

SKRIPSI

**POTENSI APLIKASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSa)
SEBAGAI KONSEP PENGELOLAAN SAMPAH YANG CERDAS
DI TPA TAMANGAPPA, KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

KHUMAIRAH ZULQAIDAH

D101181008



**DEPARTEMEN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**POTENSI APLIKASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSa)
SEBAGAI KONSEP PENGELOLAAN SAMPAH YANG CERDAS
DI TPA TAMANGAPPA, KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

KHUMAIRAH ZULQAIHAH


D101-18-1008

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 30 Mei 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. techn. Yashinta K. D. Sutopo, ST., MIP
NIP. 19790117 200112 2 002


Marly Valenti Patandianan ST., MT., Ph.D
NIP. 19730328 200604 2 001

Ketua Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin


Dr. Eng. Abdul Rachman Rasvid, ST., M.Si
NIP. 19741006 200812 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Khumairah Zulqaidah
NIM : D101181008
Program Studi : Perencanaan Wilayah dan Kota
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

**Potensi Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)
sebagai Konsep Pengelolaan Sampah yang Cerdas
di TPA Tamangappa, Kota Makassar**

adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 30 Mei 2022

Yang Menyatakan



(Khumairah Zulqaidah)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam beserta keluarga, kerabat dan orang-orang yang senantiasa mengikuti ajarannya.

Kota Makassar sebagai salah satu kota metropolitan mengalami peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya yang juga memengaruhi peningkatan volume timbulan sampah Kota Makassar. Masalah persampahan tidak habisnya diperbincangkan, utamanya masalah di Tempat Pembuangan Akhir sampah (TPA) Tamangappa sebagai satu-satunya Tempat Pembuangan Akhir sampah di Kota Makassar dimana sampah yang ada sudah melebihi kapasitas lahan yang tersedia. Hal inilah yang melatar belakangi penelitian ini dilakukan. Penulis meninjau potensi aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) dalam mengatasi isu tersebut dengan mengolah sampah sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik. Diharapkan pengaplikasian PLTSa dapat efektif dalam mengatasi masalah persampahan di TPA Tamangappa.

Skripsi ini membahas mengenai potensi aplikasi PLTSa. Potensi ini dikaji dengan meninjau persentase sampah yang mampu diolah menjadi energi listrik, faktor pendukung dan faktor penghambat pengaplikasiannya di TPA Tamangappa, sehingga dapat dirumuskan strategi pengaplikasiannya dengan memanfaatkan potensi dan mencari solusi dari hambatan yang ada. Dengan kondisi sampah di TPA Tamangappa yang tidak terpilah, penulis berusaha mencari konsep yang tepat dan sesuai untuk diaplikasikan.

Adapun hal menarik dalam skripsi ini yaitu data yang disajikan mengenai potensi aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah PLTSa ditinjau dari beberapa aspek, mulai dari potensi sampah TPA Tamangappa, hambatan yang dialami pihak pengelola dalam perealisasiannya, sampai pada pertimbangan terkait pendapat

masyarakat untuk pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) sehingga dapat terlihat potensi yang sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Untuk itu, saran dan kritik yang bersifat konstruktif sangat dibutuhkan oleh penulis untuk peningkatan kualitas penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kita semua. Terima kasih.

Makassar, 2022

(Khumairah Zulqaidah)

Sitasi dan Alamat Kontak:

Harap menuliskan sumber skripsi ini dengan cara penulisan sebagai berikut.

Zulqaidah, Khumairah. 2022. *Potensi Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) sebagai Konsep Pengelolaan Sampah yang Cerdas di TPA Tamangappa, Kota Makassar*. Skripsi Sarjana, Prodi S1 PWK Universitas Hasanuddin. Makassar.

Demi peningkatan kualitas dari skripsi ini, kritik dan saran dapat dikirimkan ke penulis melalui alamat email berikut ini: kzulqaidah@gmail.com

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala karena atas kehendak dan ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam yang telah menyebarkan kebaikan-kebaikan kepada umat manusia hingga saat ini. Penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta kami (Bapak Nasrullah dan Ibu Sania Zahira) atas curahan kasih sayang dan dukungan lahir batin yang diberikan, serta seluruh keluarga yang senantiasa membantu serta mendukung penulis;
2. Rektor Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.) atas semua kebijakan dan dukungannya yang telah membantu penulis selama perkuliahan;
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Bapak Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT.) atas semua dukungan dan kebijakannya sehingga penulis dapat mengikuti perkuliahan dengan baik;
4. Kepala Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin (Bapak Dr. Eng. Abdul Rachman Rasyid, ST., M.Si.) atas segala bimbingan dan nasehat yang diberikan;
5. Sekretaris Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin (Ibu Sri Aliah Ekawati, ST., MT.) atas seluruh ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan;
6. Dosen Penasehat Akademik (Bapak Ir. M. Fathien Azmy, M.Si almarhum (12 Desember 2021) dan Bapak Gafar Lakatupa, ST., M.Eng) atas arahan, bimbingan dan nasihatnya kepada penulis;
7. Kepala Studio (Dr-techn. Yashinta K. D. Sutopo, ST., MIP) sekaligus dosen pembimbing utama penulis yang telah meluangkan waktu, kesempatan dan tenaganya untuk membimbing penulis dalam penyelesaian tugas akhir;

8. Dosen Pembimbing Pendamping (Marly Valenti Patandianan ST., MT., Ph.D.) yang telah meluangkan waktu, membagi ilmu, serta bimbingan yang telah diberikan;
9. Dosen Penguji (Dr-ing. Venny Veronica Natalia, ST.,MT dan Gafar Lakatupa, ST.,M.Eng) yang telah memberikan komentar, saran dan arahan yang telah diberikan;
10. Seluruh dosen, staf administrasi dan *cleaning service* di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, yang telah membimbing dan membantu penulis sejak dari awal masuk perkuliahan hingga lulus;
11. Bapak Dr.Eng.Irwan Ridwan Rahim,ST. MT dan UPTD (Unit Pengelolaan Terpadu Daerah) TPA Tamangappa atas kesediaan waktu, bantuan dan perizinannya kepada penulis untuk melakukan survei lapangan dan pengumpulan data;
12. Teman-teman di *Labo-based Education* (LBE) Infrastruktur dan RASTER 2018 atas pengalaman, bantuan, rasa persaudaraan serta kebersamaannya.
13. Sahabat seperjuangan (Azisah Batarahamur, Intan Mei Puspita Sari, Nur Ilmi, Mardatillah, Mutmainna AN, Puspa Ayu Putri, Ilham Fathul Kiram, Nur Awaliah Syafitri Masry, Nur Fadillah, Nur Aisyah, Regina Arasy Agung, Muh Hasan Faharuddin, Andreadmaja, Adhiem Muksid Rasal, M. Imam Firdaus Anwar, Khairullah, Muhammad Fajar Z.R. dan Muh. Fiqri Mahendra) atas keceriaan dan dukungan yang diberikan; dan
14. Seluruh pihak yang telah berkontribusi dan membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas segala kebaikan dan bantuan yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir pada jenjang strata satu. Aamiin ya Rabbal 'alamin.

Makassar, 2022

(Khumairah Zulqaidah)

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR RUMUS.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pertanyaan Penelitian.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.6 <i>Output</i> Penelitian.....	4
1.7 <i>Outcome</i> Penelitian.....	4
1.8 Alur Pikir.....	5
1.9 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kebijakan Terkait Persampahan dan PLTSa.....	8
2.2 Tempat Pembuangan Akhir (TPA).....	8
2.3 Sampah.....	10
2.3.1 Pengertian Sampah.....	10
2.3.2 Jenis-jenis Sampah.....	10

2.4	Komposisi Fisik Sampah.....	11
2.5	Karakteristik Sampah.....	11
2.6	Nilai Kalor Sampah.....	11
2.7	Dampak Positif dan Dampak Negatif Sampah.....	12
2.8	Pengelolaan Sampah.....	13
2.8.1	Aspek Pengelolaan Persampahan.....	13
2.8.2	Pengelolaan Sampah yang Cerdas.....	14
2.9	Pembangkit listrik Tenaga Sampah (PLTSa).....	15
2.9.1	Pengertian PLTSa.....	15
2.9.2	Komponen PLTSa.....	16
2.9.3	Pengolahan Sampah menjadi Energi Listrik.....	18
2.10	Potensi Aplikasi PLTSa.....	19
2.10.1	Potensi Aplikasi PLTSa dalam Perpres Nomor 18 Tahun 2016...	19
2.10.2	Potensi Aplikasi PLTSa dalam Perpres Nomor 35 Tahun 2018...	20
2.10.3	Potensi Sampah sebagai Bahan Bakar PLTSa.....	20
2.11	Penyediaan Listrik.....	22
2.12	Potensi Energi Listrik PLTSa.....	23
2.13	Studi Banding.....	25
2.13.1	PLTSa Benowo, Surabaya.....	25
2.13.2	Tuas <i>South Incineration Plant</i> , Singapura.....	26
2.13.3	Palm Beach <i>Renewable Energy Facility No.2</i>	27
2.14	Penelitian Terdahulu.....	30
2.15	Kerangka Konsep.....	37
BAB III METODE PENELITIAN.....		39
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	39
3.2	Kebutuhan Data.....	41
3.2.1	Jenis dan Sumber Data.....	41
3.2.2	Metode Pengumpulan Data.....	42
3.3	Populasi dan Sampel.....	46
3.3.1	Populasi.....	46
3.3.2	Sampel.....	47

3.4	Teknik Analisis Data.....	49
3.5	Variabel Penelitian.....	51
3.6	Definisi Operasional.....	53
3.7	Kerangka Pikir.....	55
BAB IV GAMBARAN UMUM.....		57
4.1	Gambaran Umum Kota Makassar.....	57
4.1.1	Kondisi Geografi Kota Makassar.....	57
4.1.2	Kondisi Demografi Kota Makassar.....	59
4.1.3	Kondisi Persampahan Kota Makassar.....	60
4.1.4	Kondisi Geografi Kecamatan Manggala.....	62
4.1.5	Kondisi Demografi Kecamatan Manggala.....	64
4.2	Gambaran Umum Wilayah Penelitian.....	65
4.2.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	65
4.2.2	Gambaran Umum TPA Tamangappa.....	66
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		74
5.1	Potensi Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) dalam mereduksi sampah di TPA Tamangappa.....	74
5.2	Faktor Penghambat Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di TPA Tamangappa.....	88
5.3	Konsep Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) yang Sesuai diterapkan di TPA Tamangappa.....	96
BAB VI PENUTUP.....		104
6.1	Kesimpulan.....	104
6.2	Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA.....		105
LAMPIRAN.....		L-1
CURRICULUM VITAE.....		L-31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Ruang Lingkup Penelitian.....	5
Gambar 2.1	Skema Pengelolaan Sampah.....	15
Gambar 2.2	Ilustrasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa).....	16
Gambar 2.3	PLTSa Benowo, Surabaya.....	25
Gambar 2.4	(a) Bangunan dan (b) Komponen Tuas <i>South Incineration Plant</i>	27
Gambar 2.5	(a) Bangunan dan (b) Skema Proses Insinerasi pada Palm Beach <i>Renewable Energy Facility No.2</i>	28
Gambar 2.6	Kerangka Konsep.....	37
Gambar 3.1	Peta Titik Lokasi TPA Tamangappa, Kota Makassar.....	40
Gambar 3.2	Peta Bangunan Sekitar TPA Tamangappa (Radius 500 Meter). ..	48
Gambar 3.3	Kerangka Pikir.....	55
Gambar 4.1	Peta Kota Makassar.....	58
Gambar 4.2	Sampah Berserakan di (a) Depan Rumah Warga di Kelurahan Sinrijala, (b) Sampah Berserakan di Pinggir Jalan di Kelurahan Sinrijala, (c) Sampah Berserakan di Pinggir Jalan di Kelurahan Bangkala dan (d) Sampah Berserakan di Pinggir Jalan di Kelurahan Tanjung Merdeka.....	61
Gambar 4.3	Moda Pengangkut Sampah (a) Motor Sampah, (b) Mobil Tangkasaki dan (c) Truk Sampah.....	62
Gambar 4.4	Peta Kecamatan Manggala.....	63
Gambar 4.5	(a) Gapura TPA Tamangappa, (b) Puskesmas Pembantu TPA Tamangappa dan (c) Tempat Penampungan Gas Metana.....	66
Gambar 4.6	(a) Kolam Air Lindi dan (b) Tempat Pengomposan.....	67
Gambar 4.7	Kondisi Eksisting (a) Area Sekitar TPA Tamangappa dan (b) Kondisi bagian dalam TPA Tamangappa.....	68
Gambar 4.8	(a) Proses pemadatan timbunan sampah menggunakan <i>bulldozer</i> dan (b) Antrean truk sampah yang masuk ke TPA Tamangappa.....	69
Gambar 4.9	(a) Sampah gelas plastik yang akan diolah, (b) Sampah	

organik (ranting pohon) yang masuk ke TPA, (c) Sampah anorganik (plastik) yang masuk ke TPA dan (d) sampah karet (ban karet).....	70
Gambar 4.10 Peta Zonasi TPA Tamangappa, Kota Makassar.....	71
Gambar 4.11 Peta Titik Fasilitas TPA Tamangappa, Kota Makassar.....	72
Gambar 5.1 Persentase komposisi sampah TPA Tamangappa yang dapat diolah dala PLTSa.....	78
Gambar 5.2 Pendapat masyarakat terhadap pengaplikasian PLTSa.....	91
Gambar 5.3 Pendapat masyarakat terhadap dampak negatif dari pengaplikasian PLTSa.....	92
Gambar 5.4 Pendapat masyarakat terhadap dampak negatif dari pengaplikasian PLTSa.....	93
Gambar 5.5 Struktur Kelembagaan TPA Tamangappa.....	94
Gambar 5.6 Diagram SWOT Potensi Aplikasi PLTSa dan Penentuan Strategi Pengoptimalan Potensinya.....	102
Gambar 5.7 Tahapan Persiapan Lahan untuk Pembangunan PLTSa.....	103

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Sampah Kota di Indonesia.....	11
Tabel 2.2	Nilai kalor sampah menurut Tchobanoglus (1993)	12
Tabel 2.3	Karakteristik Bahan Baku dan Teknologi <i>Waste to Eenergy</i>	21
Tabel 2.4	Spesifikasi Palm Beach <i>Renewable Energy Facility</i> No.2.....	28
Tabel 2.5	Penelitian Terdahulu.....	30
Tabel 3.1	Kebutuhan Data Penelitian.....	44
Tabel 3.2	Variabel Penelitian.....	51
Tabel 4.1	Luas Wilayah Kota Makassar menurut Kecamatan.....	59
Tabel 4.2	Jumlah Penduduk dan Kepadatan Penduduk Kota Makassar Menurut Kecamatan Tahun 2019.....	60
Tabel 4.3	Luas Wilayah Kecamatan Manggala menurut Kelurahan Tahun 2019.....	61
Tabel 4.4	Jumlah Penduduk Kecamatan Manggala menurut Kelurahan.....	64
Tabel 5.1	Karakteristik Sampah TPA Tamangappa sebagai Bahan Bakar PLTSa.....	74
Tabel 5.2	Data Volume Sampah Tahunan UPT TPA Tamangappa.....	75
Tabel 5.3	Proyeksi Produksi Sampah TPA Tamangappa.....	76
Tabel 5.4	Karakteristik Sampah Kota Makassar.....	77
Tabel 5.5	Potensi Energi listrik TPA Tamangappa 2021 dan 2024.....	81
Tabel 5.6	Potensi Energi listrik dengan Pengolahan 1000 Ton Per Hari.....	82
Tabel 5.7	Estimasi Kebutuhan Listrik Kota Makassar.....	84
Tabel 5.8	Persentase Pemenuhan Kebutuhan Listrik Kota Makassar.....	84
Tabel 5.9	Jumlah Rumah Tangga yang Dapat Terpenuhi Kebutuhan Listriknya Dari Listrik yang Dihasilkan PLTSa.....	86
Tabel 5.10	Potensi Sampah di TPA Tamangappa untuk Bisa Diolah Menjadi Listrik Melalui PLTSa.....	87
Tabel 5.11	Klasifikasi Faktor yang Berpengaruh dalam Analisis SWOT.....	97
Tabel 5.12	Matriks IFAS Potensi Aplikasi PLTSa di TPA Tamangappa	99
Tabel 5.13	Matriks EFAS Potensi Aplikasi PLTSa di TPA Tamangappa	100
Tabel 5.14	Matriks SWOT.....	101
Tabel 5.15	Fasilitas yang Dibutuhkan dalam Pengaplikasian PLTSa.....	105

DAFTAR RUMUS

Rumus 1 Berat Total Sampah.....	24
Rumus 2 Potensi Pembangkitan Energi Listrik.....	24
Rumus 3 Potensi Pembangkit Listrik.....	24
Rumus 4 Proyeksi (Geometri).....	46
Rumus 5 Sampel (Slovin).....	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Dokumentasi Observasi, Penyebaran Kuesioner dan Wawancara..	L-1
Lampiran 2	Kuesioner Penelitian <i>Online</i>	L-3
Lampiran 3	Kuesioner Penelitian.....	L-11
Lampiran 4	Perhitungan Proyeksi Penduduk Kota Makassar.....	L-15
Lampiran 5	Perhitungan Proyeksi sampah TPA Tamangappa.....	L-15
Lampiran 6	Perhitungan Persentase dan Volume sampah berdasarkan Komposisi Sampah.....	L-20
Lampiran 7	Perhitungan Potensi Energi Listrik Sampah TPA Tamangappa...	L-21
Lampiran 8	Skala Likert.....	L-28

**POTENSI APLIKASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSa)
SEBAGAI KONSEP PENGELOLAAN SAMPAH YANG CERDAS
DI TPA TAMANGAPPA, KOTA MAKASSAR**

Khumairah Zulqaidah¹, Yashinta K. D. Sutopo², Marly Valenti Patandianan³

¹Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: kzulqaidah@gmail.com

²Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: yashintasutopo19@gmail.com

³Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: marly.patandianan@gmail.com

ABSTRAK

TPA Tamangappa sebagai satu-satunya Tempat Pembuangan Akhir sampah di Kota Makassar telah penuh, dimana sampah yang ada telah melebihi kapasitas lahan TPA sejak tahun 2019. Untuk itu perlu dilakukan penanggulangan melalui pengaplikasian Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) sebagai salah satu alternatifnya. Hal inilah yang melatar belakangi penelitian dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi aplikasi PLTSa dalam mengonversi sampah TPA Tamangappa menjadi energi listrik, faktor pendukung dan penghambat pengaplikasiannya, serta strategi pengoptimalan potensi pengaplikasian PLTSa yang sesuai diterapkan. Waktu penelitian dilakukan mulai Agustus 2021 hingga Mei 2022 (8 bulan). Lokasi penelitian di TPA Tamangappa Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Data sekunder diperoleh dari hasil studi literatur, penelitian terdahulu, serta NSPK yang berlaku. Adapun data primer diperoleh dari hasil survei dan wawancara terkait kondisi TPA Tamangappa serta rencana pengaplikasian PLTSa. Penelitian ini menggunakan metode analisis komparatif, deskriptif kualitatif, deskriptif kuantitatif, dan SWOT. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa PLTSa berpotensi untuk diterapkan di TPA Tamangappa pada lima tahun mendatang yaitu tahun 2027 dengan meninjau kondisi sampah sebagai bahan bakar PLTSa. Ada lima aspek yang mempengaruhi pengaplikasian PLTSa yaitu aspek regulasi/hukum, organisasi dan kelembagaan, teknologi dan peran serta masyarakat. Adapun strategi pengaplikasian PLTSa yaitu dengan pengolahan 1,000 ton sampah per hari dan manajemen kelembagaan dengan sistem KPBU.

Kata Kunci: Potensi, Aplikasi, Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa), Tempat Pembuangan sampah Akhir (TPA), Tamangappa.

CONVERTING WASTE TO ENERGY BY WASTE SMART MANAGEMENT IN TAMANGAPPA FINAL DISPOSAL SITE OF MAKASSAR CITY

Khumairah Zulqaidah¹, Yashinta K. D. Sutopo², Marly Valenti Patandianan³

¹Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: kzulqaidah@gmail.com

²Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: yashintasutopo19@gmail.com

³Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Email: marly.patandianan@gmail.com

ABSTRACT

Tamangappa landfill as the only landfill in Makassar City is full of waste, where the existing waste has exceeded the capacity of the TPA land since 2019. For this reason, it is necessary to overcome it through the application of a Waste Power Plant (WtE Plant) as an alternative. This is the background of the research conducted. The purpose of this study was to analyze the potential for the application of WtE Plant in converting Tamangappa landfill waste into electrical energy, the factors that hinder its application in Tamangappa landfill, and develop a PLTSa concept that is suitable to be applied in Tamangappa landfill, Makassar City. The time of the study was carried out from August 2021 to March 2022 (7 months). The research location is in Tamangappa landfill, Makassar City, South Sulawesi. Secondary data is obtained from the results of literature studies, previous research, and the applicable NSRP. Primary data was obtained from the results of surveys and interviews related to the condition of the Tamangappa landfill and the WtE Plant implementation plan. This study uses comparative, descriptive qualitative analysis, descriptive quantitative, and SWOT analysis. The results of this study indicate that WtE Plant may be applied at TPA Tamangappa in the next five years, namely in 2027 by reviewing the condition of waste as fuel for WtE Plant. There are five aspects that influence the application of WtE Plant, namely regulatory/legal aspects, organization and institutions, technology and community participation. The strategy for implementing WtE Plant is by processing 1,000 tons of waste per day and institutional management using the PPP system.

Keywords: *Potential, Application, Waste To Energy Power Plant (WtE Plant), landfill, Tamangappa.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah sampah perkotaan merupakan masalah yang tidak hentinya diperbincangkan dan belum terselesaikan, termasuk di Kota Makassar. Salah satu permasalahan sampah yang ada di Kota Makassar yaitu masalah pada Tempat Pembuangan Akhir sampah (TPA) Tamangappa. Menurut Nurdiansyah dkk. (2016), awalnya TPA Tamangappa secara keseluruhan memiliki luas lahan 14.3 Ha. Namun, luas lahan TPA Tamangappa mengalami penambahan menjadi 16.8 Ha (Nurdiansyah dkk., 2016). Volume sampah yang mampu ditampung TPA Tamangappa adalah 927,749.76 m³ (Nurdiansyah dkk., 2016).

Volume sampah di TPA Tamangappa sampai pada tahun 2019 sudah mencapai 946,441.37 m³ (Nurdiansyah dkk., 2016). Hal ini mengindikasikan terjadinya *over capacity*, yaitu volume sampah telah melebihi daya tampung lahan yang tersedia di TPA Tamangappa. *Over capacity* yang terjadi di TPA Tamangappa juga dipengaruhi oleh kurang optimalnya pengelolaan sampah di TPA Tamangappa (Nahrudin, 2016). Sistem pengelolaan TPA masih menggunakan sebagian sistem *open dumping* (pembuangan terbuka) dan sebagian sistem *control landfill* (pembuangan terkendali) (Nahrudin, 2016).

Pertumbuhan penduduk berdampak pada peningkatan aktivitas masyarakat dan perindustrian (Mas'ud dkk., 2018). Hal ini akan berpengaruh pada volume sampah yang dihasilkan (Mas'ud dkk., 2018). Pertumbuhan penduduk juga menyebabkan ruang-ruang untuk menampung sampah semakin berkurang (Mas'ud dkk., 2018). Hal ini juga memicu terjadinya *over capacity* di TPA Tamangappa. Berdasarkan SK Walikotaamadya Ujung Pandang No.816/S.Kep/608/13, TPA Tamangappa telah beroperasi sejak tahun 1993.

Menurut Mas'ud dkk., (2018), Peruntukan TPA Tamangappa mampu menampung sampah selama 10 tahun. Sementara TPA Tamangappa telah beroperasi selama 28 tahun sampai pada tahun 2021. Akibatnya sampah TPA Tamangappa saat ini

sudah melebihi daya tampung TPA hingga menimbulkan berbagai dampak negatif khususnya kepada masyarakat yang melewati TPA dan bermukim di sekitarnya.

Volume sampah Kota Makassar akan semakin bertambah setiap harinya yang juga akan berdampak pada lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu perlu adanya upaya penanggulangan, salah satunya dengan melakukan pemanfaatan kembali sampah di TPA Tamangappa. Pemanfaatan kembali sampah tersebut dapat dilakukan untuk menghasilkan energi listrik. Hal ini dapat dilakukan dengan pengaplikasian Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa). Sampah yang masuk ke TPA dapat dijadikan sebagai bahan bakar untuk PLTSa. Dengan demikian, sampah tersebut dapat tereduksi secara signifikan.

Penerapan PLTSa di TPA Tamangappa didukung oleh Perpres Nomor 18 Tahun 2016 tentang Percepatan Pembangunan Pembangkit Listrik Berbasis Sampah di Provinsi DKI Jakarta, Kota Tangerang, Bandung, Semarang, Surakarta, Surabaya dan Makassar. Selain itu, penerapan PLTSa juga didukung oleh Perpres Nomor 35 Tahun 2018 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolahan Sampah menjadi Energi Listrik Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan. Meski demikian, pembangunan PLTSa ini belum juga direalisasikan. Hal inilah yang melatar belakangi penulis untuk meninjau potensi aplikasi PLTSa serta penyebab belum direalisasikannya pembangunan PLTSa di TPA Tamangappa.

1.2 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang mengenai permasalahan sampah di TPA Tamangappa dan pembangunan PLTSa yang belum terealisasikan, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana potensi sampah di TPA Tamangappa untuk bisa diolah menjadi listrik melalui PLTSa?
2. Faktor-faktor apa yang merupakan pendukung dan penghambat pengaplikasian PLTSa di TPA Tamangappa?
3. Bagaimana strategi mengoptimalkan potensi pengaplikasian PLTSa di TPA Tamangappa?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan pertanyaan penelitian yang telah diuraikan maka tujuan penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis potensi sampah di TPA Tamangappa untuk bisa diolah menjadi listrik melalui PLTSa.
2. Mengetahui faktor pendukung dan faktor penghambat pengaplikasian PLTSa di TPA Tamangappa.
3. Merumuskan strategi mengoptimalkan potensi pengaplikasian PLTSa di TPA Tamangappa.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Manfaat akademis, diharapkan dapat menjadi referensi bagi peneliti maupun mahasiswa lain guna menambah pengetahuan dan pemahaman terkait PLTSa dan juga pengelolaan sampah di TPA Tamangappa, Kota Makassar.
2. Manfaat praktis, diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan PLTSa di TPA Tamangappa sebagai konsep Pengelolaan Sampah yang Cerdas sehingga dapat diaplikasikan dan mampu mengatasi *over capacity* sampah TPA yang terjadi.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian ini dapat dilakukan lebih fokus dan mendalam maka penulis memandang permasalahan penelitian yang diangkat perlu dibatasi variabelnya. Oleh sebab itu, penulis membatasi batasan penelitian sebagai berikut.

1. Ruang lingkup wilayah, yaitu TPA Tamangappa dan sekitarnya yang mencakup tiga kelurahan. Kelurahan yang dimaksud adalah Bangkala, Manggala dan Tamangapa yang termasuk dalam radius 500 meter dari TPA Tamangappa.
2. Ruang lingkup substansi, berkaitan dengan fokus bahasan dalam penelitian. Penelitian ini berfokus pada potensi pengaplikasian PLTSa sebagai konsep Pengelolaan Sampah yang Cerdas. Adapun substansi yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

- a. Penelitian ini berfokus pada potensi sampah di TPA Tamangappa untuk bisa diolah menjadi listrik melalui PLTSa. Adapun perbandingan antara jumlah energi yang dihasilkan dan kebutuhan energi listrik Kota Makassar diukur berdasarkan persentase pemenuhan kebutuhan dan jumlah rumah tangga yang terpenuhi kebutuhan listriknya berdasarkan standar minimum penggunaan daya listrik.
- b. Faktor pendukung dan faktor penghambat pengaplikasian PLTSa TPA Tamangappa yang ditinjau dari aspek hukum, kelembagaan, teknis operasional, pembiayaan dan peran serta masyarakat.
- c. Strategi pengoptimalan potensi pengaplikasian PLTSa ditinjau dari hasil pertanyaan penelitian 1 dan pertanyaan penelitian 2.

1.6 Output Penelitian

Adapun *output* yang dihasilkan dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

1. Skripsi dengan judul “Potensi Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) sebagai Konsep Pengelolaan Sampah yang Cerdas di TPA Tamangappa, Kota Makassar” yang memuat 6 (enam) bab bahasan.
2. Jurnal penelitian dengan judul “Potensi Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) sebagai Konsep Pengelolaan Sampah yang Cerdas di TPA Tamangappa, Kota Makassar”.
3. Poster penelitian yang membahas mengenai potensi aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di TPA Tamangappa, Kota Makassar.
4. *Summary book* dengan judul “Potensi Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) sebagai Konsep Pengelolaan Sampah yang Cerdas di TPA Tamangappa, Kota Makassar”.
5. Bahan presentasi dalam bentuk file *powerpoint* mengenai penelitian “Potensi Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) sebagai Konsep Pengelolaan Sampah yang Cerdas di TPA Tamangappa, Kota Makassar”.

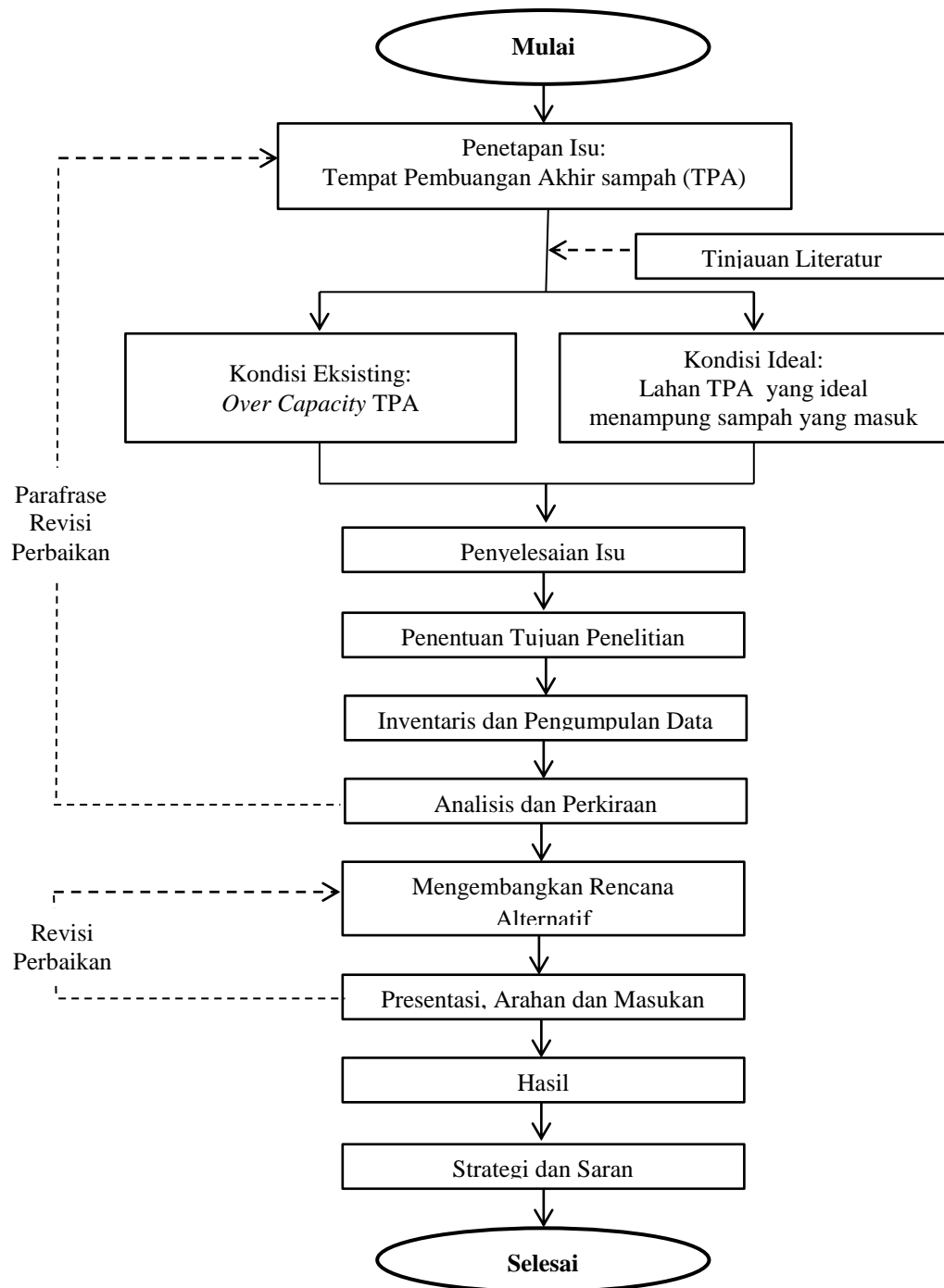
1.7 Outcome Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah di TPA Tamangappa dan mengatasi masalah *over capacity*

yang terjadi. Adapun *outcome* yang diharapkan dari penelitian ini yaitu perbaikan kualitas lingkungan sekitar TPA Tamangappa menjadi lebih baik dengan adanya reduksi sampah TPA Tamangappa. Hal ini juga diharapkan dapat memperpanjang umur pakai TPA Tamangappa.

1.8 Alur Pikir

Adapun alur pikir dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1.1** berikut ini.



Gambar 1.1 Alur Pikir

Sumber: Penulis, 2022

Pada **Gambar 1.1** di atas terlihat bahwa penelitian ini diawali dengan penetapan isu yang akan dibahas. Penetapan isu tersebut ditinjau berdasarkan kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi eksisting di lapangan. Adapun penyelesaian isu tersebut dirumuskan dalam bentuk tujuan penelitian. Tujuan penelitian tersebut dicapai dengan melakukan pengumpulan data, analisis, hingga diperoleh hasil yang diinginkan. Hasil penelitian tersebut juga menghasilkan strategi dan saran untuk penelitian selanjutnya.

1.9 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini terbagi menjadi beberapa bagian yang disusun secara berurut yaitu:

BAB I PENDAHULUAN membahas terkait latar belakang penelitian, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, lingkup penelitian, *output* penelitian, *outcome* penelitian, alur pikir dan sistematika penulisan. Adapun yang menjadi pokok pembahasan dalam bab ini berupa pengungkapan isu atau masalah persampahan TPA Tamangappa yang ditinjau berdasarkan kondisi eksisting dan kondisi ideal isu tersebut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA membahas terkait studi literatur beserta regulasi yang sejalan dengan penelitian, penjelasan mengenai sampah, Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) dan TPA, definisi operasional, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan penulis.

BAB III METODE PENELITIAN membahas terkait metode yang digunakan dalam penelitian yang meliputi waktu dan lokasi penelitian, kebutuhan data, teknik analisis data, variabel penelitian, definisi operasional dan kerangka pikir.

BAB IV GAMBARAN UMUM membahas terkait gambaran umum lokasi penelitian dan gambaran umum ruang lingkup penelitian. Gambaran umum lokasi penelitian kondisi geografi dan kondisi demografi lokasi penelitian. Adapun gambaran umum ruang lingkup penelitian meliputi kondisi eksisting persampahan Kota Makassar dan kondisi eksisting persampahan di TPA Tamangappa.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN membahas terkait hasil dan jawaban pertanyaan penelitian terkait potensi sampah yang masuk ke TPA Tamangappa

sebagai bahan bakar untuk PLTSa, faktor pendukung dan faktor yang menghambat pengaplikasiannya, serta strategi mengoptimalkan potensi aplikasi PLTSa di TPA Tamangappa.

BAB VI PENUTUP berisi kesimpulan dari hasil penelitian secara keseluruhan serta saran yang diajukan dari penelitian. Kesimpulan berisi poin-poin dari hasil penelitian yang disusun sesuai tujuan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebijakan Terkait Persampahan dan PLTSa

Adapun dasar hukum yang dijadikan landasan dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

1. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.
2. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2018 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolah Sampah Menjadi Energi Listrik Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan (PLTSa).
3. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 97 tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah tangga.
4. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 18 tahun 2016 tentang Percepatan Pembangunan Pembangkit Listrik berbasis Sampah di Provinsi DKI Jakarta, Kota Tangerang, Kota Bandung, Kota Semarang, Kota Surakarta, Kota Surabaya dan Kota Makassar.
5. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
6. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
7. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 12 tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik.

2.2 Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Dalam UU Nomor 18 Tahun 2008 pasal 1, dijelaskan bahwa TPA adalah tempat untuk melakukan pengolahan dan mengembalikan sampah yang ada ke

lingkungan secara aman untuk manusia. Hal ini sejalan dengan definisi TPA berdasarkan Permen PU Nomor 3 Tahun 2013. Secara umum, terdapat 3 (tiga) jenis pengolahan sampah yaitu *open dumping*, *control landfill* dan *sanitary landfill*.

a. *Open dumping*

Open dumping merupakan pengolahan sampah pada TPA dengan cara sampah yang masuk dibuang begitu saja tanpa adanya pengolahan lebih lanjut. Keuntungan penggunaan metode ini yaitu pengoperasiannya yang mudah. *Open dumping* membutuhkan biaya operasi, perawatan dan investasi TPA yang relatif murah dibandingkan metode pengolahan TPA lainnya. Namun, metode pengolahan ini dapat menimbulkan pencemaran udara dari gas, debu dan bau sampah, serta pencemaran tanah akibat air lindi. Selain itu, penggunaan metode pengolahan ini menyebabkan penurunan estetika lingkungan dan menjadi sumber penyakit.

b. *Control landfill*

Control landfill merupakan pengolahan sampah pada TPA dengan cara sampah yang masuk akan ditimbun, diratakan dan dilakukan pemadatan dalam jangka waktu tertentu. Keuntungan penggunaan metode pengolahan ini yaitu dampak yang ditimbulkan lebih kecil dibandingkan menggunakan metode pengolahan *open dumping*. Namun, proses pengoperasiannya lebih rumit dan membutuhkan biaya yang lebih besar.

c. *Sanitary landfill*

Sanitary landfill merupakan pengolahan sampah pada TPA dengan cara sampah yang masuk akan ditimbun, diratakan dan dilakukan pemadatan dengan tanah sebagai lapisan penutupnya. Hal ini dilakukan setiap hari secara berlapis-lapis dan terus menerus. Keuntungan penggunaan metode pengolahan ini yaitu dampak yang ditimbulkan lebih kecil dibandingkan penggunaan *open dumping* dan *control landfill*, namun membutuhkan proses pengolahan yang lebih sulit dan biaya yang lebih mahal.

2.3 Sampah

Pembahasan terkait sampah dan jenis-jenisnya telah dijelaskan dalam regulasi dan jurnal terkait. Adapun Adapun bebetapa penjelasannya dijabarkan sebagai berikut.

2.3.1 Pengertian Sampah

Berdasarkan UU Nomor 18 Tahun 2008 pasal 1, sampah merupakan meterial sisa kegiatan manusia dan proses yang terjadi di alam dalam wujud padat. Adapun dalam Perpres tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolahan Sampah menjadi Energi Listrik berbasis Teknologi Ramah lingkungan pasal 1, sampah sendiri dapat berupa sampah rumah tangga dan sampah sejenis rumah tangga. Sampah juga didefinisikan sebagai bahan sisa dari kegiatan manusia yang sudah tidak terpakai karena fungsi utamanya telah terambil (Kahfi, 2017).

Selain itu, definisi sampah menurut Hamzah dkk. (2020) yaitu material sisa dari suatu sumber kegiatan manusia maupun proses alam yang tidak lagi mempunyai nilai ekonomi. Sampah juga merupakan hasil pembuangan yang berasal dari makhluk hidup yang dilepaskan ke alam dalam wujud yang bervariasi (Djamain dkk., 2016).

2.3.2 Jenis-jenis Sampah

Dalam UU Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, jenis sampah yang dikelola dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu sampah rumah tangga, sejenis sampah rumah tangga dan spesifik yang mengandung B3.

- a. Sampah rumah tangga, yaitu sampah yang dihasilkan dari aktivitas sehari-hari dalam rumah tangga, terkecuali tinja dan sampah spesifik.
- b. Sampah sejenis sampah rumah tangga, yaitu sampah yang dihasilkan dari aktivitas sehari-hari di luar rumah tangga, seperti kawasan sampah yang berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, serta fasilitas lainnya.
- c. Sampah spesifik sampah yang mengandung B3 (bahan berbahaya dan beracun), yaitu limbah B3, sampah akibat adanya bencana, serpihan bangunan yang dibongkar, sampah yang belum dapat diolah dari teknologi yang ada atau sampah yang ada tidak secara periodik.

2.4 Komposisi Fisik Sampah

Secara umum, sampah menurut sifatnya (komposisi fisik sampah) dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu sampah organik dan sampah anorganik (Mahardika dkk., 2020). Adapun penjelasannya yaitu sebagai berikut.

- a. Sampah organik, yaitu sampah yang mudah diurai dan dapat dimanfaatkan sebagai kompos seperti sampah yang berasal dari tumbuhan.
- b. Sampah anorganik, yaitu sampah yang tidak dapat diurai seperti plastik, kaleng, besi dan lainnya.

2.5 Karakteristik Sampah

Karakteristik sampah merupakan berbagai sifat sampah yang ditinjau baik dari segi fisik maupun kimia (Sihite, 2018). Karakteristik fisik mencakup densitas sampah, kadar air, kadar abu, nilai kalor dan ukuran sampah. Sementara, untuk katakter kimia meliputi kadar *volatile* (jumlah zat uap yang terkandung dalam sampah) dan unsur penyusun sampah yang terdiri dari: C, N, O, P, H, S dan lainnya (Sihite, 2018). Adapun karakteristik sampah di Indonesia dapat dilihat pada **Tabel 2.1** berikut ini.

Tabel 2.1 Karakteristik Sampah Kota di Indonesia

No.	Karakteristik Sampah	Indonesia
1	Kadar air	60%
2	Nilai kalor	1,272.22 Kcal/Kg
3	Kadar abu	10.59 %
4	Berat jenis	150 – 250 Kg/m ³

Sumber: Ade (2009) dalam Sihite (2018)

Pada **Tabel 2.1** di atas terlihat bahwa rata-rata sampah di Indonesia memiliki kadar air 60%, nilai kalor 1,272.22 Kcal/Kg, kadar abu 10.59 % dan berat jenis berkisar antara 150 – 250 Kg/m³.

2.6 Nilai Kalor Sampah

Nilai kalor yaitu besaran yang mempresentatifkan kandungan kalor suatu bahan, dimana bahan tersebut akan semakin mudah terbakar apabila nilai kalornya semakin tinggi (Dalimunthe, 2018). Nilai kalor sampah yaitu energi panas yang berasal dari proses pembakaran sampah dengan memanaskan air untuk meninjau

kenaikan suhu pada termometer (Novita, 2010). Menurut Sihite (2018), nilai kalor sampah yaitu besaran energi kalor yang yang dibuang oleh bahan bakar ketika proses oksidasi.

Lubis (2018) menjelaskan bahwa ada 3 (tiga) metode yang dapat digunakan untuk mengukur besaran nilai kalor yaitu melalui pengukuran di laboratorium, *proximate analysis* (komposisi hidrokarbon) dan *ultimate analysis* (komposisi biomassa). Nilai kalor dari sampah perkotaan sangat beragam dengan kisaran 5,500 Btu/Ibs – 10,000 Btu/Ibs. Adapun perhitungan nilai kalor menurut Tchobanoglus (1993) dapat dilihat pada **Tabel 2.2** berikut ini.

Tabel 2.2 Nilai kalor sampah menurut Tchobanoglus (1993)

Komposisi Sampah	Nilai Kalor (Kj/Kg)	Nilai Kalor (Kcal/Kg)
Sisa-sisa Makanan	3,489 – 6,978	833 – 1,667
Kertas	13,956 – 17,445	3,333 – 4,167
Kertas Putih	11,630 – 18,608	2,778 – 4,444
Plastik	27,912 – 37,216	6,667 – 8,889
Tekstil	15,119 – 18,608	3,611 – 4,444
Daun	15,119 – 18,608	556 – 4,444
Kaca	116 – 233	28 – 56
Kaleng	233 – 1,163	56 – 278

Sumber: Tchobanoglus, 1993

Pada **Tabel 2.2** di atas terlihat bahwa diantara komposisi sampah yang ada, plastik memiliki nilai kalor tertinggi yaitu berkisar antara 27,912 – 37,216 Kj/Kg. Hal ini menunjukkan bahwa plastik lebih mudah terbakar dibandingkan komposisi sampah lainnya.

2.7 Dampak Positif dan Dampak Negatif Sampah

Sampah memberikan dampak bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya, baik positif maupun negatif. Dampak positif dari sampah dapat dirasakan apabila dilakukan pengelolaan yang baik, begitupun sebaliknya (Riama, 2010). Beberapa dampak positif dari sampah yaitu sampah dapat digunakan sebagai media untuk menimbun tanah yang rendah, sampah dapat diolah menjadi kompos dan pakan ternak (Riama 2010).

Menurut Faizah (2008), sampah yang tidak diolah dengan sistematis sesuai urutannya dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap kesehatan, lingkungan dan sosial. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut.

- a. Dampak terhadap kesehatan, yaitu dapat menjadi sumber penyakit (Faizah, 2008).
- b. Dampak terhadap lingkungan, yaitu terkikisnya lapisan ozon dan mengancam flora dan fauna yang ada (Faizah, 2008). Selain itu sampah dapat mencemari tanah, air dan udara disekitarnya (Riama, 2010).
- c. Dampak terhadap sosial dan ekonomi, yaitu mengurangi estetika alam yang akan berpengaruh pada pariwisata (Faizah, 2008).

Adapun dampak negatif dari sampah yang menumpuk dan mengalami *over capacity* di TPA dapat dirasakan utamanya bagi masyarakat dan lingkungan sekitar TPA dengan radius 100 – 500 meter (Huda, 2013).

2.8 Pengelolaan Persampahan

Penelitian ini membahas pengelolaan persampahan yang ditinjau dari aspek pengelolaan persampahan dan pengelolaan sampah yang cerdas. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut.

2.8.1 Aspek Pengelolaan Persampahan

Pengelolaan persampahan harus ditunjang lima aspek agar dapat berjalan dengan baik (BPSDM Bandung, 2018). Adapun aspek yang dimaksud yaitu aspek peraturan/hukum, kelembagaan dan organisasi, teknis operasional, pembiayaan dan peran serta masyarakat. Adapun penjeasannya adalah sebagai berikut.

1. Peraturan/hukum

Penyelenggaraan sistem pengelolaan persampahan memerlukan regulasi atau dasar hukum sebagai landasan dalam perealisasiannya. Dasar hukum ini digunakan untuk mengatur segala hal dalam manajemen persampahan. Hal yang dimaksud diantaranya kerja sama dengan berbagai pihak terkait, rencana induk pengelolaan sampah kota, tata cara penyelenggaraan pengelolaan dan lainnya.

2. Kelembagaan dan organisasi

Kelembagaan dan organisasi yang dirancang disesuaikan dengan peraturan pemerintah, pola sistem operasional, kapasitas kerja sistem dan lingkup pekerjaan dan tugas yang harus ditangani.

3. Teknis operasional

Teknis operasional mencakup dasar-dasar perencanaan untuk pewadahan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan, pengolahan dan pemrosesan akhir sampah.

4. Pembiayaan/retribusi

Aspek pembiayaan adalah penggerak roda sistem pengelolaan persampahan agar dapat berjalan baik dan lancar. Aspek pembiayaan meliputi beberapa bagian seperti proporsi APBN/APBD (Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara/Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah) pengelolaan sampah, proporsi antara retribusi dan pendapatan masyarakat, struktur penarikan retribusi yang berlaku dan lainnya.

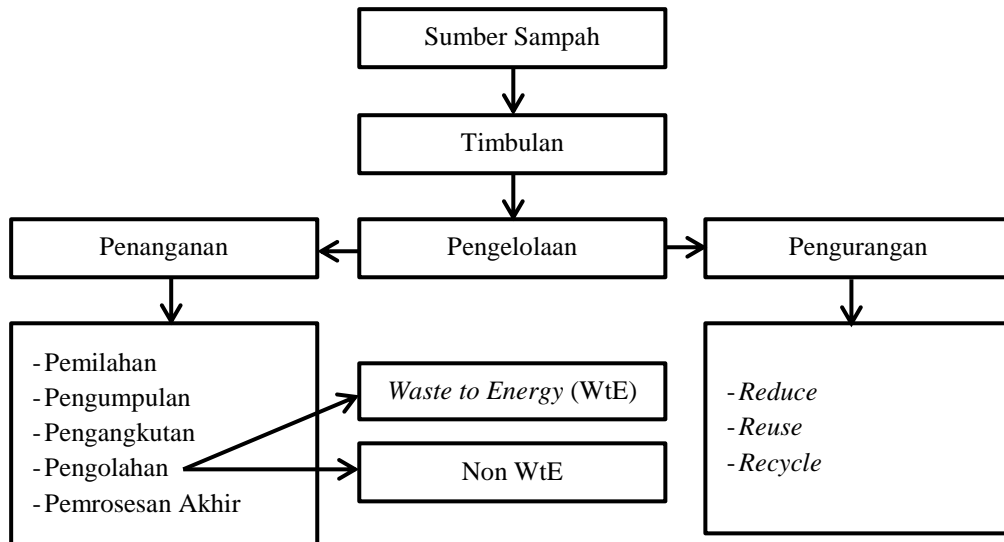
5. Peran serta masyarakat

Peran masyarakat sangat berpengaruh dalam keberhasilan pengelolaan persampahan. Peran masyarakat salah satunya terkait tingkah laku yang sesuai dengan tujuan program pengelolaan persampahan. Hal tersebut terkait persepsi masyarakat terhadap pengelolaan sampah yang tertib dan teratur, faktor sosial dan budaya setempat, serta kebiasaan masyarakat dalam pengelolaan sampahnya sampai saat ini.

2.8.2 Pengelolaan Sampah yang Cerdas

Berdasarkan UU Nomor 18 Tahun 2008, pengelolaan sampah adalah kegiatan pengurangan maupun penanganan sampah yang dilakukan secara menyeluruh, sistematis dan berkelanjutan. Pengelolaan sampah tidak cukup hanya dengan sistem kumpul-angkut-buang (BPSDM Bandung, 2018). Perlu adanya pengelolaan sampah yang lebih baik melalui pengelolaan sampah yang cerdas yang bertujuan memproses sampah secara menyeluruh sehingga dapat mengurangi beban sampah yang masuk ke TPA (BPSDM Bandung, 2018).

Pengelolaan sampah yang cerdas dapat dilakukan salah satunya dengan penerapan konsep sampah menjadi energi (*waste to energy*), yaitu dengan mengolah sampah menjadi energi listrik (BPSDM Bandung, 2018). Adapun skema pengelolaan sampah di Indonesia dapat dilihat pada **Gambar 2.1** berikut ini.



Gambar 2.1 Skema Pengelolaan Sampah

Sumber: BPSDM Bandung, 2018

Berdasarkan diagram pada **Gambar 2.1** di atas dapat diketahui bahwa konsep energi dari sampah (*waste to energy*) termasuk dalam tahapan pengelolaan sampah yaitu pada metode penanganan. Sampah perlu diolah sebelum masuk pada tahapan pemrosesan akhir. Sebelum dibuang, sampah yang diangkut ke TPA baik sampah rumah tangga maupun sampah sejenis sampah rumah tangga diolah terlebih dahulu.

2.9 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)

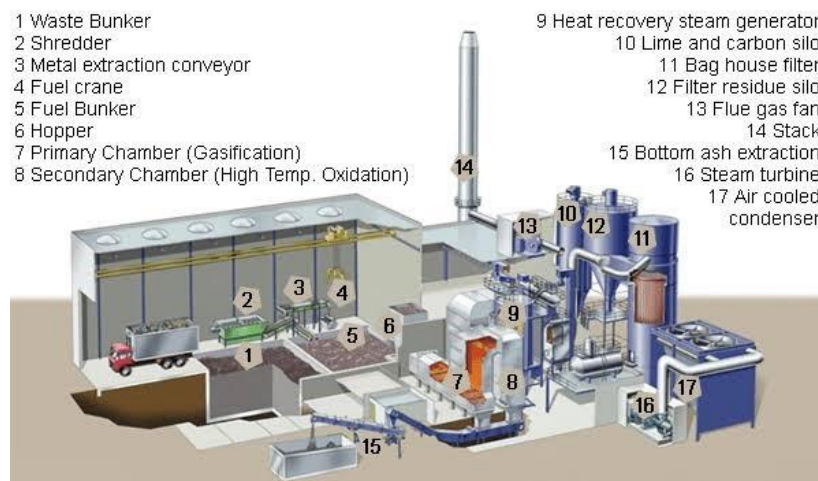
Pembahasan terkait PLTSA dan komponennya telah dijelaskan dalam regulasi dan jurnal terkait. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut.

2.9.1 Pengertian PLTSA

Perpres Nomor 35 Tahun 2018 Pasal 1 menjelaskan bahwa PLTSA didefinisikan berupa proses mengolah sampah dan mengonversinya menjadi energi listrik yang aman bagi lingkungan dan memenuhi standar baku mutu serta ketentuan hukum yang ada dan diharapkan dapat mereduksi sampah secara signifikan kedepannya.

2.9.2 Komponen PLTSa

PLTSa tersusun dari beberapa komponen yang memiliki peran dan saling terkait satu sama lain. Ada 12 (dua belas) komponen PLTSa yaitu sampah, bak penampung, derek, saluran, insinerator, tungku, abu, intalasi pengolahan gas buang, filter, debu, cerobong asap dan gas buang. Adapun skema dari PLTSa dapat dilihat pada **Gambar 2.2** di bawah ini.



Gambar 2.2 Ilustrasi Skema Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa)

Sumber: Sihite, 2018

Berikut ini adalah penjelasan terkait **Gambar 2.2** di atas. Berdasarkan *webiste WFH Engineer Indonesia (2021)*, skema pada gambar di atas dijelaskan sebagai berikut.

- Sampah digunakan sebagai bahan bakar untuk PLTSa. Sampah yang masuk ke TPA dipadatkan dalam truk sampah kemudian diolah agar mengalami proses pembusukan. Kemudian dibawa ke insinerator dan dibuang ke bak penampung dalam PLTSa
- Bak penampung memerlukan kapasitas yang cukup besar untuk menampung sampah yang masuk selama beberapa hari. Dalam bak penampung ini terjadi proses penguraian sampah yang menghasilkan cairan lindi yang kemudian dialirkan pada bagian bawah bak penampung.
- Derek berfungsi untuk memindahkan sampah dari bak penampung ke komponen selanjutnya untuk pengolahan lebih lanjut.

- d. Saluran berfungsi untuk menampung sampah yang diangkut oleh derek kemudian diteruskan ke dalam tungku.
- e. Insinerator Suhu minimal 850°C digunakan untuk mencegah pembentukan asap dan polutan lainnya yang kemudian dapat disesuaikan. Suhu tinggi menyebabkan pembentukan nitrogen oksida, suhu rendah menjadi karbon monoksida dan dioksin.
- f. Tungku digunakan untuk menghasilkan uap untuk pembangkit listrik dari gas panas yang dihasilkan.
- g. Abu merupakan 30% dari hasil pembakaran sampah. Abu dari perapian boiler diperkaya dengan logam berat beracun seperti timbal dan kadmium. dalam banyak kasus dikirim ke tempat pembuangan sampah biasa. Beberapa operator insinerator, melakukan "daur ulang abu" dengan memberikannya kepada perusahaan agregat untuk dijadikan bahan campuran aspal maupun bangunan.
- h. Instalasi pengolahan gas buang dimana kapur, amonia dan karbon aktif disemprotkan ke gas saat melewati sistem pembersihan. Ini menetralkan gas asam sampai tingkat tertentu dan menyerap beberapa dioksin. Bahan tambahan ini menciptakan sejumlah besar residu yang sangat terkontaminasi dengan dioksin, logam berat dan zat sangat beracun lainnya. Residu pengendalian pencemaran udara ini sering disebut fly ash.
- i. Filter digunakan untuk menyaring dan menahan debu hasil pembakaran. Debu yang terperangkap oleh filter memiliki dioksin, logam dan polutan lain yang menempel di permukaannya. Ini dikumpulkan dan ditambahkan ke residu pengolahan gas buang. Sejumlah besar debu yang sangat halus, tetapi sangat terkontaminasi, langsung melewati filter ke atmosfer.
- j. Debu yaitu 3-5% berat dari bahan yang masuk ke insinerator. Jika ditangani dengan benar, bahan ini dibawa ke tempat pembuangan limbah berbahaya "khusus" di mana bahan ini berisiko terhadap pasokan air dan merusak lingkungan untuk generasi mendatang.
- k. Cerobong asap sebagai tempat keluarnya hasil pembakaran yang berbahaya. Sehingga tingginya mencapai 75 hingga 100 meter sehingga bahan beracun tersebar di area seluas mungkin agar tidak berbahaya bagi masyarakat.

1. Turbin uap. Uap yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan turbin yang menghasilkan listrik. Insinerator sekitar 20% efisien dalam mengubah panas menjadi listrik.

2.9.3 Pengolahan Sampah menjadi Energi Listrik

Pengolahan sampah menjadi energi listrik dapat dilakukan dengan dua cara yaitu melalui proses termal dan proses biologis (Sihite, 2018). Proses termal dapat dilakukan melalui tiga pengolahan yaitu dengan memanfaatkan teknologi insinerasi, pirolis dan gasifikasi (Sihite, 2018). Sementara pengolahan sampah menjadi energi listrik melalui proses biologis ada dua yaitu dengan *anaerobik digester* (dekomposisi zat organik) dan *landfill gasification* (pengolahan gas metana) (Sihite, 2018).

1. Proses Konversi Termal

Konversi termal dilakukan dengan mengubah sampah menjadi energi listrik melalui proses pembakaran dengan menjadikan sampah sebagai bahan bakarnya (Sihite, 2018). Adapun penjelasan terkait konersi termal insinerasi, gasifikasi dan pirolis dijelaskan sebagai berikut.

- a. Insinerasi yaitu proses konversi termal dengan pembakaran pada kadar oksigen tinggi di atas 850 °C untuk menghasilkan uap dengan memanaskan air pada boiler. Untuk pembangkit listrik yang berkapasitas 25,000 hingga 600.000 ton pertahun dapat menghasilkan listrik dengan efisiensi 18% - 27%.
- b. Gasifikasi yaitu proses konversi termal dengan memanfaatkan gas sintetis untuk menghasilkan bahan baku secara konsisten dari segi bentuk dan ukuran melalui proses oksidasi parsial.
- c. Pirolis yaitu proses konversi termal dengan memanfaatkan gas sintetis untuk menghasilkan bahan baku yang konsisten, namun juga memerlukan sumber panas eksternal yang berkisar antara 400 °C – 850 °C.

Adapun proses pengolahan tersebut diaplikasikan sesuai kondisi dan karakteristik sampah yang akan diolah menjadi listrik.

2. Proses Konversi Biologis

Adapun penjelasan untuk proses konversi biologis jenis *anaerobik digester* dan *landfill gasification* adalah sebagai berikut.

- a. *Anaerobik digester* yaitu proses biologis yang terjadi secara alami dengan metode dekomposisi zat organik mudah terurai yang dilakukan dalam kondisi tanpa oksigen (BPSDM Bandung, 2018). Proses anaerobik ini memerlukan berbagai jenis mikroorganisme dan terjadi dalam waktu yang terkontrol (BPSDM Bandung, 2018). Adapun keuntungan penggunaan metode ini yaitu dapat menghasilkan biogas sebagai energi terbarukan (BPSDM Bandung, 2018).
- b. *Landfill gasification* yaitu proses biologis yang terjadi secara alami dengan memanfaatkan biogas yang ditimbulkan dari timbunan sampah (BPSDM Bandung, 2018). Biogas yang dimanfaatkan khususnya gas metana dan CO₂ (BPSDM Bandung, 2018).

2.10 Potensi Aplikasi PLTSa

Potensi aplikasi PLTSa dapat ditinjau melalui kriteria-kriteria yang telah ditetapkan dalam regulasi maupun pedoman yang ada. Diantara kriteria-kriteria tersebut dijelaskan sebagai berikut.

2.10.1 Potensi Aplikasi PLTSa dalam Perpres Nomor 18 Tahun 2016

Berdasarkan Perpres Nomor 18 Tahun 2016, ada beberapa hal yang perlu ditinjau sebelum penerapan PLTSa, diantaranya sebagai berikut.

1. Ketersediaan sampah dipastikan minimal mencapai 1,000 ton per hari.
2. Ketersediaan lokasi pembangunan PLTSa tertuang dalam rencana tata ruang wilayah provinsi, rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota.
3. Penyusunan studi kelayakan pembangunan PLTSa yang terdiri dari studi aspek hukum, kelembagaan, pendanaan, sosial budaya dan teknologi yang memuat antara lain:
 - a. Analisis komposisi sampah: kadar karbon dan nitrogen (*ultimate*), kadar abu dan debu (*proximate*) dan logam berat;
 - b. Teknologi pre-treatment sampah yang digunakan;
 - c. Teknologi proses termal yang digunakan yang meliputi cara kerja, efisiensi, jam operasi tahunan dan rencana pemeliharaan mesin;

- d. Teknologi pembersih udara yang digunakan;
- e. Surat jaminan kualitas kerja mesin dari pabrik mesin;
- f. Pekerjaan konstruksi sipil;
- g. Analisis keuangan: kebutuhan biaya investasi awal, rencana pengeluaran biaya dan sumber pendanaan;
- h. Analisis risiko; dan
- i. Jadwal pelaksanaan proyek pembangunan;

2.10.2 Potensi Aplikasi PLTSa dalam Perpres Nomor 35 Tahun 2018

Berdasarkan Perpres Nomor 35 Tahun 2018, ada beberapa hal yang perlu ditinjau sebelum penerapan PLTSa, diantaranya sebagai berikut.

1. Penyusunan studi kelayakan pembangunan PLTSa yang terdiri dari studi beberapa aspek yaitu hukum, kelembagaan, pendanaan, sosial budaya dan teknologi, yang paling sedikit memuat:
 - a. Jumlah sampah per hari;
 - b. Komposisi sampah: kadar carbon dan nitrogen (*ultimate*), kadar abu dan debu (*proximate*) dan logam berat;
 - c. Kondisi dan ketersediaan lahan;
 - d. Kondisi dan persyaratan khusus yang diperlukan;
 - e. Ketersediaan air dan sumber air;
 - f. Penyelesaian dan/atau pengolahan residu; dan
 - g. Jadwal pelaksanaan proyek;
2. Ketersediaan sampah dan kapasitas minimal keekonomian PLTSa sesuai dengan hasil pra studi kelayakan;
3. Metode pengolahan sampah sesuai dengan kebijakan dan strategi pengelolaan sampah daerah provinsi/ kabupaten/kota; dan
4. Ketersediaan lokasi pembangunan PLTSa tertuang dalam rencana tata ruang wilayah provinsi dan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota.

2.10.3 Potensi Sampah sebagai Bahan Bakar PLTSa

Bahan bakar yaitu bahan/zat yang dapat melepaskan energi panas pada keadaan tertentu akibat reaksi kimia (BPSDM Bandung, 2018). Penerapan PLTSa salah

satunya bertujuan untuk mereduksi sampah yang ada di TPA. Sampah digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik. Namun, tidak semua sampah dapat dijadikan sebagai bahan bakar (BPSDM Bandung, 2018). Sampah tersebut harus memenuhi kriteria-kriteria tertentu sehingga layak digunakan dan mendukung penerapan PLTSa (BPSDM Bandung, 2018). Kriteria tersebut ditinjau dari segi karakteristik bahan baku PLTSa, potensi jumlah sampah, potensi pembangkitan listrik, nilai kalor dan komposisi sampah yang dapat masuk PLTSa, studi mengenai sampah yang tidak dapat diolah PLTSa, serta sampah yang harus diproses sebelum masuk PLTSa (BPSDM Bandung, 2018) .

1) Karakteristik sampah

Karakteristik sampah sebagai bahan baku PLTSa ditentukan oleh teknologi pengolahan yang digunakan. Adapun karakteristik bahan bakunya dapat dilihat pada **Tabel 2.3** berikut ini.

Tabel 2.3 Karakteristik Bahan Baku dan Teknologi *Waste to Eenergy*

Alternatif Teknologi	Pemilahan Organik dan Anorganik	Pencacahan	Pencampuran Limbah Lain	Pengeringan
Insinerasi	Tidak	Opsional	Tidak	Opsional
Pirolis dan gasifikasi	Tidak	Wajib	Tidak	Opsional
<i>Anaerobik digester</i>	Wajib	Wajib	Opsional	Tidak
<i>Landfill gasification</i>	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Sumber: BPSDM Bandung, 2018

Pada **Tabel 2.3** di atas terlihat bahwa ada empat alternatif teknologi yang dapat digunakan bila dikelompokkan berdasarkan pengolahan sampahnya. Adapun pengolahan sampah yang dimaksud yaitu pemilahan (sampah organik dan anorganik), pencacahan, pencampuran limbah lain dan pengeringan. Untuk sampah yang tidak melalui keempat pengolahan tersebut makan sesuai untuk teknologi *landfil gasification* dan insenerasi. Hal ini dikarenakan sampah tersebut masih dapat diolah meski tidak melalui pengolahan tersebut. Sementara teknologi anaerobic digester merupakan teknologi yang membutuhkan pengolahan lebih kompleks dibandingkan teknologi lainnya seperti yang terlihat pada Tabel 2.3. Hal ini dikarenakan jenis sampah, ukuran

dan pencampuran limbah berpengaruh pada besaran potensi listrik yang dihasilkan.

2) Potensi jumlah sampah

Jumlah sampah harian perkotaan berperan penting dalam pengaplikasian PLTSa. Untuk pengaplikasian PLTSa, volume sampah yang masuk ke TPA minimal 1,000 ton per hari. Pasokan sampah yang stabil untuk proses insinerasi yaitu 50,000 ton per tahun. Adapun variasi suplai sampah tidak boleh melebihi 20%.

3) Potensi pembangkitan listrik

Potensi pembangkitan listrik yaitu besaran energi listrik yang dapat dihasilkan dari sampah di TPA bila PLTSa telah diterapkan.

4) Nilai kalor dan komposisi sampah yang dapat masuk PLTSa

Nilai kalor sampah yang dimiliki bahan bakar minimal 7 MJ/kg sepanjang tahun. Adapun untuk komposisi sampah di perkirakan berdasarkan survei pada sampah yang masuk ke TPA.

5) Studi mengenai sampah yang tidak dapat diolah dalam PLTSa

Sampah yang tidak dapat diolah dalam PLTSa yaitu sampah yang tidak memiliki nilai kalor. Sehingga, apabila dimasukkan dalam PLTSa, maka akan keluar sebagai buangan/limbah.

6) Sampah yang harus diproses sebelum masuk PLTSa

Sampah yang dapat diproses secara Insinerasi dalam PLTSa yaitu sampah yang memiliki kadar abu dibawah 60% dan kadar air dibawah 50%.

2.11 Penyediaan Listrik

Listrik merupakan salah satu prasarana dasar yang perlu tersedia dalam suatu kota. Adapun standar penyediaan listrik tersebut mengacu pada SNI Nomor 3 Tahun 2004 tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan dengan ketentuan sebagai berikut.

- 1) Setiap lingkungan perumahan harus mendapatkan daya listrik dari PLN atau dari sumber lain; dan

- 2) Setiap unit rumah tangga harus dapat dilayani daya listrik minimum 450 VA per jiwa dan untuk sarana lingkungan sebesar 40% dari total kebutuhan rumah tangga.

Adapun batas daya listrik yang dapat digunakan sesuai dengan golongan tarif sambungan listrik tersebut. Golongan tarif untuk rumah tangga terbagi menjadi tiga golongan yaitu golongan tarif untuk rumah tangga kecil, rumah tangga menengah, dan rumah tangga besar. Adapun penejelasanannya adalah sebagai berikut.

- 1) Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga kecil pada tegangan rendah, dengan daya sampai dengan 450 (empat ratus lima puluh) VA, 900 (sembilan ratus) VA, 900 (sembilan ratus) VA-RTM, 1,300 (seribu tiga ratus) VA, dan 2,200 (dua ribu dua ratus) VA (R1/TR);
- 2) Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga menengah pada tegangan rendah, dengan daya 3,500 VA sampai dengan 5,500 (lima ribu lima ratus) VA (R-2/TR); dan
- 3) Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga besar pada tegangan rendah, dengan daya 6,600 (enam ribu enam ratus) VA ke atas (R3/TR).

Adapun perhitungan daya penggunaan dalam sebulan dihitung berdasarkan batas daya dan total jam nyalanya. Berdasarkan perhitungan rekening minimum, batas minimal penggunaan listrik yaitu 40 jam (PLN, 2016).

2.12 Potensi Energi Listrik PLTSa

Dalam penentuan potensi energi listrik yang digunakan perlu melalui beberapa tahapan dimulai dari perhitungan volume total sampah, berat keseluruhan komponen sampah, total kuantitas sampah, potensi pembangkitan energi listrik, sampai pada potensi pembangkitan listrik dalam sehari. Adapun persamaan yang digunakan untuk mencari volume total sampah dilakukan dengan menggunakan **Rumus Berat Total Sampah** (Sihite, 2018) sebagai berikut.

$$W_c = W_{\text{gross}} \times \% \text{ sampah} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

W_{gross} : berat keseluruhan komposisi sampah (ton/hari)

W_c : berat bersih masing-masing sampah (ton/hari)

Rumus berat total sampah digunakan untuk mendapatkan volume sampah dari masing-masing komposisi sampah. Volume sampah tersebut akan digunakan untuk menghitung potensi energi listrik yang dihasilkan. Setelah diperoleh berat bersih masing-masing komposisi sampah, maka dilakukan perhitungan untuk mencari potensi pembangkitan energi listrik dari masing-masing komponen sampah tersebut. Adapun perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan **Rumus Potensi Pembangkitan Energi Listrik** (Sihite, 2018) sebagai berikut.

$$ERP = NCV \text{ Gross } W \text{ 1000} / 860 \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

ERP : Energi Recovery Potential (kWh)

NCV : Net Calorific Value (kkal/kg)

Gross W : Total Waste Quantity (Ton)

1,000 : kg sampah / Ton

860 : Konversi Satuan (1 kWh = 860 kkal)

Perhitungan menggunakan rumus 2 di atas akan menghasilkan potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari masing-masing komposisi sampah. Setelah diperoleh total pembangkitan energi listrik, maka dilakukan perhitungan total energi listrik yang dihasilkan dalam sehari dengan menggunakan **Rumus Potensi Pembangkit Listrik** sebagai berikut.

$$P = ERP/24 \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

P : Power Generation Potential (kW)

ERP : Energy Recovery Potential (kWh)

24 : Satuan penggunaan 1 hari (24 jam)

Perhitungan menggunakan rumus 3 di atas akan menghasilkan potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari total keseluruhan sampah dalam sehari. Setiap

komponen dari PLTSa memiliki efisiensi yang berpengaruh pada kinerja dari PLTSa untuk menghasilkan energi listrik (Sihite, 2018). Kinerja dari PLTSa tersebut berkisar antara 25%-30%. Dengan demikian, setelah memperoleh potensi pembangkitan listrik, maka hasil yang didapatkan akan dikalikan dengan persentase efisiensi PLTSa.

2.13 Studi Banding

Adapun beberapa Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) yang telah beroperasi di kota maupun negara lain diantaranya sebagai berikut.

2.13.1 PLTSa Benowo, Surabaya

PLTSa Benowo berlokasi di TPA Benowo, Surabaya. TPA Benowo sudah beroperasi sejak tahun 2001 dengan total volume sampah yang masuk sebesar 1600 ton per hari dengan luas lahan 37,4 Ha (Sucahyo & Fanida, 2021). PLTSa ini diusulkan dengan skema kemitraan atau badan usaha yang bekerja sama dengan PT. Sumber Organik untuk pengelolaannya menggunakan metode kerja sama BOT (Sucahyo & Fanida, 2021). Total sampah yang diolah tiap harinya sebesar 1.000 ton dengan menggunakan dua jenis teknologi pengolahan. Adapun bangunan PLTSa Benowo dapat dilihat pada **Gambar 2.3** berikut ini.



Gambar 2.3 PLTSa Benowo, Surabaya

Sumber: Sucahyo, 2021

Pada **Gambar 2.3** di atas terlihat bangunan PLTSa Benowo, Surabaya. Teknologi yang digunakan pada PLTSa Benowo ada dua (Sucahyo & Fanida, 2021), yaitu sebagai berikut.

1) *Landfill Gas Collection*

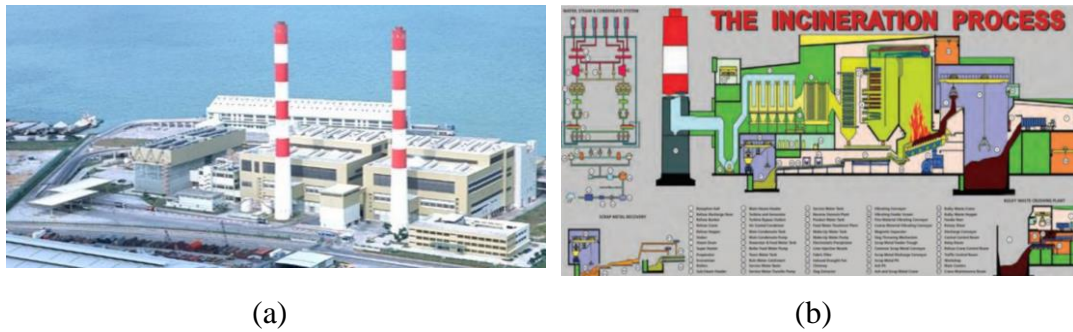
Sistem *landfill gas collection* merupakan metode paling awal di PLTSa Benowo yang dimulai sejak tahun 2015. Sampah yang akan diolah menjadi listrik akan dikumpulkan dan didiamkan sekitar tiga minggu kemudian diolah hingga menghasilkan energi listrik. Listrik yang dihasilkan akan dialirkan ke jaringan PLN (Perusahaan Listrik Negara) melalui *travo*. Teknologi *landfill gas collection* yang digunakan dapat menghasilkan listrik sebesar 2 MW (Sucahyo & Fanida, 2021).

2) Gasifikasi

Sistem Gasifikasi PLTSa Benowo dioperasikan sejak tahun 2020 dengan menggunakan teknologi *gasification power plant*, dimana sampah yang terkumpul akan diolah dengan metode pembakaran. Hasil pembakaran tersebut berupa arang, yang akan dikumpulkan dan dipanaskan pada suhu 1,000 derajat celsius yang digunakan untuk mendidihkan air sehingga menghasilkan uap kering. Uap dari air tersebut akan digunakan untuk menggerakkan mesin pembangkit yang tersambung pada generator. Teknologi gasifikasi yang digunakan dapat menghasilkan listrik sebesar 12 MW (Sucahyo & Fanida, 2021).

2.13.2 Tuas South Incineration Plant, Singapura

Tuas *South Incineration Plant* dibangun oleh MHI (Mitsubishi Heavy Industries) dan merupakan salah satu PLTSa terbesar di Asia (BPSDM Bandung, 2018). **Gambar 2.4** di bawah ini menunjukkan bangunan dan skema dari Tuas *South Incineration Plant*.



Gambar 2.4 (a) Bangunan dan (b) Skema Proses Insinerasi pada Tuas *South Incineration Plant*

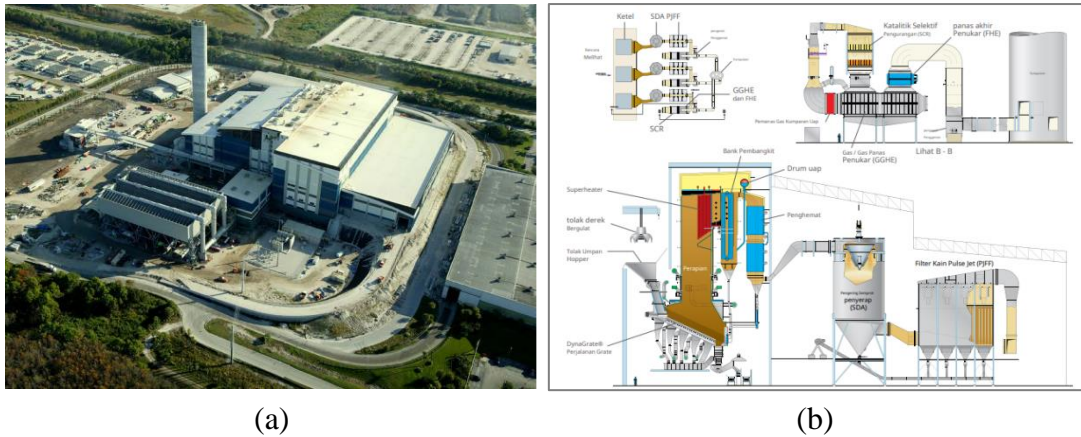
Sumber: BPSDM Bandung, 2018

Pada **Gambar 2.4** di atas terlihat bangunan Tuas *South Incineration Plant* dan skema proses pengolahannya. Adapun spesifikasi dari Tuas *South Incineration Plant* adalah sebagai berikut.

- 1) Kapasitas insinerator yaitu 3.000 ton per hari.
- 2) Kapasitas energi yang dihasilkan yaitu 80 MW dengan tegangan generator yaitu 10.5 kV.
- 3) Memiliki delapan jembatan timbang dengan kapasitas masing-masing untuk 50 ton sampah.
- 4) Memiliki dua cerobong beton setinggi 150 m dengan bagian dalam bata keramik dengan abu yang mampu menyaring 90% abu hasil pembakaran.

2.13.3 Palm Beach *Renewable Energy Facility No.2*

Palm Beach Renewable Energy Facility No.2 merupakan salah satu PLTSa terbesar yang dibangun oleh B&W Volund yang mulai dibangun pada tahun 2012. PLTSa ini mulai beroperasi secara komersial pada bulan Juli tahun 2015 (BPSDM Bandung, 2018). PLTSa ini menggunakan *stirling power boiler* yang menghasilkan hingga 95 MW yang dapat memberikan daya untuk 55,000 rumah, serta menggunakan sistem *recovery* dari logam, kontrol emisi dan CEMS (Babcock & Wilcox *Power Generation Group*, 2014). Adapun bangunan dan skema pengolahan pada PLTSa ini dapat dilihat pada **Gambar 2.5** berikut ini.



Gambar 2.5 (a) Bangunan dan (b) Skema Proses Insinerasi pada Palm Beach Renewable Energy Facility No.2

Sumber: Babcock & Wilcox Power Generation Group, 2014

Pada **Gambar 2.5** di atas terlihat bangunan Palm Beach Renewable Energy Facility No.2 dan skema proses pengolahannya. Adapun spesifikasi dari Palm Beach Renewable Energy Facility No.2 dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut ini.

Tabel 2.4 Spesifikasi Palm Beach Renewable Energy Facility No.2

Spesifikasi	Keterangan
Kapasitas	3,000 Ton/hari 1,000,000 Ton/tahun
Boiler	3 boiler PGG Stirling
Sistem pakan	Derek sampah otomatis, hopper pengisian, peredam, saluran umpan berpendingin air, pengumpan ram hidrolik
Kapasitas tenaga listrik	95 MW kotor; memberi daya sekitar 55,000 rumah
Sistem pembersihan serangga	Allen-Sherman-Hoff
Peralatan lingkungan perorangan	Penyaring kain jet
Pemantauan emisi	B &W KVB-Enertec™ sistem pemantauan emisi berkelanjutan (CEMS)
Area pelayanan	Palm Beach Country, Florida
Kepemilikan	Otoritas Limbah Padat Palm Beach County
Konstruksi	Proyek diberikan pada tahun 2011; konstruksi dimulai pada 2012
Operasi komersial dijadwalkan untuk 2015	Operasi komersial dimulai pada 2015
Kontrak O&M Asli	Palm Beach Resource Recovery Corporation, anak perusahaan B&W PGG 2015-2035

Sumber: Babcock & Wilcox Power Generation Group, 2014

Pada **Tabel 2.4** terlihat bahwa Palm Beach Renewable Energy Facility No.2 berkapasitas 3,000 Ton/hari dan menggunakan 3 boiler untuk proses pengolahan

sampahnya. PLTSa ini dilengkapi dengan sistem pembersihan serangga yaitu *Allen-Sherman-Hoff*. Adapun peralatan lingkungan yang disediakan berupa penyarung kain jet sebagai pelindung dalam proses pengolahan sampah dan B & W KVB-*Enertec*TM sistem pemantauan emisi berkelanjutan (CEMS) untuk pengolahan emisi yang dihasilkan.

2.14 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil kajian pustaka, terdapat penelitian terdahulu dengan tema serupa, sebagaimana yang dijabarkan pada **Tabel 2.4** berikut ini.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Jenis dan Tahun	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Analisis	Hasil Penelitian	Institut Sumber
1	Feby Meilina Sucahyo, Eva Hany Fanida	Publika (2021)	Inovasi Pengelolaan Sampah menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) oleh Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH) Surabaya	Mendeskripsikan inovasi pengelolaan sampah menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di TPA Benowo Surabaya	Analisis dengan Teori Halverson	TPA Benowo menggunakan teknologi <i>Landfill Gas Collection</i> dan teknologi Gasifikasi, dengan melibatkan Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau, PT.Sumber Organik dan PT. Perusahaan Listrik Negara	Universitas Negeri Surabaya
2	Andri S. Firdaus Sihite	Skripsi (2018)	Studi Pengolahan Sampah untuk Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Mini di Kawasan Medan Sunggal	Menganalisa potensi sampah menjadi sumber energi listrik untuk dijadikan bahan bakar PLTSA di Kawasan Medan Sunggal, mengetahui kemungkinan pembangunan PLTSA ditinjau dari analisa ekonomi dan analisa SWOT	Analisis Koversi Termokimia, anaisis ekonomi biaya manfaat dan analisis SWOT	Pembangunan PLTSA di Kawasan Medan Sunggal layak diterapkan dengan potensi listrik 451.46 kW dengan rasio keuntuknga BCR yaitu 3.09	Universitas Sumatera Utara
3	Widiatmini Sih Winanti	Jurnal Teknologi Lingkungan	Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)	Membangun <i>pilot project</i> pengolahan sampah dengan proses termal	<i>Front End Engineering Design</i> (FEED) dan	Implementasi pengoperasian unit PLTSA ini akan menggunakan kapasitas pembakaran sampah antara 80-90 Ton	Pusat Teknologi Lingkunga

No.	Nama Peneliti	Jenis dan Tahun	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Analisis	Hasil Penelitian	Institut Sumber
				(PLTSa) dengan kapasitas 50 ton/hari	<i>Detail Engineering Design (DED)</i>	perhari untuk dapat menghasilkan listrik yang dapat mencukupi kebutuhan internal proses PLTSa dengan menggunakan metode termal yang ramah lingkungan	n Kedeputian Teknologi Sum- berdaya Alam Ba- dan Pengkajian dan Penera- pan Teknologi Jakarta
4	Syafrina Juhaidah	Skripsi (2018)	Pengelolaan Sampah TPA Tamangappa Kota Makassar	Mengevaluasi kinerja pen- golahan sampah Kota Ma- kassar	<i>Mass Balance</i>	TPA Tamangpa belum memeuhi dari segi penggunaan sistem pengolahan sampah yang menggunakan sistem <i>semi cotroll landfill</i> dan akitivitas pengolahan sampah dapat berjalan efektif bila adad kerja sama antara pemulung dan pemerintah serta penerapan sistem <i>sanitary landfill</i> dalam TPA	Universitas Brawijaya
5	Safrizal	Prosiding SNATIF (2014)	<i>Distributed Generation</i> Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kota (PLTSa) <i>Type Incinerator</i> Solusi Llistrik Alternatif Kota Medan	Meninjau keefektifan <i>incenerator</i> dalam mengubah sampah menjadi listrik di TPA Kota Medan	Deskriptif kualitatif- kuantitatif	PLTSa Kota Meda layak dari segi kajian teknis, ekonomis dan lingkungan untuk ditindak lanjuti dan mampu memberikan kontribusi pada pemenuhan kebutuhan listrik PLN sebesar 4,99%. Penerapan model generator sinkron menggunakan <i>prime mover</i> sebagai <i>voltage regulator bus</i> dapat mengoptimalkan dan	Universitas Islam Nahdlatul Ulama (UNISNU) Jepara

No.	Nama Peneliti	Jenis dan Tahun	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Analisis	Hasil Penelitian	Institut Sumber
						memperbaiki <i>drop</i> tegangan dan hambatan jaringan	
6	Sri Nurhayati Qodriyatun	Jurnal Masalah-Masalah Sosial (2021)	Pembangkit Listrik Tenaga Sampah: antara Permasalahan Lingkungan dan Percepatan Pembangunan Energi Terbarukan	Memaparkan perkembangan pembangunan PLTSa, kendala dan masalah yang dialami dan keefektifan PLTSa sebagai pemenuh energi listrik alternatif atau keefektifannya dalam mengatasi masalah lingkungan	Penelitian kualitatif	Kendala yang dialami dalam pembangunan PLTSa diantaranya tingginya <i>tipping fee</i> , terbatasnya dana pemerintah yang dialokasikan, estimasi potensi listrik dari sampah yang berlebihan, minimnya sumber daya manusia yang kapabel, harga jual listrik PLTSa yang tinggi, insentif yang diberikan untuk pengembangan tidak ada dan tidak adanya jaminan investasi dari bank. Untuk mendukung penerapannya, perlu adanya dukungan regulasi RUU EBT, jaminan <i>bankable</i> investasi, perhitungan detail potensi listrik yang dihasilkan, peningkatan alokasi dana APBD, edukasi masyarakat, sarana dan prasarana yang memadai dan sumber daya manusia yang kapabel	Pusat Penelitian, Badan Keahlian DPR RI
7	Amelya Indah Pratiwi, Farman Ali	Jurnal Penelitian (2015)	Analisis Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Di TPA Tamangappa Makassar	Mengetahui jumlah biogas yang dihasilkan <i>landfill</i> TPA serta analisis investasi pembangunan proyek	<i>First Order Decay Model</i> (FODM) Analisis Pembiayaan ekonomi investasi	Setiap tahun, terjadi peningkatan pada jumlah biogas dari <i>landfill</i> TPA Tamangappa sehingga berpotensi dijadikan sebagai bahan bakar PLTSa	Universitas Ichsan Gorontalo

No.	Nama Peneliti	Jenis dan Tahun	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Analisis	Hasil Penelitian	Institut Sumber
8	Toha Nurdiansyah, Eko Priyo P, Aulia Kasiwi	Jurnal Envirotek (2020)	Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) sebagai Solusi Permasalahan Sampah Perkotaan; Studi Kasus di Kota Surabaya	Menganalisis efektivitas pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) sebagai bentuk penanggulangan terhadap masalah persampahan, serta peluang dan tantangan yang dapat terjadi	Analisis deskriptif kualitatif	PLTSA dianggap mampu menjadi solusi untuk mengatasi masalah persampahan di Kota Surabaya namun harus memenuhi standarisasi yang baik dimana PLTSA melalui proses gasifikasi ini dapat mengolah 50-60% sampah organik.	Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
9	Wasilah, Andi Hidayanti, Muhammad Zaldi Suradin	Jurnal IPLBI (2017)	Inovasi Gedung Pengolahan Sampah Berbasis Insinerasi yang Ramah Lingkungan	Mencari bentuk dan fungsi dan bangunan yang sesuai diterapkan dengan meninjau permasalahan timbulan sampah	Pendekatan penelitian eksploratif dengan pendekatan induktif. Analisis menggunakan eksplorasi desain Analisa angin dan jalur matahari	TPA Tamangappa dirancang dengan area pengolahan berupa bangunan untuk memberikan citra positif kepada masyarakat dan juga agar tumpukan sampah yang ada tidak begitu terlihat oleh masyarakat dengan spesifikasi bangunan yang mampu membakar 700 ton sampah perhari dan menghasilkan 10.000 kWh listrik.	UIN Alauddin Makassar
10	Muchtar	Penelitian dan Pengembangan Kesejahteraan Sosial (2010)	Resistensi Masyarakat terhadap Rencana Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di Gedebage Bandung	Mengidentifikasi resistensi masyarakat terhadap rencana pembangunan PLTSA dan memprakirakan dampak ekonomi, kesehatan dan perilaku yang muncul kemudian	Eksploratif kualitatif	Munculnya resistensi dikalangan masyarakat terkait pembangunan PLTSA adalah dikarenakan timbulnya kegelisahan masyarakat atas perilaku birokrasi pemerintah yang tidak partisipatif, demokratis dan transparan. Serta munculnya konflik	Peneliti Puslitbang Kesos, Kementerian Sosial R.I

No.	Nama Peneliti	Jenis dan Tahun	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Analisis	Hasil Penelitian	Institut Sumber
						sosial terhadap pihak-pihak yang bertanggung jawab yang berwujud <i>class action</i> .	
11	Monice, Perinov	SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri) (2016)	Analisis Potensi Sampah sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di Pekan Baru	Mengidentifikasi dan mengukur potensi sampah Kota Pekanbaru yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar PLTSa, menghitung energi listrik yang dapat dimanfaatkan dari potensi yang ada dari metode <i>lanfill</i> dan metode <i>thermal</i> . Serta melihat peluang pemanfaatan sampah dari potensi yang tersedia selain dimanfaatkan sebagai pembangkit. Potensi energi listrik yang mampu dibangkitkan sebagai bahan baku Pembangkit Listrik Tenaga sampah (PLTSa) di Kota Pekanbaru sebagai sumber energi alternatif berbasis <i>renewable energy</i> adalah 9 MW.	Eksploratif kualitatif	Sampah di Kota Pekanbaru berpotensi menghasilkan energi listrik 9 MW yang kemudian dapat dijual ke PLN sebesar 8 MW	

No.	Nama Peneliti	Jenis dan Tahun	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Analisis	Hasil Penelitian	Institut Sumber
12	Serli Liling Allo & Herryanus Widjasena	Jurnal Elektro Luceat (2019)	Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Makbon Kota Sorong	Mengetahui jumlah LFG yang dihasilkan oleh TPA Makbon Kota Sorong dan selanjutnya menghitung potensi PLTSa berdasarkan kandungan gas metana dalam LFG	Deskriptif kualitatif- kuantitatif	TPA Makbon Kota Sorong diharapkan mampu menghasilkan energi listrik 13,48 x 106 kWh dari tahun 2021-2035 menggunakan teknologi PLTSa dengan total emisi maksimal gas metana 7,321 x 105 m ³ pada tahun 2035.	Politeknik Katolik Saint Paul

Sumber: Penulis, 2021

Pada **Tabel 2.5** di atas terlihat beberapa penelitian yang mengkaji tema serupa dengan penelitian ini. Dari beberapa penelitian tersebut, dirumuskan pertanyaan penelitian dengan teknik analisis yang relevan dengan judul dan studi kasus.

1) Potensi Sampah (Pertanyaan Penelitian 1)

Potensi sampah untuk diolah menjadi listrik melalui PLTSa telah dibahas dalam banyak jurnal diantaranya oleh Sihite (2018), Safrizal (2014), Nurdiansyah (2020), Allo dkk. (2019), dan Perinov (2016). Sehingga diadopsi teknik analisis yang digunakan dari beberapa penelitian tersebut. Teknik analisis deskriptif kualitatif-kuantitatif diadopsi dari penelitian Sihite (2018), Safrizal (2014), Nurdiansyah (2020) dan Perinov (2016). Adapun hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yakni indikator yang dikaji berdasarkan pada Modul 3 – *Pre-Treatment* untuk Fasilitas *Waste to Energy* (2018).

2) Faktor pendukung dan faktor penghambat PLTSa (Pertanyaan Penelitian 2)

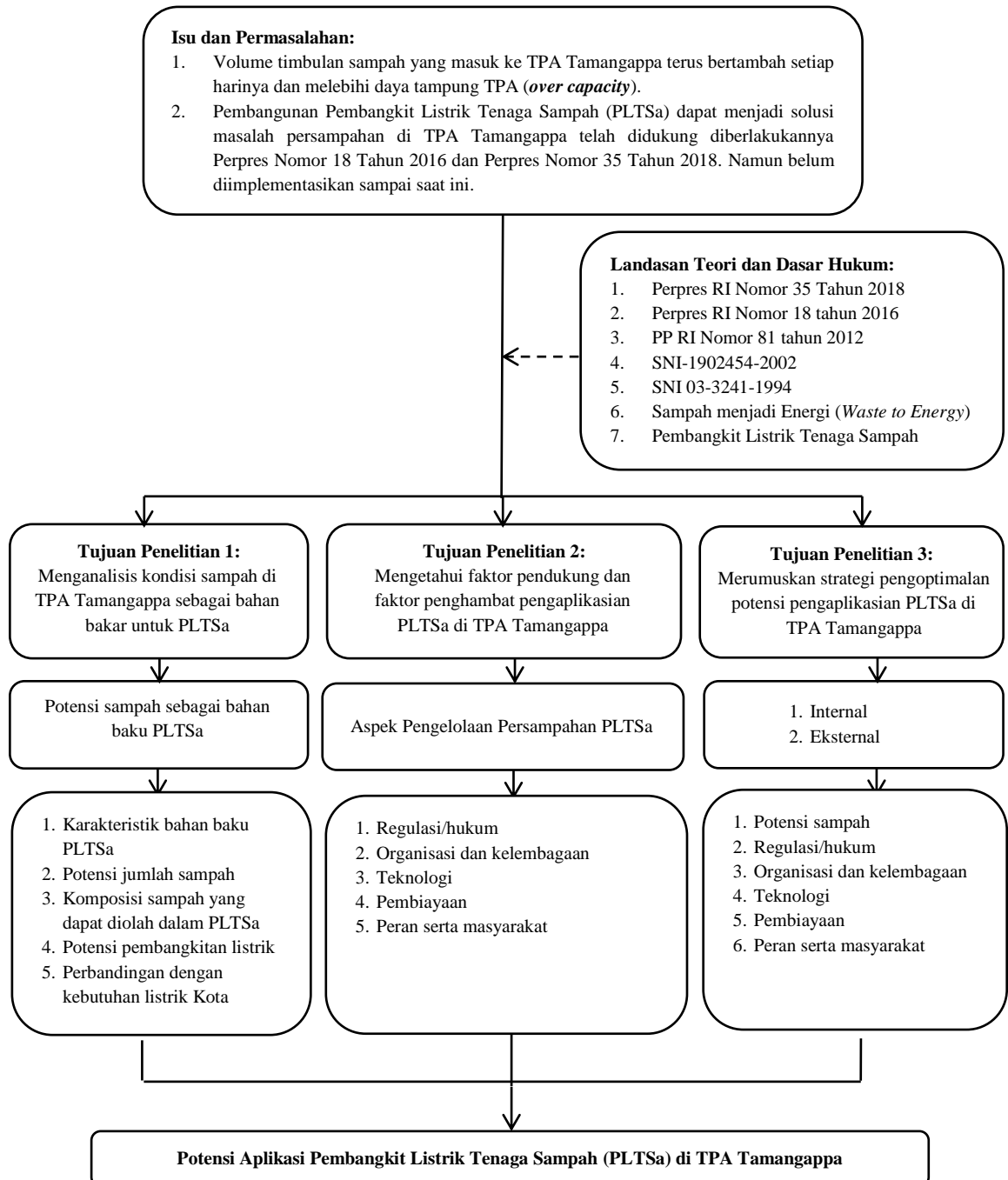
Faktor pendukung dan faktor penghambat pengaplikasian PLTSa di TPA Tamangappa telah dibahas dalam beberapa jurnal diantaranya oleh Qodriyatun (2021) dan Muchtar (2010). Beberapa jurnal tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan teknik analisis yang digunakan yaitu analisis deskriptif kualitatif dan deskriptif kuantitatif dengan metode skala *likert*. Adapun yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yakni studi kasus penelitian dan indikator yang dikaji lebih berfokus pada lima aspek pengelolaan sampah.

3) Strategi Pengoptimalan Potensi (Pertanyaan Penelitian 3)

Strategi pengoptimalan potensi aplikasi PLTSa telah dibahas dalam beberapa jurnal diantaranya oleh Suchyo dkk. (2021), Sihite (2018), Pratiwi dkk. (2015). Adapun persamaan antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya yaitu teknik analisis yang digunakan berupa analisis SWOT (Sihite, 2018) dan studi kasus di TPA Tamangappa (Pratiwi dkk., 2015). Sedangkan, perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu variabel yang dikaji dalam penelitian ini berdasar pada pertanyaan penelitian 1 dan pertanyaan penelitian 2.

2.15 Kerangka Konsep

Kerangka konsep menunjukkan hubungan keterkaitan antara konsep dan variabel yang mejadi penelitian. Adapun kerangka konsep dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2.6** berikut ini.



Gambar 2.6 Kerangka Konsep

Pada **Gambar 2.6** di atas terlihat bahwa penelitian ini dilatar belakangi oleh isu terkait *over capacity* TPA Tamangappa dan pengaplikasian PLTSa yang belum juga terealisasi. Penelitian ini berlandaskan pada berbagai teori terkait *waste to energy* dan PLTSa serta regulasi terkait sampah dan pembangunan PLTSa. Penelitian ini mengkaji tiga pertanyaan penelitian dengan variabel seperti yang terlihat pada skema. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengukur potensi aplikasi PLTSa di TPA Tamangappa serta strategi pengoptimalannya.