

TESIS

**PENERAPAN KONSEP GUNA ULANG (*REUSE*) DAN DAUR
ULANG (*RECYCLE*) SAMPAH DALAM OPERASIONAL TPA
TAMANGAPA**

*Implementation of Reuse and Recycling Concepts in Tamangapa Landfill
Operation*

MUHAMMAD MIVTAKHUL AMQHAAR

D092192002



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK LINGKUNGAN

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

PENGAJUAN TESIS

**PENERAPAN KONSEP GUNA ULANG (*REUSE*) DAN DAUR
ULANG (*RECYCLE*) SAMPAH DALAM DALAM OPERASIONAL
TPA TAMANGAPA**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Lingkungan

Disusun dan diajukan oleh

Ttd

MUHAMMAD MIVTAKHUL AMQHAAR

D092192002

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

TESIS

PENERAPAN KONSEP GUNA ULANG (REUSE) DAN DAUR ULANG (RECYCLE) SAMPAH DALAM OPERASIONAL TPA TAMANGAPA

MUHAMMAD MIVTAKHUL AMQHAAR
D092192009

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Lingkungan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 1 Agustus 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



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

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Asiyanthi T. Lando, S.T., M.T.
NIP. 198001202002122002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., IPM., ASEAN.Eng.
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Lingkungan



Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T
NIP. 197506232015042001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Muhammad Mivtakhul Amqhaar
Nomor Mahasiswa : D092192002
Program Studi : Teknik Lingkungan

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “Penerapan Konsep Guna Ulang (*Reuse*) Dan Daur Ulang (*Recycle*) Sampah Dalam Upaya Memperpanjang Masa Operasi TPA (Studi Kasus TPA Tamangapa)” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, ST., MT dan Dr. Eng. Asiyanti T. Lando, ST., MT). 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 tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal/Prosiding (2022,5th International Conference on Global Issues for Infrastructure, Environment, and Socio-Economic Development (GIESED) sebagai artikel dengan judul “*Implementation of Reuse and Recycling Concepts in Tamangapa Landfill Operation*”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin

Gowa, 25 Agustus 2023

Yang menyatakan



Muhammad Mivtakhul Amqhaar

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadirat Tuhan YME atas segala rahmat dan karunia-NYA pada penulis, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul: **Penerapan Konsep Guna Ulang (*Reuse*) dan Daur Ulang (*Recycle*) Sampah Dalam Operasional TPA Tamangapa**. Tesis ini ditulis dalam rangka memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Lingkungan di program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Secara khusus pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, ST., MT sebagai penasehat utama dan Dr. Eng. Asiyanti T. Lando, ST., MT sebagai penasehat anggota
2. Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, ST., M.Eng sebagai penguji, Dr. Eng. Kartika Sari, ST., MT sebagai penguji, dan Dr. Rosalinda Ibrahim, SP., MT sebagai penguji.
3. Rektor Universitas Hasanuddin dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program Magister serta para dosen dan rekan-rekan dalam tim penelitian.
4. Kepala UPT TPA Tamangapa yang telah mengizinkan kami untuk melaksanakan penelitian di lapangan, Kepala Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan menggunakan fasilitas dan peralatan, dan terima kasih juga saya sampaikan kepada Kepala Laboratorium Bioteknologi Terpadu Peternakan Fakultas Teknik Peternakan Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam pengujian sampel.

Akhirnya, kepada kedua orang tua tercinta saya mengucapkan terima kasih dan sembah sujud atas doa, pengorbanan dan motivasi mereka selama saya menempuh pendidikan. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada isteri tercinta dan seluruh keluarga atas motivasi dan dukungan yang tak ternilai.

Penulis

MUHAMMAD MIVTAKHUL AMQHAAR

ABSTRAK

MUHAMMAD MIVTAKHUL AMQHAAR. *Penerepan Konsep Guna Ulang (Reuse) dan Daur Ulang (Recycle) Sampah dalam Operasional TPA Tamangapa (dibimbing oleh Irwan Ridwan Rahim, Asiyanti T. Lando)*

Semakin meningkatnya volume sampah di kota Makassar menyebabkan terjadinya perluasan lahan dari tahun ke tahun di TPA Tamangapa yang menimbulkan banyak masalah pencemaran lingkungan. Alternatif pengolahan sampah yang telah tertimbun di TPA sangat diperlukan, salah satu alternatif pengolahan sampah yang sesuai ialah *landfill mining*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi *reuse* dan *recycle* sampah dari kegiatan *landfill mining* tersebut, komposisi sampah dari kegiatan *landfill mining* dan penyebaran kalor di TPA Tamangapa sebagai upaya *recycle* sampah menjadi RDF. Penelitian dilakukan dengan melakukan uji densitas, pengukuran komposisi, uji kadar air, uji kadar volatil, uji *fixed* carbon, dan uji nilai kalor. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil bahwa, komposisi sampah *landfill mining* segmen A, B dan C terdiri organik, kayu, kain/tekstil, karet/kulit, plastik, logam, gelas/kaca, dan lain-lain. Jenis sampah kayu, kain/tekstil, organik, karet/kulit, dan plastik dapat di *recycle* menjadi produk RDF, organik dapat dimanfaatkan sebagai kompos maupun RDF, logam dapat di *recycle* maupun di *reuse*, dan gelas/kaca dapat di *recycle* kembali. Penyebaran kalor di TPA yakni nilai kalor rentang 5908,84 – 6230,54 Kcal/kg berada di wilayah hampir menyeluruh pada segmen A sedangkan nilai kalor rentang 4260,47 – 4801,39 Kcal/kg berada pada sebagian wilayah di segmen B dan C.

Kata kunci: komposisi sampah, nilai kalor, *reuse*, *recycle*

ABSTRACT

MUHAMMAD MIVTAKHUL AMQHAAR. *Implementation of Reuse and Recycling Concepts in Tamangapa Landfill Operation* (supervised by **Irwan Ridwan Rahim, Asiyanti T. Lando**)

The increasing of waste volume in Makassar City has resulted from land area expansion at the Tamangapa landfill every year, causing numerous environmental pollution problems. Alternative waste management solutions for the buried waste at the landfill are essential, and one suitable option is landfill mining. This research aims to analyze the potential for waste reuse and recycling from landfill mining activities, the waste composition from landfill mining, and the heat distribution in the Tamangapa landfill as an effort to recycle waste into Refuse Derived Fuel (RDF). The study conducted density tests, composition measurements, water content tests, volatile content tests, fixed carbon tests, and calorific value tests. The results of these tests indicate that the landfill mining waste composition in segments A, B, and C consists of organic waste, wood, textiles, rubber/leather, plastic, metal, glass, and others. Wood, textiles, organic waste, rubber/leather, and plastic can be recycled into RDF products. Organic waste can be utilized as compost or RDF. Metals can be recycled or reused, and glass can be recycled. The heat distribution in the landfill reveals that the calorific value ranges from 5908.84 to 6230.54 Kcal/kg in segment A, while the calorific value ranges from 4260.47 to 4801.39 Kcal/kg in some regions of segment B and segment C.

Keywords: waste composition, calorific value, reuse, recycle.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN TESIS.....	ii
PERSETUJUAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sampah	5
2.1.1 Definisi Sampah	5
2.1.2 Jenis-Jenis Sampah.....	5
2.1.3 Komposisi Sampah.....	7
2.1.4 Karakteristik Sampah	10
2.1.5 Pengolahan Sampah	14
2.2 TPA Tamangapa	15
2.2.1 Gambaran Umum TPA Tamangapa	15
2.3 Landfill Mining	17
2.3.1 Definisi <i>Landfill Mining</i>	17
2.3.2 Manfaat <i>Landfill Mining</i>	19
2.4 Potensi Pemanfaatan Sampah Timbunan Hasil <i>Landfill Mining</i>	21

2.4.1 Potensi <i>Reuse</i> Sampah Hasil <i>Landfill Mining</i>	21
2.4.2 Potensi <i>Recycle</i> Sampah Hasil <i>Landfill Mining</i>	22
2.5 <i>Refuse Derived Fuel</i> (RDF).....	23
2.5.1 Jenis-Jenis <i>Refuse Derived Fuel</i> (RDF)	24
2.5.2 Karakteristik <i>Refuse Derived Fuel</i> (RDF).....	25
2.5.3 Referensi Nilai Kalor dan Standar RDF	27
2.5.4 Analisis Karakteristik <i>Refuse Derived Fuel</i> (RDF).....	27
2.6 Nilai Kalor Sampah	29
2.6.1 Definisi Nilai Kalor Sampah	29
2.6.2 Metode Pengukuran Nilai Kalor	29
2.7 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	30
2.7.1 Definisi Sistem Informasi Geografis (SIG).....	30
2.7.2 Komponen Sistem Informasi Geografis (SIG).....	30
2.7.3 Model Data Dalam Sistem Informasi Geografis (SIG).....	31
2.7.4 Manfaat Sistem Informasi Geografis (SIG)	32
2.7.5 Analisis Spasial	32
2.7.6 ArcGIS	33
2.8 Penelitian Terdahulu.....	34
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	49
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	49
3.1.1 Penentuan Lokasi Sampel Sampah di TPA Tamangapa	49
3.2 Rancangan Penelitian	51
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	51
3.4 Metode Pengumpulan Data	52
3.4.1 Pengumpulan Data Primer	52
3.4.2 Pengumpulan Data Sekunder	53
3.5 Pelaksanaan Penelitian	53
3.5.1 Pengambilan Sampel Sampah	53
3.5.2 Pengukuran Komposisi Sampah.....	54
3.5.3 Pengukuran Berat Jenis Sampah	54
3.5.4 Pengujian Kadar Air.....	55
3.5.5 Pengujian Kadar Volatil	56

3.5.6 Pengujian Kadar Abu	56
3.5.7 Pengujian <i>Fixed Carbon</i>	57
3.5.8 Pengujian Nilai Kalor.....	57
3.6 Analisis Data	57
3.6.1 Analisis Densitas Sampah	57
3.6.2 Analisis Kadar Air.....	58
3.6.3 Analisis Kadar Volatil.....	58
3.6.4 Analisis Kadar Abu dan <i>Fixed Carbon</i>	58
3.6.5 Analisis Nilai Kalor.....	59
3.6.6 Analisis Spasial Sebaran Nilai Kalor	60
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.1 Analisa Komposisi Sampah TPA Tamangapa	62
4.1.1 Komposisi Sampah Hasil <i>Landfil Mining</i> TPA Tamangapa.....	62
4.1.2 Berat Jenis Sampah	66
4.2 Analisis Potensi <i>Reuse</i> dan <i>Recycle</i> Sampah Timbunan Hasil <i>Landfill Mining</i>	66
4.3 Analisis Potensi <i>Recycle</i> Sampah Menjadi RDF.....	70
4.3.1 Kadar Air.....	70
4.3.2 Nilai Kalor.....	72
4.3.3 Sebaran Kalor.....	78
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
DAFTAR LAMPIRAN	87

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tipikal komposisi sampah domestik (% berat sampah).....	9
Tabel 2. Berat jenis masing-masing karakteristik sampah	10
Tabel 3. Kelembaban sampah perkotaan.....	11
Tabel 4. Sisa akhir dan kandungan energi limbah padat perkotaan	12
Tabel 5. Analisis proksimat dan analisis <i>ultimate</i>	13
Tabel 6. Kandungan unsur kimia sampah perkotaan yang mudah terbakar (%)...14	
Tabel 7. Informasi terperinci mengenai TPA Tamangapa – Kota Makassar	16
Tabel 8. Informasi mengenai TPA Tamangapa – Kota Makassar tahun 2021	16
Tabel 9. Parameter untuk bahan baku RDF terhadap standar internasional	26
Tabel 10. Karakteristik kimia dan mekanik RDF.....	26
Tabel 11. Nilai kalor berdasarkan jenis sampah RDF.....	27
Tabel 12. Nilai kalor, kadar air dan kadar abu berdasarkan jenis sampah RDF di Jakarta.....	27
Tabel 13. Penelitian terdahulu.....	35
Tabel 14. Data referensi nilai kalor percobaan bomb calorimeter	59
Tabel 15. Hasil pengukuran berat jenis sampah segmen A.....	66
Tabel 16. Hasil pengukuran berat jenis sampah segmen B.....	66
Tabel 17. Hasil pengukuran berat jenis sampah segmen C	66
Tabel 18. Potensi sampah <i>reuse</i> dan <i>recycle</i> TPA Tamangapa hasil <i>landfill</i> <i>mining</i>	67
Tabel 19. Perbandingan kadar air sampah TPA Tamangapa dengan standar kualitas kadar air di beberapa negara	77
Tabel 20. Hasil pengujian nilai kalor segmen A metode substitusi	72
Tabel 21. Hasil pengujian nilai kalor segmen B metode substitusi.....	73
Tabel 22. Hasil pengujian nilai kalor segmen C metode substitusi.....	73
Tabel 23. Perbandingan nilai kalor metode substitusi dengan standar kualitas nilai kalor di beberapa negara.....	74
Tabel 24. Hasil pengujian nilai kalor segmen A metode <i>proximate</i>	75
Tabel 25. Hasil pengujian nilai kalor segmen B metode <i>proximate</i>	75
Tabel 26. Hasil pengujian nilai kalor segmen C metode <i>proximate</i>	75

Tabel 27. Perbandingan nilai kalor TPA Tamangapa dengan standar kualitas nilai kalor di beberapa negara.....	76
Tabel 28. Hasil nilai kalor rata-rata segmen A.....	76
Tabel 29. Hasil nilai kalor rata-rata segmen B.....	77
Tabel 30. Hasil nilai kalor rata-rata segmen C.....	77
Tabel 31. Perbandingan nilai kalor rata-rata TPA Tamangapa dengan standar kualitas nilai kalor di beberapa negara	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Penyaringan material dan potensi pemanfaatannya.....	19
Gambar 2. Skema <i>landfill mining</i>	20
Gambar 3. Peta lokasi TPA Tamangapa Antang.....	49
Gambar 4. Titik pengambilan sampah.....	50
Gambar 5. Rancangan penelitian.....	51
Gambar 6. Pengambilan sampel sampah.....	53
Gambar 7. Pemeriksaan komposisi sampah	54
Gambar 8. Pengukuran densitas	55
Gambar 9. Pengujian kadar air	55
Gambar 10. Pengujian kadar volatil	56
Gambar 11. Pengujian kadar abu.....	57
Gambar 12. Komposisi rata-rata sampah segmen A	62
Gambar 13. Komposisi sampah di setiap titik pada segmen A	63
Gambar 14. Komposisi rata-rata sampah segmen B	63
Gambar 15. Komposisi sampah di setiap titik pada segmen B	64
Gambar 16. Komposisi rata-rata sampah segmen C	65
Gambar 17. Komposisi sampah di setiap titik pada segmen C	65
Gambar 18. Kadar air rata-rata sampah TPA Tamangapa.....	70
Gambar 19. Sebaran nilai kalor sampah di TPA Tamangapa (metode substitusi).....	78
Gambar 20. Sebaran nilai kalor sampah di TPA Tamangapa (metode <i>proximate</i>).....	79
Gambar 21. Sebaran nilai kalor sampah di TPA Tamangapa (nilai kalor rata-rata)	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses pengambilan sampel sampah di TPA Tamangapa	87
Lampiran 2. Proses pemanasan sampel dan penimbangan berat sampel untuk uji kadar air	88
Lampiran 3. Proses pengukuran densitas sampah dan komposisi sampah.....	88
Lampiran 4. Pengujian kadar volatil	89
Lampiran 5. Pengujian kadar abu.....	90
Lampiran 6. Formulir pengukuran komposisi sampah dan densitas sampah segmen A	92
Lampiran 7. Formulir pengukuran komposisi sampah dan densitas sampah segmen B.....	95
Lampiran 8. Formulir pengukuran komposisi sampah dan densitas sampah segmen C.....	96

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Makassar yang terletak di Provinsi Sulawesi Selatan merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang mengalami peningkatan jumlah kawasan permukiman, fasilitas publik, perdagangan, pasar, perkantoran serta pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat pertahunnya. Penduduk Kota Makassar tahun 2021 tercatat sebanyak 1.427.619 jiwa mengalami pertumbuhan sebesar 0,26% dari tahun 2020 ke 2021 (BPS, 2022). Pada tahun 2020 timbulan sampah Kota Makassar sebesar 363,800.57 ton/tahun dan terjadi peningkatan timbulan sampah sebesar 373,653.93 ton/tahun pada tahun 2021. Seiring terjadinya peningkatan tersebut, terjadi juga penerimaan jumlah sampah yang masuk ke TPA Tamangapa. Jumlah sampah yang masuk ke *landfill* sebesar 255,784.71 ton/tahun pada tahun 2020 dan mengalami peningkatan pada tahun 2021 sebesar 328,500 ton/tahun (SIPSN, 2023).

Salah satu fasilitas TPA yang dimiliki Kota Makassar ialah TPA Tamangapa yang terletak di jalan AMD borong jambu 001,002, Tamangapa, Manggala. Luas lahan TPA Tamangapa dialokasikan sekitar 14,3 Ha sejak tahun 1993-2014, namun karena semakin meningkatnya volume sampah di kota Makassar maka terjadi perluasan lahan dari tahun ketahun. Luas lahan TPA Tamangapa saat ini sekitar 16,80 Ha, pada tahun 2020 luas *landfill* aktif sekitar 83 m² dan terjadi peningkatan luas *landfill* aktif sekitar 83,186.84 m² pada tahun 2021 (SIPSN, 2023). Tidak hanya terjadinya perluasan lahan, banyaknya dampak-dampak yang timbul terhadap lingkungan, sosial dan ekonomi terjadi akibat belum maksimalnya upaya reduksi terhadap sampah TPA Tamangapa.

TPA Tamangapa sebagai tempat pemrosesan akhir sampah skala kota besar masih menerapkan metode *landfill* yaitu *open dumping*, semula direncanakan menggunakan metode *sanitary landfill* (Juhaidah, 2018). Hal tersebut belum sesuai dengan UU No.18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah bahwa kota besar harus menerapkan *Sanitary landfill*. Metode *open dumping* pada prinsipnya hanya

membuang sampah dan menumpuknya begitu saja tanpa ada penutupan dan pengelolaan lebih lanjut sehingga menimbulkan banyak masalah pencemaran diantaranya bau, kotor, mencemari air dan sumber penyakit karena dapat menjadi tempat berkembangnya vektor penyakit seperti lalat dan tikus (Priatna dkk, 2020).

Dari perspektif lingkungan, pembuangan sampah ke TPA sampah, baik menguburkan maupun membiarkan tanpa pengelolaan sebagaimana mestinya adalah kekeliruan serius, karena sebenarnya dalam sampah-sampah tersebut masih mengandung energi dan bahan yang masih dapat dimanfaatkan (Cobb & Ruckstuhl, 1988; William Hogland et al., 2004).

Semakin meningkatnya jumlah sampah yang masuk ke *landfill*, terjadinya perluasan lahan dari tahun ke tahun, timbulnya banyak masalah pencemaran lingkungan, dan belum maksimalnya upaya reduksi sampah TPA Tamangapa, diprediksikan kemungkinan TPA Tamangapa akan ditutup. Alternatif pengolahan sampah yang telah tertimbun sangat diperlukan, salah satu alternatif pengolahan sampah yang sesuai ialah *landfill mining*. *Landfill mining* berfungsi untuk menangani permasalahan tersebut karena timbunan sampah *landfill* dapat dimanfaatkan kembali.

Landfill mining adalah proses mengekstraksi material atau sumber daya alam berbentuk padat dari material limbah yang sebelumnya dibuang dengan cara ditimbun dalam tanah ((Krook *et al* (2012), dalam Wahyono dkk (2019)). Pengertian lainnya, *landfill mining* adalah ekskavasi dan pemindahan material dari *landfill* untuk tujuan daur ulang, *reuse*, dan *composting* ((Hogland, (2011), dalam Wahyono dkk (2019)). Hal itu termasuk di dalamnya upaya *recovery* material dan pemrosesannya serta memanfaatkan lahannya sebagai *landfill* baru (Wahyono dkk, 2019).

Dalam *landfill mining*, material galian disortir dan dilakukan upaya untuk memisahkan material berdasarkan ukuran dan jenisnya. Pemilahan dilakukan secara bertahap untuk mendapatkan material yang dapat didaur ulang seperti material logam *ferrous* dan *non ferrous*, plastik, kaca, dan lain-lain. Material tersebut merupakan sumber daya sekunder yang cocok sebagai pengganti sumber daya primer. Ini dikenal sebagai konsep "*waste to material*".

Pada saat yang sama, secara konseptual, bahan-bahan lain yang tidak dapat langsung digunakan sebagai sumber sekunder juga terus diproses melalui teknologi transformasi. Bahan yang diperoleh dari proses ini dapat didaur ulang dan dapat diubah menjadi energi panas (*waste to energy*), kompos dan residu yang secara teknis tidak dapat digunakan.

TPA Tamangapa memiliki sampah timbunan yang potensi untuk dimanfaatkan kembali dikarenakan memiliki volume *landfill* yang cukup besar dan beragamnya komposisi sampahnya. Potensi timbunan sampah tersebut perlu dilakukan peninjauan lebih lanjut sehingga dapat diketahui jenis sampah yang dapat dilakukan *reuse* dan *recycle*.

Berdasarkan penjelasan diatas, penelitian berupaya untuk menganalisis potensi pemanfaatan kembali sampah timbunan yang ada di TPA Tamangapa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, peneliti membuat rumusan masalah untuk menyelesaikan masalah tersebut, berikut rumusan masalah tersebut :

- a. Bagaimana komposisi sampah TPA Tamangapa ?
- b. Bagaimana potensi *landfill mining* TPA Tamangapa yang dapat dilakukan *reuse* dan *recycle* ?
- c. Bagaimana penyebaran kalor di TPA Tamangapa berdasarkan analisis spasial sebagai upaya *recycle* sampah menjadi RDF?

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

- a. Untuk menganalisis komposisi sampah TPA Tamangapa Antang.
- b. Untuk menganalisis potensi *landfill* TPA Tamangapa yang dapat dilakukan *reuse* dan *recycle*.
- c. Untuk menganalisis penyebaran kalor di TPA Tamangapa berdasarkan analisis spasial sebagai upaya *recycle* sampah menjadi RDF.

1.4 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai :

- a. Bagi Pemerintah diharapkan dapat dijadikan sebagai informasi maupun masukan bahwa volume sampah di TPA Tamangapa memiliki potensi untuk di *reuse* dan *recycle*.
- b. Bagi Masyarakat dapat dijadikan sebagai media edukasi tentang sampah tidak selalu menjadi sampah yang tidak memiliki nilai maupun tidak memiliki potensi positif, namun sampah bisa dimanfaatkan kembali menjadi sebuah produk *reuse* dan *recycle*.
- c. Bagi Peneliti dapat dijadikan referensi untuk pengembangan ilmu dan penelitian selanjutnya terkait dengan pemanfaatan material sampah di TPA sebagai upaya untuk mereduksi volume sampah.

1.5 Ruang lingkup

Agar penelitian dapat berjalan efektif dan mencapai tujuan, maka diperlukan ruang lingkup pada penelitian ini, yaitu:

- a. Menghitung dan menganalisis komposisi sampah berdasarkan SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan dan berat jenis sampah timbunan TPA Tamangapa.
- b. Menghitung dan menganalisis kadar air, kadar abu, kadar volatil dan *fixed carbon* sampah timbunan TPA Tamangapa berdasarkan ASTM 5142-02a tentang analisis proksimat untuk analisis sampel batu bara dan kokas.
- c. Menghitung dan menganalisis persentase potensi sampah timbunan TPA yang dapat di *reuse* dan *recycle*
- d. Menganalisis potensi nilai kalor sampah timbunan TPA yang dapat di *recycle* menjadi RDF secara eksperimental (*proximate*) dan teoritical (substitusi)
- e. Menganalisis sebaran nilai kalor sampah timbunan TPA yang dapat di *recycle* menjadi RDF di TPA Tamangapa menggunakan software ArcGis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

2.1.1 Definisi sampah

Sampah adalah material sisa buangan yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari, baik berasal dari domestik dan non-domestik. Untuk membedakan antara limbah domestik dan limbah non-domestik, maka didefinisikan sebagai berikut (Damanhuri dan Padmi, 2018) :

- a. Limbah domestik : limbah dari kegiatan sehari-hari manusia di rumah tangga yang berupa air buangan (tinja, bekas mandi-cuci), dan sampah (sisa masakan, bekas pembungkus)
- b. Limbah non-domestik : limbah hasil dari kegiatan non-rumah tangga, bila bentuknya padat disebut sebagai limbah padat, sedang bila cair disebut sebagai limbah cair. Kegiatan non-rumah tangga seperti pasar, toko, hotel, industri juga mempunyai aktivitas seperti di rumah tangga, dan menghasilkan airbuangan dan sampah yang komposisi dan karakteristiknya persis sama seperti rumah tangga.

2.1.2 Jenis-jenis sampah

Jenis sampah yang ada di sekitar kita cukup beraneka ragam, ada yang berupa sampah rumah tangga, sampah industri, sampah pasar, sampah rumah sakit, sampah pertanian, sampah perkebunan, sampah peternakan, sampah institusi/ kantor/ sekolah, sampah pemukiman, sampah perdagangan (Astoria dan Heruman, 2016). Pengelolaan sampah berdasar jenis-jenis sampah berdasarkan pemilihannya dibagi menjadi tiga yaitu sampah organik, anorganik, dan sampah bahan berbahaya dan beracun (B3) (Sucipto, 2012).

a. Sampah organik

Sampah organik adalah sampah yang mudah terurai dan membusuk yaitu dari makhluk hidup, baik manusia, hewan dan tumbuhan. Sampah organik terbagi menjadi dua yaitu sampah organik basah dan sampah organik kering. Sampah

yang mengandung air yang cukup tinggi seperti kulit buah dan sisa sayuran termasuk dalam sampah basah. Sampah kering merupakan sampah yang kandungan airnya sedikit seperti kayu, ranting pohon, dan daun kering.

b. Sampah anorganik

Sampah anorganik merupakan sampah yang sulit untuk membusuk dan sulit terurai. Sampah organik dapat digunakan kembali (*reuse*), yang dapat didaur ulang (*recycle*), dan yang tidak berasal dari makhluk hidup. Sampah anorganik berasal dari bahan yang terbuat dari plastik dan logam.

c. Sampah B3

Sampah B3 merupakan sampah yang mengandung merkuri dan dikategorikan beracun serta berbahaya bagi manusia. Contoh dari sampah B3 yaitu kaleng bekas cat dan keleng bekas minyak wangi. Sampah jenis ini biasanya merupakan sisa dari pengolahan bahan kimia yang berbahaya. Jenis sampah B3 sendiri

Dilihat dari sumbernya, sampah dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Suwerda, 2012):

a. Sampah rumah tangga

Terdapat beberapa jenis sampah yang dihasilkan oleh sampah rumah tangga yaitu sampah organik seperti sisa makanan, sampah dari kebun/halaman dan sampah organik seperti bekas perlengkapan rumah tangga, gelas, kain, kardus, tas bekas dan lain sebagainya. Selain itu, terdapat pula sampah rumah tangga yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) seperti bahan kosmetik, batu baterai bekas yang sudah tidak terpakai.

b. Sampah pertanian

Kegiatan pertanian juga dapat menimbulkan sampah yang pada umumnya berupa sampah yang mudah membusuk seperti sampah organik (rerumputan, dan lain-lain). Selain sampah organik, kegiatan pertanian juga menghasilkan sampah berkategori B3 (bahan berbahaya dan beracun) seperti pestisida dan juga pupuk buatan. Kedua hal tersebut memerlukan penanganan yang tepat agar pada saat dilakukannya pengolahan tidak mencemari lingkungan maupun manusia.

c. Sampah sisa bangunan

Kegiatan pembuatan gedung maupun sesudahnya juga menghasilkan sampah selama ini seperti triplek, potongan kayu, dan bambu. Selain itu, sampah yang dihasilkan juga seperti kaleng bekas, potongan besi, potongan kaca, dan lain sebagainya.

d. Sampah perdagangan dan perkantoran

Sampah dari perdagangan biasanya berasal dari beberapa tempat yaitu pasar tradisional, warung, supermarket, pasar swalayan, mall. Karena berasal dari berbagai tempat maka sampah yang dihasilkan pun berbagai jenis. Jenis sampah yang ada dikegiatan perdagangan tersebut yaitu untuk anorganik terdapat kertas, kardus, plastik, kaleng, dan lain sebagainya. Sedangkan untuk jenis organik yang menyumbang sampah lebih banyak terdapat sisa makanan dan dedaunan. Sampah dari kegiatan perkantoran lebih banyak dihasilkan sampah jenis anorganik. Sampah tersebut seperti kertas bekas, alat tulis-menulis, kotak printer, tinta printer, toner printer, bahan kimia dari laboratorium, baterai, dan lain sebagainya.

e. Sampah industri

Segala hasil dari kegiatan di industri yang tidak digunakan kembali atau tidak dapat dimanfaatkan. Sampah dari kegiatan industri menghasilkan jenis sampah yang sesuai dengan bahan baku serta proses yang dilakukan. Sampah dapat diperoleh baik dari proses input, produksi maupun output.

2.1.3 Komposisi sampah

Komponen pembentuk sampah biasanya dinyatakan dalam persentase berat. Informasi komposisi sampah dalam mengevaluasi kebutuhan peralatan, sistem, serta manajemen program dan peralatan. Komposisi sampah adalah komponen fisik limbah padat seperti sisa-sisa makanan, kertas, karbon, kayu, kain tekstil, karet kulit, plastic, logam besi-non besi, kaca dan lain-lain (misalnya tanah, pasir, batu dan keramik) (Fuadhilah, 2012).

Menurut Pedoman umum 3R Kementrian PU 2008, secara umum komposisi sampah dapat dibedakan dalam beberapa komponen yaitu:

a. Sampah Organik; yang dapat terdiri dari sisa makanan dan daun

- b. Sampah Kertas; yang dapat berupa kardus, karton, kertas HVS, kertas Koran, dan lain-lain.
- c. Sampah Plastik; baik berupa kantong plastik, botol plastik bekas kemasan, jerigen, dan lain-lain.
- d. Sampah Kayu; baik berupa potongan kayu, furnitur bekas, dan lain-lain.
- e. Sampah Karet; baik berupa ban bekas, lembaran karet, dan lain-lain.
- f. Sampah Kulit; yang dapat berupa lembaran, potongan kulit dan lain-lain.
- g. Sampah Kaca/beling; baik berupa potongan kaca, botol kaca, gelas kaca, dan lain-lain
- h. Sampah kain/perca; yang dapat berupa potongan kain, atau pakaian bekas/rusak, dan lain-lain
- i. Sampah lain-lain; yang dapat berupa pecahan keramik, dan sisa sampah yang tidak termasuk dalam kategori diatas
- j. Sampah B3 rumah tangga; dapat berupa batu baterai bekas, kaleng bekas kemasan insektisida, lampu TL/Neon, kaleng bekas cat, hair spray, obat-obatan kedaluarsa, dan lain sebagainya.

Menurut Damanhuri dan Padmi (2010) Komposisi sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

- a. Cuaca
Di daerah yang kandungan airnya tinggi, kelembaban sampah juga akan cukup tinggi.
- b. Frekuensi pengumpulan
Semakin sering sampah dikumpulkan maka semakin tinggi tumpukan sampah terbentuk. Tetapi sampah organik akan berkurang karena membusuk, dan yang akan terus bertambah adalah kertas dan sampah kering lainnya yang sulit terdegradasi
- c. Musim
Jenis sampah akan ditentukan oleh musim buah-buahan yang sedang berlangsung.
- d. Tingkat sosial ekonomi
Daerah ekonomi tinggi pada umumnya menghasilkan sampah yang terdiri atas bahan kaleng, kertas, dan sebagainya.

Pengelompokan sampah yang sering dilakukan adalah berdasarkan komposisi sampahnya, misalnya dinyatakan sebagai % berat atau % volume dari kertas, kayu, kulit, karet, plastik, logam, kaca, keramik, tekstil, sisa makanan, kain, makanan dan lain-lain. Dengan menggunakan cara pengolahan yang tepat dan yang paling efisien, hal tersebut dapat ditentukan apabila dapat diketahui komposisi sampahnya, sehingga dapat diterapkan proses pengolahannya. Tipikal komposisi sampah berdasarkan atas tingkat pendapatan dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 1 Tipikal komposisi sampah domestik (% berat basah) (Damanhuri dan Padmi, 2010)

Komposisi	Pemukiman (<i>Low income</i>)	Pemukiman (<i>Midle income</i>)	Pemukiman (<i>high income</i>)
Kertas	1-10	15-40	15-40
Kaca, keramik	1-10	1-10	4-10
Logam	1-5	1-5	3-13
Plastik	1-5	2-6	2-10
Kulit, karet	1-5	-	-
Kayu	1-5	-	-
Tekstil	1-5	2-10	2-10
Sisa makanan	40-85	20-65	20-50
Lain-lain	1-40	1-30	1-20

Tabel diatas menunjukkan tipikal komposisi sampah domestik dalam persentase berat basah di berbagai jenis pemukiman berdasarkan tingkat pendapatan. Komposisi ini dapat memberikan gambaran tentang proporsi berbagai jenis sampah dalam sampah domestik di berbagai tingkat pemukiman. Berikut adalah penjelasan mengenai tiap kolom dalam tabel adalah Komposisi merupakan jenis-jenis sampah yang diidentifikasi dalam analisis; Pemukiman (*Low income*) merupakan persentase berat basah dari setiap jenis sampah dalam pemukiman dengan pendapatan rendah; Pemukiman (*Middle income*) merupakan persentase berat basah dari setiap jenis sampah dalam pemukiman dengan pendapatan menengah; dan Pemukiman (*High income*) merupakan persentase berat basah dari setiap jenis sampah dalam pemukiman dengan pendapatan tinggi.

2.1.4 Karakteristik sampah

Selain komposisi, maka informasi lain yang biasa ditampilkan dalam penanganan sampah adalah karakteristik fisik dan kimia. Karakteristik tersebut sangat bervariasi, tergantung pada komponen-komponen sampah. Informasi mengenai karakteristik sampah dibutuhkan untuk memperkirakan penanganannya, pemanfaatan bahan dan energi yang dikandung, jenis pengolahan yang cocok, dan dampak yang mungkin ditimbulkan. Langkah karakterisasi tersebut dapat dikaitkan dengan proses pengolahannya seperti insinerasi, pengomposan, dan pengurukan (Damanhuri dan Padmi, 2018).

Sulistyoweni (2002) menyebutkan karakteristik sampah perlu diketahui untuk mengevaluasi kebutuhan alat, sistem dan program manajemen dan rencana, terutama penerapan pembuangan dan perlindungan sumber daya dan energi. Sampah diklasifikasi dalam karakteristiknya sebagai berikut :

a. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik sampah meliputi hal-hal dibawah ini:

- Berat jenis sampah

Dinyatakan sebagai berat per unit (kg/m^3). Dalam pengukuran berat jenis sampah, harus disebut dimana dan dalam keadaan bagaimana sampah diambil sebagai sampling untuk menghitung berat spesifik sampah. Berat spesifik sampah dipengaruhi oleh letak geografis, lokasi, musim dan lama waktu penyimpanan. Hal ini sangat penting untuk mengetahui volume sampah yang diolah. Sebagai gambaran berat jenis masing-masing karakteristik sampah dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 2 Berat jenis masing-masing karakteristik sampah (Sulistyoweni, 2002)

No	Karakteristik sampah	Berat jenis (kg/m^3)	
		Rentang	Tipikal
1	Limbah makanan	120 – 480	290
2	Kertas	30 – 130	85
3	Karton	30 – 80	50
4	Plastik	30 – 130	65
5	Kain	30 – 100	65
6	Karet	90 – 200	130
7	Kulit	90 – 260	160
8	Sampah taman	60 – 225	105

No	Karakteristik sampah	Berat jenis (kg/m ³)	
		Rentang	Tipikal
9	Kayu	120 – 320	240
10	Misc.organik	90 – 360	140
11	Kaca	160 – 480	195
12	Timah	45 – 160	90
13	Logam <i>nonferrous</i>	60 – 240	160
14	Logam <i>ferrous</i>	120 – 2000	320
15	Debu,abu dan lainnya	320 – 960	480
16	Limbah padat perkotaan.		
	<i>Uncompacted</i>	90 – 180	130
	<i>compacted</i>	180 – 450	300
17	Pada <i>landfill</i> (Normal Padat)	350 – 550	475
18	Pada <i>Landfill</i> (Padat Baik)	600 – 750	600

- Kadar kelembaban

Kadar kelembaban didefinisikan sebagai massa air per unit massa sampah basah atau sampah kering.

Tabel 3 Kelembaban sampah perkotaan (Sulistyoweni, 2002)

Komponen Sampah	Rentang %	Tipikal %
Limbah makanan	50-80	70
Kertas	4-10	6
Karton	4-8	5
Plastik	1-4	2
Tekstil	6-15	10
Karet	1-4	2
Kulit	8-12	10
Sampah perkebunan	30-80	60
Kayu	15-40	20
Misc. Organik	10-60	25
Kaca	1-4	2
Timah	2-4	3
Logam <i>non ferrous</i>	2-4	2
Logam <i>ferrous</i>	2-6	3
Abu , debu	6-12	8
Limbah padat perkotaan	15-40	20

- Ukuran partikel

Sangat penting untuk pengolahan akhir sampah, terutama pada tahap mekanis, untuk mengetahui ukuran penyaringan dan pemisahan mekanik.

b. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia sampah sangat penting dalam mengevaluasi proses alternatif dan pilihan pemulihan energi.

- Kandungan energi

Jumlah energi yang dibutuhkan untuk membakar limbah padat semuanya hingga menjadi abu (sisa akhir), dipengaruhi oleh berat limbah padat dan kadar kelembaban didalamnya. Pada Tabel 4. menjelaskan tentang besaran tipikal dari abu yang dihasilkan dan jumlah energi yang dibutuhkan untuk membakar limbah padat tersebut menurut komponen sampahnya.

Tabel 4 Sisa akhir dan kandungan energi limbah padat perkotaan (Sulistyoweni, 2002)

No	Komponen sampah	Sisa akhir (%)		Energi (kJ/kg)	
		Rentang	Tipikal	Rentang	Tipikal
1	Limbah makanan	2-8	5	3.500-7.000	4.650
2	Kertas	4-8	6	11.600-18.600	16.750
3	Karton	3-6	5	13.950-17.450	16.300
4	Plastik	6-20	10	27.900-37.200	32.600
5	Kain	2-4	2,5	15.000-18.600	17.450
6	Karet	8-20	10	20.900-27.900	23.250
7	Kulit	8-20	10	15.100-19.800	17.450
8	Sampah taman	2-6	4,5	2.300-18.600	6.500
9	Kayu	0,6-2	1,5	17.450-19.800	18.600
10	Misc.organic	2-8	6	11.000-26.000	18.000
11	Kaca	96-99	98	100-250	150
12	Timah	96-99	98	250-1.200	700
13	Logam <i>nonferrous</i>	90-99	96		
14	Logam <i>ferrous</i>	94-99	98	250-1.200	700
15	Debu,abu dan lainnya	60-80	70	2.300-11.650	7.000

Tabel diatas memberikan informasi tentang komponen-komponen yang umumnya terdapat dalam sampah perkotaan, persentase sisa akhir dari masing-masing komponen, serta kandungan energi dalam kilojoule per kilogram (kJ/kg) untuk masing-masing komponen. Komponen Sampah merupakan jenis-jenis komponen sampah seperti limbah makanan, kertas, plastik, kain, karet, dan lain-lain; Sisa Akhir (%) merupakan persentase dari komponen sampah yang masih tersisa setelah mengalami proses penguraian atau pengolahan tertentu; dan Energi (kJ/kg) merupakan kandungan energi

dalam kilojoule per kilogram (kJ/kg) untuk masing-masing komponen sampah. Rentang ialah kisaran nilai kandungan energi yang mungkin ada untuk komponen tersebut dan tipikal merupakan nilai tengah atau representatif dari rentang kandungan energi. Tabel tersebut memberikan informasi penting tentang komposisi dan potensi energi dalam sampah perkotaan, yang dapat digunakan untuk merancang strategi pengelolaan sampah yang lebih efisien dan berkelanjutan, termasuk opsi pemanfaatan energi dari limbah.

- **Kandungan Kimia**

Kandungan kimia diperlukan untuk mengetahui bahan-bahan yang mudah terbakar dan tak mudah terbakar. Dua cara umum untuk menentukan kandungan kimia sampah adalah analisis proksimat dan analisis Ultimat. Analisis proksimat adalah upaya untuk menentukan fraksi organik yang mudah menguap dan karbon tetap dalam bahan bakar, sedangkan analisis ultimat didasarkan pada komposisi unsur. Tabel 5. menjelaskan beberapa data analisis proksimat dan analisis ultimat. Sedangkan pada Tabel 6. menjelaskan kandungan unsur kimia sampah perkotaan yang mudah terbakar.

Tabel 5 Analisis proksimat dan analisis *ultimate* (Worrel dan Vessilind, 2012)

<i>Proximate analysis</i>	
(% berat)	
Kadar air	15-35
Kadar volatil	50-60
<i>Fixed carbon</i>	3-9
<i>Non-combustibles</i>	15-25
<i>Higher Heat Value (HHV)</i>	3000-6000
<i>Ultimate analysis</i>	
(% berat)	
Kadar air	15-35
Karbon	15-30
Hidrogen	2-5
Oxygen	12-24
Nitrogen	0,2-1,0
Sulfur	0,02-0,1
Total <i>non-combustibles</i>	15-25

Tabel 6 Kandungan unsur kimia sampah perkotaan yang mudah terbakar (%)
(Sulistyoweni, 2002)

Komponen Sampah	Karbon	Hidrogen	Oksigen	Nitrogen	Sulfur	Abu
Limbah makanan	48	6,4	37,6	2,6	0,4	5
Kertas	43,5	6	44	0,3	0,2	6
Karton	44	5,9	44,6	0,3	0,2	5
Plastik	60	7,2	22,8	-	-	10
Tekstil	55	6,6	31,2	4,6	0,15	2,5
Karet	78	10	-	2	-	10
Kulit	60	8	11,6	10	0,4	10
Sampah perkebunan	47,8	6	38	3,4	0,3	4,5
Kayu	49,5	6	42,7	0,2	0,1	1,5
Misc. Organik	48,5	6,5	37,5	2,2	0,3	5
Abu , debu	26,3	3	2	0,5	0,2	68

2.1.5 Pengolahan sampah

Menurut UU RI No. 18, 2008. Tentang pengelolaan sampah, tempat pengolahan sampah terpadu adalah tempat dilaksanakannya kegiatan pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, pengolahan dan pemrosesan akhir sampah. Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), sistem operasional pengelolaan sampah mencakup juga sub sistem pemrosesan dan pengolahan sampah yang perlu dikembangkan secara bertahap dengan mempertimbangkan pemrosesan yang bertumpu pada pemanfaatan kembali baik secara langsung sebagai bahan baku maupun sebagai sumber energi sehingga menciptakan kesinambungan dan keselarasan antara subsistem baik dalam pengoperasian maupun pembiayaan.

Teknik-teknik pemrosesan dan pengolahan sampah khususnya di negara industri antara lain:

- a. Pemilahan sampah baik secara manual maupun secara mekanis berdasarkan jenisnya.
- b. Pemasukan sampah.
- c. Pengomposan sampah baik dengan cara konvensional maupun dengan rekayasa.
- d. Pemrosesan sampah sebagai biogas
- e. Pembakaran dalam insenerator dengan pilihan pemanfaatan energi panas.

Sampah yang terbuang sebetulnya menyimpan energi yang dapat dimanfaatkan. Pemanfaatan energi sampah dapat dilakukan dengan cara:

- a. Menangkap gas bio hasil proses degradasi secara anaerob pada sebuah *reactor* (digester).
- b. Menangkap gas bio yang terbentuk dari sebuah *landfill*.
- c. Menangkap panas yang keluar akibat pembakaran melalui insenerasi.

2.2. TPA Tamangapa

2.2.1 Gambaran umum TPA Tamangapa Makassar

TPA Tamangapa bertempat di wilayah Tamangapa, Kecamatan Manggala, 15 km dari pusat kota Makassar. TPA memiliki luas lahan sekitar 14,3 ha dan hanya 70% dari kapasitas keseluruhan TPA yang digunakan. TPA Tamangapa didirikan tahun 1993 dan dipertimbangkan sebagai satu-satunya TPA di kota Makassar (Bank Dunia, 2007).

Sebagian besar sampah perkotaan yang diolah di TPA berasal dari sampah rumah tangga, sampah pasar, sampah perkantoran, dan sampah pusat perbelanjaan. Secara administratif, TPA ini berada di wilayah Tamangapa dan Kecamatan Manggala. Lahan TPA berlokasi sangat dekat dengan daerah perumahan sehingga sering timbul keluhan dari penduduk setempat terkait dengan bau tak sedap yang berasal dari TPA, terutama pada saat musim hujan. Berdasarkan hasil wawancara dengan penduduk setempat, sebagian besar mengeluh soal bau tak sedap (Bank Dunia, 2007)..

Sebelum Tamangapa dibangun sebagai lahan TPA, pada tahun 1979, sampah padat perkotaan dibuang di Panampu, Kecamatan Ujung Tanah. Mengingat keterbatasan wilayah dan lokasinya yang dekat dengan laut, tempat pembuangan sampah itu dipindahkan ke Kantinsang, Kecamatan Biringkanaya pada tahun 1980, karena telah menurunkan kualitas air. Pada tahun 1984, pemerintah lokal membangun TPA baru di Tanjung Bunga, Kecamatan Tamalate. Akan tetapi, pertumbuhan penduduk yang terus meningkat dan pendirian wilayah perumahan di sekitar Kecamatan Tamalate mendorong pemerintah lokal untuk membangun Tamangapa sebagai lahan TPA untuk kota Makassar pada tahun 1992 (Bank Dunia, 2007).

Tabel 7 Informasi terperinci mengenai TPA Tamangapa – Kota Makassar (Dinas Kebersihan Pemerintah Kota Makassar, 2007)

Deskripsi	Lahan/Kondisi/Status	
Nama Lahan	TPA Tamangapa	
Lokasi	Desa Tamangapa	
Tahun Operasi	1993	
Luas Wilayah	14,3 ha	
Proses	TPA berdasarkan kebutuhan	
Status Lahan	Dimiliki oleh Pemerintah Lokal	
Jarak ke Perumahan Terdekat	0,50 km	
Jarak ke sungai	3 km	
Jarak ke pantai	14 km	
Jarak ke lapangan udara	30 km	
Jarak ke pusat kota	15 km	
Topografi	Sebagian besar horizontal	
Dokumen Lingkungan	AMDAL Tahun 1997	
Metode Pengelolaan TPA	TPA yang terkontrol	
Kapasitas	Kapasitas Pembuangan	2.871,84 m ³ /hari
	Penggunaan	70% dari luas lahan
Lapisan <i>Impermeabel</i>	Padatan tanah liat	
Total Sumur Pengamat	3 Unit	
Fasilitas Pengumpulan Gas	Pipa Gas (Tipe PVC)	
Kendaraan Berat	<i>Buldozer</i>	4
	<i>Front End Loader</i>	0
	<i>Excavator</i>	1
Fasilitas Bangunan	Kantor	1 (2 x 4 m ²)
	Pusat Pengobatan	1
	Kolam Renang	1 (100 m ²)
Aktivitas Pemulung	Total Pemulung	291 (95% dari suku Makassar)
	Total Pengumpul	7 Orang

Tabel 8 Informasi mengenai TPA Tamangapa – Kota Makassar Tahun 2021 (SIPSN, 2021)

Deskripsi	Lahan/Kondisi/Status
Nama Fasilitas	TPA Tamangapa
Provinsi	Sulawesi Selatan
Kota	Makassar
Jenis	TPA Pemda (<i>Non Regional</i>)
Sampah masuk <i>landfill</i> (ton/thn)	328.500
Alamat	Jalan AMD Borong Jambu 001/002, Tamangapa, Manggala
Pengelola	Pemda DATI II
Luas (Hektar)	16.80
Luas <i>landfill</i> aktif (m ²)	83,186.84

Deskripsi	Lahan/Kondisi/Status
Pencatatan	Kombinasi timbangan dengan komputer (excel/tidak otomatis)
Jembatan timbang	Ada tapi sedang rusak
Penutupan sampah zona aktif	Setahun sekali
Jumlah sumur pantau	3
IPL	Ada, Instalasi Pengolahan Air Lindi (IPAL) di TPA tetapi sudah rusak atau tidak berfungsi dengan baik dan tidak terawat

2.3. Landfill Mining

2.3.1 Definisi *landfill mining*

Menurut Cossu *et al.* (1996) Penambangan TPA (*Landfill Mining* / LFM) dapat didefinisikan sebagai penggalian dan pengolahan limbah dari TPA aktif atau tidak aktif untuk satu atau lebih tujuan yakni konservasi ruang TPA, pengurangan area TPA, eliminasi sumber kontaminasi potensial, mitigasi sumber kontaminasi yang ada, pemanfaatan energi dari limbah yang digali, penggunaan kembali bahan yang dimanfaatkan, pengurangan biaya sistem pengelolaan limbah dan pengembangan kembali lokasi.

Menurut Krook *et al.* (2012) mendefinisikan penambangan TPA sebagai proses untuk mengekstraksi bahan atau sumber daya alam padat lainnya dari limbah yang sebelumnya telah dibuang dengan menguburnya di dalam tanah.

Menurut Ortner (2014) pengertian *landfill mining*, yaitu sebagai proses penggalian limbah padat di TPA sampah lama dengan tujuan untuk memulihkan limbah yang tidak diolah untuk memanfaatkannya sebagai sumber daya, seperti bahan baku sekunder atau sebagai bahan baku untuk bahan bakar pengganti “*Refused Derived Fuel*” (RDF).

Dalam sistem yang terintegrasi, *landfill mining* memerlukan berbagai aspek pendukung agar bisa dilaksanakan dengan baik seperti aspek teknologi, regulasi dan pemasaran. Ketiga aspek tersebut menentukan kinerja ekonomi dan keberlanjutan *landfill mining*. Aspek teknologi meliputi dua hal pokok yaitu teknologi untuk *me-recovery* material dan *me-recovery* energi. (Van Passel *et al.*, 2010).

Operasi *landfill mining* tergantung dari parameter intrinsik dan ekstrinsik *landfill*. Yang dimaksud dengan parameter intrinsik adalah kondisi internal *landfill* seperti luas, lokasi, umur, tipe, dan komposisi sampahnya. Sementara itu, parameter ekstrinsik adalah kondisi eksternal seperti ketersediaan teknologi yang cocok, batasan ekonomi dan kondisi sosial (Jones *et al.*, 2010). Kedua parameter tersebut saling mempengaruhi dan sama pentingnya.

Dalam *landfill mining*, material yang diekskavasi kemudian dipilah dengan tujuan untuk memisahkan material menurut ukuran dan jenisnya. Pemilahan dilakukan secara bertahap sehingga didapatkan material yang dapat didaur ulang (*recyclable materials*) seperti material logam besi dan *non* besi, plastik, kaca, dan sebagainya. Material tersebut merupakan sumber daya sekunder yang bermanfaat untuk mensubstitusi sumber daya primer. Hal tersebut dikenal sebagai konsep "limbah menjadi material" (*waste to material*) (Wahyono dkk, 2019).

Dalam ekskavasi material TPA yang merupakan salah satu proses dalam *landfill mining* dilakukan dengan memobilisasi alat berat seperti *excavator*, *rotary screen*, *wheel loader*, dan truk. Selanjutnya material ekskavasi dipilah berdasarkan ukuran fraksinya (Wahyono dkk, 2019).

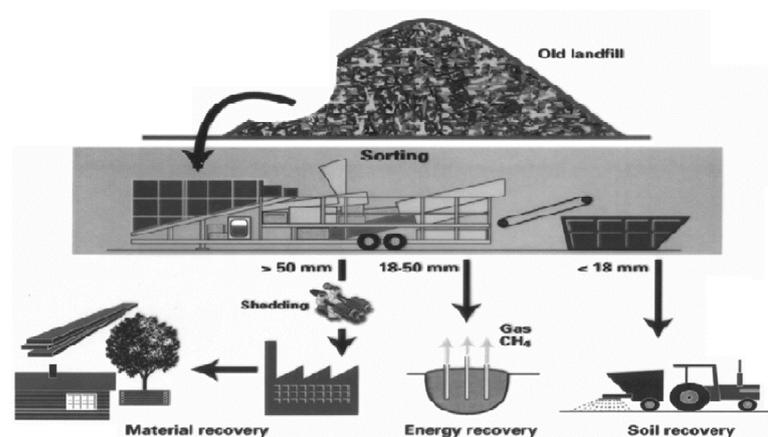
Karakteristik sampah padat di negara maju pada umumnya didominasi sampah anorganik dan kering, sehingga mudah dibakar, termasuk sampah yang mengandung logam. Dengan kondisi yang demikian, *landfill mining* di negara maju pada umumnya adalah penambangan logam dari timbunan abu insinerator. Sedangkan karakteristik sampah di negara-negara berkembang seperti Indonesia pada umumnya didominasi sampah organik dengan kandungan air tinggi, sehingga tidak memungkinkan dilakukan proses pembakaran, namun secara alamiah seluruh material organik akan terurai menghasilkan gas metan, karbon, air dan menyisakan material kehitaman menyerupai tanah, disebut kompos. Oleh karena itu, *landfill mining* yang dimaksud dalam kajian ini adalah kegiatan penggalian timbunan sampah untuk memperoleh material kompos dan material lainnya yang masih memiliki nilai ekonomis dan kalor (Zaulfikar dkk, 2021).

2.3.2 Manfaat *landfill mining*

Pemisahan tanah dapat digunakan sebagai bahan pengisi atau sebagai penutup harian di TPA. Limbah yang digali dapat diproses di fasilitas pengelolaan limbah untuk menghilangkan komponen yang memiliki nilai seperti baja dan aluminium, kemudian dibakar dalam fasilitas pembakaran sampah kota untuk menghasilkan panas dan energi (Rosendal, 2009). Persentase pemanfaatan limbah yang ditimbun tergantung pada:

- a. Sifat dan kimia limbah
- b. Efektivitas jenis teknologi penambangan
- c. Efisiensi penerapan teknologi

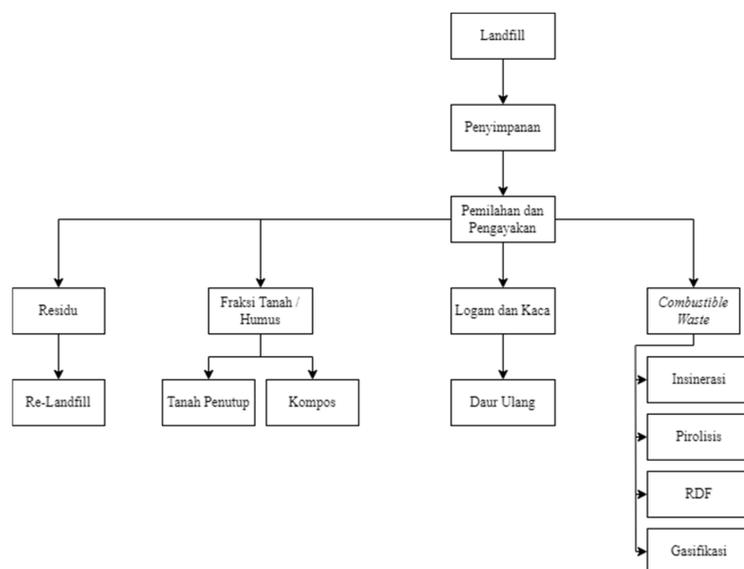
Pada gambar dibawah ini menjelaskan bahwa Limbah TPA memiliki beberapa material berpotensi untuk dimanfaatkan, yang material berupa sampah organik dan anorganik, gas metan dan tanah.



Gambar 1 Penyaringan material dan potensi pemanfaatannya

Kegiatan *landfill mining* terdiri dari tiga tahap mendasar yakni penggalian material, pemrosesan material yang telah digali dan pengelolaan material yang telah digali dan diproses (IWCS, 2009). Pemrosesan dilaksanakan untuk memanfaatkan sampah *landfill* umumnya dilaksanakan dengan dua tujuan yakni untuk dijadikan kembali sebagai material (*waste to material/ WtM*) atau (*waste to energy/WtE*) dan penentuan sampah yang dapat dijadikan material kembali atau diolah secara termal

bergantung pada karakteristik fisika dan kimia serta ketersediaan teknologi dan tersedianya *demand* di pasaran untuk produk akhirnya (Kruse, 2015).



Gambar 2 Skema *landfill mining* (Putri, 2018)

Menurut Rosendal (2009) Sangat penting untuk diperhatikan, bahwa pemindahan material pra-penimbunan mengandung potensi risiko lingkungan. Tujuan atau keuntungan mungkin berbeda-beda dan bergantung pada kondisi lokal:

- a. Menghilangkan material untuk area atau pengurangan volume untuk operasi lanjutan, atau sanitasi total (pembuangan seluruh TPA).
 - Penggunaan lahan alternatif, industri dll.
 - Menciptakan kapasitas TPA
 - Mengurangi pengaruh negatif pada lingkungan
 - Mengurangi biaya perawatan dan pemantauan
- b. Pembuangan limbah yang terkontaminasi dan meningkatkan area yang terkontaminasi.
- c. Inspeksi / Pemasangan gas, pipa drainase dan membangun lapisan bawah.
- d. Daur ulang bahan yang telah ditimbun sebelumnya
 - Bahan penutup harian / penggunaan berguna lainnya
 - Produksi energi
 - Logam

2.4 Potensi Pemanfaatan Sampah Timbunan Hasil *Landfill Mining*

Municipal Solid Waste Landfill mining diartikan sebagai proses penggalian material yang telah terdapat di *landfill* untuk memperoleh kembali logam, kaca, plastik serta material mudah terbakar lainnya, tanah dan volume *landfill* itu sendiri (Morelli, 1990 dalam Putri, 2018). Pengolahan sampah merupakan upaya untuk mengurangi jumlah sampah atau merubah bentuk sampah menjadi sesuatu yang berguna dengan berbagai cara (Fildzah, 2022).

2.4.1 Potensi *reuse* sampah hasil *landfill mining*

Upaya *reuse* adalah upaya yang dilakukan bila limbah tersebut dimanfaatkan kembali tanpa mengalami proses atau tanpa transformasi baru, misalnya wadah produk kembali menjadi wadah produk (Damanhuri dan Padmi, 2018). Menurut Suyoto (2008) pengelolaan sampah dengan *reuse* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Pilih produk dengan pengemas yang dapat di daur ulang
- b. Gunakan produk yang dapat diisi ulang (*refill*)
- c. Kurangi penggunaan bahan sekali pakai
- d. Kurangi penggunaan plastik kresek untuk tempat sampah
- e. Kaleng/baskom besar digunakan untuk pot bunga atau tempat sampah
- f. Gelas atau botol plastik untuk pot bibit, dan macam-macam kerajinan
- g. Bekas kemasan plastik tebal isi ulang digunakan sebagai tas
- h. *Styrofoam* digunakan untuk alas pot atau lem
- i. Potongan kain/baju bekas untuk lap, keset, dan lain-lain
- j. Majalah atau buku untuk perpustakaan
- k. Kertas koran digunakan untuk pembungkus

Jenis sampah hasil *landfill mining* dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang bisa di *reuse* tergantung pada kondisi dan kualitas sampah di dalamnya. Berikut adalah beberapa contoh umum dari jenis sampah yang mungkin dapat direuse setelah *landfill mining* dari TPA:

- a. Logam: TPA sering kali berisi banyak barang logam seperti besi, aluminium, baja, dan tembaga. Logam-logam ini dapat dipulihkan, dilebur, dan digunakan kembali dalam industri manufaktur atau konstruksi.

- b. Plastik: Plastik adalah komponen yang umum ditemukan di TPA. Jika plastik dalam kondisi yang baik, maka dapat dibersihkan, diproses, dan digunakan kembali dalam produksi produk plastik baru.
- c. Kertas dan kardus: Kertas dan kardus yang terkubur di TPA dapat dipulihkan, didaur ulang, dan digunakan kembali untuk pembuatan kertas baru atau produk berbasis kertas lainnya.
- d. Kayu: Kayu yang terbuang di TPA bisa diambil dan diolah kembali menjadi produk kayu seperti papan, mebel, atau bahan bakar biomassa.
- e. Barang elektronik: TPA juga bisa berisi elektronik bekas seperti komputer, telepon seluler, atau perangkat elektronik lainnya. Elektronik ini bisa diperbaiki, diubah, atau didaur ulang untuk mendapatkan komponen atau material yang dapat digunakan kembali.
- f. Kain dan tekstil: Sampah tekstil seperti pakaian bekas, seprai, atau handuk yang terbuang di TPA dapat diambil, dicuci, dan diproses kembali menjadi serat tekstil untuk digunakan dalam industri tekstil atau pembuatan produk tekstil lainnya.

2.4.2 Potensi *recycle* sampah hasil *landfill mining*

Recycle berarti mendaur ulang suatu bahan yang sudah tidak berguna (sampah menjadi bahan lain setelah melalui proses pengolahan (Arisona, 2018). Proses daur ulang harus memperhatikan komposisi dan karakteristik limbah yang dominan, terutama bila daur ulang dilakukan di tempat pemrosesan akhir (Damanhuri dan Padmi, 2018). Menurut Suyoto (2008) kegiatan *recycle* dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Pilih produk dan kemasan yang dapat di daur ulang dan mudah terurai
- b. Olah sampah kertas menjadi kertas atau karton kembali
- c. Lakukan pengolahan sampah organik menjadi kompos
- d. Lakukan pengolahan sampah non-oraganik menjadi barang yang bermanfaat

Jenis limbah yang dapat didaur ulang di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) bergantung pada komposisi limbah dan kemampuannya untuk didaur ulang. Berikut ini adalah beberapa contoh umum jenis limbah yang dapat didaur ulang dari hasil *landfill mining* TPA:

- a. Plastik: TPA seringkali berisi banyak plastik yang dapat didaur ulang. Plastik dapat diambil dari TPA, dibersihkan, dipisahkan berdasarkan jenisnya, dan didaur ulang menjadi bahan baku untuk produk plastik baru.
- b. Kertas dan kardus: Sampah kertas dan kardus yang terkubur di TPA dapat diambil, diproses, dan didaur ulang menjadi kertas daur ulang. Kertas dan kardus ini kemudian dapat digunakan untuk produksi kertas baru atau produk berbasis kertas lainnya.
- c. Logam: Logam seperti besi, aluminium, baja, dan tembaga yang terbuang di TPA dapat dipulihkan, diproses ulang, dan digunakan sebagai bahan baku dalam industri logam.
- d. Kaca: Kaca yang terbuang di TPA dapat diambil, diproses ulang, dan didaur ulang menjadi bahan baku untuk produksi kaca baru.
- e. Elektronik: Elektronik bekas seperti komputer, telepon seluler, atau perangkat elektronik lainnya yang terbuang di TPA dapat diambil, dipisahkan, dan didaur ulang untuk mendapatkan kembali komponen atau material berharga yang dapat digunakan kembali.
- f. Baterai: TPA seringkali menjadi tempat pembuangan baterai bekas. Baterai yang diambil dari TPA dapat didaur ulang untuk memulihkan bahan berharga seperti logam dan bahan kimia.
- g. Bahan organik: Sampah organik seperti sisa makanan atau limbah pertanian yang terkubur di TPA dapat diolah menjadi kompos melalui proses daur ulang. Kompos ini dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk pertanian atau keperluan lanskap.

2.5 Refused Derived Fuel (RDF)

Refused Derived Fuel (RDF) merupakan bahan bakar yang dihasilkan dari daur ulang sampah yang menghasilkan energi panas yang tinggi. RDF menjadi salah satu energi alternatif dari teknologi pengolahan sampah yang kini mulai banyak dikembangkan (Latifah, 2013).

Dalam pembuatan RDF, sampah yang dijadikan bahan bakar merupakan jenis sampah yang mudah terbakar, pada umumnya dilakukan reduksi ukuran lalu dikeringkan supaya dapat digunakan sebagai bahan bakar. Sebagian besar RDF

terdiri dari komponen plastik yang mudah terbakar (tidak termasuk PVC), kertas, karton dan bahan lainnya, yang salah satu keuntungannya adalah dapat mengurangi emisi CO₂ dan kadar abu, hal ini dikarenakan RDF memiliki nilai kalor yang tinggi dan kadar air yang rendah (Purnomo, 2020).

Pemanfaatan sampah menjadi RDF sebagai bahan bakar pengganti batubara yang telah dilakukan di beberapa negara seperti Denmark, Finlandia, Swedia, Belanda dan Jerman.

2.5.1 Jenis- jenis *Refused Derived Fuel* (RDF)

Terdapat tujuh tipe *Refuse Derive Fuel* (RDF) yang berbeda yang diklasifikasikan oleh *American Society for Testing and Material* (ASTM) E 856 *Standard Definitions of Terms and Abbreviations Relating to Physical and Chemical Characteristic of Refuse Derived Fuel* (Caputo & Pelagagge, 2002; Nithikul, 2007)

a. RDF-1

RDF-1 adalah RDF yang berasal dari sampah yang digunakan langsung dari bentuk terbuangnya.

b. RDF-2

RDF-2 berasal dari sampah yang diproses menjadi partikel kasar dengan atau tanpa logam besi (*ferrous* metal) dimana 95% berat awal melewati saringan berukuran 6 inch persegi. RDF-2 biasa disebut *Coarse* RDF.

c. RDF-3

RDF-3 merupakan bahan bakar yang dicacah yang berasal dari MSW dan diproses untuk memisahkan logam, kaca dan bahan anorganik lainnya, dengan ukuran partikel 95% berat awal yang dapat melewati saringan berukuran 2 inch persegi (disebut juga sebagai *Fluff* RDF).

d. RDF-4

RDF-4 merupakan fraksi sampah mudah terbakar (*combustible*) yang diolah menjadi bentuk serbuk, 95% berat awal dapat melalui saringan 10-*mesh* (0,035 inch persegi). RDF-4 disebut juga sebagai dust RDF atau p-RDF.

e. RDF-5

RDF-5 dihasilkan dari fraksi sampah yang dapat dibakar yang kemudian dipadatkan menjadi 600 kg/m³ menjadi bentuk pellet, *slags*, *cubettes*, briket, dsb (disebut juga dengan *densified* RDF atau d-RDF).

f. RDF-6

RDF-6 adalah RDF dalam bentuk cair atau *liquid* RDF. RDF-6 disebut juga sebagai RDF *slurry*.

g. RDF-7

RDF-7 adalah RDF yang berasal dari sampah yang dapat dibakar RDF7 disebut juga sebagai RDF *synthetic gas* (*syngas*).

2.5.2 Karakteristik *Refused Derived Fuel* (RDF)

Karakteristik penting untuk RDF sebagai bahan bakar antara lain nilai kalor, Kadar air, kadar abu, Kadar volatil seperti pada Tabel 9. Tabel dibawah ini menggambarkan parameter-parameter yang relevan untuk bahan baku *Refuse Derived Fuel* (RDF) dalam konteks standar internasional yang diambil dari penelitian Kara et al. (2009) dan Nithikul (2007). Parameter-parameter ini memberikan gambaran tentang karakteristik bahan baku RDF dari beberapa negara. Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai setiap parameter dalam tabel sebagai berikut, kadar Air (%k) merupakan persentase kandungan air dalam bahan baku RDF. Nilai yang lebih rendah mengindikasikan bahwa bahan baku tersebut memiliki kadar air yang lebih rendah, yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran karena jumlah energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air lebih sedikit; Kadar Volatil (%k) merupakan persentase kandungan zat-zat volatil dalam bahan baku RDF. Zat-zat volatil cenderung menguap saat terkena panas; Kadar Abu (%k) merupakan persentase kandungan abu dalam bahan baku RDF. Abu adalah sisa-sisa padatan yang tersisa setelah pembakaran. Nilai yang lebih rendah biasanya lebih diinginkan karena abu memiliki nilai kalor yang rendah dan dapat menyebabkan masalah operasional pada sistem pembakaran; dan Nilai Kalor (kCal/kg) merupakan jumlah energi yang dapat dihasilkan oleh pembakaran sepenuhnya dari bahan baku. Nilai ini memberikan gambaran tentang potensi energi yang bisa dihasilkan oleh RDF. Nilai kalor yang lebih tinggi biasanya diinginkan karena menunjukkan bahan bakar yang lebih efisien dalam menghasilkan panas.

Tabel 9 Parameter untuk bahan baku RDF terhadap standar internasional (Kara *et al.* (2009) dan Nithikul (2007))

Parameter	Turki	Jerman	Standar Eropa	Finlandia	Italia	Inggris
Kadar Air (%k)	25	<20	<25	25-35	25	7-28
Kadar Volatil (%k)	92,3	50-80	-	-	-	-
Kadar Abu (%k)	7,7	8-12	-	-	-	-
Nilai Kalor (kCal/kg)	3500	-	3585	3107-3825	3585	4469

Menurut Sarc and Lorber (2013) terdapat beberapa persyaratan kualitas RDF yang harus dipenuhi agar dapat digunakan secara aman dan efisien untuk dijadikan bahan bakar yaitu :

- Memiliki standar nilai kalor tinggi yang ditetapkan;
- Mengandung klorin rendah;
- Kualitas komposisi RDF terkontrol;
- Ukuran partikel sesuai persyaratan
- Massa jenis sesuai persyaratan
- Ketersediaan jumlah yang cukup dengan spesifikasi yang diperlukan.

Menurut Ragazzi dan Rada (2012), RDF Secara umum memiliki karakteristik kimia dan mekanis RDF antara lain :

Tabel 10 Karakteristik kimia dan mekanik RDF (Ragazzi dan Rada (2012))

Sifat Kimia	Sifat Mekanis
Nilai Kalor (mJ/kg)	11-18
Kadar air (%wt)	10-30
Abu (%wt)	10-20
Klorin (%wt)	Max 0,9
Sulfur (%wt)	0,3-0,8
Cd + Hg (mg/kg)	Max 7
As (mg/kg)	Max 9
Cr (mg/kg)	Max 100
<i>Soluble</i> Cu (mg/kg)	Max 300
Mn (mg/kg)	Max 400
Ni (mg/kg)	Max 40
<i>Volatile</i> Pb (mg/kg)	Max 200

2.5.3 Referensi nilai kalor dan standar RDF

Pada umumnya, sampah yang diolah menjadi *Refuse Derive Fuel* (RDF) merupakan sampah yang dilihat berdasarkan nilai kalori, kadar air, kadar volatil, kadar abu, kadar klorin, dan beberapa parameter lainnya. Pada Tabel 11. ditunjukkan beberapa jenis sampah yang dapat dijadikan bahan baku RDF beserta nilai kalor dari masing-masing jenis sampah (Dong dan Lee, 2009).

Tabel 11 Nilai kalor berdasarkan jenis sampah RDF (Dong dan Lee (2009))

Jenis sampah	Nilai kalor (kcal/kg)
Kertas	3.588
Kayu	4.400
Tekstil	5.200
Resin Sintetis	7.857
Lumpur Pengolahan Air Limbah	1.800
Karet dan Kulit	7.200
Plastik	8.000
Lumpur	3.000

Pada Tabel 12. ditunjukkan beberapa jenis sampah yang dapat dijadikan bahan baku RDF di Jakarta beserta nilai kalor, kadar air dan kadar abu dari masing-masing jenis sampah (Widyatmoko, 2021).

Tabel 12 Nilai kalor, kadar air dan kadar abu berdasarkan jenis sampah RDF di Jakarta (Widyatmoko, 2021)

Jenis Sampah	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Nilai Kalor (Kal/gr)
Kantong plastik	12.43	23.27	6,216.6
Kertas	15.79	23.88	5,951.21
Styrofoam	13.86	25.11	5,686.2
Kain	22.72	22.33	7,036.9
Organik dan sampah makanan	19.94	24.3	5,926.83
Pembalut	27.13	23.31	6,171.9
Karet	23.05	26.17	6,808.57
Total	134.92	168.37	43,798.21
Rata-rata	19.27	24.05	6,256.89

2.5.4 Analisis karakteristik *Refuse Derived Fuel* (RDF)

a. Kadar air

Kadar air mempengaruhi energi yang digunakan untuk pembakaran suatu material. RDF dengan kadar air yang rendah dapat mempercepat proses pembakaran. Sebaliknya RDF dengan kadar air yang tinggi dapat memperlambat proses pembakaran dan memperbesar energi yang dibutuhkan untuk proses pembakaran RDF. Hal tersebut disebabkan energi yang digunakan untuk pembakaran RDF digunakan pertama kali untuk menguapkan seluruh air yang terkandung dalam RDF (Sari, 2012).

Menurut Damanhuri dan Padmi (2018) mengemukakan bahwa sampah yang berasal dari lapangan membutuhkan pengeringan lebih dari 24 jam atau mungkin sampai waktu 3 x 24 jam hingga mencapai berat konstan.

b. Kadar volatil

Kadar volatil terdiri dari kandungan organik dan mineral yang menguap pada suhu pemanasan tertentu (Putri, 2018). Dalam bahan bakar padat, misalnya batubara, materi yang mudah menguap adalah hidrokarbon, hidrogen, karbon monoksida, dan gas-gas yang tidak mudah terbakar, seperti karbon dioksida dan nitrogen (Damanhuri dan Padmi, 2018).

c. Kadar karbon tetap (*fixed karbon*)

Karbon tetap adalah banyaknya materi yang menguap (setelah penguapan pada 550°C) pada temperatur 800°C-950°C (Damanhuri dan Padmi, 2016)

d. Kadar abu

Kadar abu merupakan residu pembakaran yang tidak akan terbakar. Analisis kadar abu dilakukan untuk mengetahui jumlah bagian yang tidak terbakar setelah terjadinya pembakaran sempurna. Kadar abu menjadi penting dalam RDF karena kadar abu mempengaruhi efisiensi pembakaran (UNEP, 2006).

e. Nilai Kalor

Nilai kalor dalam RDF merupakan jumlah panas yang diperoleh ketika terjadi pembakaran sempurna. Nilai kalori menunjukkan energi yang dikandung dan dihasilkan RDF setelah dilakukan pembakaran (Sari, 2012).

2.6. Nilai kalor sampah

2.6.1 Definisi nilai kalor sampah

Kalor merupakan salah satu bentuk energi. Kalor yang dihasilkan sampah berasal pada saat pembakaran sampah. Jumlah panas yang dikeluarkan pada saat pembakaran sebanding dengan panas yang dibebaskan dari sejumlah pembakaran sampah. Nilai kalor biasanya dinyatakan dalam satuan energi per bagian dari bahan, seperti kcal/kg, kJ/kg, Btu/m³ (Zahra, 2012).

Biasanya, perubahan kimia diikuti oleh pertumbuhan atau penyerapan panas. Sampah mempunyai kandungan bahan yang mudah terbakar seperti kertas, plastik, organik, karet, kain dan kayu, komponen ini merupakan penyumbang tersebar dari sampah. akan tetapi dalam keadaan dilapangan, komponen tersebut mempunyai kandungan air yang cukup besar (Sucipto, 2012).

2.6.2 Metode pengukuran nilai kalor

Menurut Damanhuri dan Padmi (2018) Penentuan nilai kalor sampah dapat diukur dan dihitung dengan berbagai cara yaitu :

- Pengukuran menggunakan bomb calorimeter
Bahan yang akan diukur dalam kondisi kering, dari pengukuran ini akan diperoleh HHV (nilai kalor tinggi).
- *Proximate analysis*
Perhitungan *proximate analysis* didasarkan pada persentase berat materi volatile dan *fixed carbon* pada sampah perkotaan. Dalam analisis proksimat, diasumsikan bahwa bahan bakar terdiri dari dua jenis bahan: volatil dan karbon tetap. Jumlah volatil dapat diperkirakan dengan kehilangan berat ketika sampel bahan bakar dibakar pada suhu tinggi seperti 600 atau 800°C, dan karbon tetap diperkirakan dengan kehilangan berat ketika sampel dibakar pada 950°C (Worrel dan Vesilind, 2012).
- *Ultimate analysis* adalah suatu analisis penentuan karakteristik kimiawi penyusun sampah yaitu karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), sulfur (S) dan abu.

- Metode substitusi

Metode ini merupakan cara yang relatif mudah, dengan menggunakan data komposisi sampah dalam menentukan nilai kalornya. Bila data primer tentang nilai kalor komponen penyusun sampah tidak diperoleh, data tersebut dapat dicari di literatur, dan dianggap relatif sama, misalnya kertas, plastik dan sebagainya. Dengan mengetahui persentase kontribusi masing-masing komponen tersebut, maka nilai kalor sampah secara keseluruhan dapat dihitung (Damanhuri dan Padmi, 2015).

2.7 Sistem Informai Geografis (SIG)

2.7.1 Definisi Sistem Informasi Geografis (SIG)

Menurut Irwansyah (2013) menyatakan bahwa Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem yang didesain untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisa, mengatur, dan menampilkan seluruh jenis data geografis.

SIG diartikan sebagai suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumber daya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk menangkap, menyimpan, memperbaiki, mengelola, menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis. Informasi berbasis spasial memakai lokasi, dalam suatu sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkan, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya (Pratiwi, 2023).

2.7.2 Komponen Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan kompleks yang terintegrasi dengan sistem-sistem komputer lain di tingkat fungsional dan jaringan. Sistem SIG terdiri dari beberapa komponen berikut (Bafdal dkk, 2011 dalam Annisa, 2022):

a. Perangkat keras

Pada saat ini perangkat SIG dapat digunakan dalam berbagai platform perangkat keras mulai dari PC Desktop, workstation hingga multiuser host yang digunakan oleh banyak orang secara bersamaan dalam jaringan luas. Perangkat

keras yang sering digunakan untuk SIG adalah komputer (PC), *mouse*, *digitizer*, printer, *plotter* dan *scanner*.

b. Perangkat lunak

SIG juga merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara modular dimana basis data memegang peranan kunci. Setiap subsistem diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak yang terdiri dari beberapa modul, hingga tidak mengherankan jika ada perangkat SIG yang terdiri dari ratusan modul program (*.exe) yang masing-masing dapat dieksekusi sendiri.

c. Data dan informasi geografi

SIG dapat mengumpulkan dan menyimpan data serta informasi yang diperlukan baik secara tidak langsung dengan cara mengimportnya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara mendijitasi

d. Manajemen

Proyek SIG akan baik bila ditangani oleh orang yang yang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan. Susunan keahlian kemampuan pengelola SIG sangat penting untuk menjalankan fungsi SIG. Biasanya organisasi pengelola ini menyebar dari grup yang mengelola hal-hal berkaitan dengan manajemen dan yang berkaitan dengan teknis. Secara sederhana keahlian yang penting dalam suatu SIG adalah manajer, ahli database, kartografi, manajer sistem, programmer dan teknisi untuk pemasukan dan pengeluaran data.

2.7.3 Model data dalam Sistem Informasi Geografis (SIG)

Data digital geografis diorganisir menjadi dua bagian sebagai berikut (Annisa, 2022):

a. Data spasial

Data spasial adalah data yang menyimpan kenampakan permukaan bumi, seperti jalan, sungai, dan lain-lain. Model data spasial dibedakan menjadi dua yaitu model data vektor dan model data raster. Model data vektor diwakili oleh simbol-simbol atau selanjutnya didalam SIG dikenal dengan *feature*, seperti *feature* titik (*point*), *feature* garis (*line*), dan *feature* area (*surface*).

b. Data *non* spasial / data atribut

Data non Spasial / data atribut adalah data yang menyimpan atribut dari kenampakan-kenampakan permukaan bumi.

2.7.4 Manfaat Sistem Informasi Geografis (SIG)

Dengan SIG akan dimudahkan dalam melihat fenomena kebumian dengan perspektif yang lebih baik. SIG mampu mengakomodasi penyimpanan, pemrosesan, dan penayangan data spasial digital bahkan integrasi data yang beragam, mulai dari citra satelit, foto udara, peta bahkan data statistik. Dengan tersedianya komputer dengan kecepatan dan kapasitas ruang penyimpanan besar seperti saat ini, SIG akan mampu memproses data dengan cepat dan akurat dan menampilkannya. SIG juga mengakomodasi dinamika data, pemutakhiran data yang akan menjadi lebih mudah (Annisa, 2022).

2.7.5 Analisis Spasial

Data spasial adalah gambaran nyata suatu wilayah yang terdapat di permukaan bumi. Umumnya direpresentasikan berupa grafik, peta, gambar, dengan format digital dan disimpan dalam bentuk koordinat x,y (vektor) atau dalam bentuk image (*raster*) yang memiliki nilai tertentu. Berikut beberapa bagian dari analisis spasial (Asnawi, 2017):

a. *Buffer*

Buffering adalah kegiatan membuat kenampakan baru di sekitar kenampakan yang sudah ada dan salah satu proses dalam *geoprocessing* yang umum digunakan dalam analisis SIG.

Buffer digambarkan dalam bentuk poligon yang mempunyai ketentuan jarak tertentu pada bentang kenampakan tertentu, ada beberapa fungsi *buffer* diantaranya; mengidentifikasi daerah yang berada di sekitar kenampakan geografis, mengidentifikasi/memilih kenampakan yang termasuk di dalam atau berada di luar daerah *buffer*, dan untuk menyediakan ukuran perkiraan yang dekat dengan suatu kenampakan.

b. *Heatmap*

Heatmap adalah sebuah peta yang menggambarkan persebaran lokasi dan frekuensi data dalam dengan pewarnaan. *Heatmap* merupakan salah satu alat

visualisasi terbaik untuk data poin yang padat. Heatmaps digunakan untuk memudahkan dalam pengidentifikasian cluster dimana ada konsentrasi tinggi suatu aktifitas.

c. Voronoi

Metode voronoi dalam GIS merupakan metode yang digunakan untuk membuat diagram lokasi kedekatan suatu objek di banding objek yang lain. Salah satu penggunaan diagram voronoi yang paling spektakuler adalah analisis penyakit kolera di London pada tahun 1854, dimana fisikawan John Snow menemukan hubungan yang kuat antara kematian dengan penggunaan air pompa yang terinfeksi di *Broad Street*.

2.7.6 ArcGIS

ArcGIS merupakan software GIS yang dikeluarkan oleh ESRI. Proses instalasi ArcGIS akan menginstal beberapa program seperti ArcMap, ArcCatalog, ArcGlobe dan ArcScene, dimana masing-masing memiliki fungsi yang berbeda. Selain itu juga terdapat beberapa fungsi untuk proses programming dengan Phyto, fungsi *licence manager*, dan beberapa tools lainnya (Musnanda, 2015).

a. ArcMap

Merupakan program utama dalam ArcGIS yang digunakan untuk proses mulai dari menampilkan data, editing, analisis dan proses layout data spasial. ArcMap bekerja dengan data spasial dengan format vektor maupun raster. Dengan tools dan extension yang ada didalamnya seperti Image Analysis, maka ArcMap mampu melakukan proses editing dan analisis data spasial.

b. ArcCatalog

ArcCatalog sesuai dengan namanya digunakan untuk proses pengaturan data spasial. ArcCatalog digunakan untuk menampilkan direktori data, isi data spasial, proses copy/delete/move, input juga edit metadata.

c. ArcScene

ArcScene adalah viewer tiga dimensi /3D yang cocok untuk menghasilkan pandangan dengan perspektif yang memungkinkan untuk melakukan menavigasi dan berinteraksi dengan fitur 3D dan data raster tersebut. Berdasarkan OpenGL, ArcScene mendukung kompleks simbologi garis 3D dan

pemetaan tekstur serta penciptaan permukaan dan tampilan TIN. Semua data dimuat ke memori, yang memungkinkan untuk navigasi relatif cepat baik dengan fungsi pan/geser maupun *zoom*.

d. *ArcGlobe*

ArcGlobe adalah bagian dari ekstensi ArcGIS 3D *Analyst*. Aplikasi ini umumnya dirancang untuk digunakan dengan dataset yang sangat besar dan memungkinkan untuk visualisasi yang tidak terputus untuk data raster dan fitur peta lainnya. *View* dalam *ArcGlobe* didasarkan pada pandangan global, dengan semua data diproyeksikan ke proyeksi *Cube* global dan ditampilkan pada berbagai tingkat detail (LODs).

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini dilakukan sebagai bahan pertimbangan penulis dalam melakukan penelitian untuk dapat memperkaya teori-teori yang digunakan dalam pengkajian. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

Tabel 13 Penelitian terdahulu

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
1	Teti Resmianty, Anas Miftah Fauzi, Edy Hartulisetyoso, Setyo Pertiwi (2022)	Potential utilization of municipal solid waste in landfill mining TPST Bantargebang Bekasi to become Refuse Derived Fuel (RDF) feed stock	TPST Bantargebang merupakan tempat pengolahan sampah akhir yang menampung sampah dari Provinsi DKI Jakarta. Sebagaimana besar sampah yang masuk ke TPST ditimbun di titik pembuangan di masing-masing zona, sehingga menimbulkan masalah baru yaitu terisinya seluruh zona stockpile yang ada.	Potensi pemanfaatan limbah <i>landfill mining</i> menjadi bahan baku RDF	Berdasarkan kajian komposisi TPA hasil penambangan yang dilakukan, limbah yang akan dijadikan bahan baku RDF adalah limbah dengan diameter >50 mm dan memiliki nilai kalor yang tinggi.	Pemanfaatan limbah TPA sebagai sumber bahan bakar RDF	Pada artikel ini: Menganalisis daya dukung tanah; menghitung volmen galian dan timbunan; menentukan mekanika limbah selama proses penggalan Pada penelitian ini: Menganalisis komposisi sampah <i>landfill mining</i> Menganalisis potensi <i>landfill mining</i> TPA yang dapat dilakukan <i>reuse</i> dan

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
							<i>recycle</i> ; menganalisis sebaran kalor menggunakan analisis spasial sebagai upaya <i>recycle</i> sampah menjadi RDF
2	I M W Widyarsana, D Saraswati (2022)	Comparative Analysis of Municipal Solid Waste to RDF Pretreatment Methods in Indonesia	TPA memiliki masa layanan terbatas dan tidak selalu dapat menampung sampah yang dihasilkan dari semua orang. Disisi lain terbatasnya ketersediaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama mengakibatkan berkembangnya sumber energi alternatif untuk	Perbandingan metode pengeringan (fermentasi, sundrying, dan biodrying) untuk mengoptimalkan kualita limbah padat kota; merekomendasikan metode pra-pengolahan yang optimal untuk diterapkan di lebih banyak fasilitas limbah d Indonesia.	Metode biodrying adalah salah satu metode yang direkomendasikan untuk diterapkan di lebih banyak fasilitas pengolahan limbah di Indonesia untuk meningkatkan limbah sebagai sumber energi alternatif.	Menganalisis nilai kalor	Pada artikel ini: Mengkaji dan menganalisis karakteristik RDF dengan berbagai metode pre-treatment yakni fermentasi, sundrying dan biodrying Pada penelitian ini: Menganalisis komposisi sampah <i>landfill mining</i>

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
			memenuhi konsumsi energi				Menganalisis potensi <i>landfill mining</i> TPA yang dapat dilakukan <i>reuse</i> dan <i>recycle</i> ; menganalisis sebaran kalor menggunakan analisis spasial sebagai upaya <i>recycle</i> sampah menjadi RDF
3	H Widyatmoko, M M Sintorini, E Suswanto, E Sinaga dan N Aliyah (2021)	Potential of Refused Derived Fuel in Jakarta	TPA Bantargebang memiliki potensi sampah untuk dimanfaatkan sebagai RDF, seperti sampah kertas, plastik, styrofoam, pembalut, sampah organik, karet dan kain.	Potensi RDF dari Jakarta sebagai bahan baku energi	Selisih kalor sebesar 1.815,8 kal/g antara briket dengan total komponen RDF didasarkan pada kesalahan analisis proses homogenisasi. Dengan efisiensi 25% dari RDF menjadi energi,	Objek penelitian yang digunakan yaitu Sampah TPA; menganalisis nilai kalor	Pada artikel ini: Selain menganalisis nilai kalor, artikel ini juga menganalisis potensi energinya Pada penelitian ini:

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
			Dimana RDF merupakan bahan bakar sampah kota yang memiliki nilai kalor untuk menghasilkan energi		8.051,25 kal/g menghasilkan 2.339,3 kWh/ton. Konversi energi (kWh) per hari = 8.291,650 ton/hari x 2.339,335 kWh/ton = 19.396.902,46 kWh/hari atau sebanyak energi yang dibutuhkan oleh 905.213 rumah tangga kelas menengah dengan kebutuhan energi sebesar 642,84 kWh/bulan. 34% sampah di Jakarta dapat didaur ulang sedangkan 66% lainnya berupa sisa sampah diangkut dan diolah di		Menganalisis komposisi sampah <i>landfill mining</i> Menganalisis potensi <i>landfill mining</i> TPA yang dapat dilakukan <i>reuse</i> dan <i>recycle</i> ; menganalisis sebaran kalor menggunakan analisis spasial sebagai upaya <i>recycle</i> sampah menjadi RDF

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
					fasilitas pemrosesan akhir.		
4	D I Mustia, S Edy, dan A Nurul (2021)	Analysis of waste composition as a source of Refuse Derived Fuel in Cilacap	Kabupaten Cilacap memiliki empat TPA yang hampir penuh, salah satu TPA di Jeruklegi, pada tahun 206, kapasitas TPA mencapai beban berlebih, dengan perpanjangan waktu hingga tahun 2018. Salah satu cara untuk menjadikan sampah sebagai sumber daya ialah dengan mengubah sampah menjadi bahan bakar (RDF).	Komposisi sampah di Cilacap sebagai sumber daya RDF; Nilai kalor teoritis RDF; Estimasi biaya antara RDF dan batu bara	Komposisi sampah organik didominasi sebesar 53,14%, menurut survei terhadap 100 responden. Persentase sampah plastik, kertas, tekstil, dan karet/kulit adalah 28,46%; 16,09%; 0,8%; dan 0,42%; masing-masing. Nilai kalor yang diperoleh dari data tersebut adalah 3,735 kkal/kg. Untuk estimasi energi yang sama, selisih pembelian bahan bakar RDF dan batu bara adalah	Objek penelitian yang digunakan adalah sampah campur; menganalisis komposisi sampah, nilai kalor	Pada artikel ini: Sumber sampah yang dianalisis berasal dari perumahan, Non perumahan, dan pedesaan; menganalisis nilai kalor berdasarkan teoritical dan selisih biaya RDF dan batubara. Pada penelitian ini: Sumber sampah berasal dari TPA; Menganalisis komposisi

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
					USD \$753.980,12/a. Keuntungan ini ditunjukkan untuk pengambil		sampah <i>landfill mining</i> Menganalisis potensi <i>landfill mining</i> TPA yang dapat dilakukan <i>reuse</i> dan <i>recycle</i> ; menganalisis sebaran kalor menggunakan analisis spasial sebagai upaya <i>recycle</i> sampah menjadi RDF
5	I Wayan Koko Suryawan, I Made Wahyu Wijaya, Novi Kartika Sari, Iva Yenis Septiariva, Nurulbaiti Listyendah Zahra (2021)	Potential of energy Municipal Solid Waste (MSW) to become Refuse Derived Fuel (RDF) in Bali Province, Indonesia	Pengelolaan sampah di beberapa daerah di bali masih konvensional dan berpotensi mencemari lingkungan. Pemanfaatan RDF diharapkan	Potensi sampah perkotaan di Bali sebagai bahan alternatif bahan bakar terbarukan dan potensi untuk mereduksi GRK	Potensi nilai kalor MSW terendah dan tertinggi sebagai bahan baku RDF di Bali berturut-turut adalah 9,58 dan 17,71 MJ/kg. Penerapan di lapangan	Objek penelitian yang digunakan ialah sampah campur; menganalisis nilai kalor sampah menggunakan	Pada artikel ini: Menganalisis hubungan RDF dan emisi CO ₂ TPA. Pada penelitian ini: Menganalisis komposisi

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
			dapat mengurangi lahan, mengurangi emisi GRK dan mengurangi pencemaran air oleh lindi.		menunjukkan bahwa pengolahan sampah menjadi RDF dalam bentuk pelet dapat mencapai $\pm 14,64$ MJ/kg. Potensi GRK yang berasal dari pengolahan MSW adalah 178 - 330 kali lipat.	metode teoritical	sampah <i>landfill mining</i> Menganalisis potensi <i>landfill mining</i> TPA yang dapat dilakukan <i>reuse</i> dan <i>recycle</i> ; menganalisis sebaran kalor menggunakan analisis spasial sebagai upaya <i>recycle</i> sampah menjadi RDF
6	D A Rhoshenia, R Utami, H Khair (2021)	A preliminary study of a landfill as a raw material for RDF: a case study in Medan City	Pada tahun 2015, rata-rata volume sampah TPA Terjun di Medan yang di buang ke TPA perhari adalah 3.868,57 m ³ . Pemulung mengelola sampah di TPA	Komposisi sampah TPA Terjun; Perbandingan kadar air dengan baku mutu RDF; Perbandingan Kadar abu dengan baku mutu RDF; Perbandingan nilai	Kadar air limbah berkisar antara 12,88 persen hingga 38,35 persen, kadar abu antara 0,625 persen hingga 1,575 persen, dan nilai kalor antara 12,13 MJ/Kg	Objek penelitian yang digunakan sampah campur yang berasal dari TPA; menganalisis nilai kalor	Pada artikel ini: Analisis kadar air, kadar abu, dan nilai kalornya dibandingkan dengan baku mutu RDF

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
			yang memiliki kisaran volume 89,02 m ³ . Setelah dihitung, kisaran volume sampah yang tidak diolah di TPA Terjun setiap hari adalah 3.779,55 m ³ . Dapat disimpulkan bahwa pengelolaan sampah yang dilakukan oleh pemulung tidak mengurangi volume sampah yang dihasilkan di TPA Terjun. Tumpukan sampah di TPA atau tempat pembuangan sementara dapat	kalor dengan baku mutu RDF	hingga 36,58 MJ/Kg. Berdasarkan hasil temuan, limbah fraksi mudah terbakar anorganik dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku RDF dan pengganti batu bara		Pada penelitian ini: Menganalisis komposisi sampah <i>landfill mining</i> Menganalisis potensi <i>landfill mining</i> TPA yang dapat dilakukan <i>reuse</i> dan <i>recycle</i> ; menganalisis sebaran kalor menggunakan analisis spasial sebagai upaya <i>recycle</i> sampah menjadi RDF

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
			menimbulkan gangguan.				
7	Gabriel Andari Kristanto, Aldi Jansen, William Koven (2020)	The Potential of Landfill Mining in Two Inactive Zones of the Bantar Gebang Landfill in Jakarta, Indonesia	Banyaknya proyek reklamasi yang dilakukan di beberapa negara menjadikan konsep ini sangat baru di Indonesia. Pengelolaan sampah di Jakarta saat ini dihadapkan pada kekurangan ruang TPA, dan penambahan TPA bisa menjadi solusi untuk masalah ini. TPA Bantar Gebang sudah tidak layak dioperasikan, dengan alasan	Potensi sampah galian TPA dari zona tidak aktif TPA Bantargebang; Potensi pemanfaatan sampah galian sebagai kompos dan RDF	Material yang digali dari TPA ini didominasi oleh material sejenis tanah (33–35%) dan plastik (26–31%). Material sejenis tanah memiliki kadar air 47–51% dan rasio 4,42–6,23 C/N, dan tidak memenuhi standar nasional kompos Indonesia. Bahan untuk RDF memiliki nilai kalor 13–15 MJ/kg, kandungan air 48–50% dan abu 24–27%, dan kemungkinan	Objek penelitian yang digunakan ialah sampah TPA; menganalisis potensi sampah galian TPA dari dua zona tidak aktif TPA Bantar Gebang dan memanfaatkan bahan tersebut sebagai kompos dan RDF.	Pada artikel ini: Sampah yang dianalisis adalah sampah galian yang berasal dari dua zona tidak aktif; sampah galian sedalam 2 m; menganalisis nilai kalor dengan percobaan <i>bomb calorimeter</i> Pada penelitian ini: Sumber sampah yang dianalisis berasal dari zona aktif;

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
			adanya pencemaran air tanah dan juga Pemprov DKI Jakarta belum menemukan kawasan lain untuk TPA.		emisi klorin yang tinggi. Tidak ada standar RDF yang tersedia di Indonesia saat ini, tetapi bahannya tidak memenuhi standar Eropa. Disarankan agar bahan-bahan seperti tanah digunakan untuk memperbaiki tanah daripada kompos; sampah plastik dan bahan mudah terbakar lainnya harus dipisahkan dan dikeringkan untuk memenuhi standar RDF.		sampah galian sedalam 50 cm; Menganalisis komposisi sampah <i>landfill mining</i> Menganalisis potensi <i>landfill mining</i> TPA yang dapat dilakukan <i>reuse</i> dan <i>recycle</i> ; menganalisis sebaran kalor menggunakan analisis spasial sebagai upaya <i>recycle</i> sampah menjadi RDF
8	D Indrawati, M Lindu, P Denita (2018)	Potential of solid waste utilization as source of	Beragamnya kegiatan komunal di perkotaan,	Volume sampah yang dihasilkan serta densitas, komposisi dan	Perbandingan karakteristik sampah di ketiga TPS menunjukkan	Objek penelitian yang digunakan	Pada artikel ini: Sumber sampah yang

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
		Refuse Derived Fuel (RDF) energy (case study at temporary solid waste disposal site in West Jakarta)	semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi yang mendorong laju timbunan sampah. DKI Jakarta, khususnya Jakarta Barat memiliki timbunan sampah sekitar 1.574.92 ton/hari. Salah satu teknologi pemanfaatan sampah yakni Refuse Derived Fuel (RDF).	karakteristiknya; Potensi sampah di TPA menjadi bahan RDF; menganalisis campuran komposisi terbaik untuk bahan RDF	bahwa TPS Tanjung Duren memiliki potensi sampah paling besar untuk diolah menjadi bahan RDF dengan nilai kalor 893,73 kkal/kg, kadar air 24,6%, dan kadar abu rendah 6,11%. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa komposisi terbaik untuk material komposit RDF adalah campuran karet, kayu, dan tekstil yang dijemur pada kondisi outdoor drying karena menghasilkan kadar air dan	ialah sampah campur; menganalisis komposisi sampah, kadar air, kadar abu, dan nilai kalor	dianalisis bersumber dari TPS Pada penelitian ini: Sumber sampah yang dianalisis berasal dari TPA; Menganalisis komposisi sampah <i>landfill mining</i> Menganalisis potensi <i>landfill mining</i> TPA yang dapat dilakukan <i>reuse</i> dan <i>recycle</i> ; menganalisis sebaran kalor menggunakan analisis spasial sebagai upaya

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
					kadar abu yang rendah yaitu 10,8% dan 9,6%, sehingga mengoptimalkan nilai kalor sebesar 4.372,896 kkal/kg.		<i>recycle</i> sampah menjadi RDF
9	W Paramita, D M Hartono, T E B Soesilo (2018)	Sustainability of Refuse Derived Fuel Potential from Municipal Solid Waste for Cement's Alternative Fuel in Indonesia (A Case at Jeruklegi Landfill, in Cilacap)	Kota cilacap memproyeksikan lahan pembuangan akhir mereka akan mencapai kapasitas maksimalnya pada tahun 2018 jika tidak ada pendekatan yang berbeda selain open dumping	Potensi RDF dari aspek kualitas (nilai kalor), aspek ekonomi (harga RDF), aspek lingkungan (emisi GRK) dan inklusi sosial pemulung	MSW di TPA Jeruklegi berpotensi untuk diolah menjadi RDF, karena nilai kalori rata-ratanya 3563 Kkal/kg, harganya Rp 293.000/ton, dan terhindar dari emisi metana $2,9 \times 10^6 \text{ Nm}^3$. Pendekatan inklusif harus diperhitungkan sejak awal untuk melibatkan pemulung	Menganalisis nilai kalor sampah untuk dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku RDF	Pada artikel ini: Selain menganalisis nilai kalor, juga menganalisis harga RDF, emisi GRK dan inklusi sosial pemulung Pada penelitian ini: Menganalisis komposisi sampah <i>landfill mining</i> Menganalisis potensi <i>landfill</i>

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
					daripada meminggirkan mereka. Temuan ini memberikan kontribusi kepada pemerintah serta industri semen tentang RDF sebagai solusi pengelolaan limbah dan konservasi bahan bakar fosil		<i>mining</i> TPA yang dapat dilakukan <i>reuse</i> dan <i>recycle</i> ; menganalisis sebaran kalor menggunakan analisis spasial sebagai upaya <i>recycle</i> sampah menjadi RDF
10	Deepika M, Susmitha T, Shwetha Priya G, Ramakrishnan N (2018)	Reuse Potential of Municipal Solid Waste by Refuse Derived Fuel (RDF)	Banyaknya sampah padat kota yang dibuang dengan tidak benar menimbulkan dampak lingkungan dan kesehatan manusia, dan menempati terlalu banyak lahan. Metode	Pemanfaatan limbah padat di Sona College of Technology menjadi bentuk bricket RDF	Limbah padat yang dihasilkan kampus SCT disiapkan dalam empat komposisi, dan briket sampel 3 dengan persentase plastik dan serbuk gergaji yang lebih banyak memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dan kadar	Melakukan analisis nilai kalor	Pada artikel ini : Dilakukan pembuatan briket RDF, sebagai sampel untuk mengukur nilai kalor Pada penelitian ini : Menganalisis komposisi

No	Nama Penulis	Judul	Pokok Permasalahan	Output	Outcome	Persamaan	Perbedaan
			pembuangan/ pengolahan limbah padat secara tradisional termasuk penimbunan, pembakaran dan pengolahan biologis dan metode ini dapat membawa kerugian tertentu. Dengan adanya teknologi konversi limbah menjadi energi dan telah digunakan di negara maju dan berkembang, salah satunya ialah produksi RDF.		air yang lebih sedikit.		sampah <i>landfill</i> <i>mining</i> Menganalisis potensi <i>landfill</i> <i>mining</i> TPA yang dapat dilakukan <i>reuse</i> dan <i>recycle</i> ; menganalisis sebaran kalor menggunakan analisis spasial sebagai upaya <i>recycle</i> sampah menjadi RDF