

TA/TL/2019/[nomor admin]*

TUGAS AKHIR

**STUDI LITERATUR PENERAPAN *LANDFILL MINING* SEBAGAI
ALTERNATIF PENGELOLAAN TPA**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



PUSPA DEANTI

16513070

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

YOGYAKARTA

2021

TUGAS AKHIR
STUDI LITERATUR PENERAPAN *LANDFILL MINING* SEBAGAI
ALTERNATIF PENGELOLAAN TPA
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



PUSPA DEANTI
16513070

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. Kasam, M.T.

Tanggal: 19 November 2021

Dr. Hijrah Purnama Putra S.T.,
M. Eng

Tanggal: 19 November 2021

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc. ES. Ph.D

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN
STUDI LITERATUR PENERAPAN *LANDFILL MINING* SEBAGAI
ALTERNATIF PENGELOLAAN TPA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 22 November 2021

Disusun Oleh :

Puspa Deanti

16513070

Tim Penguji:

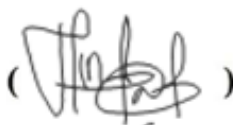
Dr. Hijrah Purnama Ptr S.T., M. Eng

()

Ir. Kasam, M.T

()

Fina Binazir Maziya, S.T.,M.T.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 agustus 2021

Yang membuat pernyataan,



PUSPA DEANTI

NIM 1651307

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan proposal tugas akhir yang berjudul STUDI LITERATUR PENERAPAN *LANDFILL MINING* SEBAGAI ALTERNATIF TPA. Penyusunan proposal tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa Program S1, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan skripsi penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, peneliti mengucapkan terimakasih kepada: Allah SWT yang selalu memberikan kekuatan dan energi sehingga dapat menjalani dan menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

1. Kedua Orang tua, Papa boy Demy Syafrie dan Mama Noeria Sieta yang selalu memberi kekuatan dan doa dalam menghadapi tugas akhir. Saudara kandung saya Fabean Denario dan M.
2. Derick Pascal yang selalu mendukung, serta Nenek Nurtinah yang selalu memberikan doa untuk cucunya.
3. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan sebagai DPA saya.
4. Bapak Dr. Ir. Kasam, M.T selaku dosen pembimbing I, Bapak Dr. Hijrah Purnama Putra S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing II, yang selalu sabar mengajarkan ilmunya kepada saya selama skripsi.
5. Teman satu tim tugas akhir saya Ajwad, sahabat saya Yunita, Lia dan teman yang selalu ada membantu saya Ainun, Salwa, Mutia, Irfan, dan teman lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Proposal ini masih banyak mendapat berbagai kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penelitian ini. Penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang memerlukan.

Yogyakarta, 15 Agustus 2021.

ABSTRAK

PUSPA DEANTI. Studi literatur penerapan *landfill mining* sebagai alternatif pengelolaan TPA. Dibimbing oleh Dr. Hijrah Purnama Putra S.T., M.Eng dan Dr. Ir. Kasam, M.T

Penambangan atau penggunaan kembali lahan TPA merupakan solusi bagi permasalahan kurangnya lahan TPA baru diperkotaan, *landfill mining* merupakan kegiatan inti yang berkesinambungan dengan integrasi teknologi sosial dan lingkungan. Dalam hal ini selain penting dalam pengolahan sampah juga sangat penting dalam kerangka sumber efisiensi sumber daya. Di masa yang akan datang landfill merupakan lokasi penambangan material yang saat ini belum ekonomis untuk ditambang dengan teknologi saat ini. Tujuan dari penelitian ini Mengidentifikasi perkembangan penelitian terkait *landfill mining* dalam pengelolaan TPA dalam satu dekade terakhir, mengelompokkan dan menganalisis isu utama dalam dilakukannya penelitian terkait *landfill mining* dan mengetahui tantangan serta arah *landfill mining* TPA di masa depan. Penelitian ini merupakan penelitian studi literatur yang menggunakan metode meta analisis yang melibatkan tinjauan pustaka terkait penerapan *landfill mining* sebagai alternatif pengelolaan TPA. Dalam pengumpulan data dilakukan pengelompokan terhadap jurnal yang menjadi isu utama pada pembahasannya. Dari hasil ditemukan bahwa proses *landfill mining* ini sebagian besar berfokus pada pemulihan sumber daya, untuk menghasilkan sebuah sumber daya tentunya akan melewati beberapa proses dan tahapan yang dilakukan dengan inovasi teknologi, mengatasi kondisi dengan realisasi, peran ekonomi yang sangat berpengaruh di segala aspek *landfill mining*, dan tantangan masa depan yang perlu diperhatikan dalam sebuah pelaksanaan *landfill mining*. Tantangan yang ada pada *landfill mining* di masa depan dilihat dari potensi limbah yang dapat menjadi sumber daya yang baru, hambatan dari segi kebijakan dan kelayakan ekonomi dari proses *landfill mining*. Diharapkan agar *landfill mining* ini dapat terus berkembang sehingga mengurangi permasalahan yang timbul akibat limbah TPA.

Kata kunci : *Landfill mining*, meta analisis, isu *landfill mining*.

ABSTRACT

PUSPA DEANTI. Literature study Application of mining landfill as an alternative to landfill management.

Mining or reusing TPA land is a solution for the lack of new TPA land in urban areas, mining TPA is the core that integrates with social and environmental technology. In this case, besides being important in waste management, it is also very important in terms of resources. In the future, TPA is a location for material mining which is currently not economical to mine with current technology. The purpose of this study is to identify research developments related to *landfill mining* in landfill management in the last decade, classify and analyze the main issues in conducting research related to *landfill mining* and to find out the challenges and directions of *landfill mining* in the future. This research is a literature study that uses a meta-analysis method that involves a literature review related to the application of *landfill mining* as an alternative to landfill management. In collecting data, the journals were grouped which became the main issue in the discussion. From the results it was found that the *landfill mining* process mostly focuses on resource recovery, to produce a resource, of course, it will go through several processes and stages carried out with technological innovation, overcoming conditions with realization, the role of the economy is very influential in all aspects of *landfill mining*, and future challenges that need to be considered in an implementation of *landfill mining*. The challenges that exist in *landfill mining* in the future are seen from the potential for waste that can become a new resource, obstacles in terms of policies and the economic feasibility of the *landfill mining* process. It is hoped that this *landfill mining* can continue to grow so as to reduce the problems that arise due to landfill waste.

Keywords : *Landfill mining*, meta analysis, *landfill mining* issue.

DAFTAR ISI

BAB I9

1.1	Latar Belakang	9
1.2	Rumusan Masalah	11
1.3	Tujuan Penelitian.....	11
1.4	Ruang Lingkup	11
1.5	Manfaat Penelitian.....	12
1.6	Kerangka Pikir.....	Error! Bookmark not defined.

BAB II.....13

2.1	Sampah	5
2.1.1	Komposisi sampah	5
2.2	TPA	6
2.3	<i>Landfill mining</i>	6
2.3.1	Konsep <i>landfill mining</i>	7
2.3.2	Teknologi <i>landfill mining</i>	7
2.3.3	Material daur ulang	8
2.4	Ekonomi <i>landfill mining</i>	10
2.5	Penelitian terdahulu.....	10

BAB III22

3.1	Waktu dan Lokasi.....	12
3.2	Alat dan Bahan	12
3.3	Metode pengumpulan data	12
3.4	Metode analisis data	12
3.5	Pola pembahasan	13
3.6	Diagram alir.....	13

BAB IV24

4.1	Perkembangan <i>landfill mining</i>	16
4.2	Proses penambangan <i>landfill mining</i>	17

4.3	Isu utama	20
4.2.1	Konseptual.....	20
4.2.2	Realisasi	24
4.2.3	Komposisi.....	26
4.2.4	Teknologi	28
4.2.5	Ekonomi	30
4.4	<i>Landfill mining</i> di masa depan	37
BAB V		53
5.1	Kesimpulan	39
5.2	Saran.....	39
	Daftar Pustaka	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu	11
Tabel 4.2 Proses ekskavasi	19
Tabel 4.4 Komposisi	35
Tabel 4.5 Teknologi	39
Tabel 4.7 Ekonomi.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Skema berpikir	4
Gambar 3.1 Diagram alir	13
Gambar 4.1 Mind maps.....	14
Gambar 4.2 Jumlah penelitian pertahun selama 1 dekade	17
Gambar 4.3 Diagram proses <i>landfill mining</i>	18
Gambar 4.4 Pengelompokan isu utama	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tingginya angka jumlah pertumbuhan penduduk suatu kota serta seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan teknologi yang menghasilkan pergeseran pola hidup masyarakat yang cenderung konsumtif berdampak pada lingkungan. Salah satunya ialah meningkatnya jumlah sampah di kota tersebut. Oleh karena itu penanggulangan sampah bukan hanya urusan pemerintah melainkan juga membutuhkan partisipasi masyarakat secara luas. Sistem pengelolaan sampah di perkotaan harus dilakukan secara sistematis oleh karena itu dalam kegiatan pengelolaan ini meliputi sarana dan prasarana diantaranya kegiatan pengangkutan, pengumpulan, pewadahan, pemindahan, pengolahan dan tempat pembuangan akhir.

Salah satu subsistem yang sangat penting dalam pengelolaan sampah suatu kota yaitu tempat pemrosesan akhir sampah atau landfill. Landfill merupakan tempat berakhirnya sampah setelah proses pengelolaan dalam sistem pengelolaan sampah yang tidak tertangani dapat menimbulkan bau busuk, menyebarkan bibit penyakit serta kekumuhan (Wahyono, 2012). Sampah yang diangkut dan ditimbun didalam landfill, karena dianggap sebagai akhir dari sistem dalam pengelolaan sampah, padahal dalam hal penimbunan lahan dapat menyebabkan pencemaran air, tanah dan udara pasca penutupan landfill yang tidak terkendali pada masa lampau. Permasalahannya yaitu dari segi teknis landfilling, masih menganut sistem open dumping atau sampah hanya ditimbun dilahan terbuka tanpa rekayasa teknis. Disisi lain pada tahap pasca penutupan landfill, penduduk perkotaan memerlukan lokasi landfill yang baru untuk membuang sampah sisa peradabannya saat ini untuk menentukan lokasi landfill bukanlah hal yang mudah berbagai upaya telah dilakukan salah satunya yaitu dengan cara menggunakan kembali landfill yang telah habis masa pakainya.

Penggunaan lahan kembali pada landfill diawali dengan kegiatan ekstraksi gas dan material landfill atau disebut *landfill mining*. *Landfill mining* adalah proses mengekstraksi material atau ekskavasi dari tempat pemrosesan akhir (TPA) untuk

tujuan daur ulang dan pengomposan. *Landfill mining* bertujuan merehabilitasi lahan landfill sebagai upaya penanganan pencemaran pasca penutupan landfill selain itu pada dekade ini ditujukan juga untuk ekstraksi gas metan, guna ulang lahan landfill dan menata ulang material (Wahyono, dkk. 2019).

Penggunaan kembali lahan TPA merupakan solusi bagi permasalahan kurangnya lahan TPA baru diperkotaan, *landfill mining* merupakan kegiatan inti yang berkesinambungan dengan integrasi teknologi sosial dan lingkungan. Dalam hal ini selain penting dalam pengolahan sampah juga sangat penting dalam kerangka sumber efisiensi sumber daya. Di masa yang akan datang landfill merupakan lokasi penambangan material yang saat ini belum ekonomis untuk ditambang dengan teknologi saat ini. Konsep tersebut juga memberikan kesadaran kepada sumberdaya manusia yang terkait seperti pengelola, operator landfill, dan masyarakat bahwa landfill perlu ditambang dikemudian hari. Dapat disimpulkan bahwa dalam konsep *landfill mining*, landfill bukan lagi sebagai tempat penimbunan akhir tetapi sebagai tempat pewadahan sementara menunggu pengolahannya yang lebih lanjut.

Pengurangan limbah adalah pilihan yang diinginkan namun produksi sampah akan semakin bertambah sehingga diperlukan teknik atau proses untuk menghilangkan, mengurangi limbah pada sumbernya yang dapat dilakukan dengan penggunaan kembali, daur ulang, pemulihan limbah, buang (Williams, 2005). Dalam proses *landfill mining* yang dilakukan tentunya terlebih dahulu kita menentukan konsep, teknologi yang digunakan, pembiayaan, serta tantangan lainnya. Semakin berkembangnya zaman tentu memiliki kendala yang akan dihadapi oleh proses *landfill mining* ini kedepannya.

Hingga saat ini sudah banyak kajian atau implementasi, terkait *landfill mining*, dengan banyak hasil landfill yang dicontohkan dengan analisis dan referensi mulai dari sampah kota hingga sampah industri, namun demikian banyak pembahasan yang mana dapat dikelompokkan menjadi isu atau pemahan yang sering terdapat informasi terkait *landfill mining*.

Sehingga didalam penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi Perkembangan kajian *landfill mining* yang biasa di jadikan penelitian dalam studi litelatur dan tantangan serta arah penambangan lahan TPA dimasa depan selama 1

dekade atau 10 tahun terakhir ini dengan mereview jurnal yang telah dikumpulkan dan apa saja yang selalu menjadi pembahasan dalam tema *landfill mining* ini sendiri. Penelitian ini menggunakan jurnal dari beberapa negara sehingga patokan dari konsep ini adalah global tidak hanya lingkup Indonesia saja.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perkembangan *Landfill mining* yang dapat dilihat dari awal kemunculannya hingga saat ini masih menjadi salah satu alternatif dalam permasalahan lahan TPA, landfill yang sudah terkubur lama dapat di tambang kembali dan dilakukan pengelolaan pada sampah.
2. Menemukan studi terkait *landfill mining* dapat dilakukan penelitian dengan pengelompokan topik, dan topik apa yang menjadi isu utama di jurnal *landfill mining*.
3. Menganalisis tantangan atau kendala pada penambangan lahan TPA pada masa depan.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi perkembangan penelitian terkait *landfill mining* dalam pengelolaan TPA dalam satu dekade terakhir.
2. Mengelompokkan dan menganalisis isu utama dalam dilakukannya penelitian terkait *landfill mining*
3. Menganalisis tantangan serta arah *landfill mining* di masa depan.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian menggunakan data sekunder, penelitian ini mengacu pada data dari studi literatur dalam kurun waktu 1 dekade terakhir saja (2011-2020) dan data tersebut tidak mewakili kondisi perkembangan landfill mining secara eksisting tetapi sebagai gambaran pola. Hal ini dilakukan untuk melihat apa yang menjadi pembahasan di 10 tahun terakhir ini, yang nantinya dikelompokkan menjadi beberapa bagian sesuai kategori untuk dijadikan satu pembahasan. Jurnal dikumpulkan dari beberapa situs melalui google scholar dan science direct.

2. Objek yang akan menjadi kajian pada *landfill mining* ini adalah lahan urug domestik dan industri.
3. Ruang lingkup tempat penelitian dilakukan secara global terkait *landfill mining* ini sehingga menggunakan jurnal dari negara mana saja, pencarian jurnal menggunakan kata kunci "*Landfill mining*".

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Setelah mengidentifikasi perkembangan *landfill mining* dalam satu dekade, dapat dilihat berdasarkan isu utama yang telah dikelompokkan Sebagai referensi untuk bahan pembelajaran mengenai proses atau tahapan *landfill mining* dari beberapa topik pembahasan serta bagaimana pola-pola atau kelompok terkait *landfill mining*.
2. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan acuan penelitian selanjutnya, yang berhubungan dengan *landfill mining* mulai dari isu yang dibahas dalam laporan ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah adalah suatu benda atau bahan yang sudah tidak digunakan lagi oleh manusia sehingga dibuang. Stigma masyarakat terkait sampah adalah semua sampah itu menjijikkan, kotor, dan lain-lain sehingga harus dibakar atau dibuang sebagaimana mestinya (Mulasari, 2012). Segala aktivitas masyarakat selalu menimbulkan sampah. Hal ini tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah daerah akan tetapi juga dari seluruh masyarakat untuk mengolah sampah agar tidak berdampak negatif bagi lingkungan sekitar (Hardiatmi, 2011).

Pengolahan sampah memiliki tahap antara lain menempatkan sampah pada wadah yang sudah tersedia, proses pengumpulan sampah, pemindahan, dan pengangkutan sampah, serta pengolahan sampah hingga pada tahap pembuangan akhir (Sahil. 2012). Pengelolaan sampah didefinisikan sebagai kontrol terhadap timbulan sampah, pewadahan, pengumpulan, pengangkutan, proses, dan pembuangan akhir sampah. Semua hal tersebut dikaitkan dengan prinsip-prinsip terbaik untuk kesehatan, ekonomi, teknik, konservasi, estetika, lingkungan, dan juga terhadap sikap masyarakat. Dalam menentukan pengelolaan sampah diperlukan informasi dan analisis mengenai timbulan dan komposisi sampah (Nadisia, 2009). Sampah akan selalu dikaitkan dengan landfill sedangkan kondisi lahan landfill selalu terbatas di seluruh wilayah, sehingga menimbulkan alasan dilakukannya *landfill mining*.

2.1.1 Komposisi sampah

Komposisi akan menjadi bahasan selanjutnya dikarenakan Komposisi sampah di suatu wilayah dipengaruhi oleh cuaca atau iklim, frekuensi pengumpulan, musim, tingkat sosial ekonomi, pendapatan per kapita, dan kemasan produk. Komposisi sampah merupakan komponen fisik sampah seperti sisa-sisa makanan, kertas, karbon, kayu, kain-tekstil, karet-kulit, plastik, logam besi-non besi, kaca, dan lainnya seperti tanah, pasir, batu dan keramik. (Damanhuri, Padmi. 2010). Sehingga komposisi menjadi penting sebagai informasi pertama dalam landfill untuk kita lakukan pengolahan berikutnya sesuai teknologi, dikarenakan sampah domestik kota akan berbeda komposisi dengan sampah industry termasuk

pengolahannya.

Komposisi sampah dibagi menjadi sampah organik dan anorganik dan jenis sampah yang masuk kedalam sampah organik yaitu:

1. sampah dapur seperti sayuran, buah, daging dan sisa makanan lainnya, yang dihasilkan dari kebiasaan mengkonsumsi makanan.
2. Sampah daun dan tanaman seperti daun kering, sampah taman, sampah hasil berkebun, misalnya batok kelapa, batang pisang.

Untuk sampah anorganik dimasukan dengan jenis yang seperti sampah plastik, kertas, tekstil, karet, kaca, logam, B3 dan lainnya, dan dilakukan dengan pengelolaan yang berbeda tiap jenisnya (Zahra, 2011).

2.2 Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan salah satu tempat yang digunakan untuk membuang sampah yang sudah menacapai tahap akhir dalam pengelolaan sampah yang dimulai dari pertama kali sampah dihasilkan, dikumpulkan, diangkut, dikelola dan dibuang. Karena pesatnya perkembangan suatu kota maka lahan bisa menjadi permasalahan termasuk dalam keterbatasan lahan dalam membangun sarana dan prasarana TPA dan apabila system pada TPA tidak berjalan dengan baik maka penumpukan sampah akan terjadi dan menimbulkan dampak pencemaran lingkungan, semakin bertambahnya penduduk maka menyebabkan semakin besarnya timbunan sampah, sehingga diperlukannya sistem pengelolaan sampah lebih lanjut sesuai dengan kendala dan permasalahan yang dihadapi.

Pada prinsipnya, ada dua kemungkinan pendorong untuk penambangan TPA: lingkungan atau komersial. Yang pertama berkaitan dengan pencegahan dan kebijakan polusi dan sebagian besar didorong oleh kepentingan pemerintah. Penambangan TPA komersial, di sisi lain, dapat digunakan untuk pemulihan material berharga, perpanjangan umur TPA atau reklamasi lahan (Krook, *et al.* 2012).

2.3 Landfill mining

Landfill adalah pembuangan bahan limbah dengan cara dikubur atau proses pembuangan sampah yang tidak berbahaya, berdasarkan tumpahan didalam tanah kemudian dipadatkan untuk mengurangi volume dan ditutupi dengan tanah hingga

rata dan sesuai dengan bagian tanah disekitarnya. Mining adalah memisahkan mineral (seperti batubara, emas atau perak) dari tanah atau proses penggalian sumber daya alam padat dari bagian dangkal bumi.

Dari penggabungan definisi ini menurut beberapa ahli *landfill mining* digambarkan seperti proses mengekstraksi mineral atau sumber daya alam padat lainnya dari bahan limbah yang telah dibuang dengan cara *landfilling* yang mana menguburkannya didalam tanah (Krook, *et al.* 2011). Landfill mining terdiri dari penggalian dan pemanfaatan sampah dari tempat pembuangan sampah menyediakan sarana pemanfaatan material sampah, energi dan reklamasi lahan (Marella, *et al.* 2014). Tetapi *landfill mining* saat ini memiliki pengertian seperti upaya atau strategi untuk mengembalikan sumber material dari sampah yang dulunya tertimbun dilandfill menjadi sumber energi yang berguna kembali.

Landfill mining dianggap bukan solusi akhir tetapi sebagai fasilitas penyimpanan sementara yang mana nantinya tanah limbah landfill akan disaring dan dilakukan penggunaan ulang dengan cara daur ulang dan pembakaran untuk mendapatkan penggunaan ulang yang meningkat dan energi yang optimal (Geysen. 2009). Adapun pemanfaatan sampah dengan metode *landfill mining* dalam mengurangi dampak dilingkungan adalah menghindari terjadinya cekungan, penggalian membentuk terasering, untuk pemanfaatan sampah sendiri harus menyesuaikan dengan rencana anggaran biaya, dan standar operasional dan perawatan. Manfaat yang didapat pada metode *landfill mining* yaitu menambah umur dan kapasitas TPA, mengurangi dampak pencemaran air tanah, Mengaktifkan zona yang sudah ditutup, Menyediakan material untuk direcovery (Oktodiazander. 2014). Landfill mining pun memiliki manfaat yaitu menambah umur dan kapasitas TPA, mengurangi dampak pencemaran air tanah, mengaktifkan Kembali zona yang sudah ditutup, menyediakan material untuk di *recovery*. Potensi sampah yang dapat digunakan sebagai tanah penutup landfill, kompos, dan potensi energi lainnya.

2.3.1 Konsep *landfill mining*

Dalam suatu konsep pasti akan ada suatu pencapaian dan tujuan, *Landfill mining* ini sendiri pertama kali dilakukan pada tahun 1953 di Israel, dan terus berkembang di berbagai negara. Landfill mining sendiri memiliki beberapa tujuan seperti (Raga, 2018):

1. Menghilangkan sumber yang terkontaminasi bagi lingkungan sekitar.
2. Menghilangkan masalah teknis dan administratif terkait dengan TPA setelah perawatan.
3. Pemulihan energi, material dari limbah yang diendapkan.
4. Menciptakan volume baru yang tersedia untuk pembuangan sampah di sektor TPA.
5. Menghasilkan tanah yang berharga untuk perluasan wilayah kota.

2.3.2 Teknologi *Landfill mining*

Dalam upaya mengurangi timbunan sampah di TPA digunakan beberapa teknologi sebagai sarana konversi sumber material sampah dari landfill menjadi sesuatu yang berguna kembali seperti pupuk dari tanah landfill, sumber energi campuran material bahan konstruksi, energi terbarukan dan lainnya. Penambangan lahan telah disarankan sebagai strategi untuk mengatasi masalah tersebut, dan pada prinsipnya berarti penggalian, pemrosesan, perawatan dan / atau daur ulang bahan yang disimpan.

Adapun teknologi yang digunakan dalam upaya pengelolaan sampah dalam *landfill mining* yaitu sebagai berikut:

1. Teknologi Termal

Teknologi termal merupakan salah satu cara untuk mengubah sampah menjadi energi dengan prinsip utamanya yaitu dengan mengurangi kuantitas sampah, sedangkan energi yang dihasilkan berupa bonus. Proses termal ini Berikut yang termasuk dalam teknologi termal adalah insenerasi, pirolisis, gasifikasi dengan tahapan yang berbeda tiap teknologinya, dengan variasi derajat pembakaran yang berbeda (Salem, *et al.* 2020).

Teknologi insenerasi merupakan proses termal yang mengubah sampah menjadi abu, gas sisa hasil pembakaran, partikulat, dan panas. Gas yang dihasilkan harus dibersihkan dari polutan sebelum dilepaskan ke atmosfer, panas yang dihasilkan dimanfaatkan menjadi energi pembangkit listrik, adapun limbah hasil medis menggunakan teknologi ini dalam pengubahan limbahnya. Insinerasi merupakan pembakaran material berbasis karbon di sebuah lingkungan yang kaya oksigen (kadar oksigen di lingkungan lebih besar dari kebutuhan oksigen yang dihitung secara

stoikiometri), biasanya pada suhu di atas 850 C (Moustakas dan Loizidou, 2010). Emisi gas yang dihasilkan ke atmosfer dari proses insinerasi adalah gas (CO₂ dan H₂O), polutan (SO₂, NO_x, HCl, dan partikulat), serta bottom ash dan material inert (Arena, 2012). Teknologi Pirolisis merupakan proses perekaan atau pemecahan rantai polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana melalui proses thermal (pemanasan/pembakaran) dengan tanpa maupun sedikit oksigen. Sampah plastik bisa diurai dan diubah menjadi bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang tinggi melalui proses pirolisis (Wahyudi, dkk. 2018). Sedangkan untuk teknologi gasifikasi proses konversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO, CH₄, H₂) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas yaitu antara 20% hingga 40% udara stoikiometri. Selama proses gasifikasi, terbentuk daerah proses yang dinamakan menurut distribusi suhu dalam reaktor gasifikasi. Daerah-daerah tersebut adalah drying, pyrolysis, reduktion dan combustion. Masing-masing daerah terjadi pada rentang suhu antara 1000C hingga 3000C, 3000C hingga 9000C, 4000C hingga 9000C, dan 9000C keatas (Bambang, dkk, 2009).

2. Teknologi plasma

Teknologi plasma ini merupakan teknologi yang terbilang baru dalam proses sampah diantara yang lainnya, prosesnya tidak dengan dibakar tetapi dengan pemanasan. Proses plasma dapat memberikan alternatif yang cukup menarik untuk melengkapi pembakaran dan pembangkitan uap karena pengolahan plasma dapat memulihkan nilai energi limbah dalam bentuk gas sintesis. Teknologi plasma pun terdapat proses kombinasi yang mana dapat dilakukan dengan teknologi pirolisis plasma dan gasifikasi plasma, Pirolisis plasma dari limbah organik biasanya menghasilkan dua aliran produk: gas yang mudah terbakar dan residu karbon (arang) dan gasifikasi plasma menghasilkan gas sintesis yang lebih bersih dibandingkan proses gasifikasi konvensional (Bosmans, *et al.* 2013).

3. Teknologi daur ulang

Teknologi daur ulang merupakan konsep yang dapat dilakukan semua orang dalam bagian proses pengelolaan sampah. Daurlang adalah

tahap pemilahan dan pengembalian material bahan baku dengan memisahkan dan memilah jenis sampah dari produk yang dapat digunakan kembali pada sampah. Teknologi daur ulang dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis sampah, seperti teknologi komposting yang digunakan untuk sampah organik sedangkan sampah anorganik seperti plastik kemasan masuk ke teknologi *creasolv*, botol kaca bekas menggunakan teknologi *flameworking*.

Dari semua teknologi yang telah di sebutkan diharapkan dapat menjadikan hasil limbah dari landfill menjadi bermanfaat kembali, sehingga permasalahan pengurangan volume limbah di setiap wilayah bisa sedikit teratasi.

2.3.3 Material daur ulang

Pada *landfill mining* terdapat material yang dapat di daur ulang kembali menjadi sumber energi terbaru beberapanya seperti:

1. Gas metan

Landfill merupakan sumber CH₄ tertinggi ketiga setelah pertanian dan tambang batubara, dan emisi dari sektor limbah, di atmosfer CH₄ yang berkontribusi pada perubahan iklim, timbulnya biogas dapat menimbulkan dampak negatif bila tidak ditangani secara baik karena akan menimbulkan ledakan bila berada di udara dengan konsentrasi sekitar 15%. Salah satu kandungan biogas yaitu gas metana yang merupakan gas rumah kaca yang mempunyai potensi pemanasan global 33 kali dibanding CO₂, dan mencegahnya terlepas ke udara sangat penting untuk mencegah perubahan iklim global (Dace, *et al.*, 2015). Metana adalah salah satu bahan bakar yang penting dalam pembangkitan listrik, dengan cara membakarnya dalam gas turbin atau pemanas uap. Metana dalam bentuk gas alam terkompresi digunakan sebagai bahan bakar kendaraan dan telah terbukti juga sebagai bahan bakar yang lebih ramah lingkungan daripada bahan bakar fosil lain macam bensin dan diesel (Clayton. 2008).

2. Kompos tanah landfill

Kompos diharapkan dapat menjadi media oksidasi metana yang baik, karena karakteristik kompos diperkirakan dapat mendukung pertumbuhan bakteri pendegradasi metana. Kompos juga dapat

dimanfaatkan sebagai upaya perbaikan lokasi pembuangan dan memanfaatkan ruang untuk pembuangan selanjutnya serta mengurangi sumber potensial pencemaran. Sebagai tanah penutup landfill, kompos*landfill mining* tidak memerlukan biaya ekstra untuk transportasi tanah dari tempat lain. Sehingga merupakan pilihan yang murah dan efektif untuk mereduksi emisi dari landfill kecil dan tua dengan jumlah metana yang dihasilkan rendah (Moret, *et al.* 2006).

3.RDF

Menghindari kekurangan lahan TPA perlu untuk dilakukan penanganan pada sampah dengan mengubah sampah menjadi energi seperti RDF yang merupakan bahan bakar berdasar sampah, dalam pengolahan RDF ini banyak dilakukan dengan teknologi termal, dan menggunakan sampah yang dapat mudah terbakar. Terdapat dua termonologi yang digunakan yaitu dengan nilai kalor tinggi dan dengan nilai kalor rendah. Nilai kalor yang tinggi dimana nilai air dan hidrogen setelah pembakaran adalah pada keadaan terkondensasi pada produk. Sementara nilai kalor rendah adalah nilai kalor dimana diasumsikan air dan hidrogen berada pada fase uap (Natasya, 2018).

2.4 Ekonomi *landfill mining*

Aspek ekonomi sangat penting dalam perencanaan suatu tindakan skala besar atau proyek, terutama pada proyek *landfill mining* ini sendiri ekonomi merupakan langkah penting dalam penambangan lahan TPA sehingga menjadikan proses penambangan yang efektif. Eksplorasi ekonomi dapat mendukung pembuat kebijakan untuk merancang skema dukungan yang sesuai sehingga menjadi tolak ukur untuk menilai peluang ekonomi dan tak menutup kemungkinan proses penambangan lahan TPA yang tidak aktif lagi ini akan memakan biaya operasi yang sangat besar (Passel, *et al.* 2013). Selain itu ekonomi ELFM dapat mendukung pembuat kebijakan untuk merancang skema dukungan yang sesuai, dan tempat pembuangan sampah semakin menjadi fokus perhatian kemungkinan dikarenakan deposit bahan baku karena alasan ekonomi, faktor ekonomi yang biasanya mempengaruhi adalah biaya dan pendapatan item yang berkorelasi langsung dengan parameter lain dan memungkinkan mempengaruhi penilaian ekonomi

proyek penambangan TPA (Hermann, *et al.* 2014).

2.5 Penelitian terdahulu

Penelitian ini diharapkan dapat menjawab apa yang menjadi permasalahan yang sering di hadapi saat proses *landfill mining* di belahan dunia, mulai dari pemikiran konsep *landfill mining* untuk wilayah yang akan di tambang, realisasi yang mungkin terjadi tidak sesuai ekspektasi, serta kendala ekonomi pada proses *landfill mining* yang dianggap layak atau tidak layak, dan pengolahan teknologi yang efektif dan kurang efektif. Pemanfaatan apa saja yang telah dihasilkan dari proses *landfill mining* ini yang dapat mengurangi permasalahan awal lahan TPA. Pada **Tabel 2.1** merupakan penelitian terdahulu yang menjadi acuan.

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

No	Judul,Tahun	Nama peneliti	Hasil
1	<i>Landfill mining:A critical review of two decades of research</i> ,2012	Joakim krook, Niclas svensson, Mats eklund.	Penelitian dilakukan untuk mengetahui Timbunan lahan dipandang sebagai solusi akhir untuk menyimpan limbah dengan biaya minimum. Sekarang terkenal bahwa endapan semacam itu memiliki implikasi terkait seperti emisi metana jangka panjang, masalah polusi lokal, penyelesaian masalah, dan pembatasan pembangunan perkotaan. Penambangan lahan telah disarankan sebagai strategi untuk mengatasi masalah tersebut, dan pada prinsipnya berarti penggalian, pemrosesan, perawatan dan / atau daur ulang bahan yang disimpan.

2	The economics of enhanced <i>landfill mining</i> : private and societal performance drivers,2012	Steven van passel, Marten dubois, Johan eyckmans, Serge de gheldere, Frederic ang, Peter tom jones, Karel van acker.	Penelitian ini membahas sudut pandang masyarakat dan pribadi tentang ekonomi pada penambangan enhanced <i>landfill mining</i> dan evaluasi potensi ELFM untuk kawasan padat penduduk.
3	Enhanced <i>landfill mining</i> :konsep baru pengelolaan landfill berkelanjutan,2012	Sri wahyono	Pemanfaatan landfill dalam pengelolaan landfill dan pengelolaan material yang mengintegrasikan beberapa teknologi dan juga beberapa hal non teknis

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan desember 2020 hingga bulan april 2021. Penelitian ini tidak mengambil data secara langsung namun dengan mengambil dan mengumpulkan data dari berbagai litelatur.

3.2 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini tidak dilakukan pengambilan data secara langsung, karena penelitian berbentuk litelatur sehingga pengambilan data dapat melalui online yang dibutuhkan adalah laptop sebagai alat atau media. Bahan penelitian yang di perlukan adalah jurnal yang berhubungan dengan *landfill mining* tetapi yang di perlukan hanya dalam satu dekade yaitu pada tahun 2011-2020, dan jurnal yang diambil melalui google scholer dan science direct.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan secara Kualitatif dengan studi literatur. Metode kualitatif adalah sebuah metode penelitian yang digunakan untuk mengungkapkan permasalahan dalam penelitian. Dalam metodologi penelitian kualitatif ada beberapa metode pengumpulan salah satunya adalah dengan studi literatur atau disebut juga kajian pustaka yang mana pengumpulan data dilakukan melalui buku, jurnal, laporan, publikasi pemerintahan. Sehingga tidak perlukan mencari data langsung kelapangan, pengumpulan data juga dilakukan dengan data sekunder yaitu data penelitian diperoleh dengan cara tidak langsung yang mana peneliti mendapatkan data dari pihak kedua. Hasil pada penelitian didapatkan melalui hasil review jurnal.

3.4 Metode Analisis Data

Metode analisis data pada penelitian ini menggunakan Meta analisis yang mana pengumpulan, pengolahan, dan penyajian data dilakukan secara sistematis dan objektif untuk memecahkan suatu masalah atau menguji suatu hipotesis dari

data yang telah dikumpulkan dan dirangkum secara kuantitatif. Dengan kata lain meta analisis adalah satu bentuk penelitian kuantitatif yang menggunakan angka-angka dan metode statistik dari hasil penelitian untuk mengorganisasikan dan menggali informasi sebanyak mungkin dari data yang di peroleh, dan akan dirangkum dan menjadi satu informasi yang baru.

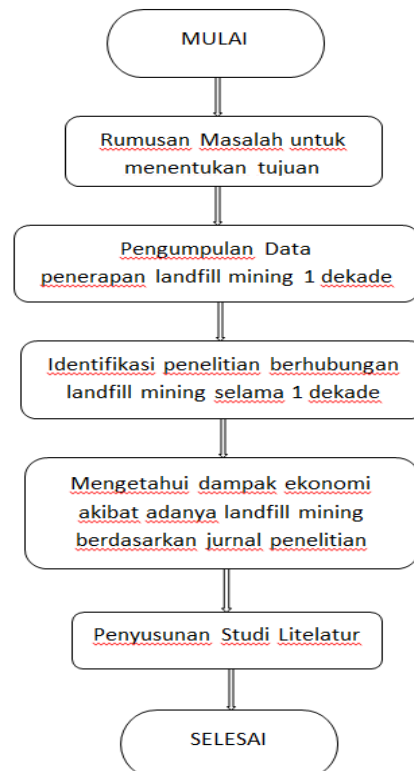
3.5 Pola Pembahasan

Adapun pola pembahasan yang akan dibahas pada bab selanjutnya yaitu:

- Tahap penambangan *landfill mining*
- Intensitas penelitian/studi *landfill mining* (2011-2020)
- Urutan topik yang biasa dijadikan penelitian/studi
- Tantangan *landfill mining* di masa depan

3.6 Diagram Alir Penelitian

Saat penyusunan penelitian tentunya memiliki alur yang dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir

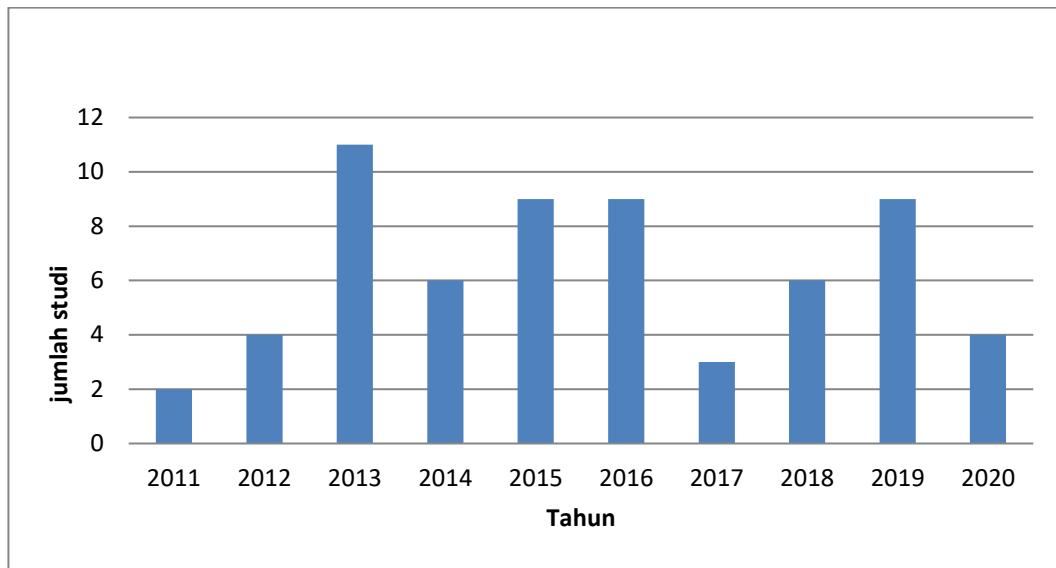
BAB IV

PEMBAHASAN

Didalam mind maps memberi point yang dibahas dalam pembahasan ini dengan deskriptif untuk pertama akan ditampilkan hasil dari perkembangan *landfill mining* berdasarkan sampel jurnal yang digunakan, hingga saat ini dapat di gunakan dibelahan dunia bahkan semakain berkembang dengan beberapa inovasinya, setelah mengetahui perkembangan tentunya kita harus mengetahui bagaimana proses tahapan dalam *landfill mining*, selanjutnya akan masuk pada pembahasan topik jurnal yang biasanya muncul di beberapa sampel jurnal *landfill mining* yang dikumpulkan, untuk mengetahuinya diperlukannya pemahaman sehingga di temukanlah beberapa topik yang sering menjadi pembahasan di sampel penelitian selama 1 dekade ini dan telah ditetapkan menjadi 5 topik bahasan, dan terakhir tentunya penerapan *landfill mining* ini akan terus berkembang terutama untuk masa depan dan perlu untuk kita ketahui apa saja tantangan arau permasalahan yang mungkin dapat terjadi sehingga menjadi tolak ukur dalam perencanaan *landfill mining* ini sendiri



Gambar 4.1 Mind maps



Gambar 4.2 Penelitian dari tahun 2011-2020 yang dikumpulkan sebagai review jurnal..

Berdasarkan jurnal yang di review pada penelitian *landfill mining* yang dilakukan berdasarkan sampel yang berjumlah 63 jurnal yang terhitung dari 1 dekade terakhir dengan frase pencarian “*Landfill mining*”. Dari beberapa jurnal yang sudah ditinjau dirangkum berdasarkan kurun waktu dengan grafik. Dalam hasil pengumpulan sampel jurnal yang digunakan dilihat dari **gambar 4.2** penurunan terjadi pada tahun 2011 dan 2017 perubahan aktivitas ini bisa saja terjadi karena tidak banyaknya perbedaan yang terjadi pada penelitian *landfill mining*, sehingga hanya mengulas tentang penelitian terdahulu atau studi kasus lama yang ada pada *landfill mining*. Kemungkinan yang terjadi disebabkan aktivitas dalam proses *landfill mining* yang terbilang memakan waktu dan kebijakan pemerintah di beberapa wilayah yang mulai memperhatikan dampak serta manfaat diproses *landfill mining*.

4.1 Perkembangan *Landfill mining*

Perkembangan *landfill mining* ini dihasilkan berdasarkan sampel yang telah dikumpulkan dijadikan penelitian, Pembuangan sampah disuatu wilayah berakhir dengan menempatkannya di TPA menjadi cara paling sering digunakan pada beberapa Negara di dunia. Bahkan limbah medis dan limbah berbahaya lainnya sering di endapkan bersamaan dengan limbah kota. Metode *landfill mining* diusulkan sebagai metode untuk mengurangi efek merugikan dari tempat pembuangan (Bhatnagar, et al. 2012). Tujuan dari *landfill mining* sendiri yaitu untuk pemulihan energi dan material dari limbah yang disimpan, penggunaan lahan

TPA kembali sehingga menciptakan volume baru yang tersedia untuk lahan pembuangan, penghilangan sumber potensial kontaminasi untuk lingkungan sekitar. *Landfill mining* saat ini dianggap sebagai kegiatan awal seperti halnya eksplorasi mineral, dan termasuk proses *recovery* material dan energi dari warisan sampah yang tertimbun pada masa lampau (Wahyono, dkk. 2012).

Tabel 4.1 Negara yang melakukan penelitian tentang *landfill mining*

Tahun	Kota /negara	Tahun	Kota /negara
2011	Florida	2015	Latvia
	Jerman		Finlandia
2012	Swedia	2016	Austria
	Swedia		India
	Indonesia		Inggris
	Swedia		Jerman
2013	Inggris		Austria
	Swedia		Jerman
	Finlandia	2017	Jerman
	Belgia		Estonia
	Britania raya		Swedia
	Jerman	2018	Jerman
	Swedia		Austria
	Swedia		Swedia
	Belgia		Italia
	Belgia		Inggris
2014	Belgia		Indonesia
	Tiongkok	2019	Belgia
	Austria		Jepang
	Swedia		Indonesia
	Italia		Italia
2015	Italia		Korea selatan
	Beijing	2020	Finlandia
	Belgia		Italia
	Belgia		Swedia
	Austria		Indonesia
	Jerman		Kuwait
	Amerika Serikat		

Perkembangan konsep *landfill mining* ini sendiri pertama kali diperkenalkan pada tahun 1953 tepatnya berada di Kota Tel Aviv, Negara Israel dengan Inisiatif pertama kali didunia yang dilakukan Israel memiliki tujuan untuk

mendapatkan bahan yang dapat dijadikan pupuk untuk tanaman buah-buahan (Krook, et al. 2012; Raga, et al. 2018). Dalam studi kasus proyek penambangan landfill ini telah dilakukan di beberapa Negara secara global, seperti dibagian Timur Tengah yang berada di Kota Sharjah, Arab Saudi dan di Kota Beirut, Kota Saida yang berada di Lebanon. Negara-negara yang berada diwilayah Asia juga telah mengaplikasikan konsep *Landfill mining* tersebut seperti India, Thailand, Cina, Taiwan, Sri lanka dan Pakistan. Proyek tertua yang ada di Asia berada di Kota Deonar, India pada tahun 1989. Di wilayah Amerika serikat (AS) konsep *Landfill mining* diaplikasikan di beberapa Negara salah satunya yaitu di Naples, Florida. Pengalaman *Landfill mining* di Eropa pertama kali terjadi di Inggris pada tahun 1980an (Frandegard, et al., 2012; Julieth, et al., 2019).

Beberapa Negara atau kota yang telah melakukan percontohan konsep *landfill mining* yang ditemukan di beberapa sampel jurnal dapat dilihat pada **tabel 4.1** yang mana secara keseluruhan studi kasus banyak ditemukan pada wilayah belahan eropa. Di masa lalu, reklamasi lahan biasanya dilakukan karena alasan ekologis karena tujuan utamanya adalah untuk mendapatkan kembali luas dan volume lahan atau untuk mencegah bahaya lingkungan. Oleh karena itu, memperoleh kembali sumber daya dari lahan kosong belum menjadi fokus proyek reklamasi sebelumnya. Akhir-akhir ini, para ahli semakin membahas kemungkinan penggunaan selanjutnya dari sumber daya yang terkandung (Mocker et al., 2009). Meskipun minat terhadap penambangan landfill semakin meningkat, jumlah publikasi tentang topik ini masih relatif kecil. Artikel masing-masing membahas pertanyaan tentang potensi sumber daya, emisi, pendekatan reklamasi teknis, aliran massa dan kualitas yang diharapkan, teknologi pemrosesan untuk bahan yang digali serta pertanyaan ekologi dan ekonomi. Tidak banyak informasi yang didapat dari tahun 2011 Hanya menjelaskan studi kasus yang di alami disuatu wilayah dan regulasi yang digunakan untuk Tindakan *landfill mining*.

Pada tahun 2012 LFM telah menghadapi tantangan yang besar dan terus berkembang dari waktu ke waktu, banyak di antaranya disebabkan oleh jumlah dan kualitas yang rendah dari material bernilai tinggi yang ada di lokasi TPA, biaya tinggi untuk implementasinya dan peraturan yang semakin ketat di sektor pengelolaan limbah, serta sebagai peningkatan standar dalam industri produksi

(Krook et al., 2012). Pada beberapa studi kasus di tahun 2013 yang ditemukan menjelaskan tentang pemulihan limbah dari *landfill mining* agar di ubah menjadi energi seperti pada kasus di swedia indikasi ketidak cukupan bahan bakar limbah Swedia untuk sistem pemanas distrik Swedia, dan impor bahan bakar limbah dari negara lain, seperti Norwegia, telah berlangsung selama beberapa tahun. Perubahan dalam penawaran dan permintaan menunjukkan bahwa ekstraksi limbah bahan bakar dari sumber alternatif, seperti penimbunan lahan, dapat menjadi semakin penting. Kategori bahan mudah terbakar yang diekstraksi dari ladang tanah, rata-rata, mengandung kurang dari 20% berat kontaminasi terutama bahan jenis tanah, yang merupakan tingkat kontaminasi yang sebanding dengan yang ditemukan di Swedia (Frandegard et al, 2013).

Berdasarkan hasil di tahun 2014 dalam kasus tempat pembuangan sampah yang sangat tua, kegiatan penambangan lahan terutama mencakup penggunaan kembali fraksi serat organik (ukuran <4 mm). Dapat disimpulkan bahwa bahan yang diteliti dapat memiliki banyak kegunaan, seperti: pembuangan di tempat penyimpanan sementara, pembentukan " bio-tanah " (diperoleh dengan mencampurkan tanah agronomi) untuk digunakan dalam kegiatan perbaikan lingkungan atau dalam aplikasi geo-lingkungan, sebagai pengganti lapisan tanah, atau untuk budidaya tanaman yang tidak dapat dimakan (Masi et al, 2014). Metode Penilaian Kontinjensi (CVM) digunakan dalam studi kasus ini untuk penilaian moneter dari manfaat yang dirasakan masyarakat dari penerapan LFM untuk reklamasi tambang tua di Italia Utara. Nilai ekonomi dari kesediaan individu untuk membayar (WTP) untuk LFM dan untuk pembuatan taman selanjutnya dihitung dan korelasinya dengan variabel yang relevan dinilai. Manfaat total dari sampel yang representatif dihitung untuk kedua kasus dan hasilnya secara sesuai diperluas ke populasi penduduk di daerah tersebut dan berpotensi terpengaruh baik oleh LFM dan pembentukan taman. Nilai ekonomi dari total keuntungan diperkirakan sama dengan kira-kira 1 juta euro. Nilai yang jauh lebih tinggi diharapkan terjadi di daerah yang lebih padat penduduknya (marella et al, 2014).

Dalam tahun 2015 beberapa penelitian membahas terkait ekonomi terhadap *landfill mining*, sebuah kasus menjelaskan semua biaya dan manfaat penambangan lahan, biaya terbesar adalah sewa peralatan penggalian dan pengangkutan, diikuti

oleh biaya pengolahan limbah dan biaya transportasi material; sedangkan manfaat menghasilkan listrik dengan membakar bahan bakar yang mudah terbakar menempati urutan pertama, diikuti oleh manfaat dari reklamasi lahan dan kemudian manfaat dari daur ulang bahan-bahan seperti tanah. Penambangan penimbunan lahan akan hemat biaya dengan mempertimbangkan manfaat eksternal dan internal, dan NPV peka terhadap mode reklamasi lahan, pendekatan pemulihan energi dan kemungkinan mendapatkan manfaat dari menghindari perawatan pasca penutupan (Zhou et al, 2015). Mengingat bahwa teknologi yang memadai tersedia, limbah yang dibuang di tempat pembuangan sampah akan menjadi berpotensi tinggi untuk direklamasi, sejalan dengan konsep TPA. Untuk kasus pembersihan Gunung Limbah Neihu di Taipei, beberapa limbah direklamasi untuk konstruksi bahan, dan sisanya dibakar untuk pemulihan energi, dalam konteks bahan/energi pemulihan. Juga, proses tersebut memberikan kontribusi terhadap mitigasi pemanasan global secara bersamaan. Seperti yang telah dibahas sebelumnya, harga barang daur ulang akan menjadi faktor penting yang mempengaruhi material pemulihan (Weng et al, 2015).

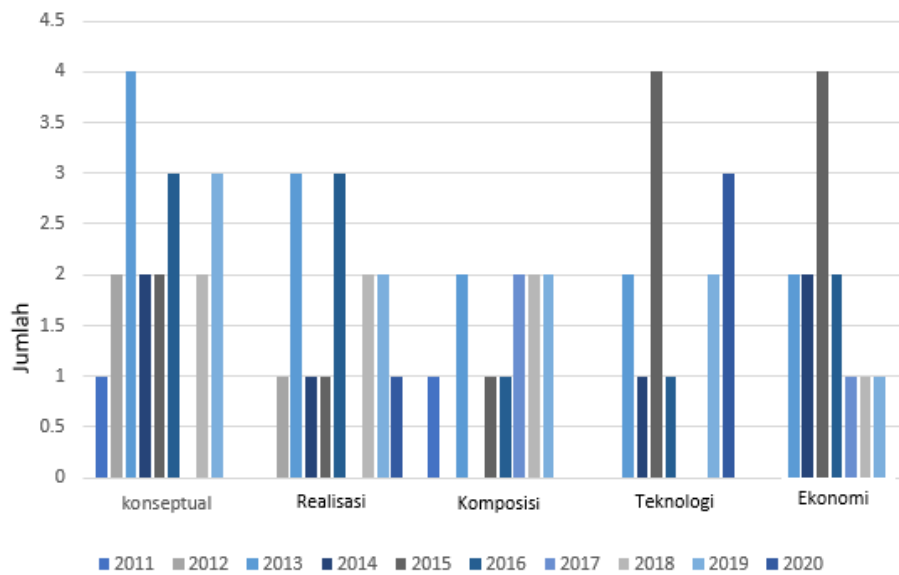
Di tahun 2016 studi kasus di India menjelaskan bahwa biaya tanah yang merupakan komponen utama pendapatan dalam banyak kasus. Selain tanah, banyak tempat pembuangan menunjukkan kontribusi signifikan dari barang daur ulang terhadap pendapatan yang dihasilkan, dan untuk situs-situs ini, dimana barang daur ulang ditemukan berkontribusi sekitar 35 hingga 40 persen terhadap pendapatan, sistem yang lebih kompleks yang terdiri dari pabrik daur ulang untuk daur ulang yang dapat didaur ulang. pecahan dapat diatur setelah konfirmasi kuantum tepat bahan mentah yang diharapkan. Karena lebih banyak produk olahan memiliki margin keuntungan yang lebih tinggi, hal ini dapat meningkatkan pendapatan secara signifikan (Dubey et al, 2016). Rekomendasi dari sebuah kasus dapat dibuat untuk operator TPA dalam konteks merancang proyek ELFM yang layak secara ekonomi: (1) Jika tersedia, mesin dan fasilitas yang ada dan milik sendiri harus digunakan. (2) Reklamasi TPA harus dilakukan secepat mungkin dengan memperhatikan keterbatasan daya tampung. (3) Jika kapasitas pengolahan milik sendiri terbatas, pilihan untuk penyimpanan sementara limbah galian harus diperiksa (Kieckhäfer et al, 2016).

Pada tahun 2017 menjelaskan mesin pemilahan pecahan kasar sampah sudah berkembang dengan baik dalam pengelolaan sampah namun masih dibutuhkan cara yang besar untuk memisahkan logam dan unsur hara dari sampah. Berbagai teknologi dan kombinasi metode sedang dikembangkan dan diterapkan untuk remediasi tanah dan sedimen yang terkontaminasi logam berat. Namun, pembuangan logam (beracun atau tidak) yang terikat pada tanah masih menjadi masalah. Untuk mendapatkan hasil ekonomi yang sangat baik dari penambangan TPA, terak, lumpur dan pemulihan sedimen, metode hemat biaya baru yang ramah lingkungan perlu dikembangkan. Metode yang digunakan saat ini untuk pemisahan sampah harian yang dihasilkan di masyarakat telah diterapkan selama beberapa dekade dan menjadi lebih canggih untuk pemilahan sampah dan diharapkan akan efektif untuk pemilahan TPA sampah yang ditambang di masa depan (Hogland et al, 2017). LFM telah diterapkan di seluruh dunia sejak beberapa dekade untuk mengatasi masalah spesifik lokasi, terutama terkait dengan penghapusan hambatan untuk penggunaan lahan yang lebih menguntungkan atau untuk memungkinkan pembangunan tempat pembuangan sampah yang lebih besar sektor di wilayah yang sama. Kecuali insentif khusus atau pendanaan publik tersedia, penerapan LFM untuk situasi lain di mana motivasi utamanya adalah penghilangan sumber kontaminasi potensial atau pemulihan sumber daya telah terbatas pada kasus yang sangat sedikit sejauh ini karena kesulitan dalam mencapai ekonomi kelayakan proyek. Saat ini, konsep ELFM membuka skenario yang menggembirakan untuk eksploitasi penuh LFM potensi, dan mendorong pengembangan pendekatan inovatif dengan tujuan mencapai keberlanjutan ekonomi dari kegiatan LFM yang berfokus pada pemulihan sumber daya. Namun, meskipun beberapa proyek penelitian telah menyelidiki potensi LFM untuk pemulihan sumber daya selama lebih dari 20 tahun sekarang, menurut banyak penulis, pengembangan teknologi hemat biaya masih sebuah tantangan (Raga et al, 2018).

Perkembangan teknologi memainkan peran penting dalam profitabilitas proyek ELFM. Mengenai teknologi WtM dan WtE, sebagian besar proyek ELFM di masa lalu dilakukan pada skala laboratorium. Meningkatkan efisiensi dan mendorong inovasi menuju ekonomi melingkar akan memengaruhi masalah sosial, ekonomi, dan lingkungan. Berbagai pemangku kepentingan menyatakan kebutuhan

yang lebih umum untuk pertumbuhan ekonomi, perkembangan teknologi, serta penawaran harga material, dan reklamasi lahan. Pelaku industri mengungkapkan tiga kebutuhan tambahan: pemasangan proyek percontohan ELFM pada skala industri untuk mendorong implementasi dan in eksibilitas dalam rute valorisasi ELFM. Perkembangan teknologi juga memiliki biaya dan keuntungan sosial yang dapat mencakup pendanaan penelitian atau pengurangan risiko melalui perbaikan lingkungan. Selain itu, perkembangan teknologi sangat memengaruhi pilihan rute valorisasi untuk proyek ELFM, yang juga bergantung pada perkembangan pasar (Einhaupl, 2019). Di Indonesia sendiri pemerintah daerah DKI Jakarta akan melakukan perubahan konsep pengelolaan TPST menjadi bernilai ekonomi, yang mana TPST Bantargebang tidak akan menggunakan sistem open dumping atau sanitary landfill melainkan menggunakan sistem *landfill mining* yang diharapkan agar menghasilkan lahan baru lalu sampah yang ditambang dapat memanfaatkan kembali, berdasarkan dokumen kerjasama MoU/PKS antara pemprov DKI Jakarta dengan BPPT pada 20 Desember 2017, dilakukan sebuah pilot project berupa pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) di dalam area TPST Bantargebang (Sukwika, *et al.* 2020).

Menurut analisis dalam perkembangan *landfill mining* ini terjadi banyak perubahan dan telah banyak penelitian yang dilakukan dengan tema *Landfill mining* ini sendiri dengan topik pembahasan yang berbeda beda bahkan *landfill mining* mulai dijadikan solusi di tiap Negara sebagai alternatif dalam pengolahan TPA, Secara keseluruhan review 2011 hingga 2020 hasil yang didapatkan bahwa perkembangan pada *landfill mining* ini akan terus berkembang semakin bertambahnya tahun dengan penelitian di berbagai belahan dunia, , penelitian pada *landfill mining* yang didapatkan dari sampel jurnal ini secara keseluruhan membahas seberapa banyak limbah yang dapat diambil dan proses di ubah menjadi energi yang mana hal ini juga berhubungan dengan perkembangan teknologi teknologi yang digunakan untuk pengolahan limbah yang di ubah menjadi energi yang nantinya dapat berguna dan menghasilkan nilai ekonomi setelah mengalami pengolahan. Sebagaimana dibuktikan di berbagai negara yang melaksanakan proyek-proyek ini, keunggulannya tidak hanya mendorong pengelolaan sampah yang memadai tetapi juga mencakup banyak manfaat sosial dan ekonomi lainnya.



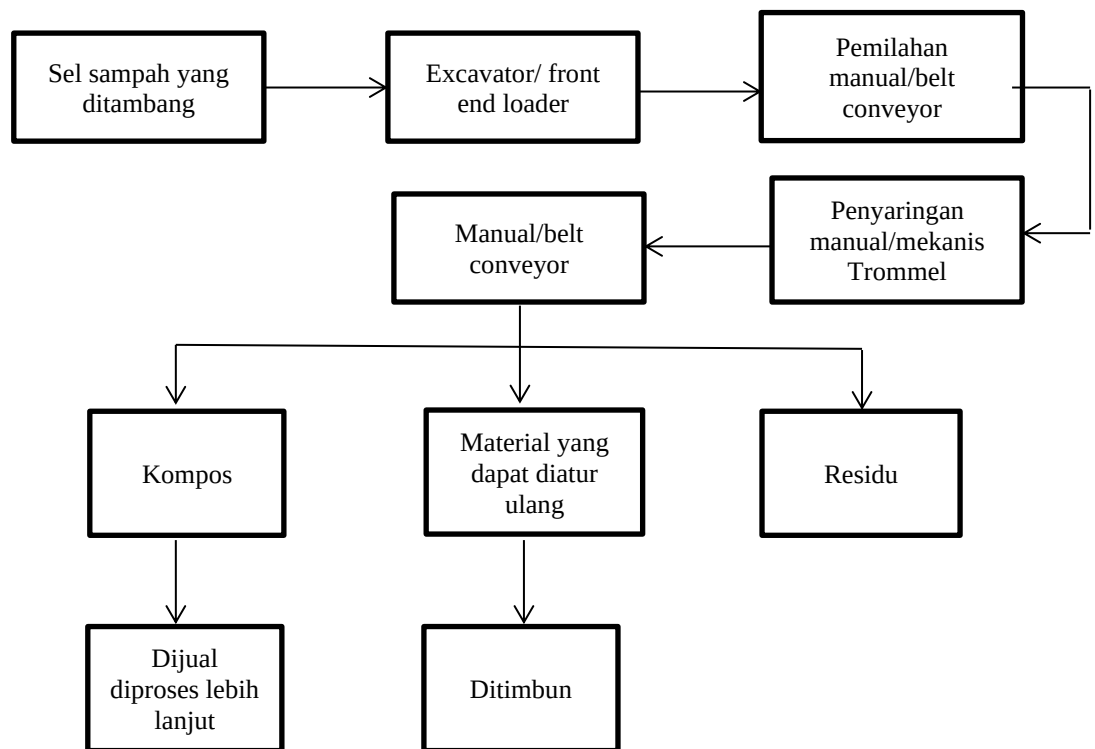
Gambar 4.3 Grafik pengelompokan jumlah jurnal berdasarkan topik utama yang ditemukan

Berdasarkan sampel yang dikumpulkan telah di temukan beberapa topik yang mungkin selalu muncul dalam sampel jurnal yang terlihat dalam **gambar 4.3** yang dirangkum berdasarkan tahun penelitiannya kemudian ditetapkan sebagai isu utama yang mungkin dalam topik tersebut dapat dijadikan informasi terkait *landfill mining* yang dibahas dalam penelitian ini.

4.2 Proses Penambangan Landfill

Menurut USEPA pada tahun 1997, ada beberapa tahapan proses yang dilalui untuk mendapatkan hasil dari penambangan landfill ini sendiri seperti:

- Dilakukannya penggalian untuk mengangkat atau memindahkan kandungan dari hasil lahan urug.
- Tahap penyaringan dilakukan dengan cara manual atau dengan perakatan mekanis yaitu menggunakan mesin *trommel* agar memisahkan kandungan kompos, logam, plastik, kertas.
- Penggunaan material hasil penambangan untuk material penutup atau pengisi setelah tanah yang sudah digali dan dilakukan penyaringan.



Gambar 4.3 Diagram proses penambangan lahan menurut USEPA pada tahun 1997

Sebelum dilakukan ekskavasi studi kasus di Jerman melakukan penerapan teknik stabilisasi bau, yang dilakukan dengan injeksi udara dan ekstraksi gas selama 2 minggu dengan menggunakan probe 3,5 m yang ditekan ke dalam limbah, pada jarak 5-6 m antara satu sama lain sebelum dilakukan penggalian. Namun yang terjadi di pertambangan Sharjah, Arab kondisi dilakukan selama 6 minggu sebelum penggalian (Goeschl, *et al.* 2007).

Proses *Landfill mining* diawali dengan proses ekskavasi material sampah, dan dilanjutkan dengan penjemuran, penyaringan, dan pemilahan sampah. Ekskavasi sampah dibantu dengan alat berat yaitu *excavator*. Sebuah studi kasus menyatakan pada proses ekskavasi di TPA Sukawinatan dan TPA Bantargebang dilakukan pada saat musim kemarau. Dan apabila dilakukan pada musim hujan, maka proses ekskavasi akan terganggu karena sampah yang digali akan basah dan timbul genangan air di permukaan area ekskavasi sehingga mengganggu kegiatan penambangan (Wahyono, *et al.*, 2019). Setelah proses ekskavasi, hasil sampah kemudian dipisahkan berdasarkan ukurannya menggunakan saringan. Di antara beberapa jenis yang biasanya digunakan dalam proyek LFM adalah layar trommel

atau layar getar. Secara khusus, layar trommel biasanya digunakan untuk memisahkan tanah dan bahan organik dari sampah lain. Setelah disaring, limbah kemungkinan besar akan melalui teknologi udara, di mana bahan ringan seperti (plastik primer) dipisahkan dari material berat. Pemisahan logam adalah langkah berikut dengan penggunaan magnet drum atau magnet overband untuk menghilangkan bahan besi (Raga, *et al.* 2018).

Berdasarkan analisis proses dalam *landfill mining* masih dengan tahapan yang sama yaitu dengan ekskavasi, pemilahan, penyaringan, namun di beberapa negara menggunakan metode atau teknologi stabilisasi bau yang timbul dari lahan limbah atau lindi yang terkubur cukup lama, dan pada pengolahan *landfill mining* ini memakan waktu yang terbilang lama bulanan atau tahunan dan pengaruh iklim juga menjadi perhatian didalam melakukan proses *landfill mining* ini.

4.3 Isu utama

Berkaitan dengan sampel jurnal **gambar 4.3** yang telah dikumpulkan hasil isu utama yang akan dibahas yaitu konseptual, realisasi, komposisi, teknologi, dan ekonomi. Terlepas dari permasalahan seluruh dunia terkait masalah kurangnya lahan atau ruang dan polusi, jurnal yang telah dikumpulkan beberapa diantaranya membahas inisiatif penambangan landfill untuk dijadikan energi sumber daya terbarukan, inovasi tentang teknologi serta investasi kelayakan ekonomi dalam dunia *landfill mining* semakin banyak literatur membahas tentang ini, bahkan pembahasan terkait *Landfill mining* ini membahas penerapan konsep serta realisasi yang dilakukan di dunia. Disini terdapat beberapa topik utama yang biasanya menjadi bahasan di beberapa jurnal yang telah dikumpulkan serta di kelompokkan menjadi:

4.3.1 Konseptual

Rencana yang disusun dengan baik untuk mendapatkan manfaat, disini konseptual masuk kepada rencana penambangan *landfill mining* atau hal yang berhubungan lainnya, secara keseluruhan topik konseptual *landfill mining* yang lebih umum yang paling banyak ditemui, dan hampir disetiap jurnal tentunya akan menjelaskan tentang Tahapan yang dilakukan dalam proses *landfill mining*, permasalahan *landfill mining* yang dihadapi bahkan melibatkan skala percontohan dari pengolahan atau strategi daur ulang yang berbeda, dengan tujuan yang hampir sama dengan menghilangkan dampak

negatif kelingkungan yang ditimbulkan landfill (Johansson, *et al.*, 2013). Sebuah studi kasus menjelaskan dalam konsep ELFM atau *Enhanced landfill mining* bergantung pada parameter instrinsik yaitu kondisi internal seperti luas, lokasi, umur, tipe, dan komposisi sampah. dan ekstrinsik seperti ketersediaan teknologi yang cocok, batasan ekonomi dan kondisi sosial. Penambangan landfill meliputi dua kategori in situ yaitu proses pemulihan sumber daya tanpa melakukan ekskavasi dan ex situ yaitu aktivitas pengembalian sumber daya dengan ekskavasi sebagian atau menyeluruh (Wahyono. 2012).

Dalam sebuah studi kasus juga menjelaskan rencana penambangan pada TPA kudjape, Volume penggalian yang diusulkan adalah 80.000 ton, proyek penggalian memakan waktu sekitar 2 tahun kerja yang intens. Sesuai dengan rencana proyek, saringan peralatan trommel (atau drum) dengan diameter 40 dan 80 mm, shredder, magnet over-belt, saringan getar digunakan. Ekskavator pemuat beroda berkapasitas 21 ton memuat material di atas rel. Excavator ini dengan ukuran bucket kurang lebih 1-3 m, pembuatan parit sepanjang 4,5–4,9 m di TPA memungkinkan untuk mengambil berbagai lapisan dari kedalaman yang berbeda untuk bahan studi. Empat lubang uji di area lapangan dibentuk, dan limbah diekstraksi dari dinding limbah vertikal. Lapisan limbah yang lapuk dihilangkan untuk membuat potongan baru (Hogland, *et al.*, 2017).

Sama hal nya dalam studi kasus TPA Kekava, menurut rencana tindakan penambangan seharusnya mencakup pemantauan gas TPA sebelum penggalian lapisan atas dan memastikan keselamatan pekerja, penggalian bertahap lapisan limbah setebal kurang lebih 0,5 m yang membagi area situs menjadi 18 zona (60 x 60 m), pemilahan bahan limbah yang digali menjadi fraksi pohon (0 - 30 mm, 30 - 80 mm, dan > 80 mm) dengan pengumpulan terpisah dari limbah berbahaya dan logam, penggantian bahan tanah yang memenuhi persyaratan kualitas di lubang yang digali dengan menekan menjadi lapisan setebal 0,5 m, daur ulang limbah yang digali atau pembuangan ke tempat pembuangan sampah sanitasi, meratakan, menutupi dan menghijaukan lapisan atas situs galian,

Pemantauan pencemaran air tanah sebelum penggalian, setelah penggalian 2/3 dari semua area, dan setelah penggalian selesai (Dace, Bendere. 2012).

Dengan konsep *landfill mining* sebuah studi mengembangkan metode analitik yang disebut Life Cycle Assessment (LCA) untuk evaluasi lingkungan dari dua alternatif penambangan TPA, pemilahan sampah yang ditambang di tempat menggunakan peralatan pemilahan seluler atau pemilahan di pabrik sampah terpusat yang terletak 12.6 km dari lokasi penambangan. Sehingga disimpulkan bahwa Skenario 1 (daur ulang di lokasi TPA) menghasilkan 28% lebih sedikit dampak terhadap lingkungan daripada skenario ke 2 (pemilahan sampah di pabrik terpusat). Dalam kedua skenario, dampak yang lebih besar terkait dengan konsumsi sumber daya, terutama bahan bakar untuk proses penggalian, pemompaan dan transportasi (Gusca, *et al.*, 2015).

Sebuah studi kasus menggunakan metode stabilisasi anaerobik pada reaktor perlindian laboratorium atau LBR (dengan dan tanpa penambahan air semi kontinyu, dan dengan resirkulasi lindi) dan stabilisasi aerobik pada LBR (dengan penambahan air). Metode ini dipertimbangkan untuk fraksi halus dari hasil *landfill mining* menunjukkan bahwa lebih banyak metana yang dihasilkan dalam reaktor tipe unggun pelindian dengan resirkulasi lindi dibandingkan dengan penambahan air bersih karena penambahan air mencuci bahan organik, sementara resirkulasi lindi memasukkan kembali nutrisi penting ke dalam reaktor (Monkare, *et al.*, 2015).

Sehingga dalam penelitian ini konsep *landfill mining* memungkinkan dapat memecahkan permasalahan yang ada pada lahan TPA, dari perkembangan konsep atau metode yang di gunakan didalamnya. Dan beberapa konsep yang direncanakan dapat di aplikasikan sesuai dengan kasus yang terjadi, yang dulunya menggunakan konsep *landfill mining* kini penelitian banyak yang menggunakan enhanced *landfill mining* atau ELFM merupakan konsep landfill yang diperbarui.

4.3.2 Realisasi

Kebijakan merupakan salah satu pembahasan yang masuk dalam realisasi, di dalam *landfill mining* terdapat kebijakan yang ditujukan dalam

aktifitasnya. Studi di Florida menjelaskan apabila akan melakukan aktifitas pada TPA yang sudah tidak aktif lagi, pemilik harus memberitahu departemen sebelum aktifitas. Persyaratan peraturan dasar untuk tempat pembuangan akhir yang sudah lama tutup tercantum dalam aturan 62-701.610, yang mana penggunaan area TPA tertutup jika berpotensi membahayakan kesehatan masyarakat, air tanah dan lingkungan. Departemen memegang kendali regulasi atas aktivitas apapun yang dapat mempengaruhi integritas langkah perlindungan lingkungan seperti penutup TPA, drainase, pelapis, system pemantauan atau kendali lindi dan air hujan. Konsultasi dengan departemen diperlukan sebelum melakukan kegiatan di area (Department of environmental protection florida. 2011). Sebuah studi menjelaskan di Amerika Serikat, terdapat peraturan khusus Negara Bagian untuk operasi LFM yang memperhitungkan operasi LFM itu sendiri, pemrosesan limbah dari bahan yang digali, dan dampak lingkungan terkait. Ini komprehensif dan dibangun di atas studi penelitian LFM. Namun berbeda di Inggris Raya, pengendalian peraturan tidak secara khusus berfokus pada LFM tetapi hanya pemrosesan bahan yang dipulihkan dan mengandalkan undang-undang pencemaran dan gangguan lingkungan yang ada untuk meminimalkan risiko pencemaran di daerah sekitarnya (Fisher, *et al.*, 2013).

Di Inggris, regulasi hanya dapat dipertimbangkan berdasarkan kasus per kasus tetapi tidak ada hambatan regulasi umum untuk LFMR. Penting untuk dicatat bahwa persyaratan peraturan akan bervariasi dari satu negara ke negara lain dan kemungkinan besar mencakup kebutuhan untuk persetujuan perencanaan dan izin lingkungan. Dalam beberapa kasus, penanganan dan penggunaan materi selanjutnya, termasuk pemrosesan pihak ketiga di luar lokasi, juga dapat tunduk pada regulasi. Ini dapat mempengaruhi kelangsungan proyek secara keseluruhan (Lerpiniere, *et al.*, 2013). Kebijakan dan undang-undang pengelolaan sampah saat ini menunjukkan beberapa potensi hambatan untuk proyek *landfill mining*. Tujuan pajak TPA ini sendiri untuk mengarahkan aliran limbah tahunan dari TPA ke pilihan yang lebih disukai dari perspektif lingkungan, membuat

pilihan alternatif seperti pembakaran sampah lebih hemat biaya bagi produsen sampah. Namun, dalam hal penambangan TPA, risiko pajak yang sama akan menciptakan disinsentif bagi para pelaku untuk terlibat dalam proyek-proyek tersebut, mengingat hal itu akan diterapkan pada pengendapan ulang yang tak terelakkan dari bahan-bahan yang tidak dapat dipulihkan (Krook, *et al.* 2014).

Pemangku kepentingan di setiap studi kasus akan berbeda beda, dan masuk di beberapa kategori seperti kebutuhan regulasi, kebutuhan masyarakat, kebutuhan lingkungan, kebutuhan teknologi dan kebutuhan ekonomi. Kontrol regulasi yang paling signifikan adalah undang-undang kesehatan dan keselamatan setempat. (Gaitanarou, *et al.* 2014). Pemilik lahan, lembaga pemerintahan, penyedia teknologi, dan masyarakat lokal merupakan pemangku kepentingan yang terlibat dalam ELFM. Kebutuhan pemangku kepentingan mengacu pada beberapa aspek yaitu keberlanjutan, dan kelompok pemangku kepentingan mana yang paling berpengaruh dan kebutuhan pemangku kepentingan disusun menjadi sosial, lingkungan, regulasi, dan tekno-ekonomi (Einhaupl, *et al.*, 2019).

Terlepas dari hal kebijakan, realisasi berhubungan pada kelayakan *landfill mining*, penambangan TPA bukanlah operasi yang sederhana untuk dilakukan dan terdapat potensi untuk menciptakan dampak lingkungan yang signifikan, risiko kesehatan dan keselamatan serta risiko gangguan. Studi kasus di Inggris menjelaskan pengalaman LFMR, sehingga menunjukkan bahwa masalah lingkungan dan sosial dapat dikelola dan dikendalikan dengan baik. Jumlah dan komposisi sampah yang akan digali juga merupakan faktor penting dalam menentukan kelayakan. Sebagian besar skenario yang dimodelkan menghasilkan kerugian. Kelayakan ekonomi hanya dihasilkan oleh skenario yang melibatkan pemulihan energi di lokasi dengan pemulihan ruang hampa atau pembangunan kembali lahan, dikombinasikan dengan parameter masukan yang paling diminati. Secara keseluruhan, penambangan TPA di Inggris dianggap tidak akan terjadi secara luas, terutama karena pertimbangan ekonomi (Lerpiniere, *et al.*, 2013).

Di Indonesia sudah beberapa lahan TPA yang mulai mengaplikasikan konsep landfill mining seperti TPA Bantar gebang dinilai dapat menjalankan konsep *landfill mining*. Namun, Material TPA yang ditambang didominasi oleh material seperti tanah (33,15–35,54%) dan plastik (26,214–30,12%). Bahan seperti tanah stabil tetapi tidak memenuhi standar dasar untuk kompos di Indonesia. Solusi untuk masalah ini adalah dengan mencampur bahan yang mirip tanah dengan bahan lain yang berpotensi tinggi untuk kompos, seperti sampah organik dari MSW segar. Material TPA yang ditambang juga tidak sesuai untuk pemanfaatan RDF karena memiliki nilai kalor yang rendah (maksimum 15,14 MJ/kg), kadar air yang tinggi (48–50%), kadar abu yang tinggi (24–27%), dan potensi emisi HCl tinggi. Sebaiknya bahan yang cocok untuk RDF (seperti plastik, kayu, tekstil, dan kertas) harus dipisahkan dan dikeringkan karena bahan ini memiliki kadar air yang tinggi (50–65%). Bulking agent atau limbah hijau dapat ditambahkan untuk mengurangi kadar abu dan kadar klorin. Disarankan bahwa bahan seperti tanah digunakan untuk perbaikan tanah sebagai pengganti kompos, sedangkan sampah plastik dan lainnya bahan yang mudah terbakar harus dipisahkan dan dikeringkan untuk memenuhi standar RDF (Kristanto, *et al.*, 2020).

TPA Benowo dari adanya teknologi yang hasil kebijakannya sangat mempengaruhi perubahan kota menjadi lebih baik dan dari pihak terkait telah membuat kebijakan dapat membuahkan hasil yang baik yaitu dapat menghasilkan listrik dari hasil proses landfill mining, sedangkan pengaruh dari kemajuan teknologi ini membawa berbagai keberuntungan terkait dengan pemanfaatan sumber daya manusia sehingga diharapkan mampu menghasilkan kinerja yang optimal (Wilya, 2020). TPA Cikundul melakukan landfill mining pada zona tidak aktif 1 yang dilakukan pada awal tahap rehabilitasi TPA Cikundul di Sukabumi. Dengan adanya kegiatan ini diharapkan bertambahnya usia lahan hingga 2022 yang bertambah sebesar 638 hari sedangkan pada zona 2 dan 3 yang tidak aktif menambah usia pakai sebesar 506 hari hingga 2023. Potensi hasil penambangan berupa pemanfaatan lapisan tanah penutupan harian dan untuk jenis limbah lain di

daur ulang (Widad. 2017).

TPA Piyungan di Yogyakarta berdasarkan kegiatan pengambilan sampel dalam rangka pemanfaatan limbah terdegradasi yang diperoleh dari TPA Piyungan, salah satunya sebagai kompos, maka perlu dilakukan analisis berbagai parameter yang dikaitkan dengan unsur hara dan kandungan logam dalam tanah. Sampel menunjukkan umur limbah; 4 meter dari permukaan mewakili umur timbunan sampah yaitu 15-16 tahun, 8 meter (17-18 tahun), 12 meter (19-20 tahun). Kandungan nutrisi yang terkandung sangat rendah, baik kandungan bahan organik, fosfor maupun kalium. Sehingga tidak memenuhi persyaratan kompos organik dalam SNI 19-7030-2004 dan Permentan 70/2012. Sedangkan rasio C/N secara umum masih memenuhi kisaran nilai yang dipersyaratkan SNI 19-7030-2004 yaitu rasio 10-20. Parameter logam dalam tanah yang dianalisis antara lain Zn, Cr, Cu, Cd, Ni, Pb, Hg, Mn dan Fe. Semua parameter kandungan logam memenuhi syarat sebagai kompos organik, kecuali Pb yang masih melebihi baku mutu. Percampuran limbah domestik perkotaan dengan limbah B3 yang berasal dari aktivitas domestik menyebabkan kemungkinan limbah tersebut mengandung logam berat (Putra, et al. 2016). Dalam contoh studi kasus di Latvia mengalami kegagalan yang dapat disebabkan kurangnya pengetahuan dan pengalaman dalam proyek serupa, kurangnya pengawasan dan pemantauan selama proyek, kepentingan keuangan dan bisnis lebih didominasi daripada kepentingan hukum dan lingkungan, kurangnya persyaratan legislatif untuk penggalian sebagai metode remediasi TPA (Bhatnagar, et al. 2012).

Sehingga menurut penelitian ini perealisasi *landfill mining* banyak yang harus di pertimbangkan mulai dari segi kebijakan, teknologi pengolahan, dampak dan kelayakan dari segi lingkungan dan ekonominya. Tetapi hal ini tergantung pada wilayah yang akan dilakukan pengolahan *landfill mining* mengingat tiap wilayah akan memiliki permasalahan atau kasus yang berbeda, baik dari kebijakannya, tahapan pengolahannya, jenis tanahnya bahkan perekonomian yang menyangkut dalam proses *landfill mining* ini akan berdeda. Untuk konsep landfill mining ini dirasa cocok

diterapkan pada TPA yang ada di Indonesia dengan banyaknya komponen sampah yang dapat diambil Kembali namun harus melalui penelitian lebih lanjut lagi.

4.3.3 Komposisi

Dalam sebuah studi di Belgia menjelaskan bahwa perbedaan signifikan dalam Komposisi MSW dan IW, Meskipun pecahan utama di keduanya MSW dan IW adalah fraksi sampah jenis tanah halus untuk jumlah sampah IW $64\pm 16\%$ (w/w) sedangkan untuk MSW $44\pm 12\%$ (w/w) berdasarkan penyaringan kering dengan kasa 10 mm. Komposisi landfill sebagian kecil tidak dapat dijelaskan dengan rinci tanpa analisis lebih lanjut, tetapi jelas bahwa untuk sampah SMW terdiri dari bahan makanan, plastik, kertas/karton dan tekstil lebih tinggi dibandingkan sampah IW (Quaghebeur, *et al.*, 2013).

Studi kasus di cina melaporkan bahwa TPA yingchun bahan mirip tanah menempati urutan pertama 75.02%, bahan mudah terbakar 14.67% dan kemudian batu 8.26% serta komponen lain yang perlu diperhitungkan 2.03%. sehingga menurut studi bahan yang disimpan di TPA mencapai 375.910 ton bahan seperti tanah, 41.410 ton batu, 3.210 ton kaca, 2.110 ton logam, 73.610 ton bahan yang bisa yang bisa digunakan untuk pemulihan energi dan 4.910 ton sampah yang harus di buang ke tanah. Dan nilai kalor yang dihitung untuk menghasilkan limbah yang mudah terbakar dengan nilai kalor rata-rata 23.564 kJ/kg (Zhou, *et al.* 2015).

Kasus di Austria menjelaskan bahwa jumlah daur ulang dan bahan untuk pemulihan energi fraksi halus (<40 mm) yang di identifikasikan sebesar 33% untuk fraksi halus, meskipun jumlah fraksi kasar (>40 mm) lebih rendah dibandingkan dengan fraksi halus sebesar 23%. Namun untuk fraksi tertentu seperti limbah logam, plastik, kaca/keramik, batu dan tekstil jumlah yang ditemukan dalam bahan yang digali sebanding dengan jumlah saat pertama kali ditimbun (Parrodi, *et al.*, 2018). Dapat dilihat pada **Tabel 4.1** beberapa komposisi limbah dalam fraksi besar (>40 mm) yang kemungkinan diantaranya dapat di daur ulang:

Tabel 4.1 komposisi limbah dari hasil *landfill mining* yang dikumpulkan

Kota/Negara	Tahun	Parameter Jenis Sampah %										Sumber
		Plastik	Kertas	Kaca	Logam	Tekstil	Tanah	Kayu	Non-ferrous logam	Mineral	Batu	
Jerman	2011		20.35%			20.35%		5.80%	3.50%	14.50%		Frankfurt
Belgia	2013	17%	7.50%	1.30%	2.80%	6.80%	44%	6.70%			3.30%	Quaghebeur
Swedia	2013	8.10%	7.90%		3.60%	3.30%	56.30%	7.40%	0.80%		9.30%	Krook
Yingchun, China	2015	10.62%	0.15%	0.64%	0.41%	1.49%	75.02%	2.43%			8.26%	Zhou
Austria	2016	18.50%	2.20%	0.40%	1.40%			3.10%	0.60%	4.40%		Wolfsberg
Jerman	2017	19.70%	3.40%		1.00%	21.30%		16.70%		3.00%		Rothemann
TPA Kudjape, Estonia dan TPA Torma, Swedia	2017	17%	7%	1%	6%	20.70%		8%			22.28%	Hogland
		14.40%	5.70%	5.80%	2.60%	27.10%		5.60%	0.60%			
Sukabumi	2018	29.39%		2.21%	6.08%	2.22%	32.09%	96.00%				Widad
Bekasi	2019	46%		1%	1%			20%				Wahyuni
TOTAL		180.71%	54.20%	12.35%	24.89%	103.26%	207.41%	171.73%	5.50%	21.90%	43.14%	

Setiap lokasi yang telah digali pasti mempunyai komposisi jenis sampah yang berbeda yang mana harus mengetahuinya melalui pemisahan limbah, setelah itu kita dapat mengetahui komposisi mana saja yang dapat diolah dan tidak dapat terolah. Di Indonesia kasus yang terdapat di TPA Cikundul material hasil *landfill mining* yang telah dipilah menggunakan tromel, namun untuk material kasar dilakukan secara manual untuk dipilah dengan memberdayakan pemulung, karena dari hasil penambangan beberapa jenis limbah dapat dijual kembali oleh pemulung, sedangkan untuk material halus digunakan sebagai tanah penutup harian di TPA, material halus tidak dianjurkan dalam pemanfaatan kompos karena pengurugan yang dilakukan masih tercampur dengan sampah yang termasuk B3 (Bahan berbahaya dan beracun) (Widad, *et al.*, 2018).

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan Komposisi sampah yang berada pada tabel masuk kedalam 4 kategori kelompok yaitu tanah, batu, sampah mudah terbakar (Combustible) seperti Plastik, kertas/karton, tekstil dan kayu merupakan bahan bakar turunan sampah (RDF), dan sampah tidak mudah terbakar (Uncombustible) seperti kaca, logam, karet, keramik dan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik komposisi tentu merupakan

parameter utama dan data awal dari sebuah pengolahan landfill hingga menjadikannya sebuah potensi dalam nilai ekonomi (Quaghebeur, *et al.*, 2013). Pemanfaatan dalam hasil penambangan tergantung pada beberapa faktor, seperti kuantitas dan kualitas sampah TPA, kapasitas pemisahan bahan teknologi yang tersedia, biaya teknologi untuk mengekstraksi dan memisahkan sampah, serta pasar yang bergantung pada permintaan. Dengan semua lahan yang ada hasil limbah dari *landfill mining* ini dapat diolah dan memiliki potensi nilai ekonomi (Hogland, *et al.*, 2017).

Namun dapat dilihat berdasarkan hasil penelitian secara keseluruhan limbah yang paling banyak dihasilkan berupa tanah hal ini dapat disebabkan karena banyaknya sampah organik yang terpendam didalam lahan landfill dan intensitas pelapisan tanah pada saat operasi timbunan sampah di TPA. Sampah organik ini memiliki kelebihan yaitu dapat terurai lebih cepat, settlement lebih tinggi, penurunan permukaan tumpukan landfill lebih tinggi. Hal ini juga didukung adanya studi kasus yang menjelaskan material mirip tanah yang ditambang dari tempat pembuangan sampah MSW menawarkan potensi yang signifikan untuk digunakan kembali dalam pekerjaan tanah karena ketersediaan dalam jumlah besar di tempat pembuangan lama. Namun, penggunaan kembali tanpa perlakuan awal atau tindakan isolasi dapat menyebabkan kontaminasi sumber daya alam terdekat. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada penentuan kontaminan yang meliputi logam berat (total dan leachable), padatan terlarut, pelepasan warna gelap dan kandungan organik saja. Kontaminan lain termasuk polutan organik yang persisten, bakteriologis patogen dan fitopatogen, dll (Somani et al, 2019). Kasus di TPA Vika terungkap bahwa sekitar 59% adalah material halus sebagai pecahan tanah, tetapi sekitar 22% adalah material berukuran besar yang di ambil oleh excavator dan tidak dapat masuk kedalam mesin sortir. Tingginya material tanah dari hasil galian kemungkinan disebabkan oleh banyaknya sampah organik yang masuk serta intensitas pelapisan tanah pada saat proses penimbunan (Hogland, *et al.*, 2017).

4.3.4 Teknologi

Pirolisis dan gasifikasi merupakan sub-proses pada insenerasi yang

mana pemrosesannya bertujuan mengolah limbah MWS dan IW untuk memulihkan energi dengan proses termal akan tetapi mereka merupakan teknologi yang berbeda, pirolisis mengalami pemrosesan di kisaran suhu 400-700 derajat celcius tanpa penambahan oksigen sedangkan gasifikasi akan dilakukan dengan oksigen atau uap pada suhu -1600 derajat celcius untuk menghasilkan gas sintesis (Bosmans A, *et al.*, 2013). Studi kasus di Swedia, menjelaskan keseimbangan massa untuk pirolisis pada suhu yang berbeda dari 400 hingga 700 derajat celcius . Secara umum, dapat dilihat bahwa kondensasi terbentuk secara dominan dan meningkat dengan kenaikan suhu, kecuali untuk dua suhu 550 dan 700 derajat celcius di mana hasil yang tidak dapat dikondensasi karena memiliki nilai maksimum lokalnya. pada suhu 700 derajat celcius berkaitan dengan perengkahan termal dari kondensabel menjadi tak terkondensasi. pada suhu 550 derajat celcius pada prinsipnya dapat dikaitkan dengan dekomposisi plastik campuran dalam sampel, interaksi antara berbagai jenis plastik (PE, PP, PS, PVC) menghasilkan produksi hasil non-kondensasi yang lebih tinggi (Jagodzinska, *et al.*, 2020). Dapat dilihat pada **gambar 4.2** berdasarkan sampel yang dikumpulkan beberapa jurnal yang membahas teknologi pada *landfill mining*:

Tabel 4.2 Teknologi yang digunakan dalam *landfill mining*

TEKNOLOGI	KOTA/NEGARA	TAHUN	SUMBER
Pengolahan			
Pirolisis	Belgia	2013	Bosmans, <i>et al.</i>
	Eropa	2019	Parrodi, <i>et al.</i>
	Kuwait	2020	Salem, <i>et al.</i>
	Swedia	2020	Jagodzinska, <i>et al.</i>
Insenerasi	Austria	2015	Winterstetter, <i>et al.</i>
	Eropa	2019	Parrodi, <i>et al.</i>
Gasifikasi Plasma	Belgia	2015	Danthurebandara, <i>et al.</i>
	Austria	2015	Winterstetter, <i>et al.</i>
	Eropa	2019	Parrodi, <i>et al.</i>
Pemulihan energi			
SRF	Belgia	2013	Jones Peter, <i>et al.</i>
RDF	Tiongkok	2014	Zhou chuanbin, <i>et al.</i>
	Belgia	2015	Danthurebandara, <i>et al.</i>

Dalam pengolahan *landfill mining* telah digunakan beberapa teknologi terutama pada pengolahan hasil limbah *landfill mining* menurut hasil yang ditemukan teknologi pirolisis paling sering dibahas, pirolisis ini banyak mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar. Pada studi kasus di Kuwait juga membahas teknologi pirolisis, Mayoritas PSW yang direklamasi (> 60%) adalah plastik putih lunak yang kemungkinan besar merupakan bahan kemasan Di antara yang lainnya, ada juga beberapa barang plastik dan polimer yang kaku. Polimer termoplastik, plastik PO seperti PE dan PP, merupakan mayoritas permintaan konsumen di seluruh dunia dan bagian terbesar PSW ditemukan di sumber-sumber kota, PSW diolah dengan perlakuan teknologi TCC yaitu pirolisis dengan suhu 350 hingga 500 derajat celcius, dan setelah di amati memiliki berat sisa massa 3-8%, Teknologi TCC dapat dibagi menjadi tiga kategori utama tergantung pada perawatan dan kondisi pengoperasian. Ini adalah pirolisis, gasasi dan hidrogenasi (Salem, et al., 2020).

Sebuah studi juga menjelaskan bahwa terdapat 3 reaksi yang akan terjadi dalam proses gasifikasi plasma dalam menghasilkan syngas yang terdiri dari gas karbon monoksida dan hydrogen, reaksi awal yang dilakukan ialah gasifikasi atau *thermal cracking*, molekul berukuran besar di uraikan menjadi gas, yang dihasilkan dari proses ini adalah hidrokarbon ringan seperti metana dan hydrogen. Reaksi kedua adalah proses oksidasi yang menghasilkan karbon monoksida, dan dengan proses oksidasi yang lebih rumit akan menghasilkan karbon dioksida dan air, yang terakhir adalah reaksi *reforming* merupakan kombinasi dari reaksi-reaksi yang terjadi selama proses gasifikasi berlangsung (Putra, Sinaga., 2020). Teknologi gasifikasi plasma terbilang mahal karena menggunakan sumber energi melalui listrik, sehingga dalam pengolahannya yang perlu di perhatikan yaitu efesiensi listrik, kualitas produk yang akan dihasilkan dan biaya investasi. Insinerasi pada limbah landfill saat proses pemulihan energi membutuhkan sedikit pengolahan awal dan persiapan dibandingkan dengan Pirolisis (Parrodi, et al., 2019).

Dalam sebuah studi ditemukan, pengkondisian penimbunan lahan dalam kerangka proyek reklamasi di Itali, Untuk mencegah emisi yang tidak diinginkan ke dalam area penggalian, stabilisasi in situ aerobik melalui teknologi aliran udara dilakukan sebelum dan selama Penambangan. Selama proses LFM ini, aerasi sengaja dirancang untuk mencegah emisi biogas ke area penggalian dari lereng samping dan sektor landfill non-aerasi yang berdekatan, sumur aerasi dipasang di area yang lebih luas daripada tempat penggalian (Raga, *et al.*, 2015). Studi di Italia, melakukan proses penggalian landfill dan ditandai dengan teknologi pengolahan basah yang dipatenkan yang disebut TWYM (Tomorrow's world, yesterday's materials) dari kementerian ekonomi dan pengembangan Italia , yang memungkinkan untuk pemulihan bahan berkualitas tinggi secara khusus dan efisiensi pemulihan PE diperkirakan setidaknya 80%. Teknologi tersebut merupakan teknologi gravimetri yang menggunakan air sebagai fluida padat, menggerakkan material dengan udara dibawah tekanan (Cappucci, *et al.*, 2020).

Pemulihan energi yang ditemukan dalam penelitian ini cenderung membahas RDF yang mana dapat digunakan sebagai bahan bakar, dapat diperkirakan bahwa fokus pengolahan limbah landfill ini ada pada limbah plastik, Studi kasus di Jerman menjelaskan ada dua jenis RDF yang berlaku, insenerasi pada RDF akan digunakan dalam pembuatan kiln semen, bahan tersebut harus memenuhi semua persyaratan dengan standar RALGZ724, yang mana bahan tersebut ditetapkan sebagai bahan bakar turunan dalam bahasa jerman (Sekundärbrennstoff /SBS). RDF yang dipersiapkan tanpa persyaratan kualitas menurut RALGZ724 diberi nama bahan bakar pengganti yang dalam bahasa jerman (Ersatzbrennstoff/EBS) dan dapat digunakan juga untuk keperluan energi (Wanka, *et al.*, 2016). Studi kasus di Belgia mengatakan dalam perubahan limbah ke energi dapat menghasilkan sebuah SRF atau bahan Bakar Pemulihan Padat (SRF) yang menghasilkan energi (dan panas) dan residu (misalnya abu dasar, residu pengendali polusi udara, terak plasmareaktor). Uji coba percobaan dilakukan bekerja sama dengan Advanced Plasma Power di mana SRF yang dihasilkan dimasukkan ke

dalam proses Gasplasma untuk menghasilkan gas sintetis (syngas), yang dimasukkan ke dalam mesin untuk produksi listrik (Jones, *et al.*, 2013).

4.3.5 Ekonomi

Faktor ekonomi yang terkait dengan penambangan TPA sangat kompleks dan banyak akan sangat bervariasi antara TPA yang berbeda dan dari satu negara ke negara lain. Selain nilai penjualan tanah di masa depan atau ruang kosong baru, pendapatan dari daur ulang dan pembangkit energi diakui sebagai sumber pendapatan utama dalam proyek LFMR, Sebuah studi melaporkan dalam proses pemulihan energi menghasilkan total keuntungan 29.3 euro hingga 88.2 euro (Lerpinier, *et al.* 2013). Studi kasus di Eropa menjelaskan bahwa dari 531,441 hasil skenario *landfill mining* dalam NPV menunjukkan defisit bersih rata-rata 27 euro/mg. Hanya 91% skenario yang berhasil mendapatkan laba bersih, 92% skenario yang menguntungkan berkisar kurang lebih 50 mg/euro dan sementara itu hanya 0,1% dari skenario *landfill mining* di Eropa menghasilkan keuntungan lebih dari 100 mg/ euro ini menyiratkan bahwa *landfill mining* merupakan usaha atau bisnis yang menantang (Laner david, 2019).

Dalam studi kasus di Yingchun, terdapat 3 pemanfaatan yang menghasilkan keuntungan seperti penghasil listrik dengan pengolahan bahan mudah terbakar sebesar 10.12 juta USD, reklamasi lahan 8.22 juta USD dan manfaat daur ulang dari bahan seperti tanah 3.64 juta USD (Zhou, *et al.* 2015). Sehingga kemungkinan dalam proses *landfill mining* dapat menghasilkan sebuah keuntungan melalui proses daur ulang atau pemulihan lahan. Sama hal nya membahas keuntungan, studi kasus di Belgia menjelaskan kontribusi positif dari harga jual produk cukup tinggi dari skenario penggunaan plasmataone dalam produksi blok semen campuran dengan rata-rata 15.8% kisaran harga 45-55 euro/t dan 41.2% kisaran harga 90-100 euro/t penemuan ini menunjukkan hasil dengan kualitas yang tinggi (Danthurebandara, *et al.*, 2015).

Selain pembahasan keuntungan pada *landfill mining* terdapat pengeluaran dari bagian proses *landfill mining* ini sendiri, dalam sebuah

studi kasus di Findlandia lahan MSW yang telah di evaluasi dalam pengolahan fraksi halus mengeluarkan biaya pengolahan 40-65 euro/t fraksi halus untuk lahan yang kecil dan tua, dan untuk lahan yang muda dan besar berkisar 20-40 euro/t fraksi halus (Monkare, *et al.*, 2019). Sebuah studi di Inggris menjelaskan bahwa pengeluaran operasional (Opex) akan sangat bervariasi antar proyek, biaya penggalian dan pemilahan 25 euro hingga 50 euro/ ton, biaya gasifier dan pemanfaatan syngas berkisar 21 euro hingga 35 euro/ ton (Lerpiniere, *et al.*, 2013).

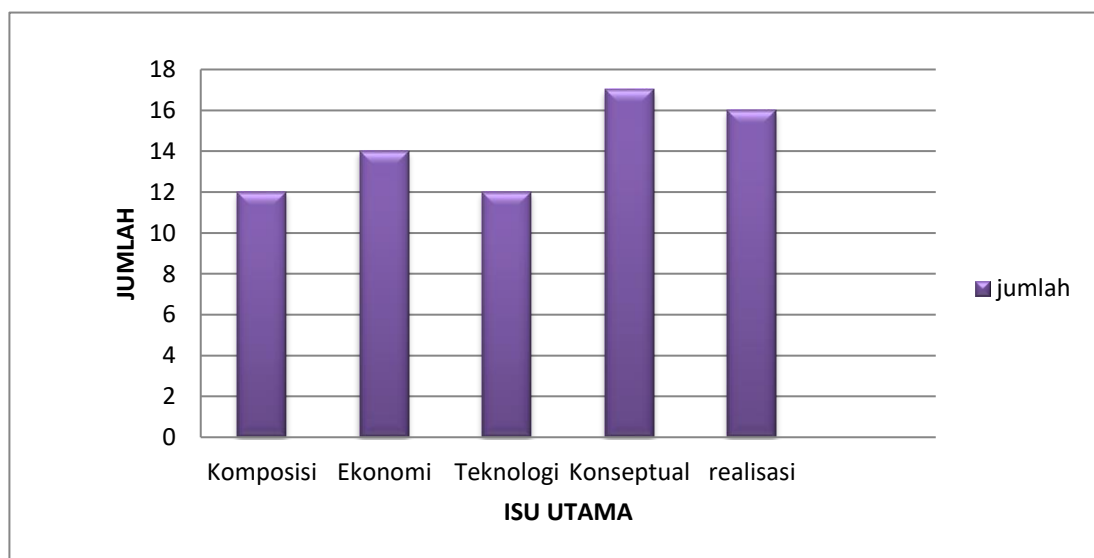
Dengan segala faktor-faktor yang mempengaruhi ekonomi *landfill mining* seperti volume penimbunan lahan, umur penimbunan, topografi, akses transportasi, akses ke listrik, kebutuhan peralatan, iklim, biaya tenaga kerja, persetujuan dan izin pemerintah, kepemilikan penimbunan, persiapan lokasi, biaya pembuangan limbah, perencanaan penggunaan lahan pasca-penambangan dan biaya asuransi tanggung jawab lingkungan dan polusi (Herman, *et al.*, 2014; Wagner, *et al.*, 2015). Dapat diasumsikan bahwa dalam proses *landfill mining* ini dapat menghasilkan pendapatan, berikut dapat dilihat pada **table 4.3** biaya yang dikeluarkan saat dilakukann proses penambangan dari beberapa wilayah:

Tabel 4.3 Biaya penambangan *landfill mining*.

Kota/Negara	Tahun	Biaya penambangan	Luas lahan	Sumber
Austria	2016	1.419.697 euro/ tahun	10 Ha	Hermann, <i>et al.</i>
		5.252.879 euro 4 tahun		
Flanders	2013	177.894.199 euro	2000 Ha	Passel, <i>et al.</i>
Jerman	2016	835.000 euro	270.000 m2	Kieckhäfer, <i>et al.</i>
Indonesia (Tpa Cikundul)	2017	Rp. 79.863.294.211,00	10.7 Ha	Widad

Berdasarkan hasil pada topik ekonomi pada *landfill mining* membahas terkait biaya penambangan dan keuntungan dalam pengolahan *landfill mining*, *landfill mining* selain memakan waktu yang lama juga memakan biaya yang tidak murah hal ini tergantung pada luas dan kedalaman hingga usia lahan landfill, berkaitan dengan biaya penambangan tak sedikit pengolahan *landfill mining* ini menghasilkan keuntungan dalam prosesnya, yang mana proses *landfill mining* ini bisa dijadikan proses yang membantu prekonomian pekerjaanya.

Dimensi ekonomi diindikasikan sebagai lapisan tambahan dengan area dan warna berbeda untuk membedakan antara biaya, biaya yang dihindari dan pendapatan. Keseimbangan aliran material dan energi untuk setiap skenario penambangan lahan menjadi dasar untuk penilaian ekonomi, tanpa pemahaman yang rinci pengembangan strategi untuk meningkatkan ekonomi pertambangan penimbunan lahan tetap sulit dan mungkin mengabaikan tantangan kritis untuk mendapatkan efisiensi biaya (Laner, *et al.* 2019).



Gambar 4.4 Pengelompokan isu utama

Pengelompokan isu utama pada **gambar 4.4** dari pembahasan *landfill mining* menjelaskan isu terkait konseptual, realisasi, komposisi, teknologi dan ekonomi. Persentase yang di dapat berdasarkan masing masing isu dari jurnal yang dikumpulkan, untuk isu konseptual persentase mencapai 27%, realisasi persentase mencapai 21%, komposisi mencapai persentase 19% dan teknologi memiliki persentase yang sama dengan 19%, dan ekonomi mencapai persentase 22%. Penelitian dalam *landfill mining* ini sangat penting untuk mengetahui informasi dari konsep *landfill mining* ini sendiri, seperti dalam proses pengolahan tentunya akan memperhitungkan teknologi yang digunakan dengan kondisi limbah yang dihasilkan apakah mempunyai nilai jual yang tinggi agar seimbang dengan biaya yang

dikeluarkan saat proses penambangan, apabila nilai pasar rendah sedangkan nilai pengolahan tinggi maka dianggap tidak layak dan dapat menimbulkan kerugian (Danthurebandara, *et al.* 2015). Tentunya aspek sebelum dilakukannya kegiatan *landfill mining* harus di perhatikan sehingga konsep dalam kegiatannya tidak menimbulkan hal negatif disaat pengerjaan atau sesudahnya. Komposisi dinyatakan sebagai faktor kritis dalam proyek penambangan dan LFMR yaitu ekstraksi bahan berharga dari lokasi TPA, jika dalam hal komposisi tidak dipahami dengan baik maka kemungkinan akan beresiko dan biaya tidak dapat diatur dengan tepat (Lerpiniere, 2013). Pada kelayakan ekonomi ditemukan bahwa teknologi, regulasi dan pasar memiliki dampak terhadap potensi ekonomi *landfill mining* (Passel, *et al.* 2013).

4.3 *Landfill mining* di masa depan

Semakin berkembangnya zaman tentunya akan ada beberapa penyempurnaan atau perubahan penerapan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi dengan konsep yang lebih matang sehingga tentunya memiliki tantangan, Baik dalam proses penambangan, proses pemilahan limbah, proses daur ulang untuk menghasilkan energi yang baru, dan proses lainnya. Penting untuk melakukan inovasi terhadap teknologi pemulihan energi misalnya, Massa limbah pada landfill dimasa depan tentunya memiliki perbedaan dengan masa sebelumnya, limbah plastik yang digali dari landfill memiliki peluang besar untuk dipulihkan menjadi sumber daya, namun adanya kontaminasi dengan jejak logam berat atau senyawa korosif akan menghambat penggunaannya dalam proses pemulihan energi konvensional, daur ulang akan lebih baik apabila tingkat degradasinya rendah dan dilakukan pemisahan berbagai jenis plastik (Canopoli, *et al.* 2018).

Kebutuhan untuk memulihkan kembali lokasi penimbunan lahan lama akan meningkat dimasa depan, terutama yang didorong oleh isu-isu seperti ekologi dan limbah modern (Martin Rotheut, 2017). Resiko yang jelas saat penambangan landfill yaitu menyebabkan peningkatan penyebaran zat yang tidak diinginkan seperti logam berat, terutama apabila teknologi yang digunakan gagal memisahkan bahan berbahaya ditempat penimbunan, dalam beberapa penambangan mungkin

hanya menggunakan peralatan penggerak sedangkan ada juga yang menggunakan pemrosesan stasioner yang lebih maju dan dapat menjadi pilihan untuk masa depan. Pecahan limbah yang tidak dapat diolah akan disimpan ditempat khusus hingga menunggu teknologi pengolahan tersedia, penyimpanan ini bisa menjadi masalah apabila tidak terselesaikan, sehingga diharapkan dimasa depan dapat menyelesaikan permasalahan penimbunan yang belum dapat diolah untuk saat ini (Krook, *et al.* 2012). Dampak dalam pelaksanaan landfill mining seperti timbulnya bau akibat kegiatan landfill mining yang mengganggu, dapat terjadi pencemaran tanah dan air tanah, dapat terjadi longsor dalam pengerjaannya.

Sebuah studi yang lebih baru yang dilakukan oleh Universitas Cranfield telah menemukan bahwa terdapat potensi deposit logam berharga yang signifikan di lokasi TPA. Para ilmuwan menganalisis sampel dari kedalaman hingga 30m dari empat lokasi TPA yang berbeda. Setelah mengeluarkan benda besar, sampel dianalisis kandungan logam tanah jarang dan logam berharga lainnya. Sekitar £ 5 juta dari logam tanah jarang neodymium diperkirakan hanya ada di empat lokasi TPA, sementara paladium £ 92 juta diharapkan terkubur di situs sampel. Nilai gabungan tembaga dan aluminium di empat lokasi TPA diperkirakan bernilai £ 260 juta. Hal ini dengan jelas menunjukkan bahwa nilai sumber daya yang terikat di TPA kini mendekati tingkat sedemikian rupa sehingga LFM mungkin terjadi dimasa depan (Greedy, 2016).

Dalam sebuah studi kasus berpendapat bahwa dalam Analisis Mengenai Dampak Lingkungan atau (AMDAL) dari proyek ELFM harus memiliki cakupan dan waktu yang luas. Perspektif sistem diperlukan, dampak negatif lokal harus dievaluasi bukan hanya terhadap dampak lingkungan lokal yang positif tetapi juga dampak di luar lokasi. AMDAL masa depan harus memiliki cakupan yang luas baik secara spasial maupun pada waktunya, sehingga secara realistis mengevaluasi banyak efek lokal dan off-site yang positif terhadap potensi efek negatif jangka pendek lokal pada ukuran dan kualitas habitat (Jones, *et al.* 2013).

Menurut penelitian banyak sekali aspek yang perlu diperhatikan dalam pengolahan landfill mendatang, fokus *landfill mining* dimasa depan ada pada evaluasi, pemilahan, adaptasi dan pengembangan nilai ekonomi yang sesuai, nilai ekonomi tentunya menjadi penting juga, harusnya manfaat ekonomi yang

dihasilkan harus lebih besar dari pada biayanya, dalam proyek *landfill mining* potensi sumber yang teoritis, batasan kualitas, jenis daur ulang dan resiko dalam proses harus masuk akal secara ekonomi dan ditinjau melalui landasan teoritis dan ilmiah. Kendala yang bisa saja terjadi dari ketidak pastian legislatif atau hukum yang berlaku, status limbah tambang terkait dengan pajak TPA dan sebagainya serta ancaman pada realisasi *landfill mining* (Greedy. 2016). Di masa depan akan fokus dalam kelayakan ekonomi dari dekonstruksi TPA dan penghematan biaya di masa depan, hal-hal yang dicapai melalui penambangan TPA juga harus dimasukkan kedalam pertimbangan, ini termasuk pembersihan situs TPA yang tidak lagi diperlukan di masa depan dan pengaturan bebas dari sekuritas keuangan yang diberikan (Hermann, *et al.* 2014).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Identifikasi perkembangan penelitian terkait sampel jurnal *landfill mining* telah mengalami perubahan sejak satu dekade lalu. Studi literatur yang dilakukan mengacu pada 63 jurnal, yang menunjukkan kondisi penelitian *landfill mining* dalam kondisi stabil. Pada tahun 2011 dan 2017 mengalami penurunan penelitian yang bisa saja disebabkan karena informasi terkait *landfill mining* masih banyak menggunakan studi kasus dari penelitian sebelumnya. Perkembangan *landfill mining* telah menyebar secara global, mulai dari bagian Timur tengah (Kuwait, Sharjah), Asia (Cina, Indonesia, India), Amerika (Florida, Amerika Serikat) dan Eropa (Jerman, Italia, Swiss, Belgia, Austria, Swedia, Finlandia, Estonia, Britania Raya). Secara keseluruhan studi kasus dan data yang didapat banyak berasal dari negara Eropa. Pembahasan perkembangan *landfill mining* secara menyeluruh membahas sumber daya yang dapat dihasilkan dari limbah *landfill mining* tersebut, yang biasanya dijadikan energi terbarukan seperti RDF.
2. Isu yang dibahas pada penerapan *landfill mining* diantaranya komposisi, teknologi, ekonomi, konseptual dan realisasi. Pembahasan konseptual merupakan topik yang paling tinggi diantara topik lainnya, karena dalam konseptual merupakan pembahasan konsep rencana secara umum dan metode yang digunakan dalam kegiatan *landfill mining*. Berdasarkan isu realisasi di Indonesia telah menerapkannya di beberapa TPA seperti di TPA Cipayung, TPA Bantargebang, TPA Benowo, dan TPA Cikundul. pembahasan terkait kebijakan terkait pelaksanaan *landfill mining*. Isu komposisi yaitu limbah yang dihasilkan cenderung ke tanah yang kemungkinan dihasilkan dari banyaknya hasil limbah organik, teknologi yang dibahas cenderung ke pirolisis dari beberapa teknologi lainnya seperti insenerasi, gasifikasi plasma dan RDF, untuk ekonomi membahas biaya penambangan dan keuntungan yang mana dengan biaya yang cukup tinggi masih dapat menghasilkan keuntungan di pengolahannya.

3. Tantangan yang ada pada *landfill mining* di masa depan dilihat dari potensi limbah yang dapat menjadi sumber daya yang baru, hambatan dari segi kebijakan, kondisi lingkungan dan kelayakan ekonomi dari proses *landfill mining*.

5.2 Saran

Saran penelitian selanjutnya, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan perbandingan dan referensi untuk penelitian, dan dengan adanya penelitian ini dapat menjadikan konsep *landfill mining* sebagai alternatif atau ide dalam permasalahan TPA, baik dalam permasalahan lahan maupun dalam sumber energi. Sehingga menemukan pengelolaan TPA dengan perkembangan teknologi yang lebih maju dan semua jenis sampah dapat terolah dengan baik. Agar proses *landfill mining* ini dianggap layak di masa akan datang manfaat ekonomi yang dimiliki harus lebih besar dibanding biaya proses *landfill mining* karena proses ini membutuhkan biaya yang besar dalam prosesnya dan waktu yang lama. Perencanaan ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk memperpanjang umur TPA pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Julieth Ana, et al. (2019). Landfill mining as a strategic tool towards global sustainable development. *Journals of cleaner production.*, 1102-1115.
- Kaartinen Tommi, et al. (2013). Case study on sampling, processing and characterization of landfilled municipal solid waste in the view of landfill mining. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-11.
- Passel steven, et al. (2013). The economics of enhanced landfill mining: private and societal performance drivers. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-11.
- Quaghebeur Mieke, et al. (2013). Characterization of landfilled materials: screening of the enhanced landfill mining potential. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-12.
- Tommi kaartinen dkk. (2013). Case study on sampling, processing and characterization of landfilled. *Journal of Cleaner Production*, 55-56.
- Torres joao paulo machado,dkk. (2013). Landfill mining from a deposit of the chlorine/organochlorine industry as source of dioxin contamination of animal feed and assessment of the responsible processes. *Environ sci pollut res, vol 20:1958-1965*, hal 1-8.
- Winterstetter Andrea. (2015). Framework for the evaluation of anthropogenic resources: A landfill mining case study – Resource or reserve? *Resources, Conservation and Recycling*, hal 1-12.
- Al-salem SM, et al. (2020). Thermal degradation kinetics of real-life reclaimed plastic solid waste (PSW) from an active landfill site: The mining of an unsanitary arid. *Ain Shams Engineering Journal*, hal 1-11.
- B.Clayton. (2008). Natural gas cars:CNG fuel almost free in some parts of the country.
- Bhatnagar Amit, et al. (2012). CLOSING THE LIFE CYCLE OF LANDFILLS - LANDFILL MINING IN THE BALTIC SEA REGION FOR FUTURE. hal 1-16.
- Bosmans, et al. (2013). The crucial role of Waste-to-Energy technologies in enhanced landfill mining: a technology review. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-14.
- Canopoli L, et al. (2018). Physico-chemical properties of excavated plastic from landfill mining and current recycling routes. *Waste management*, hal 1-13.
- Cappucci Grazia, et al. (2020). Environmental life cycle assessment of the recycling processes of waste plastics recovered by landfill mining. *Waste Management*, hal 1-11.
- Damgaard. (2007). life cycle assesment of waste incenerator-The significance of

- intcreasing air polution control on the envaironmental. *proceedings of sardinia*.
- Danthurebandara Maheshi, e. a. (2015). Assessment of environmental and economic feasibility of Enhanced Landfill Mining. *Waste Management*, hal 1-14.
- Danthurebandara Maheshi,et al. (2015). Environmental and economic performance of plasma gasification in Enhanced Landfill Mining. *Waste management*, hal 1-10.
- Department of environmental protection Florida. (2011). GUIDANCE FOR DISTURBANCE AND USE OF OLD CLOSED LANDFILLS OR WASTE DISPOSAL AREAS IN FLORIDA. *Department of Environmental Protection Solid Waste Section, vol 2.1*, hal 1-36.
- E.E.Agbenyeku, et al. (2016). Buffering efficacy and interaction of minerals in clayey soil with contaminants from landfillingand mining activities: A bird-eye view. *South African Journal of Chemical Engineering*, hal 1-9.
- Einhaupl Paul, et al. (2019). Eliciting stakeholder needs – An anticipatory approach assessing enhanced landfill mining. *Waste Management*, hal 1-13.
- Fisher richard, et al. (2013). ISWA landfill working group key issue paper:Landfill mining. hal 4-7.
- Frandegard Per, et al. (2012). A novel approach for environmental evaluation of landfill mining. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-11.
- Frandegard Per, et al. (2013). Resource and Climate Implications of Landfill Mining A Case Study of Sweden. *RESEARCH AND ANALYSIS*, hal 1-14.
- Franke, M. (2011). Resource potential of landfill mining- A national dan regional evaluation. 1-14.
- Gaitanarou Zoi, et al. (2014). Landfill Mining: An empirical review on past and state-of-the-art applications. hal 1-4.
- Geysen, et al. (2009). Enhanced landfill mining a future persfective for landfilling. *proceedings of twelfth international waste mangagement and landfill symposium*.
- Gusca Julija, et al. (2015). Life cycle assessment of landfill mining project . *Energy Procedia* , Hal 1-7.
- Hardiatmi. (2011). Pendukung Keberhasilan Pengelolaan Sampah Kota. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 50-66.
- Hermann Robert, et al. (2014). Landfill mining in Austria: Foundations for an integrated ecological and economic assessment. *Waste management and research.*, hal 1-12.
- Hijrah P, et al. (2016). IDENTIFIKASI POTENSI KOMPOS PADA PADAT TERDEGRADASI SAMPAH DI TPA PIYUNGAN TPA BANTUL YOGYAKARTA SEBAGAI LANGKAH OPTIMASI PENGELOLAAN TPA

- DENGAN MENGGUNAKAN METODE PERTAMBANGAN TPA. *Fourth International Conference on Sustainable Built Environmental*, hal 1-9.
- Holzle Ingo. (2018). Analysing material flows of landfill mining in a regional context. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-12.
- J.Purwani. (2018). Remediasi tanah dengan menggunakan tanaman akumulator logam berat akar wangi. *Balai penelitian tanah*, hal 287-289.
- Jagodzinska katarzyna, et al. (2020). Pyrolysis of excavated waste from landfill mining: Characterisation of the process products. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-10.
- Johansson Nils, et al. (2013). An integrated review of concepts and initiatives for mining the technosphere: towards a new taxonomy. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-10.
- Johansson.N, Krook.J, Eklund.M. (2017). The institutional capacity for a resource transition—A critical review of Swedish governmental commissions on landfill mining. *Environmental Science & Policy*, hal 1-8.
- Jones peter, et al. (2013). Enhanced Landfill Mining in view of multiple resource recovery:a critical review. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-11.
- Koestomo.C. Andreas . (2010). Pengelolaan sampah . *Acamedia*, hal 1-31.
- Krook Joakim, Baas Leenard. (2013). Getting serious about mining the technosphere: a review of recent landfill mining and urban mining research. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-9.
- Krook joakim, et al. (2013). Resource and Climate Implications of landfill mining a case study of sweden. hal 1-14.
- Krook joakim, et al. (2014). POTENTIAL AND CONDITIONS FOR MINING THE TECHNOSPHERE. *Environmental Technology and Managemen*, hal 1-18.
- Krook, e. a. (2011). Urban Mining : hibernate copper stocks in the local power grid. *Journal of cleaner production*, 19, 1052-1056.
- krook, J. d. (2012). Landfill mining:Review of two decades research. *waste handling*, 32.
- Laner David, et al. (2019). Systematic assessment of critical factors for the economic performance of landfill mining in Europe:What drivers the economy of landfill mining? *Waste Management*, hal1-13.
- Lerpiniere david, et al. (2013). Landfill Mining - A Feasibility Study for Scotland. hal 1-10.
- Marella, Raga, et al. (2014). Use of the Contingent Valuation Method in the assessment of a landfill mining project. *Waste Management*, hal 1-7.
- Masi S, et al. (2014). Assessment of the possible reuse of MSW coming from landfill

- mining of old open dumpsites. *Waste Management*, hal 1-9.
- Mieke Quaghebeur,dkk. (2013). Characterization of landfilled materials: screening of the enhanced. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-12.
- Monkare Tiina, et al. (2015). Stabilization of fine fraction from landfill mining in anaerobic and aerobic laboratory leach bed reactors. *Waste Management*, Hal 1-8.
- Mulasari, S. (2012). Hubungan tingkat pemgetahuan dan sikap terhadap perilaku masyarakat dalam mengelola sampah di susun padukuhan desa sidokarto kecamatan godean kabupaten sleman yogyakarta. *Jurnal Kesmas*, vol 6, 204-211.
- Nadiasa, e. a. (2009). Manjagemen pengangkutan sampah di kota amlapura. *Jurnal ilmiah teknik sipil*, 2.
- Oktodiazander, e. a. (2014). Pemanfaatan zona non aktif TPA Banyuurip Kota Magelang. hal 5.
- Parrodi Hernandez, et al. (2018). CHARACTERIZATION OF FINE FRACTIONS FROM LANDFILL MINING: A REVIEW OF PREVIOUS INVESTIGATIONS. *Multidisciplinary journal for waste resources and residues*, 1-17.
- Parrodi, et al. (2019). Integration of resource recovery into current waste management through (Enhanced) landfill mining. hal 1-17.
- Raga Roberto, et al. (2015). Landfill aeration for emission control before and during landfill mining. *Waste Management*, Hal 1-10.
- Rotheut Martin, Quicker Peter. (2017). Energetic utilisation of refuse derived fuels from landfill mining. *Waste management*, hal 1-17.
- Sahil. (2016). Sistem Pengelolaan dan Upaya Penanggulangan Sampah di Kelurahan Dufa-Dufa Kota Ternate. *Jurnal Bioedukasi*, 4, hal 2.
- Savage, et al. (1993). Landfill mining:past and present. *Biocycle*, 58-61.
- Tamara rachim. (2017). LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) PENGOLAHAN SAMPAH SECARA TERMAL (STUDI KASUS: TPA BENOWO, KOTA SURABAYA). *Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, hal 64-127.
- Torres Joao, et al. (2013). Landfill mining from a deposit of the chlorine/organochlorine industry as source of dioxin contamination of animal feed and assessment of the responsible processes. *11TH FORUM OF THE INTERNATIONAL HCH AND PESTICIDE ASSOCIATION*, Hal 1-8.
- Wagner travis, Raymond tom. (2015). Landfill mining: Case study of a successful metals recovery project. *Waste management*, hal 1-10.
- Wahyono Sri,dkk. (2019). Studi karakterisasi sampah landfill dan potensi pemanfaatannya. *Pusat teknologi lingkungan,Badan pengkajian dan penerqapan teknologi*, 181-

- Wahyono, S. (2012). Enhanced Landfill Mining : Konsep Baru Pengelolaan Landfill Berkelanjutan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol 13, hal 239.
- Wahyono, S., Sahwan, F., Suryanto, F., Febriyanto, I., Nugroho, R., & Hanif, M. (2019). Studi Karakterisasi Sampah Landfill dan Potensi Pemanfaatannya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20, 179-188.
- Wanka Sebastian dkk. (2016). Landfill Mining - Wet mechanical treatment of fine MSW with a wet jigger. *Waste management*, hal 1-8.
- Weng Yu, et al. (2015). Management of landfill reclamation with regard to biodiversity preservation, global warming mitigation and landfill mining: Experiences from the Asia-Pacific region. *Journal of Cleaner Production*, Hal 1-26.
- Williams.P. (2005). Waste treatment and disposal. *second edition*.
- Wilya S. (2020). EFEKTIVITAS PENGELOLAAN SAMPAH SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK DI TPA BENOWO KOTA SURABAYA. *Jurnal Administrasi Publik*, Hal 1-19.
- Winahyu, D., Hartoyo, S., & Syaukat, Y. (2013). Strategi Pengelolaan Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir Bantargebang, Bekasi. *Jurnal Manajemen Pembangunan Daerah*, vol 5, hal 1.
- Winterstetter Andrea, et al. (2015). Framework for the evaluation of anthropogenic resources: A landfill mining case study – Resource or reserve? *Resources, Conservation and Recycling*, Hal 1-12.
- Yi Sora. (2019). Resource recovery potentials by landfill mining and reclamation in South Korea. *Journal of Environmental Management*, hal 1-8.
- Zhou Chuanbin, et al. (2014). Characteristics and the recovery potential of plastic wastes obtained from landfill mining. *Journal of Cleaner Production*, hal 1-7.
- Zhou Chuanbin, et al. (2015). A cost-benefit analysis of landfill mining and material recycling in China. *Waste management*, hal 1-8.