

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pengelolaan sampah perkotaan menjadi tantangan besar bagi banyak kota-kota di negara berkembang (Mani dan Singh, 2016). Jutaan sampah dihasilkan setiap hari membutuhkan pengumpulan, pemilahan, pengolahan dan pemrosesa akhir yang menghasilkan gas-gas yang sangat beracun. Sebagian besar sampah yang dihasilkan, hanya dipindahkan dibuang terbuka ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), bahkan dengan pembakaran. Sebagian pembuangan merupakan daerah-daerah dataran rendah diluar kota, tanpa tindakan teknis yang disyaratkan sehingga menyebabkan masalah kesehatan dan pencemaran lingkungan (Sudibyso et. al, 2017; Lino dan Ismail, 2013). Pengolahan konvensional ini terbentur ketersediaan ruang yang terbatas, peraturan, anggaran, dan infrastruktur sehingga tidak dapat menyelesaikan masalah pengelolaan sampah (Ibrahim dan Mohamed, 2016; Dong, Trang T.T., 2009; Narayana, T. 2009)

Timbulan sampah yang besar membuat sektor publik tidak dapat menyediakan layanan yang efektif (Ibrahim dan Mohamed, 2016). Padahal, timbulan sampah akan terus meningkat terutama disebabkan pertumbuhan penduduk, perubahan kebiasaan konsumsi, pola pembangunan masyarakat, dan urbanisasi. Sampah perkotaan menjadi residu dengan volume terbesar di dunia. Kondisi ini menunjukkan kebutuhan pengelolaan sampah dengan teknologi baru dan ramah lingkungan semakin meningkat (Leme et al., 2014). Teknologi pemrosesan sampah yang memadai tidak hanya mengurangi dampak lingkungan namun juga mengurangi emisi GRK dan menghemat penggunaan energi fosil serta mitigasi perubahan iklim (Wang et al., 2015). Untuk merespon kebutuhan tersebut, pengelola TPA cenderung menggunakan teknologi modern untuk menjawab kebutuhan masyarakat, pemerintah, dan investor (Fetanat et al, 2019).

Sementara itu, permintaan dunia terhadap energi terbarukan diperkirakan meningkat antara enam sampai dengan tujuh kali lipat pada satu decade ke depan (Dudley, 2019). Di Indonesia, produksi energi baru terbarukan perlu ditingkatkan untuk mencapai target bauran EBT sebesar 23% pada tahun 2025 (RUEN, 2018). Sampah perkotaan dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan bauran EBT. Proses *waste to energy* (WtE) dapat memulihkan energi dari sampah perkotaan (Lokahita, Samudro, dan Baskoro, 2018). Pemulihan energi dari sampah dapat meningkatkan produksi sekaligus menurunkan emisi GRK. WtE di New South Wales Australia

misalnya, dapat menghasilkan energi 4.165 GWh/tahun atau 5,9% dari kapasitas pembangkit terpasang (Dastjerdi, 2019).

Kenyataan ini membuat WtE menjadi trend baru dalam modernisasi pengelolaan sampah karena dapat menyelesaikan masalah sampah dan kelangkaan energi (Byun et al., 2011). Proses WtE merupakan proses pemulihan energi dari limbah melalui pembakaran langsung (insinerasi, pirolisis, dan gasifikasi), atau dengan produksi bahan bakar dalam bentuk metan, hidrogen, dan bahan bakar sintetik lainnya (Lokahita et al., 2018). Aplikasi teknologi ini tergantung pada faktor-faktor pendorong lokal, regional, and national baik untuk pengelolaan sampah maupun pemulihan energi (Lino dan Ismail, 2013). Pemanfaatan sampah menjadi energi alternatif dapat menjawab kelangkaan energi akibat dari menurunnya cadangan energi fosil. Apalagi Permintaan global terhadap energi terbarukan diperkirakan meningkat antara enam sampai dengan tujuh kali lipat pada satu decade ke depan (Dudley, 2019). Pengelolaan sampah menjadi energi di beberapa kasus menunjukkan kontribusi yang signifikan. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan sampah perkotaan sangat potensial untuk bahan baku Refuse Derived Fuels (RDF) (Dianda, P., Mahidin dan Munawar, 2017; Srisaeng, N., Tippayawong, N., dan Tippayawong, KY, 2017; Hutabarat et al., 2018; Sembiring et. al, 2018; Andrianingsih et.al.; 2018). Penelitian-penelitian ini mengkaji potensi pemanfaatan sampah perkotaan menjadi RDF tanpa melalui pengurangan sampah untuk daur ulang. Hasilnya, nilai kalor sampah masih mencapai antara 5.000-6.000 kcal/kg. Beberapa penelitian di Eropa dan Kanada menunjukkan sampah sisa pabrik daur ulang masih memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai RDF (Kara, 2012; Reza et.al., 2013; Bras et.al, 2017).

Produksi RDF dapat menjadi alternatif pengganti energi fosil konvensional baik untuk untuk bahan bakar pengganti maupun pelengkap di beberapa sektor industri (R. Sarc, 2013). Penggunaan RDF di industri semen yang karena skalanya, dapat menghemat bahan bakar dan menurunkan emisi GRK. Keuntungan lain penggunaan RDF adalah harga produksinya yang relatif murah dan kandungan energinya yang cukup tinggi (Hilber, T. et al., 2007). Kandungan energi ini diperoleh dari kandungan plastik, kertas, tekstil, kayu dan bahan organik lainnya (Pohl, M., Gebauer, K., & Beckmann, M., 2008; Garg, A. et al, 2007). Namun hal ini dapat menjadi konflik antara pemulihan energi dan pemulihan bahan daur ulang. Apalagi, sistem pengelolaan saat ini yang banyak melibatkan sektor informal dan pemulung untuk mengambil fraksi sampah daur ulang. Operasional teknologi modern termasuk RDF berpotensi menghilangkan penghidupan pemulung yang mengambil fraksi sampah daur ulang (Hartmann, 2018). Pengutamaan daur ulang

sebelum pemulihan energi selaras dengan rekomendasi kebijakan pengelolaan sampah (Malinauskaite et al., 2017; RI, 2008). Namun pemulihan sampah untuk energi sekaligus daur ulang berisiko menurunkan kandungan kalor. Selain kalor, RDF harus memenuhi parameter-parameter lain seperti kandungan plastik, kandungan organik, dan parameter lainnya sehingga membutuhkan pra-pengolahan yang kompleks (Rotter et al., 2004; Zao et. al., 2016). Dengan risiko penurunan kandungan kalor dan parameter lainnya, formulasi komposisi sampah dapat menjadi pintu masuk untuk memperoleh nilai optimal pemulihan energi dan daur ulang. Penelitian ini dimaksudkan untuk membuat formulasi komposisi sampah sehingga diketahui fraksi dan jumlah yang dapat dipulihkan untuk energi dan untuk daur ulang.

I.2 Perumusan Masalah

Pengolahan sampah menjadi RDF secara khusus dan pengolahan termal secara umum memanfaatkan sampah untuk dikonversi menjadi panas. Beberapa jenis sampah memiliki kandungan kalor yang tinggi sehingga potensial dijadikan bahan bakar. Di sisi lain beberapa jenis sampah memiliki nilai ekonomi tinggi sebagai bahan baku industri daur ulang. Pengolahan sampah menjadi RDF secara keseluruhan dapat mengganggu industri daur ulang sementara itu pengambilan bahan daur ulang dapat mengganggu pemenuhan parameter-parameter RDF. Apabila parameter RDF tidak terpenuhi maka sampah yang tidak layak daur ulang akan menjadi residu dan dapat menyebabkan TPA cepat penuh.

Untuk mencari solusi yang menguntungkan dua kepentingan, energi dan daur ulang, penelitian ini akan mengembangkan formula mengenai jumlah dan komposisi sampah untuk menghasilkan nilai yang optimal untuk pemulihan energi dan bahan daur ulang. Dengan formulasi ini diharapkan pemanfaatan bahan daur ulang dapat terus berjalan sementara pengolahan sampah menjadi RDF dapat memenuhi parameter-parameter sesuai standard dan permintaan pengguna (*off-taker*).

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan memformulasikan komposisi sampah (jenis dan jumlahnya) untuk produksi RDF dan daur ulang yang optimal sehingga memperoleh nilai ekonomi yang tinggi dan mengurangi sampah yang diproses di TPA. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menganalisis nilai ekonomi setiap jenis sampah untuk menentukan pengolahan yang sesuai, dengan menggunakan data komposisi yang rinci. Jenis sampah yang nilai ekonomi daur ulangnya lebih tinggi dibanding nilai ekonomi energinya, diproses untuk daur ulang. Demikian pula sebaliknya. Jenis sampah yang memiliki nilai ekonomi daur ulang dan energi yang serupa akan diatur menurut skenario tertentu;
2. Menentukan skenario-skenario pengolahan dan menghitung nilai ekonomi jenis-jenis sampah yang memiliki nilai ekonomi energi dan daur ulang yang setara,
3. Menganalisa kelayakan produksi RDF dengan membandingkan parameter-parameter pada standar yang berlaku.

I.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini berkontribusi pada proses operasional TPST dengan produksi RDF dalam menentukan skenario pemrosesan sampah perkotaan untuk memperoleh nilai ekonomi dan lingkungan yang optimal. Nilai ekonomi diperoleh dari pemulihan energi dan bahan daur ulang sedangkan nilai lingkungan diperoleh dari jumlah sampah yang diproses di TPA. Dengan menggunakan formulasi komposisi sampah yang diusulkan maka pengolahan sampah perkotaan memperoleh nilai ekonomi yang tinggi dan pemrosesan sampah di TPA yang kecil. Penelitian ini akan memberi manfaat kepada:

1. Operator TPST dapat menentukan strategi pemrosesan sampah perkotaan yang optimal;
2. Pelaku daur ulang dapat memanfaatkan sampah dan terlibat dalam pemrosesan sampah perkotaan;
3. Pengguna RDF dapat memperoleh kualitas RDF yang baik: nilai kalor tinggi dan memenuhi parameter-parameter yang lain; dan
4. Pemerintah kota dan masyarakat dapat menghemat biaya pengelolaan sampah dan memperoleh kualitas lingkungan lebih baik.

I.5 Originalitas Penelitian

Penelitian tentang kualitas RDF dari sampah perkotaan telah banyak dilakukan namun perbandingan antara nilai ekonomi pemanfaatan sampah untuk energi dan bahan baku daur ulang

belum banyak diketahui di Indonesia. Ringkasan penelitian sebelumnya terkait dengan pengelolaan kualitas RDF dari sampah perkotaan dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti/tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Mustafa Kara (2012)	Environmental and Economic Advantages Associated with the Use of RDF in Cement Kiln	Studi ini meneliti potensi pemanfaatan sampah yang tidak dapat didaur ulang untuk produksi RDF. Hasilnya, potensi pemanfaatan RDF tinggi. Penggunaan RDF sebesar 15% untuk substitusi bahan bakar tidak memberikan efek negatif pada klinker. Penggunaan RDF dapat menghemat keuangan industri dan menurunkan emisi GRK.
2.	Renato Sarc dan Lorber (2013)	Production, quality, and quality assurance of Refuse Derived Fuels (RDFs)	Produksi RDF berkualitas tinggi (nilai kalor, ukuran, kandungan logam berat) membutuhkan beberapa pengolahan dan pemilahan. Pengecekan RDF di pengguna menunjukkan bahwa kualitas RDF dapat jauh berbeda meskipun dari penyedia yang sama. Hal ini mengindikasikan pemilahan tidak lebih penting dari sumber sampah. Namun pengguna RDF mengalami konflik kepentingan karena RDF kualitas tinggi harus membayar sementara RDF kualitas rendah pengguna memperoleh imbalan dari penyedia dengan risiko korosif pada tungku bakar.

No.	Peneliti/tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
3.	Bahareh Reza et al. (2013)	Environmental and Economic Aspects of Production and Utilization of RDF as Alternative Fuel in Cement Plants: A Case Study of Metro Vancouver Waste Management	Penelitian ini meneliti kelayakan produksi RDF dan mengevaluasi pemanfaatannya pada produksi semen di Vancouver. Studi menyimpulkan bahwa penggunaan RDF dibanding batubara memberi keuntungan berupa penurunan emisi GRK, asidifikasi, potensi karsinogenik, dan biaya pembuangan. Produksi RDF juga meningkatkan keuntungan ekonomi pemerintah kota, konsumen RDF dan masyarakat.
4.	Lei Zhao et al. (2016)	Characterization of Singapore RDF Resources and Analysis of Their Heating Value	Studi ini meneliti komposisi sampah untuk mengoptimalkan nilai kalor RDF di Singapura. Penggunaan sampah lama dan limbah tinja ayam menjadi strategi penggunaan material tersisa. Hasilnya komposisi 60% sampah lama di TPA dan 20% limbah ayam menunjukkan hasil stabilitas thermal dan dampak lingkungan yang baik bagi insinerator.
5.	Srisaeng, N., Tippayawong, N., dan Tippayawong, KY. (2017)	Energetic and economic feasibility of RDF to energy plant for a local Thai municipality	Studi ini menganalisa kelayakan ekonomi pemanfaatan sampah untuk RDF di Lampang Thailand dengan mempertimbangkan biaya investasi, <i>tipping fee</i> , dan harga listrik. Analisis menunjukkan bahwa, dengan mempertimbangkan opsi teknologi, pembangkit listrik 5 hingga 13 MWe memiliki pengembalian investasi yang menarik. Kapasitas daya yang lebih besar menunjukkan kinerja ekonomi yang lebih

No.	Peneliti/tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			baik, tetapi pada investasi modal awal yang sangat tinggi.
6.	Malinauskaite et al. (2017)	Municipal Solid Waste Management and Waste-to-Energy in the Context of a Circular Economy and Energy Recycling in Europe	WtE masih memiliki peran dalam pemrosesan sampah meskipun terjadi konflik dengan daur ulang. Komisi Eropa telah menetapkan definisi dan hirarki pemrosesan sampah yang menempatkan pengurangan, penggunaan kembali dan daur ulang didahulukan sebelum dilakukan pemulihan energi. Namun belum ada metode perhitungan yang jelas, jenis sampah yang didaur ulang, dikompos, dipulihkan energinya, dan diproses akhir.
7.	Bras et al (2017)	Refuse Derived Fuel from Municipal Solid Waste rejected fractions- a Case Study	Studi ini meneliti potensi pemanfaatan residu dari sampah daur ulang untuk bahan baku RDF. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai energinya tidak berbeda dengan batubara namun lebih tinggi dari kayu. Dengan hasil ini, RDF direkomendasikan untuk substitusi energi fosil, meningkatkan penghematan ekonomi dan menurunkan emisi GRK.
8.	Dianda, P., Mahidin dan Munawar (2017)	Production and characterization refuse derived fuel (RDF) from high organic and moisture contents of municipal solid waste (MSW)	Penelitian ini menguji potensi sampah dengan fraksi sampah organik dan kelembaban tinggi yang merupakan karakteristik sampah di Indonesia. Dengan mengambil sampel di Banda Aceh, penelitian ini menunjukkan bahwa produksi RDF dari sampah rumah tangga memiliki potensi energi. Nilai energi RDF lebih tinggi dibanding batubara kualitas rendah dari Nagan Raya.

No.	Peneliti/tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
9.	Sembiring, LA.; Priyambada, IB.; Samudro, G.; Lokahita, B.; Wardhana, IW.; Hadiwidodo, M.; Syafrudin (2018)	Potensi Material Sampah Combustible pada Zona II TPA Jatibarang Semarang sebagai Bahan Baku RDF	Nilai Kalor Tinggi sampel sampah TPA Jatibarang sebesar 5.690 kkal/kg pada kedalaman 0-1 m, 6.070 kkal/kg pada kedalaman 1-2 m dan 5.940 kkal/kg pada kedalaman 2-3 m. Nilai kalor tinggi yang dihasilkan sampah combustible tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah kedalaman sampah maka semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan. Sampah tersebut berpotensi sebagai bahan baku RDF
10.	Ingrid Behrsin (2020)	Controversies of justice, scale, and siting: The uneven discourse of renewability in Austrian waste-to-energy development	Studi ini menunjukkan bahwa isu ketidakadilan dalam operasionalisasi fasilitas <i>waste-to-energy</i> pada tingkat lokal dimana fasilitas dibangun. Membingkai sampah sebagai sumber energi terbarukan memberikan beberapa keuntungan termasuk subsidi produksi energi hijau dan keringanan biaya remediasi lahan. Kelompok-kelompok yang menolak WtE akan lebih efektif jika mempengaruhi pada pembuat kebijakan.

Kualitas RDF yang baik membutuhkan proses pemilahan termasuk unit operasi yang memilah dan mengklasifikasikan fraksi material sampah perkotaan. Bahan yang mengandung bahan berbahaya (misalnya mengandung Klorin, logam berat dan merkuri) dan bahan tidak terbakar akan mengurangi kualitas dan kandungan energi sehingga harus dikeluarkan (Lorber and Sarc, 2012). Semakin ketat regulasi RDF maka membutuhkan unit pengolahan awal yang kompleks dan berbiaya tinggi (Zao et al., 2016), termasuk dalam hal ini adalah menggunakan pengolahan awal secara mekanis (Rotter dan Bilitewski, 2018). Namun penelitian Sarc (2013) membuktikan bahwa pemilahan mekanis tidak menurunkan kandungan logam berat secara signifikan. Penelitian ini menunjukkan beberapa kesenjangan:

- Penelitian Malinauskaite et al. (2017) menunjukkan formulasi dan perhitungan jenis-jenis sampah yang cocok sesuai dengan teknologi pengolahan WtE. Formulasi dan perhitungan menunjukkan adanya konflik antara pemanfaatan sampah untuk energi dan daur ulang, sebagaimana penelitian Sarc dan Lorber (2013). Di lain pihak juga terdapat ketidakmampuan daur ulang dalam mengolah seluruh sampah sebagaimana dijelaskan Dasjerdi, et al. (2019). Meskipun beberapa studi telah mengkonfirmasi bahwa sampah sisa daur ulang masih dapat digunakan sebagai bahan RDF, namun belum dilakukan di Indonesia selain itu jenis-jenis sampah yang dimaksud tidak dijelaskan (Kara, 2012; Bras et al, 2017).
- Meskipun terjadi perebutan nilai ekonomi antara WtE dalam hal ini produksi RDF dan daur ulang, penelitian-penelitian yang ada belum membahas bagaimana kepentingan ekonomi produsen dan konsumen diselesaikan. Mengembangkan mekanisme *win-win solution* baik untuk produsen maupun untuk pengguna RDF menjadi penting untuk keberlanjutan produksi RDF. Keberlanjutan produksi RDF akan menjamin pengelolaan sampah yang meminimalkan residu sekaligus menjamin ketertarikan konsumen terhadap keekonomian pemanfaatan RDF.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

