dan literatur terkait faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku pemilahan sampah (Chehab, 2022).

Berdasarkan tinjauan teoritis, beberapa faktor penting yang mempengaruhi perilaku pemilahan sampah diantaranya yaitu komunikasi, aksesibilitas, ruang penyumpulan, dan sistem yang mudah dipahami. Selain itu, partisipasi masyarakat juga merupakan hal yang penting agar sistem pemilahan dapat berjalan efektif. Oleh karena itu diperlukan evaluasi terhadap penggunaan sistem saluran sampah guna meningkatkan pemilahan di rumah tangga (Chehab, 2022).

2.7.6 SMARTSHORT: YOLOv4-driven Smart Sorting for Household Waste Management

Penelitian ke-6 dari Mortos, et al (2024) yang melakukan penelitian mengenai sistem pemilahan sampah rumah tangga menggunakan teknologi YOLOv4. Sistem ini diberi nama *SMARTSORT* yang berarti mampu memilah sampah menjadi tiga jenis, yaitu kertas, plastik, dan logam. Sistem ini bekerja dengan menggunakan kamera dan mikrokontroler untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis sampah yang dibuang ke dalam sistem. Hasil klasifikasi kemudian digunakan untuk memindahkan sampah ke wadah penampungan yang berada di dasar saluran (Mortos, et al., 2024).

Sistem *SMARTSORT* terdiri dari beberapa fungsi utama, yaitu klasifikasi sampah, notifikasi, penguangan tiga kali, sefregasi da, pendeteksi tingkat kepenuhan. Untuk klasifikasi sampah menggunakan algoritma YOLOv4. Hasil klasifikasi kemudian digunakan oleh fungsi segregasi untuk memindahkan sampah ke tempat yang sesuai. Kemudian fungsi notifikasi untuk memberitahu pengguna melalui SMS dan LED jika salah satu wadah sudah penuh (Mortos, et al., 2024).

Sistem kerja dari *SMARTSORT* dimulai dengan pendeteksian keberadaan sampah menggunakan sensor ultrasonik. Setelah itu, kamera akan mengambil gambar sampah dan algoritma YOLOv4 akan mengklasifikasikan jenis sampah. Berdasarkan hasil klasifikasi, fungsi segregasi akan memindahkan sampah ke wadah menggunakan motor DC (Mortos, et al., 2024).

2.7.7 Pendekatan Cerdas terhadap Pengelolaan Sampah untuk Kota Pintar Pasca-COVID

Penelitian ke-7 dari Onoda (2020) yang melakukan penelitian mengenai situasi pengelolaan sampah di Jepang sebelum dan sesudah pandemi COVID-19. Pandemi yang disebabkan oleh penyebaran COVID-19 telah memberikan dampak yang signifikan terhadap kehidupan dan perekonomian Jepang. Perubahan gaya hidup baru dengan banyaknya telecommuting berpengaruh signifikan pada lingkungan. Pergeseran besar adalah banyaknya aktivitas yang beralih ke daring.

Penulis mengusulkan pendekatan cerdas pengelolaan sampah pasca COVID-19 melalui VR untuk pendidikan jarak jauh yang efektif, sistem manajemen Rantai Kerja (WCMS) yang secara otomatis mencatat riwayat aktivitas pekerja sebagai timeline dengan mencatat informasi sampah menggunakan ponsel pintar, dan sistem kendali jarak jauh agar dapat meningkatkan efisiensi operasi pengelolaan sampah untuk mencegah penyebaran virus.

2.7.8 Modelling of a Tubular Conveyor for Waste Collection and Sorting in Multi-Storey Residential Buildings

Penelitian ke-8 dari Bulatov (2024) yang melakukan penelitian mengenai pemodelan sistem konveyor tabular untuk pengumpulan dan pemilahan sampah secara otomatis di gedung perumahan bertingkat di Kazakhstan. Penelitian ini melakukan observasi terhadap 10 bangunan perumahan di Kota Almaty dan Astana, serta melakukan tinjauan literatur.

Hasil observasi menunjukkan bahwa sistem konveyor tubular mampu mengurangi penanganan sampah secara manual dan meningkatkan efisiensi pemilahan. Sistem ini beroperasi dengan cara memasukkan sampah ke lubang tertutup, mengarahkannya ke saluran, kemudian menuju pada wadah komunal yang berada di dasar saluran. Sampah akan dipilah dan dikemas sebelum dikirim ke tempat penampungan.

Dalam penelitian ini dijelaskan bahwa meski sistem ini dinilai efisien, masih ditemukan beberapa kelemahan seperti kemungkinan penyumbatan pada saluran yang diakibatkan oleh saluran yang miring dan volume sampah yang melebihi kapasitas. Untuk itu dijelaskan bahwa sistem ini perlu pengembangan lebih lanjut terkait kelayakan ekonomi, tantangan integrasi, serta penelitian lebih mendalam.

2.7.9 Emisi Gas Rumah Kaca dari Pengelolaan Sampah di Jakarta, Indonesia

Penelitian ke-9 dari Sekarsari dkk (2024) yang melakukan penelitian mengenai emisi gas rumah kaca dari pengelolaan sampah di Jakarta. Metode penelitian meliputi data yang digunakan, asumsi-asumsi, dan perhitungan mass balance serta emisi GRK menggunakan *Emission Quantification Tool* (EQT) versit II. Data berasal dari sumber primis melalui kuesioner dan sekunder dari laporan resmi terkait.

Timbulan sampah Jakarta pada tahun 2022 diproyeksikan sebesar 3,111 juta ton per tahun. Pengelolaan sampah di Jakarta meliputi pengurangan di sumber, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan di TPS dan TPST serta daur ulang sampah. Hasil perhitungan menunjukkan total emisi GRK dari pengelolaan sampah Jakarta pada tahun 2022 adalah 1,52 juta ton CO₂-eq/tahun. Penulis menjelaskan bahwa faktor yang mempengaruhi emisi GRK setiap tahapannya, seperti jumlah timbulan sampah, jarak transportasi, serta kapasitas fasilitas pengolahan sampah.

2.7.10 Pengelolaan Sampah dalam Implementasi *Smart City* di Kota Bogor

Penelitian ke-10 dari Sa'diyah, dkk (2020) yang melakukan penelitian mengenai Implementasi *Smart City* di Kota Bogor. Penelitian ini membahas bagaimana pengelolaan sampah yang diterapkan di Kota Bogor dalam penerapan *smart city* dengan fokus *smart environment* yang merupakan salah satu aspek penting dari *smart city*. Kota Bogor merupakan salah satu kota di Indonesia yang telah menerapkan konsep *smart city*. Sebagai salah satu kota pusat pergerakan, membuat banyak penduduk bermigrasi ke Kota Bogor menjadikan Kota Bogor padat penduduk dan tidak terkendali. Pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan aktivitas manusia membuat volume sampah semakin meningkat. Permasalahn lain di Kota Bogor yaitu kesadaran masyarakat akan kebersihan kota yang masih rendah. Hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya sampah yang berceceran di jalan dan juga di taman kota.

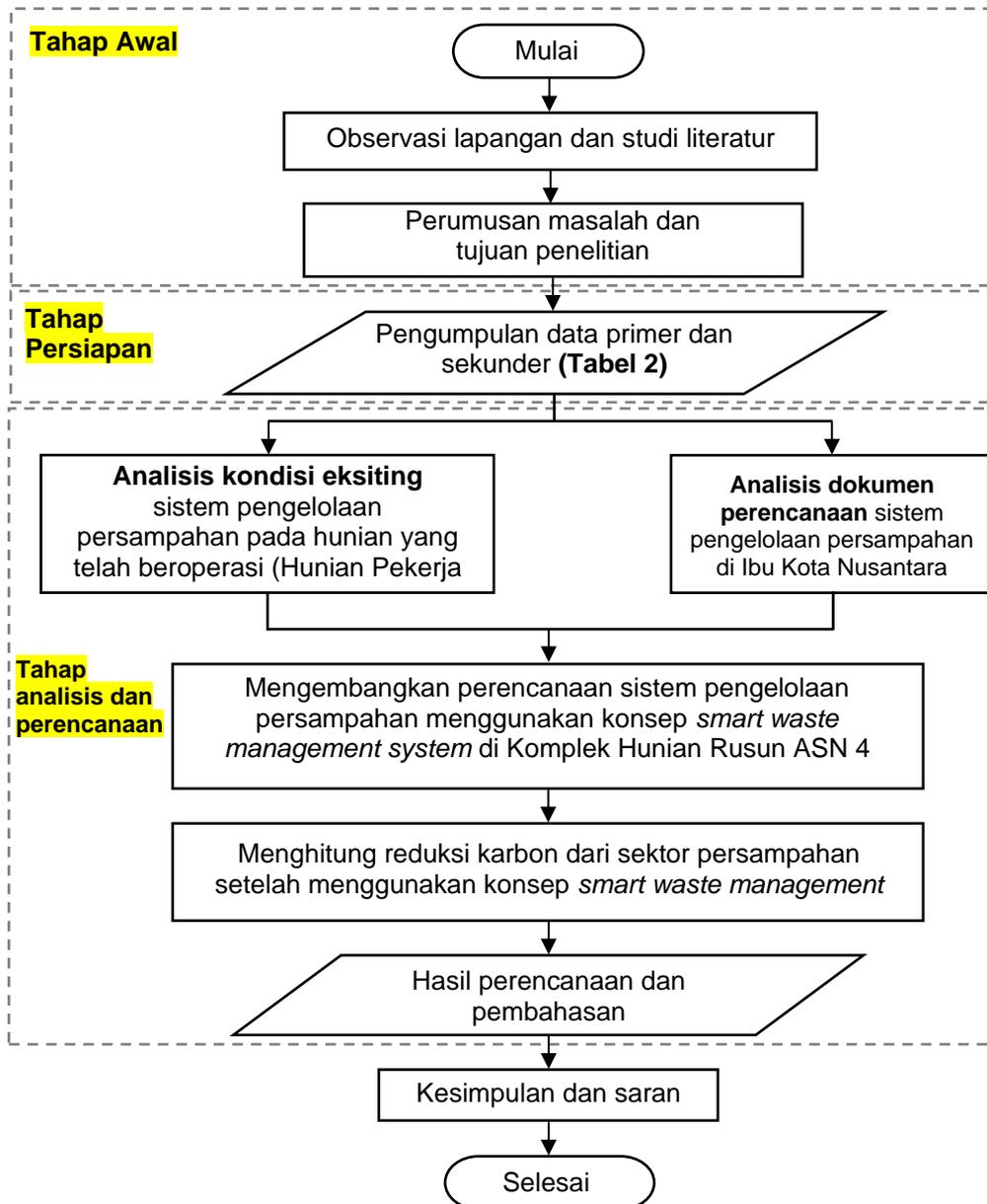
Pemerintah Kota Bogor sudah berupaya dalam menagani permasalahan ini dengan mengeluarkan dan menjalankan berbagai program-program. Indikator *smart environment* adalah terlaksananya pengelolaan lingkungan berbasis IT dan pengelolaan limbah baik. Pengelolaan berbasis IT merupakan salah satu bentuk upaya pengelolaan sampah secara efektif dan efisien.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Kota Bogor belum maksimal dalam penerapan *Smart City*, hal ini terjadi karena masih ada beberapa program yang belum berjalan dengan baik, seperti bank sampah yang tidak aktif, teknologi 3R yang masih minim digunakan, serta masih dirancangkannya pengelolaan sampah berbasis IT. Partisipasi masyarakat serta kesadaran masyarakat dalam pentingnya menjaga kebersihan lingkungan merupakan hal yang akan menunjang keberhasilan pengelolaan sampah dalam penerapan *Smart City*.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian

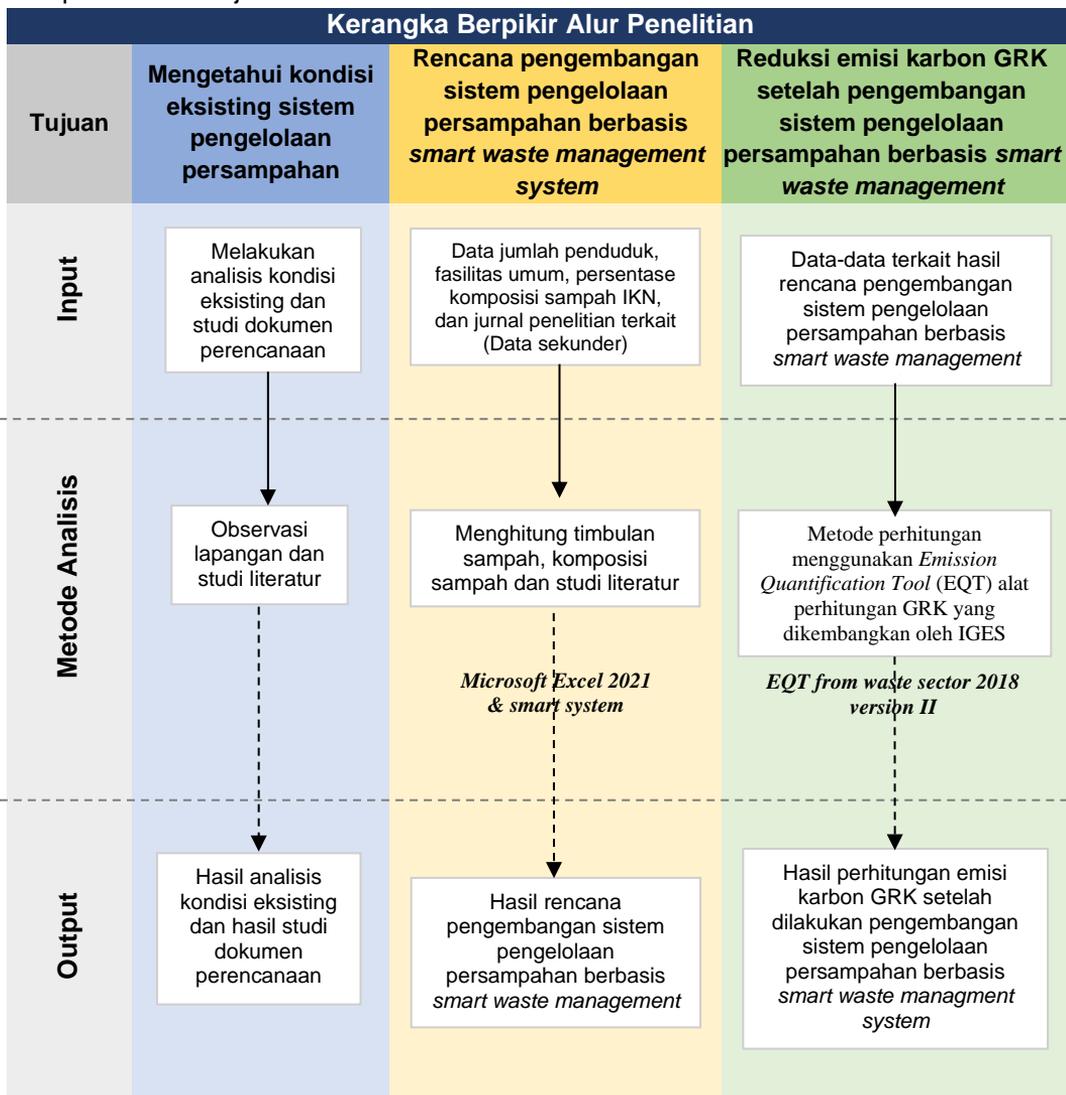
Adapun alur penelitian dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

2.2 Kerangka Berpikir Penelitian

Alur penelitian disajikan dalam skema berikut:



Gambar 3. Kerangka berpikir penelitian

Penjelasan dari tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Analisis kondisi eksisting dan dokumen perencanaan
 Pada tahap pertama yaitu melakukan analisis kondisi eksisting dan dokumen perencanaan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui sistem pengelolaan sampah di Ibu Kota Nusantara dan gambaran lokasi perencanaan yang akan dilakukan. Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data yaitu observasi lapangan dan studi literatur. Tahap ini memiliki keluaran berupa data seperti sistem

pengelolaan sampah Hunian di IKN, jumlah penduduk, peta lokasi, luas lahan dan bangunan, dan fasilitas umum.

2. Rencana pengembangan sistem pengelolaan persampahan berbasis *smart waste management system*

Setelah melakukan analisis kondisi eksisting dan dokumen perencanaan, dilakukan tahap pengembangan pada sistem pengelolaan persampahan berbasis *smart waste management system* berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data.

3. Reduksi emisi karbon GRK setelah pengembangan sistem pengelolaan persampahan berbasis *smart waste management*

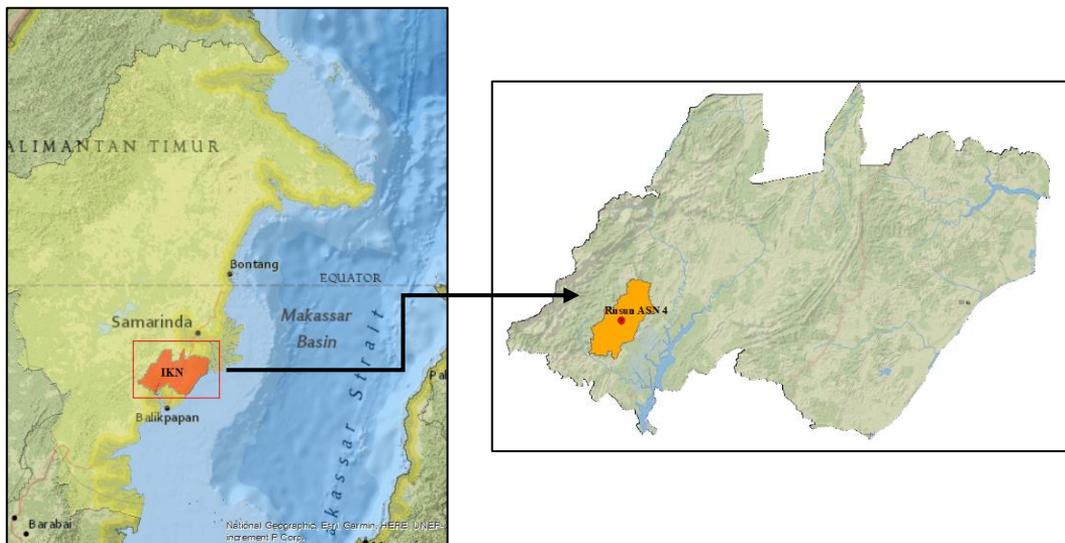
Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk mengetahui perbandingan emisi karbon GRK yang dihasilkan setelah dilakukan pengembangan berbasis *smart waste management system*. Perhitungan ini menggunakan *Emission Quantification Tool* (EQT) yang dikembangkan oleh *Institute for Global Environmental Strategies* (IGES). EQT merupakan alat perhitungan GRK menggunakan *software Microsoft Excel* dengan pedoman IPCC.

2.3 Gambaran Lokasi Perencanaan

Ibu Kota Nusantara atau disingkat IKN merupakan ibu kota baru negara Indonesia yang terletak di Provinsi Kalimantan Timur. Berikut peta lokasi kalimantan timur dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



a) Peta pulau kalimantan



a) Peta lokasi Kawasan IKN

c) Peta lokasi Rusun ASN 4

Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian

Perencanaan ini berlokasi di Komplek Hunian Rumah Susun Aparatur Sipil Negara 4. Rumah Susun Aparatur Sipil Negara 4 (Rusun ASN 4) adalah salah satu hunian yang dibangun oleh Direktorat Jenderal Perumahan, Kementerian PUPR. Bangunan rusun ASN 4 terletak di Persil 1.WE.102.10 dan Persil 1.WE.103.7 *West Residence*, Kawasan Inti Pusat Pemerintahan, Ibu Kota Nusantara (KIPP-IKN). Rusun ini direncanakan dapat menampung 240 jiwa per tower atau sebanyak 1.920 jiwa untuk 8 tower yang terdiri dari;

- a. Sebanyak 10 lantai teratas berfungsi sebagai unit hunian tipe 98 m²
- b. Sebanyak 2 lantai sebagai podium tempat fasilitas umum dan fasilitas sosial.

Luas bangunan Rusun ASN;

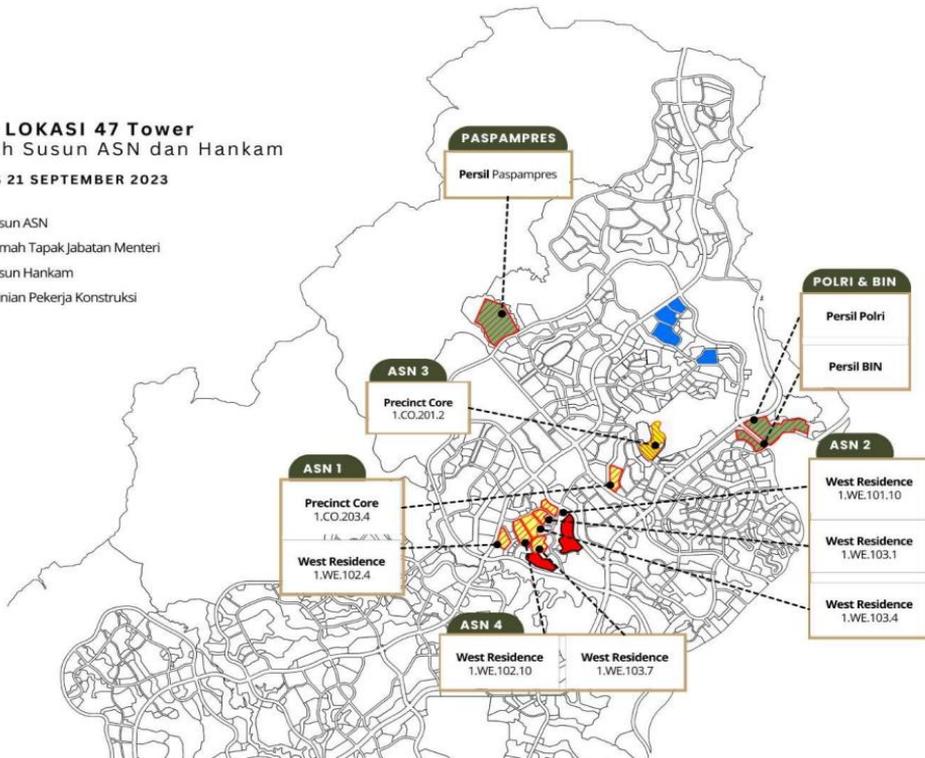
- a. Luas bangunan : 11.457 m²
- b. Luas Tapak bangunan : 91.656 m²
- c. Luas Lahan : Persil 1.WE.102.103 yaitu 3,7 Ha dan Persil 1.WE.103.7 yaitu 2,8 Ha

Lokasi tersebut dipilih karena sebagai Ibu Kota, Nusantara memungkinkan memiliki populasi yang besar dan terus berkembang. Pertumbuhan perkotaan yang cepat sering kali menyebabkan peningkatan dalam produksi sampah (Fang, 2023). Terlebih lagi di Hunian Rusun ASN 4 akan menampung sebanyak 1.920 jiwa dalam satu kompleks hunian. Dengan demikian, pengelolaan sampah yang efisien sangat penting untuk mengatasi masalah pencemaran dan menjaga kesehatan lingkungan.

PETA LOKASI 47 Tower
Rumah Susun ASN dan Hankam

STATUS 21 SEPTEMBER 2023

- Rusun ASN
- Rumah Tapak Jabatan Menteri
- Rusun Hankam
- Hunian Pekerja Konstruksi



Gambar 5. Peta lokasi pembangunan kompleks hunian rumah susun ASN 4
Sumber: Dokumen Ketetapan PPK, 2023

2.4 Kebutuhan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Kebutuhan data

Jenis Data	Sumber Data	Keterangan
Gambaran Lokasi Peta lokasi Denah bangunan Luas lahan dan bangunan	Dokumen Ketetapan Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) dan Dokumen <i>Basic Design</i>	Data Sekunder
Kondisi Eksisting Kondisi eksisting sistem pengelolaan persampahan pada hunian di Ibu Kota Nusantara	Observasi lapangan	Data Primer
Perencanaan berdasarkan dokumen	Dokumen Ketetapan Pejabat Pembuat	Data Sekunder

Jenis Data	Sumber Data	Keterangan
Perencanaan sistem pengelolaan persampahan dan Perencanaan sistem pengolahan di TPST 1	Komitmen (PPK) dan Deskripsi proyek TPST 1 – KIPP IKN	
Timbulan Sampah Jumlah penduduk Jumlah fasilitas umum	Dokumen Ketetapan Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)	Data Sekunder
Komposisi Sampah Data komposisi sampah di IKN	Dokumen perencanaan pengolahan sampah di TPST 1 – KIPP IKN	Data Sekunder
Perencanaan Smart Waste Management System Prediksi timbulan sampah dan komposisi sampah	Hasil Analisis	Data Primer

2.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data merupakan tahap awal dalam mendapatkan data penelitian. Metode pada penelitian ini yaitu studi literatur dengan mengkaji beberapa dokumen untuk mendapatkan informasi maupun data sekunder yang berhubungan dengan perencanaan. Tahap studi dokumen ini dilakukan dengan mempelajari langsung Dokumen Ketetapan PPK dan Dokumen *Basic Design* Rusun ASN 4.

2.6 Metode Pengolahan dan Analisis Data

Metode pengolahan dan analisis data terdiri dari perhitungan prediksi timbulan sampah dan prediksi komposisi sampah.

2.6.1 Prediksi timbulan sampah

Prediksi timbulan sampah dihitung menggunakan data jumlah penduduk dan rata-rata volume timbulan sampah. Berdasarkan SNI 19-3983-1995 persamaan yang digunakan untuk menghitung volume rata-rata timbulan sampah adalah sebagai berikut:

$$V_s = P_s \times v$$

(1)

dimana,

V_s = Prediksi rata-rata volume timbulan sampah (liter/hari)

P_s = Jumlah penduduk (orang)

v = Rata-rata volume sampah (liter/orang/hari)

2.6.2 Prediksi komposisi sampah

Persentase prediksi komposisi sampah dihitung menggunakan data persentase komposisi sampah di Ibu Kota Nusantara yang didapatkan pada dokumen perencanaan pengolahan sampah di TPST. Persamaan yang digunakan untuk menghitung prediksi komposisi sampah adalah sebagai berikut:

$$Ks = Vs \times Pk$$

(2)

dimana,

Ks = Prediksi komposisi sampah (Liter/hari)

Vs = Prediksi rata-rata volume timbunan sampah (liter/hari)

Pk = Peresentase rata-rata komposisi sampah (%)

2.6.3 Perencanaan *smart waste management system*

Pada tahap perencanaan *smart waste management* terlebih dahulu dilakukan studi literatur terkait perencanaan sistem pengelolaan persampahan di KIPP-IKN dan sistem pengolahan sampah di TPST 1 – KIPP IKN. Setelah itu, dilakukan perencanaan sistem pengelolaan persampahan di Rusun ASN 4 dengan menggunakan teknologi yang telah efektif dilakukan oleh negara lain dan sesuai dengan ketentuan umum yang telah ditetapkan di Ibu Kota Nusantara. Pada perencanaan pengelolaan sampah, penulis akan melakukan perencanaan terkait, pewadahan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir dengan mengadopsi konsep *smart waste management system*.

A. Sistem Pewadahan

Pada sistem pewadahan terlebih dahulu dilakukan perhitungan prediksi timbunan sampah dan komposisi sampah untuk mengetahui volume dan jumlah pewadahan yang dibutuhkan. Untuk sistem pewadahan yang akan direncanakan terbagi menjadi 3 jenis, yaitu *waste bin shelter*, *garbage chute*, dan tempat sampah. Ketiga jenis pewadahan tersebut memiliki peruntukan yang berbeda sesuai jenisnya. Jenis *waste bin shelter* digunakan untuk jenis sampah daur ulang, *garbage chute* digunakan untuk jenis sampah tidak didaur ulang, dan tempat sampah digunakan untuk sampah yang berasal dari fasilitas umum. Sistem pewadahan yang digunakan akan mengadopsi teknologi *smart system* yang direncanakan akan memudahkan pengguna untuk membuang sampah serta akan meningkatkan perilaku pemilahan dari sumber.

B. Sistem Pengangkutan

Pada sistem pengangkutan dilakukan dengan 2 jenis, yaitu pengangkutan khusus sampah daur ulang dan B3 dan pengangkutan khusus sampah tidak didaur ulang. Penjemputan sampah dilakukan di *waste bin shelter* yang berada di setiap tower. Pengangkutan sampah daur ulang dan B3 akan dilakukan setiap seminggu sekali yang berjumlah 2 armada pengangkut. Khusus untuk sampah daur ulang

menggunakan jenis alat pengangkut yang memiliki 4 kompartemen agar sampah daur ulang tidak tercampur. Sampah daur ulang dan B3 nantinya akan dibawa ke tempat penyimpanan sementara khusus untuk sampah daur ulang dan B3.

Sementara untuk sampah yang tidak didaur ulang, penjemputan akan dilakukan di stasiun pengumpul yang berada di setiap tower. Pengangkutan sampah dilakukan setiap 3 kali dalam seminggu dengan jumlah 3 armada pengangkut sesuai masing-masing jenis sampah yang akan diangkut. Sampah yang tidak didaur ulang nantinya akan dibawa ke gedung pengolahan fisika TPST 1 untuk dioleh terlebih dahulu sebelum masuk ke gedung pengolahan termal untuk dibakar dengan suhu tinggi.

C. Sistem Pengolahan

Pada sistem pengolahan sampah akan dilakukan di TPST 1 – KIPP IKN. Sistem pengolahan yang digunakan yaitu sistem pengolahan fisika dan termal. Pada pengolahan fisika akan dibagi menjadi 3 bagian pengolahan yaitu sisa makanan, anorganik (residu), dan pepohonan (kayu-ranting). Masing-masing bagian pengolahan memiliki perlakuan yang berbeda sesuai dengan jenis sampah yang akan diolah. Kemudian hasil dari pengolahan fisika akan dilanjutkan ke pengolahan termal. Pada pengolahan termal digunakan teknologi insenerator, yaitu teknologi pengolahan sampah dengan cara dibakar dalam suhu tinggi sekitar 800 – 1000 derajat celcius. Hasil pengolahan dari insenerator akan berupa FABA (*fly ash* dan *bottom ash*) sebanyak 10% dari total sampah yang dibakar.

D. Sistem Pemrosesan Akhir

Hasil dari pengolahan dari insenerator yang berupa 10% FABA akan diolah dan dimanfaatkan kembali. Pemanfaatan yang dapat dilakukan yaitu dengan membuat bahan bangunan seperti paving block dan batako dari FABA. Hal ini dilakukan oleh pihak ketiga yang akan mengangkut sisa FABA untuk diolah lebih lanjut.

E. Perhitungan Prediksi Jejak Karbon

Perhitungan jejak karbon gas rumah kaca dalam penelitian ini terbagi menjadi 4 tahapan dalam pengelolaan sampah, yaitu transportasi sampah, pemilahan daur ulang, pengolahan termal, dan TPA/*landfill*. Metode perhitungan ini menggunakan *Emission Quantification Tool (EQT) for Estimating Short Lived Climate Pollutants (SLCPs) and Other Greenhouse Gases (GHGs) from Waste Sector 2018 version II* yang dikembangkan oleh *Institute for Global Environmental Strategies (IGES)*. EQT merupakan alay perhitungan/kalkulator GRK menggunakan *software Microsoft Excel* dengan pedoman *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2006* (Sekarsari dkk., 2023).