

Original Research Paper

**Penerapan Teknologi *Waste to Energy* (WTE) Pada Rencana Pembangunan
Intermediate Treatment Facility (ITF) Sunter Jakarta Utara
(Dalam Kaitannya Terhadap Penanganan Permasalahan Sampah di Provinsi DKI Jakarta
Menuju Pembangunan yang Berkelanjutan)**

Fahmi Hermawan

Unit Pengelola Sampah Terpadu, Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta

Korespondensi:

e-mail: abaykmy@gmail.com

Abstrak

Masalah pengolahan sampah berkaitan erat dengan Pembangunan berkelanjutan yang disepakati sebagai pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengorbankan hak pemenuhan kebutuhan-kebutuhan generasi yang akan datang. Konsep keberlanjutan mengandung dua dimensi yaitu dimensi waktu, karena keberlanjutan pasti menyangkut apa yang terjadi di masa mendatang, dan kedua adalah dimensi interaksi antara sistem ekonomi, sistem sumber daya alam dan lingkungan. Di dalamnya terkandung dua gagasan penting, yaitu gagasan kebutuhan esensial untuk memberlanjutkan kehidupan manusia dan gagasan keterbatasan yang bersumber pada kondisi teknologi dan organisasi sosial terhadap kemampuan lingkungan untuk memenuhi kebutuhan masa kini dan masa depan. Pembangunan berkelanjutan juga sering dijabarkan dengan perbaikan kualitas hidup yang disesuaikan dengan daya dukung lingkungan (*carrying capacity*). Secara umum, keberlanjutan diartikan sebagai *continuing with out lessening* yang berarti melanjutkan aktivitas tanpa mengurangi. Pembangunan berkelanjutan dapat dimaknai sebagai pembangunan yang mampu mempertahankan terjadinya pembangunan itu sendiri menjadi tidak terbatas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari potensi limbah sampah yang akan dikonversi menjadi energi listrik (*waste to energy*) sebagai implementasi pembangunan yang berkelanjutan khususnya dalam bidang persampahan dan kelestarian lingkungan hidup. Target kapasitas rencana pengolahan sampah pada Pembangkit Listrik Biomassa (PLTBiomassa) adalah sebesar minimal 20 MW

yang berlokasi di tempat pengolahan sampah/*Intermediate Treatment Facility (ITF)* Sunter Jakarta Utara. Penelitian ini difokuskan pada jenis limbah padat yang berasal dari sampah rumah tangga di Provinsi DKI Jakarta (khususnya sampah yang berasal dari wilayah Jakarta Pusat dan Jakarta Utara). Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah dengan menghitung jumlah sampah berdasarkan komposisi sampah dan menemukan potensi daya listrik yang dapat dikonversi melalui proses konversi termokimia dan biokimia. Jumlah sampah yang dikonversi menjadi energi listrik diperkirakan dapat memenuhi target daya listrik 20 MW. Potensi kapasitas daya listrik yang dihasilkan dari pengolahan sampah (yang berasal dari Jakarta Pusat dan Jakarta Utara) sebesar 2.110,69 Ton/hari adalah 41.580,61 kW dengan 19.230,99 kW untuk sistem termokimia (teknologi gasifikasi) dan 5.604,42 kW untuk sistem biokimia (*anaerobic digestion*).

Kata kunci - Waste to Energy (WTE); Intermediate Treatment Facility (ITF); Sampah; Provinsi DKI Jakarta

1. Pendahuluan

Permasalahan pengolahan sampah berkaitan erat dengan Pembangunan berkelanjutan yang disepakati sebagai pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengorbankan hak pemenuhan kebutuhan-kebutuhan generasi yang akan datang. Di dalamnya terkandung dua gagasan penting, yaitu gagasan kebutuhan esensial untuk memberlanjatkan kehidupan manusia dan gagasan keterbatasan yang bersumber pada kondisi teknologi dan organisasi sosial terhadap kemampuan lingkungan untuk memenuhi kebutuhan masa kini dan masa depan (*World Commision on Enviroment and Development (WECD)*, 1987).

Pembangunan Berkelanjutan

Konsep pembangunan berkelanjutan telah menjadi konsep yang populer dan fokus dunia internasional sejak dipertegasnya pendekatan ini pada KTT Bumi di Rio de Jenairo pada tahun 1992. Konsep pembangunan berkelanjutan bukanlah merupakan pemikiran yang baru. Konsep keberlanjutan merupakan konsep yang sederhana, namun kompleks sehingga pengertian keberlanjutan sangat

multidimensi dan multi interpretasi (Fauzi, 2009). Konsep keberlanjutan mengandung dua dimensi yaitu dimensi waktu, karena keberlanjutan pasti menyangkut apa yang terjadi di masa mendatang, dan kedua adalah dimensi interaksi antara sistem ekonomi dan sistem sumber daya alam dan lingkungan.

Konsep keberlanjutan pada sisi yang berbeda yaitu melihat dari pengertian statik dan dinamik (Pezzey, 1992). Keberlanjutan statik diartikan sebagai pemanfaatan sumber daya alam terbarukan dengan laju teknologi yang konstan, sementara keberlanjutan dinamik diartikan sebagai pemanfaatan sumber daya yang tidak terbarukan dengan tingkat teknologi yang terus berubah. Karena adanya multi dimensi dan multi interpretasi, maka terdapat dua hal yang secara implisit menjadi perhatian, yaitu yang menyangkut pentingnya memperhatikan kendala sumber daya alam dan lingkungan terhadap pola pembangunan dan konsumsi, dan yang menyangkut perhatian terhadap kesejahteraan generasi mendatang.

Pembangunan berkelanjutan juga sering dijabarkan dengan perbaikan kualitas hidup yang disesuaikan dengan daya dukung lingkungan (*carrying capacity*). Secara umum, keberlanjutan diartikan sebagai *continuing without lessening* yang berarti melanjutkan aktivitas tanpa mengurangi. Pembangunan berkelanjutan dapat dimaknai sebagai pembangunan yang mampu mempertahankan terjadinya pembangunan itu sendiri menjadi tidak terbatas (Moldan dan Dahl, 2007). Pemikiran tentang dimensi terus mengalami perkembangan, yang paling mengemuka dan dipergunakan oleh banyak pihak adalah pembangunan berkelanjutan yang mengusung tiga dimensi, ekonomi, sosial, dan lingkungan. Walaupun mengusung dimensi yang sama, pandangan tentang keterkaitan antar ketiga dimensi tersebut ternyata juga cukup bervariasi (Stanner dkk, 2009) dan (Tusianti, 2013).

Namun demikian, pembangunan berkelanjutan sering menjadi konsep yang *elusive*, walaupun sudah menjadi jargon pembangunan di seluruh dunia (Fauzi, 2007). Masih belum ada ukuran yang pasti tentang tingkat keberlanjutan sebuah pembangunan. Indikator-indikator yang dipakai selama ini masih bersifat parsial

dan terpisah-pisah, dan masih banyak ruang yang sangat luas untuk mendiskusikan apa ukuran yang dapat dipergunakan untuk menyatakan tingkat keberlanjutan suatu pembangunan.

Penerapan konsep, prinsip, dan tujuan pembangunan berkelanjutan dalam pembangunan secara luas dapat dilakukan dengan menetapkan kaidah-kaidahnya (Djajadiningrat, 1992):

1. Pemerataan dan keadilan (*equity and justice*).
2. Pendekatan integratif (*integratif approach*).
3. Perspektif jangka panjang (*long term perspective*).
4. Keberlanjutan ekonomi (*economic sustainability*).
5. Keberlanjutan sosial budaya (*social cultural sustainability*).
6. Keberlanjutan sosial budaya (*social cultural sustainability*).
7. Keberlanjutan politik (*political sustainability*).
8. Keberlanjutan pertahanan dan keamanan (*defense and security sustainability*).

Permasalahan sampah sangat kompleks dari mencari lokasi penimbunan sampah yang selalu menimbulkan penolakan dari masyarakat, hingga teknologi yang akan digunakan untuk mengolah sampah tersebut. Pada dasarnya ada dua alternatif proses pengolahan sampah menjadi energi, yaitu proses biologis yang menghasilkan gas-biogas dan proses thermal yang menghasilkan steam. Teknik pengelolaan sampah di kota-kota di Indonesia masih dilakukan secara konvensional, yaitu metode open dumping dan timbunan (*sanitary landfill*) pada prakteknya pengelolaan sampah menimbulkan beberapa permasalahan. Kebutuhan lahan TPA yang cepat meningkat akibat tidak dilakukannya proses reduksi volume sampah secara efektif. Berbagai permasalahan lingkungan dan kesehatan, mulai dari yang teringan seperti bau yang menyengat hingga potensi sebaran penyakit di daerah sekitar TPA. Teknik reduksi konvensional dengan cara dibakar langsung memberikan dampak buruk ke atmosfer berupa polusi gas-gas rumah kaca dan gas beracun lainnya.

4

Persampahan merupakan isu penting dalam masalah lingkungan perkotaan yang dihadapi peningkatan pendapatan Pemerintah Daerah yang sepadan untuk

pengelolaan sampah kota. Sampah adalah bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pemakaian barang rusak atau bercacat (Astriani, 2009). Pengolahan sampah adalah perlakuan terhadap sampah yang bertujuan memperkecil atau menghilangkan masalah-masalah yang berkaitan dengan lingkungan (Azwar, 1990). Dalam ilmu kesehatan lingkungan, suatu pengolahan sampah dianggap baik jika sampah yang diolah tidak menjadi tempat perkembangbiakan bibit penyakit serta tidak menjadi perantara penyebarluasan suatu penyakit. Syarat lain yang harus dipenuhi adalah tidak mencemari udara, air, atau tanah, tidak menimbulkan bau, dan tidak menimbulkan kebakaran.

Dalam pengelolaan sampah terdapat faktor-faktor sosial masyarakat yang mempengaruhi partisipasi masyarakat. Faktor-faktor sosial masyarakat yang mempengaruhi pengelolaan sampah adalah faktor umur, pendidikan, tingkat pendapatan, pekerjaan, dan jumlah anggota rumah keluarga (Yuliani dkk., 2012). Semakin tinggi pendidikan dan penghasilan masyarakat maka semakin tinggi pula tingkat kesadaran masyarakat terhadap pentingnya kebersihan lingkungan. Tingkat pendidikan, tingkat pendapatan keluarga, perilaku terhadap kebersihan lingkungan, pengetahuan tentang peraturan persampahan, dan kesediaan membayar retribusi sampah berkorelasi positif dengan cara pengelolaan sampah rumah tangga (Riswan, 2011).

Masalah pengolahan sampah berkaitan erat dengan teknologi yang digunakan. Berdasarkan hasil analisis *Multidimensional Scaling* (MDS) menghasilkan jenis pengolahan sampah terpadu berbasis masyarakat yaitu komposting dan daur ulang kertas (Yogiesti dkk., 2010). Berdasarkan hasil analisis menyatakan bahwa baik dengan sistem dinamis maupun dengan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *benefit cost ratio* (B/C), maka pengelolaan sampah di DKI Jakarta perlu dilakukan secara bertahap, pertama adalah dengan pengomposan dan kemudian dengan insinerator (Surjandari dkk., 2009).

Berdasarkan uraian tersebut, maka dipandang perlu untuk melakukan penelitian tentang penentuan alternatif teknologi pengolahan sampah yang sebaiknya diterapkan di Kota DKI Jakarta, serta melakukan analisis tarif retribusi yang bersedia dibayar masyarakat dalam mendukung kegiatan pengolahan sampah. Dalam penelitian ini ada alternatif teknologi yang ditawarkan yaitu Biomassa, baik secara termokimia (insinerasi, gasifikasi, dan pirolisis) maupun secara biokimia (*anaerobic digestion*).

Salah satu hal yang penting diperhatikan dalam penentuan teknologi pengolahan sampah adalah keterkaitan antar stakeholder. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba untuk menentukan teknologi pengolahan sampah dalam kerangka keterkaitan antar stakeholder. Proses analitik digunakan sebagai kerangka pendekatan dalam mengakomodasikan berbagai pandangan stakeholder dalam menentukan teknologi pengolahan sampah yang sebaiknya diterapkan di Kota DKI Jakarta, sedangkan kerangka pendekatan dalam menganalisis kesediaan masyarakat untuk membayar retribusi kebersihan yang salah satunya untuk mendukung kegiatan pengolahan sampah juga harus menjadi salah satu pertimbangan pengambilan kebijakan.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pendapat para stakeholder mengenai skala prioritas penerapan teknologi pengolahan sampah di Kota DKI Jakarta dan mengestimasi nilai *willingness to pay* (WTP) masyarakat untuk peningkatan pelayanan pengolahan sampah di Kota DKI Jakarta dengan masing-masing alternatif teknologi pengolahan sampah. Secara khusus penelitian ini hanya memfokuskan pembahasan terhadap pemilihan alternatif teknologi yang dapat diterapkan secara tepat dalam pengelolaan dan pengolahan sampah di Kota Jakarta.

Salah satu sumber energi yang masih belum dimanfaatkan secara massal, maksimal, dan komersial adalah sampah. Saat ini hampir semua kota dan kabupaten di Indonesia menggunakan tempat pembuangan sampah terbuka. Penutupan tempat pembuangan sampah terbuka telah diamanatkan Undang-

Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Menurut data Kementerian ESDM, secara nasional biomassa berpotensi menghasilkan listrik 49.810 MW, termasuk dari sampah kota. Saat ini, kapasitas terpasang untuk biomassa baru sebanyak 445 MW atau 0,89% dari total potensi tenaga listrik energi ramah lingkungan. Khusus untuk biogas dari sampah, dari 38 kota dan kabupaten di Indonesia, potensi listrik diperkirakan mencapai 236 MW.

Pembangunan PLTBiomassa ini selain meningkatkan ketahanan energi dan kemandirian energi sekaligus mampu mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) karena biomassa adalah bagian dari energi terbarukan atau energi bersih (*Green Energy*), sehingga melalui peningkatan pembangunan PLTBiomassa akan mempercepat pembangunan energi berkelanjutan. Sesuai Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2010 yaitu tentang penugasan kepada PT. Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN) untuk melakukan percepatan pembangunan listrik menggunakan energi terbarukan batu bara dan gas, serta Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor: 2682 K/21/MEM/2008, menjelaskan tersedianya kebutuhan energi listrik yang aman terhadap lingkungan dan hal ini juga sejalan dengan kesepakatan negara-negara maju pada *Kyoto Protocol* khususnya dalam proyek pengembangan CDM (*Clean Development Mechanism*).

Pemakaian energi fosil secara besar-besaran serta temuan cadangan sumber daya yang masih satgnan menyebabkan krisis energi fosil di Indonesia, khususnya minyak bumi. Energi minyak bumi menempati urutan pertama dalam komposisi pemakaian energi nasional yaitu sekitar 48% dari total pemakaian energi nasional dan sumber daya minyak bumi telah tereksplorasi tersebut diperkirakan akan habis sekitar 12 (dua belas) tahun ke depan (DEN, 2014). Untuk mengatasi hal ini, Pemerintah Indonesia berupaya meningkatkan pemanfaatan energi yang berasal dari energi non fosil, berupa energi baru dan terbarukan (EBT) melalui Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, di mana target pemanfaatan energi tersebut meningkat menjadi 23%, dan pada sisi yang lain pemanfaatan energi dari minyak bumi menurun menjadi 25%. Sampai saat ini, belum ada pemanfaatan sampah perkotaan yang terkumpul di TPA untuk

dimanfaatkan menjadi energi listrik, padahal jika dilihat dari jumlahnya, limbah organik dari sampah perkotaan maupun pertanian yang ada di Propinsi DKI Jakarta sangat berpotensi untuk dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik (*Waste to Energy/WTE*). Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji kelayakan teknis berupa studi potensi sampah yang berasal dari rumah tangga berdasarkan data timbulan sampah dan komposisi sampah.

Provinsi DKI Jakarta adalah Ibukota dari Negara Kesatuan Republik Indonesia, yang terdiri atas 5 (lima) Kota Administrasi dan 1 (satu) Kabupaten Administrasi. Provinsi DKI Jakarta selain menjadi Ibukota negara, juga sebagai pusat dari segala aktivitas masyarakatnya, antara lain yaitu sebagai pusat pendidikan, perpolitikan, ekonomi, aktivitas sosial, budaya, dan pertahanan dan keamanan. Penduduk DKI Jakarta saat ini berjumlah + 10.177.924 jiwa (BPS Jakarta In Figure, 2016). Jumlah tersebut belum termasuk jumlah penduduk commuter, yaitu penduduk yang berasal dari kota-kota penyangga DKI Jakarta (Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi) yang mencari nafkah di DKI Jakarta, serta dengan karakteristik sikap penduduk yang heterogen, termasuk sikap terhadap permasalahan sampah dan kebersihan lingkungan di sekitarnya.

Pada tahun 2016 rata-rata jumlah sampah DKI Jakarta yang masuk ke Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Bantargebang sebesar 6.561,99 ton/hari (Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah/LAKIP Dinas Kebersihan Provinsi DKI Jakarta, 2016). Saat ini Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Bantargebang adalah Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah satu-satunya milik Pemerintah Provinsi DKI Jakarta yang berada di Kota Bekasi Provinsi Jawa Barat. Berdasarkan data jumlah sampah yang cukup besar tersebut, TPST Bantargebang ke depan diperkirakan akan semakin menurun daya dukung dan daya tampungnya. Hal ini akan berdampak langsung pada terganggunya pola penanganan sampah di DKI Jakarta, jika tidak segera disikapi dengan adanya alternatif tempat pengolahan sampah pada lokasi yang lain.

Tabel 1. Data sampah yang dibuang ke TPST Bantargebang tahun 2016

No.	Wilayah	Tahun 2016	
		Total	Rata-rata/hari
1	Jakarta Pusat	328.475,44	897,47
2	Jakarta Utara + SPA Sunter + Pesisir Pantai	444.037,50	1.213,22
3	Jakarta Barat	486.799,69	1.330,05
4	Jakarta Selatan	531.097,20	1.451,09
5	Jakarta Timur + PDUK Cacing	611.277,59	1.670,16
Jumlah:		2.401.687,44	6.561,99

Sumber: Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah/LAKIP Dinas Kebersihan Provinsi DKI Jakarta, 2016.

Pemerintah Provinsi DKI Jakarta melalui Dinas Kebersihan Provinsi DKI Jakarta berupaya untuk menangani permasalahan sampah tersebut dengan membangun alternatif fasilitas pengolahan sampah di dalam kota (WTE). Fasilitas pengolahan (WTE) sebagaimana dimaksud yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Sampah atau lebih dikenal sebagai *Intermediate Treatment Facility* (ITF). Sesuai dengan Masterplan Pengelolaan Sampah Provinsi DKI Jakarta tahun 2012-2032, fasilitas tersebut akan dibangun di 4 (empat) lokasi berbeda di DKI Jakarta, antara lain di Sunter, Marunda, Cakung, dan Duri Kosambi, sehingga apabila fasilitas ini dibangun, maka akan dapat mengurangi ketergantungan dengan TPST Bantargebang (Masterplan dan Kajian Akademis Persampahan Provinsi DKI Jakarta, 2011).

Pembangunan ITF ini bertujuan untuk mereduksi sampah sebanyak 80-90% dari kapasitas total jumlah sampah pada setiap fasilitas ITF (Kementerian ESDM RI, 2015). Pengolahan sampah tersebut melalui perubahan bentuk, komposisi, dan volume sampah dengan menggunakan teknologi pengolahan sampah tepat guna dan ramah lingkungan yang memenuhi persyaratan teknis, finansial, dan sosial. Klasifikasi teknologi yang akan dibangun dan dioperasikan tersebut terbagi ke dalam 4 (empat) jenis yaitu dengan menggunakan Teknologi Incinerator, Gasifikasi, Pyrolisis, dan *Refuse Derived Fuel* (RDF).

Dengan terbangunnya ITF dalam Kota ini, khususnya ITF Sunter Jakarta Utara diharapkan mampu menjadi salah satu solusi DKI Jakarta untuk mengelola

sampahnya sedekat mungkin dengan sumber sampah dan dengan tingkat reduksi sampah yang tinggi sehingga lebih efektif dan efisien. Untuk mendukung percepatan pembangunan ITF tersebut telah terbit Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2016 tanggal 13 Februari 2016 tentang Percepatan Pembangunan Pembangkit Listrik Berbasis Sampah di Provinsi DKI Jakarta, Kota Tangerang, Kota Bandung, Kota Semarang, Kota Surakarta, Kota Surabaya, dan Kota Makassar.

Terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan dari pembangunan dan pengoperasian ITF sebagaimana dimaksud (G. Tyler Miller and Scott E. Spoolman, 2016). Sisi kelebihannya antara lain yaitu besarnya volume sampah yang direduksi, pengolahan sampah yang menghasilkan energi (listrik, uap panas, dan gas), efektif untuk mengolah sampah yang berbahaya (B3), energi yang dihasilkan dapat diperjualbelikan, dan dapat menghemat biaya pengolahan sampah yang besar. Sisi kekurangannya yaitu membutuhkan biaya yang besar dalam pembangunannya, menghasilkan emisi berbahaya bagi udara, dan mendorong produksi sampah dalam jumlah yang besar.

Tabel 2. Komposisi sampah di Provinsi DKI Jakarta

No. Komponen	Komposisi (%)
1. Organik	53,7501 %
2. Non Organik	
a. Kertas	14,9174 %
b. Plastik	14,0206 %
c. Kayu	0,8707 %
d. Kain/Tekstil	1,1111 %
e. Karet/Kulit Tiruan	0,5235 %
f. Logam/Metal	1,8186 %
g. Gelas/Kaca	2,445 %
h. Sampah Bongkaran	0,0063 %
i. Sampah Khusus B3	0,559 %
j. Lain-lain (batu, pasir, pembalut, styrofoam, dll)	9,9777 %

Sumber: *Studi komposisi dan karakteristik sampah di DKI Jakarta-Dinas Kebersihan Provinsi DKI Jakarta, 2011.*

Tabel 3. Karakteristik sampah di Provinsi DKI Jakarta

No.	Komponen	Komposisi
1.	Berat Jenis	0,2036 kg/liter
2.	C/N Ratio	74,81
3.	Kadar Air	47,97 %
4.	Kadar Abu	14,95 %
5.	Nilai Kalor	3424,63 Kkal/kg
6.	Kadar Volatil	82,77 %

Sumber: Studi komposisi dan karakteristik sampah di DKI Jakarta-Dinas Kebersihan Provinsi DKI Jakarta, 2011.

Dalam mengetahui potensi sampah berdasarkan kriteria komposisi sampah yaitu organik dan non organik perlu diketahui komposisi sampah yang ada di DKI Jakarta. Data komposisi sampah di atas dapat dijadikan pendekatan untuk mendapatkan data umum komposisi sampah yang menjadi objek penelitian yaitu di daerah Sunter Jakarta Utara.

Ditinjau dari karakteristik bahan bakar yang dikonversi menjadi energi listrik, biomassa dari sampah padat organik dapat dibedakan menjadi dua jenis proses, yaitu proses konversi termokimia dan biokimia. Konversi termokimia dari biomassa membutuhkan bahan bakar dengan *high heating value* dan kandungan air yang rendah, sedangkan konversi biokimia menggunakan biomassa yang mempunyai kandungan air yang tinggi karena mikroorganisme yang membantu dekomposisi dari biomassa sangat membutuhkan kondisi yang basah (Barz, 2008).

Proses konversi termokimia dengan teknologi insinerasi dikenal juga dengan istilah “pembakaran massa” di mana panas dari proses pembakaran digunakan untuk mengubah air menjadi uap panas yang kemudian digunakan untuk menggerakkan *steam turbin generator* untuk menghasilkan listrik (Jain et.al., 2014), sedangkan teknologi gasifikasi diperoleh melalui pembakaran parsial biomassa dengan lingkungan yang sedikit oksigen dan menghasilkan produk gas (*syngas*) berupa CO, CO₂, H₂O, char, tar, dan Hidrogen (IRENA, 2012). Turunan dari gasifikasi adalah teknologi pirolisis di mana pembakaran parsial ditahan pada suhu yang lebih rendah dari pada gasifikasi sehingga menghasilkan bio oil yang

dapat digunakan untuk bahan bakar pembangkit listrik (IRENA, 2012). Suhu operasional dari ketiga teknologi sistem termokimia ini yaitu insinerasi (850-1.200 °C), gasifikasi (550-1.600 °C), dan pirolisis (500-800 °C) (Arena, 2012).

Proses konversi biokimia melalui teknologi *anaerobic digestion* membutuhkan bantuan mikroba dalam mengurai limbah organik menjadi biogas (CH₄ dan CO₂) di mana gas metana dari biogas ini mudah dikonversi menjadi energi panas dan listrik, bahkan dapat dalam bentuk *compressed natural gas* (CNG) untuk dijadikan bahan bakar moda transportasi (Davis et.al., 2014). Gas metana dapat terbentuk pada suhu mesolitik C:N rasio berkisar antara 20-30 (Deublein et.al., 2008). Parameter fisika kunci pada sistem konversi termokimia dan biokimia tergantung pada kondisi karakteristik sampah rumah tangga.

Tabel 4. Parameter kunci kelayakan teknis pengembangan energi biomassa (Johri et. Al., 2011)

No.	Metode Pengolahan Sampah	Prinsip Dasar	Parameter Kunci	Kisaran yang Diharapkan
1.	Konversi secara termokimia: - insinerasi - pirolisis - gasifikasi	Dekomposisi zat organik melalui perlakuan panas	- <i>Moisture content</i>	< 45%
			- <i>Organic/volatile matter</i>	> 40%
			- <i>Fixed carbon</i>	< 15%
			- <i>Total inerts</i>	< 35%
			- <i>Calorific value (net calorific value)</i>	> 1.200 kcal/kg
2.	Konversi secara biokimia: <i>Anaerobic digestion (biomethanation)</i>	Dekomposisi zat organik melalui aksi mikroba	- <i>Moisture content</i>	> 50%
			- <i>Organic/volatile matter</i>	> 40%
			- <i>C:N ratio</i>	25-30

Tabel 5. Parameter dan perhitungan dalam menentukan daya listrik dari PLTBiomassa dengan sistem termokimia

Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan	Referensi Data
<i>Total waste quantity (W)</i>	Total timbulan sampah x % komposisi sampah	Ton	Berdasarkan data timbulan LAKIP Dinas Kebersihan sampah DKI Jakarta (hanya Provinsi DKI Jakarta, meliputi Jakarta Pusat dan Jakarta Utara) yang akan masuk ke <i>WTE plant</i> Sunter Jakarta Utara	
<i>Net Calorific Value (NCV)</i>		1.625,24	kcal/kg	(Haukoohl, Rand, & Marxen, 1999)
<i>Energy recovery potential (ERP)</i>	$NCV \times W \times (1.000/860)$ kWh			
<i>Power generation potential (P)</i>		ERP/24	kW	Asumsi penggunaan 24 jam
<i>Conversion Efficiency (CE)</i>		25	%	Menggunakan <i>gas engine</i> (Barz, 2008)
Potensial daya listrik (P el)	CE x P kW			

Tabel 6. Parameter dan perhitungan dalam menentukan daya listrik dari PLTBiomassa dengan sistem biokimia

Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan	Referensi Data
<i>waste quantity (w)</i>	Total timbulan sampah x % komposisi sampah	Ton	Berdasarkan data timbulan LAKIP Dinas Kebersihan sampah DKI Jakarta (hanya Provinsi DKI Jakarta, meliputi Jakarta Pusat dan Jakarta Utara) yang akan masuk ke <i>WTE plant</i> Sunter Jakarta Utara	
<i>Volatile Solid (VS)</i>		82,77	%	(Khairuddin, Manaf, Hassan, Halimoon, & Karim, 2015)
<i>Organic biodegradable fraction (OBF)</i>		66	%	(Johri, Rajeshwari, & Mullick, 2011)
<i>Digestion efficiency (DE)</i>		55	%	(MNES, 2006)
<i>VS Destroyed (VSD)</i>	$w \times VS \times OBF \times DE$	x	kg	
		1.000		
<i>Typical biogas yield (B)</i>	$0,8 (m^3/kg) \times VSD$	m^3		(Johri, Rajeshwari, & Mullick, 2011)
<i>Calorific value of biogas (CV)</i>		4.475	kcal/ m^3	(Aydi, 2012)
<i>Energy recovery potential (ECP)</i>	$B \times CV/860$ kWh			
<i>Power generation potential (P)</i>		ECP/24	kW	Asumsi penggunaan 24 jam
<i>Conversion efficiency (CE)</i>		25	%	Menggunakan <i>gas engine</i> (Barz, 2008)
Potensi daya listrik (Pel)	CE x P kW			

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, parameter utama yang digunakan untuk menghitung nilai potensi daya listrik dari PLTBiomassa untuk proses termokimia adalah: (1) total timbulan sampah dari Jakarta Pusat dan Jakarta Utara yang akan masuk ke *ITF Plant* Sunter Jakarta Utara; (2) komposisi sampah; (3) *net calorific value*-NCV

(tabel 5). Jenis sampah digunakan adalah berupa sampah organik yang susah terurai secara *microbial* serta sampah anorganik. Parameter utama dalam menghitung potensi daya listrik untuk PLTBiomassa sistem biokimia adalah (1) total timbunan sampah yang berasal dari Jakarta Pusat dan Jakarta Utara yang akan masuk ke *ITF Plant* Sunter Jakarta Utara; (2) komposisi sampah; (3) *Volatile solid (VS)*; (4) *Organic biodegradable fraction*; (5) *VS destroyed; biogas yield; calorific value* dari biogas (tabel 6).

Setelah mendapatkan perkiraan potensi listrik dari sampah rumah tangga, maka metode pada tahap selanjutnya adalah menguji kelayakan teknis untuk memperoleh target daya listrik 20 MW pada masing-masing proses konversi. Caranya yaitu melalui kelebihan dan kekurangan pada masing-masing sistem konversi ditinjau dari karakteristik sampah, potensi daya pembangkit, serta ketersediaan bahan bakar sampah itu sendiri.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 7. Potensi daya listrik untuk setiap komposisi sampah yang akan masuk ke *ITF Plant* Sunter Jakarta Utara

Komponen Sampah	Komposisi (%)	Massa (Ton)	Proses Konversi	Potensi Daya Listrik (kW)
Organik	53,7501	1.134,50	Biokimia	5.604,42
Kertas	14,9174	314,86	Termokimia	6.202,75
Plastik	14,0206	295,93	Termokimia	5.829,85
Kayu	0,8707	18,38	Termokimia	362,04
Kain/Tekstil	1,1111	23,45	Termokimia	462,00
Karet/Kulit Tiruan	0,5235	11,05	Termokimia	217,67
Logam/Metal	1,8186	38,39	Termokimia	756,19
Gelas/Kaca	2,445	51,61	Termokimia	1.016,65
Sampah Bongkaran	0,0063	0,13	Termokimia	2,62
Sampah Khusus B3	0,559	11,80	Termokimia	232,44
Lain-lain (batu, pasir, pembalut, styrofoam, dll)	9,9777	210,60	Termokimia	4.148,79
	100,00	2.110,69		41.580,61

Dari hasil perhitungan daya output pembangkit untuk proses konversi termokimia maupun biokimia berdasarkan tabel 5 dan tabel 6, maka didapatkan potensi daya

listrik yang dihasilkan dari masing masing komposisi sampah seperti pada tabel 7. Dari data tersebut, potensi sampah organik yang dikonversi menjadi energi listrik yaitu sebesar 5.604,42 kW atau 13,48 % dari potensi total sampah. Sampah tersebut diproses dengan sistem konversi biokimia yaitu menggunakan teknologi *anaerobic digestion* yang menghasilkan gas metana (CH₄) untuk dapat dikonversi menjadi energi listrik. Ada pun untuk proses termokimia, potensi sampah untuk menjadi energi listrik adalah sampah jenis anorganik (plastik) yaitu sebesar 5.829,85 kW atau 14,02% dari potensi total sampah. Sampah organik yang diproses secara termokimia yang mempunyai daya paling tinggi adalah jenis sampah kertas yaitu sebesar 6.202,75 kW atau 14,92% dari potensi total sampah.

Sifat fisis sampah di Indonesia adalah bersifat basah karena Indonesia berada pada zona iklim *tropical wet* (Purwanta, 2009). Kondisi sampah yang basah ini juga dapat disebabkan karena belum adanya sistem pengelolaan sampah dari hulu ke hilir yang memadai. Masyarakat belum menyadari akan pentingnya melakukan pemilahan sampah di rumahnya masing-masing. Sampah yang masih tercampur antara sampah organik (kandungan air tinggi) dengan non organik (kandungan air rendah) menyebabkan pemilahan sampah di hilir (*ITF/WTE Plant*) juga tidak efektif. Berdasarkan pertimbangan karakteristik sampah, maka diperlukan pemilihan teknologi yang tepat untuk sistem konversi termokimia maupun biokimia serta tipe mesin konversi yang sesuai untuk diterapkan pada PLTBiomassa. Tabel 8 di bawah adalah data rangkuman potensi daya listrik PLTBiomassa sampah *ITF Plant* Sunter Jakarta Utara, pemilihan teknologi, pemilihan mesin efisiensi mesin konversi berserta efisiensi, dan kebutuhan bahan baku untuk pengembangan PLTBiomassa.

Tabel 8. Rangkuman potensi timbulan sampah di Provinsi DKI Jakarta (Jakarta Pusat dan Jakarta Utara) pada konversi WTE termokimia dan biokimia di Sunter Jakarta Utara

Parameter	Proses Konversi	
	Termokimia	Biokimia
Jenis Teknologi	Gasifikasi	<i>Anaerobic Digestion</i> (Biogas)
Tipe Mesin Konversi	Gas Engine	Gas Engine
Efisiensi Konversi (CE)	25%	25%
Massa Bahan Bakar (sampah) PLTBiomassa	976,19 Ton	1.134,50 Ton
Faktor Konversi	19,7 x w	4,94 x w
Daya Listrik Pembangkit (P_{el})	19.230,99 kW	5.604,42 kW

Dari target daya pembangkit sebesar 20 MW, maka jumlah timbulan sampah yang terkumpul di *ITF Plant* Sunter Jakarta Utara mempunyai sudah potensi yang memadai yaitu dengan total potensi daya pembangkit dari sistem termokimia (gasifikasi) dan biokimia (*Anaerobic Digestion/biogas*) sebesar 24.835,42 kW (24,84 MW). Terdapat kelebihan dan kelemahan dari masing-masing sistem proses konversi yang dijelaskan sebagai berikut apabila hanya ingin menerapkan salah satu sistem proses konversi:

a. Alternatif 1 (Menggunakan PLTBiomassa sistem termokimia):

Sistem ini memungkinkan dapat memenuhi target kebutuhan daya listrik 20 MW hanya dengan bahan bakar berupa sampah yaitu sebesar 976,19 Ton. Kekurangannya adalah sampah organik (kertas/kardus) yang digunakan masih harus dicampur dengan sampah anorganik agar dapat memenuhi kebutuhan kalornya serta membutuhkan peralatan *pra treatment*. Karakteristik sampah di Indonesia pada umumnya mempunyai kandungan air (*moisture content*) sebesar 60 -70% (Pasek, Gultom, & Suwono, 2013). Hal ini menyebabkan pengurangan efisiensi proses gasifikasi sehingga dibutuhkan fasilitas pengeringan sampah (*drying*) terlebih dahulu sebelum masuk ke instalasi gasifikasi (proses *pre treatment*).

b. Alternatif 2. (Menggunakan PLTBiomassa sistem biokimia):

Kondisi TPA di Indonesia secara umum adalah basah baik karena air hujan maupun karena komposisinya yang berupa sampah mudah teruraikan (*organic degradable*) yang berasal dari rumah tangga yaitu 50–60 % (berat basah) dari total

sampah TPA, sehingga sampah yang terkumpul di TPA sangat berpotensi menghasilkan gas CH₄ dalam jumlah yang banyak (Purwanta, 2009 dan (Damanhuri, Handoko, & Padmi, 2014)) sehingga efisiensi konversi energi dapat meningkat. Kelemahan menggunakan sistem ini adalah kapasitas daya listrik dari pembangkit yang tidak mencapai 20 MW yaitu hanya sebesar 5.604,42 kW dengan membutuhkan 1.134,50 ton atau sekitar 53,75% dari total timbulan sampah yang akan dibuang ke WTE Plant Sunter Jakarta Utara . Untuk memenuhi target daya pembangkit sebesar 20 MW, diperlukan bahan baku tambahan pada reaktor biogas yang berasal dari limbah sludge yang berasal dari pengolahan air limbah (IPAL) komunal dan limbah pertanian di mana keduanya mempunyai potensi gas metana yang cukup tinggi. Kedua jenis sistem proses konversi tersebut mempunyai kendala utama yaitu dari segi pemilahan sampah yang belum terpilah berdasarkan jenis sampah (komposisi sampah) dengan baik ketika sampai di tempat pengolahan sampah. Sampah yang tidak terpilah dengan baik akan mengurangi efisiensi pada sistem konversi energi serta akan menambah biaya untuk sistem pemilahan di TPA. Pemilhan sampah harus dilakukan dari mulai sumber sampah terbentuk yaitu di rumah tangga, perkantoran, industri, dan pertanian. Hal ini akan meminimalkan resiko akumulasi pencampuran sampah yang tinggi di tempat pengolahan sampah.

4. Kesimpulan

Jumlah timbulan sampah yang berasal dari sampah perkotaan di Provinsi DKI Jakarta (khususnya sampah yang berasal dari Jakarta Pusat dan Jakarta Utara) yang akan terolah di ITF Sunter Jakarta Utara berdasarkan analisis data pada pembahasan sebelumnya diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik untuk target daya pembangkit sebesar 20 MW, yaitu dengan dengan total potensi daya pembangkit dari sistem termokimia (gasifikasi) dan biokimia (*Anaerobic Digestion*) sebesar 24.835,42 kW. Sistem konversi termokimia mencapai daya listrik pembangkit sebesar 19.230,99 kW dan sitem konversi biokimia hanya mencapai 5.604,42 kW.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka penerapan teknologi PLTBiomassa diperkirakan dapat berkontribusi besar dalam menyelesaikan permasalahan sampah kota DKI Jakarta, antara lain dapat mengurangi ketergantungan terhadap Tempat Pembuangan Akhir sampah di TPST Bantargebang Kota Bekasi, di mana semakin berkurang daya tampung dan daya dukungnya, serta di sisi lain juga diperoleh produksi listrik sebagai pengembangan energi baru dan terbarukan dalam rangka mensukseskan pembangunan yang berkelanjutan. Pengembangan PLTBiomassa berbahan bakar sampah perkotaan dapat diterapkan dengan baik dan berkelanjutan, oleh karenanya diperlukan beberapa penelitian lebih lanjut yang bertujuan untuk mendapatkan data primer mengenai karakteristik sampah baik secara fisik maupun kimia, kajian kelayakan ekonomis, dan kajian sosial budaya di Provinsi DKI Jakarta.

Daftar Pustaka

- Arena, U. (2012). *Process and technological aspects of municipal solid waste gasification. A review*. Waste Management (32), 625-639.
- Astriani, B., 2009. Sampah Organik dan Anorganik. Bogor Journal, 2(1):77-84.
- Aydi, A. (2012). *Energy Recovery from a Municipal Solid Waste (MSW) Landfill Gas: A Tunisian Case Study*. Hydrol Current Res, 3(4), 2-3.
- Azwar, A., 1990. Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan. Yayasan Mutiara. Jakarta.
- Barz, M. (2008). *Biomass Technology for Electricity Generation in Community*. International Journal of Renewable Energy, III(1), 1-10.
- Djajadiningrat, S.T. (1992). Konsep pembangunan berkelanjutan dalam membangun tanpa merusak lingkungan. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Damanhuri, E., Handoko, W., & Padmi, T. (2014). *Municipal Solid Waste Management in Asia and the Pacific Islands*. (A. Pariatamby, & M. Tanaka, Eds.) Singapore: Springer-Verlag Singapore.
- Davis, S. C., Hay, W., & Pierce, J. (2014). *Biomass in The Energy Industry: An Introduction*. BP p.l.c.
- DEN. (2014). *Ketahanan Energi Indonesia Tahun 2014*. Jakarta: Dewan Energi Nasional.
- Deublein, D., & Steinhauser, A. (2008). *Biogas from Waste and Renewable Resources*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Dinas Kebersihan Provinsi DKI Jakarta. (2011). Masterplan dan Kajian Akademis Persampahan Provinsi DKI Jakarta. Jakarta: PT. Arkoning Engineering MP.
- Dinas Kebersihan Provinsi DKI Jakarta. (2011). Studi komposisi dan karakteristik sampah di DKI Jakarta.
- Dinas Kebersihan Provinsi DKI Jakarta. (2016). Laporan Akuntabilitas Kinerja Instansi Pemerintah/LAKIP.
- Fauzi A. (2007). Economic of nature's non convexity: Reorientasi pembangunan ekonomi sumber daya alam dan implikasinya bagi indonesia. Disampaikan pada orasi ilmiah guru besar ekonomi sumber daya alam dan lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, 10 November 2007.

Fauzi A. (2009). Rethinking pembangunan ekonomi sumber daya alam dan lingkungan. Artikel dalam buku orange book: Pembangunan ekonomi berkelanjutan dalam menghadapi krisis ekonomi global. Editor Rina Oktaviani, dkk. Bogor: IPB Press.

Haukoht, J., Rand, T., & Marxen, U. (1999). *World Bank Technical Guidance Report: Municipal Solid Waste Incineration*. Washington: The International Bank for Reconstruction.

IRENA. (2012). *Biomass for Power Generation (Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series)* (Vol. 1). Germany: The International Renewable Energy Agency.

Jain, P., Handa, K., & Paul, A. (2014). *Studies on Waste-to-Energy Technologies in India & a detailed study of Waste-to-Energy Plants in Delhi*. International Journal of Advanced Research, II(1), 109-116.

Johri, R., Rajeshwari, V. K., & Mullick, A. N. (2011). *Waelth from Waste: Trends and Technologies* (3rd ed.). (B. Lal, & P. M. Sarma, Eds.) New Delhi: TERI Press.

Khairuddin, N., Manaf, A. L., Hassan, M. A., Halimoon, N., & Karim, W. A. (2015). *Biogas Harvesting from Organic Fraction of Municipal Solid Waste as a Renewable Energy Resource in Malaysia: A Review*. Pol. J. Environ. Stud, 24(4), 1477-1490.

Miller, G., & Spoolman, S. (2007). *Environmental Science: Solid and hazardous waste*. Cengage Learning.

Miller Joe. (2015). *Sampah menjadi energi: Buku panduan*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.

Moldan B dan Dahl AL. (2007). Meeting conceptual challenges dalam hak T, Moldan B, Dahl AL (Ed.) *Sustainability Indicators: A scientific assessment*. Scientific Committee on Problem of the Environment (SCOPE).

MNES. (2006). *Green Energy from Wastes: Biomethanation Projects for Urban and Industrial Wastes Set Up under UNDP/GEF assisted Project on Development of High Rate Biomethanation Processes as means of Reducing Greenhouse Gases Emission*. New Delhi: Ministry Of Non - Conventional Energy Sources.

Pasek, A. D., Gultom, K. W., & Suwono, A. (2013). *Feasibility of Recovering Energy from Municipal Solid Waste to Generate Electricity*. J. Eng. Technol. Sci, 45(3), 241-256.

Pezzey, John. (1992). *Sustainability: An interdisciplinay guide*. Environmental values 1(4): 321-62.

Purwanta, W. (2009). *Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Sektor Sampah Perkotaan di Indonesia*. J. Tek. Ling, X(1), 1-8.

Riswan., Henna. R.S dan Agus H., 2011. Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Kecamatan Daha Selatan. Jurnal Ilmu Lingkungan, 9(1):31-39.

Surjandari, I., Akhmad, H., dan Ade, S., 2009. Model Dinamis Pengelolaan Sampah Untuk Mengurangi Beban Penumpukan. Jurnal Teknik Industri, 11(2):134-147.

Stanner D, Dom A, Gee D, Martin J, Riberio T, Rickard L dan Weber JL. (2009). Frameworks for policy integration indicator for sustainable development and for evaluating complex scientific evidence. Dalam Hak T, Moldan B, Dahl AL (Ed.) Sustainability Indicators: A scientific Assessment. Scientific Committee on Problem of the Environmental (SCOPE).

Statistik, B. P. (2016). Jakarta dalam angka 2016. Jakarta: BPS Provinsi DKI Jakarta.

Tusianti E. (2013). Synergistic development performance in Indonesia making sustainable development practical. Bandung: Institut Teknologi Bandung dan University of Groningen.

Yogiesti, V., Setiana, H., dan Fauzul, R.S., 2010. Pengelolaan Sampah Terpadu Berbasis Masyarakat Kota Kediri. Jurnal Tata Kota dan Daerah, 2(2):95-102. Widawati, E., Tanudjaja, H., Iskandar, I.

Yuliani, Rohidin, dan B. Brata. 2012. Pengelolaan Sampah di Kecamatan Manna Kabupaten Bengkulu Selatan Melalui Pendekatan Sosial Kemasyarakatan. Naturalis-Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 1(2):95-100.