



TRACTION
ENERGY ASIA

Studi Identifikasi Pemanfaatan Blackwater dan Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Biogas dan Pengurangan Polutan dan Timbunan Sampah di DKI Jakarta





TRACTION
ENERGY ASIA

Copyright © 2020 by Traction Energy Asia
All rights reserved. This report or any portion thereof
may not be reproduced or used in any manner whatsoever
without the express written permission of the publisher.

Traction Energy Asia contacts:

Traction Energy Asia
Plaza Marein Lt. 23
Jl. Jend. Sudirman Kav 76-78
Kuningan, Kecamatan Setiabudi,
Jakarta, 12910, INDONESIA

email: info@tractionenergy.asia
website: <https://www.tractionenergy.asia/>

Studi Identifikasi Pemanfaatan Blackwater dan Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Biogas dan Pengurangan Polutan dan Timbunan Sampah di DKI Jakarta

Fariz Panghegar, Annisa Sekar Sari, Mutmainah Septiani



Daftar Isi

Daftar Gambar	ii
Daftar Tabel	iii
Daftar Istilah	iv
Daftar Singkatan	vi
1. Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Metode Penelitian	3
2 Jakarta: Kota yang Berkembang Tanpa Sanitasi dan Pengelolaan Sampah yang Memadai.....	8
2.1 Penanganan Sanitasi dan Pengolahan Sampah di Jakarta.....	8
2.2 Potensi Dampak Negatif Terhadap Kesehatan dari Limbah <i>Blackwater</i> dan Sampah	11
3 Teknologi Biogas	17
3.1 Teknologi Biogas untuk Produksi Energi.....	17
3.2 Teknologi Biogas Anaerobic Digester.....	17
3.3 Pemanfaatan <i>Bio-Slurry</i> sebagai Pupuk.....	19
4 Penghitungan Estimasi Potensi Biogas dari Limbah Blackwater dan Sampah Organik.....	22
4.1 Temuan Estimasi Potensi Biogas dari <i>Blackwater</i> (Tinja Manusia) di Jakarta.....	22
4.2 Temuan Estimasi Potensi Biogas dari Timbulan Sampah Organik di Jakarta	23
4.3 Potensi Keluaran Energi Listrik	24
5 Penutup.....	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Rekomendasi	29
5.2.1 Identifikasi instansi.....	29
5.2.2 Pemetaan Instansi	30
Daftar Pustaka	33
Lampiran	37

Daftar Gambar

Gambar 1. Kerangka Alur Berpikir	4
Gambar 2. Tren Rata-Rata Bobot Sampah yang Masuk Ke TPA Bantar Gebang Per hari	10
Gambar 3. Presentase Komposisi Sampah di TPA Bantar Gebang	11
Gambar 4. Skema Kerja Digester Biogas Fixed Dome	18
Gambar 5. Alur Produksi Bio-Slurry	19
Gambar 6. Penerapan Biogas Fixed Dome di Pasar Talang, Jambi	21
Gambar 7. Data Jumlah Konsumen dan Jumlah Daya Jual Listrik di Jakarta 2019	24

Daftar Tabel

Tabel 1. Presentase Populasi yang Terhubung dengan Fasilitas Sewerage di Kota-Kota Besar Asia	9
Tabel 2. Potensi Penyakit dari Bakteri Tinja Manusia	12
Tabel 3. Daftar Patogen Penyebab Penyakit dari Sampah Perkotaan	12
Tabel 4. Sampel Lalat dan Bakteri di TPA Sukawinatan dan Pasar Induk Jakabaring, Palembang	14
Tabel 5. Status Ketercemaran Sungai Kali Asem yang Melewati TPST Bantar Gebang dan TPA Sumur Batu, Kota Bekasi	14
Tabel 6. Komposisi Biogas Secara Umum	17
Tabel 7. Kelebihan dan Kekurangan Teknologi AD Fixed Dome	20
Tabel 8. Perbandingan Estimasi Produksi Biogas Harian dengan Konsumsi Listrik Harian Jakarta	25

Daftar Istilah

Blackwater

air limbah yang berasal dari buangan biologis seperti kakus, berbentuk tinja manusia.

Septictank

tempat pembuangan kotoran/ tinja manusia yang kedap air biasanya terdapat di bawah tanah

Biogas

Gas yang berasal dari aktivitas anaerobik yang mendegradasi bahan-bahan organik

Feedstock

Bahan baku

Fixed dome

kubah yang tertanam di bawah tanah terbuat dari batu bata dan beton

Anaerobic digester

teknologi yang memanfaatkan mikroorganisme memecah bahan biodegradable tanpa oksigen

Feces

Tinja/kotoran manusia

Stakeholders

Pemangku kepentingan

Sewerage

Pembuangan/pengolahan limbah

Greywater

air limbah yang berasal dari aktivitas domestik seperti cucian, cuci piring, dan mandi

Open dumping

Tempat pembuangan akhir sampah dengan sistem terbuka

Municipal solid waste

Sampah yang berasal dari perkotaan

Patogen

Mikroorganisme parasite yang menyebabkan penyakit

Tipoid

Tifus/Tipes penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi*

Pollution index

angka indeks pencemar yang dijadikan batasan pencemaran

Anaerob

Proses katabolisme yang tidak memerlukan oksigen untuk menghasilkan energi

Flammable

mudah terbakar/mudah bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan api

Digester

alat penghasil biogas/tempat terjadinya pengolahan bahan baku biogas.

Bio-slurry

Hasil akhir dari proses digestion berbentuk ampas kotoran dan air

Over-flow outlet

Pipa yang menyalurkan luapan bioslurry menuju penampungan

Urban farming

kegiatan budidaya , pemrosesan, dan distribusi bahan pangan di perkotaan

Organik

sampah yang berasal dari sisa makhluk hidup yang mudah terurai secara alami

Anorganik

sampah yang sudah tidak dipakai lagi dan sulit terurai tanpa pengolahan

Total Water

Jumlah kandungan air.

Total Solid

jumlah padatan/ zat-zat yang tersisa sebagai residu

Sustainable Development Goals

Agenda tujuan pembangunan berkelanjutan yang merupakan kesepakatan pembangunan global

Intermediate Treatment Facility

proyek yang diupayakan Pemerintah DKI Jakarta sebagai tempat pengolahan sampah sementara sebelum sampah dikirim ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Daftar Singkatan

AD	: Anaerobic Digester
IPLT	: Instalasi Pengolahan Limbah Terpadu
PD PAL Jaya	: Perusahaan Daerah Pengelolaan Air Limbah Jakarta
TPST	: Tempat Pengolahan Sampah Terpadu
TPA	: Tempat Pengolahan Akhir
kWh	: Kilo Watt Hour Meter
KLHK	: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
WtE	: Waste to Energy
IRRC	: <i>Integrated Resource Recovery Center</i>
UNESCAP	: <i>United Nations Environment and Commission for Asia and the Pacific</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
SDGs	: <i>Sustainable Development Goals</i>
WHO	: World Health Organization
PAD	: Pendapatan Asli Daerah
APBD	: Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah
Pergub	: Peraturan Gubernur
BUMD	: Badan Usaha Milik Daerah
ITF	: <i>Intermediate Treatment Facility</i>

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Limbah senantiasa menjadi pengiring laju dari perkembangan sebuah kota termasuk kota megapolitan seperti Jakarta. Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Provinsi DKI Jakarta mencatat jumlah penduduk DKI Jakarta tahun 2019 mencapai 11.063.324 penduduk dengan luas wilayah 662,33 km² maka kepadatan penduduk DKI Jakarta mencapai 16.704 jiwa/km² (Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil DKI Jakarta, 2019). Dengan jumlah penduduk dan kepadatan yang tinggi Jakarta berpotensi untuk menghasilkan timbulan limbah individu yang tinggi yaitu *blackwater* (tinja manusia) dan sampah yang jika tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan pencemaran dan lingkungan yang tidak sehat.

Studi literatur terhadap penelitian-penelitian yang membahas tentang sanitasi di Jakarta menunjukkan adanya masalah penanganan limbah *blackwater* dan sampah yang tidak optimal. Limbah *blackwater* tidak dikelola secara holistik dan mengandalkan inisiatif individu atau kelompok seperti menampung di *septic tank* (Putri, 2014; Anugrah *et al*, 2014). Sebagai provinsi dengan kepadatan penduduk tertinggi di Indonesia, Jakarta hanya dilayani oleh dua Instalasi Pengolahan Tinja (IPLT). Pada praktiknya penduduk Jakarta hanya mengandalkan *septic tank* untuk menampung limbah *blackwater* dan mengosongkannya dengan menyewa jasa penyedot tinja tanpa mengetahui lebih lanjut ke mana limbah *blackwater* diangkut.

Pada tahun 2018, Suku Dinas Kebersihan Pemerintah Kotamadya Jakarta Pusat mendapati truk sedot tinja yang membuang limbah *blackwater* ke saluran air yang mengarah ke Sungai Ciliwung (pusat.jakartapusat.go.id, 2018). Kasus ini menunjukkan sistem pengelolaan limbah *blackwater* belum berjalan optimal di Jakarta. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Asisten Manajer Riset dan Pengembangan PD PAL Jaya, Lembaga yang menangani limbah cair di Jakarta, bahwa 200 dari 300 truk sedot tinja swasta yang beroperasi di Jakarta tidak menyetor limbah *blackwater* ke IPLT di Jakarta (*Tempo.co*, 2019).

Sementara untuk pengelolaan sampah, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta mengandalkan Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Bantar Gebang untuk menampung timbulan sampah di DKI Jakarta. Meskipun telah ada rencana membangun pengolahan sampah terintegrasi di TPA Bantar Gebang, namun hal ini belum berjalan optimal dan TPST Bantar Gebang masih beroperasi dengan sistem open dumping yang berarti sekedar menumpuk

sampah tanpa pengolahan lebih lanjut (Mulyadin *et al*, 2018). Hal ini diperkuat dengan pernyataan Kepala Dinas Kebersihan Lingkungan Hidup DKI Jakarta bahwa pada 2021 TPST Bantar Gebang akan penuh dan tidak bisa menampung sampah lagi. Hal ini disebabkan karena jumlah sampah yang masuk tidak sebanding dengan jumlah sampah yang berhasil diolah (Kompas.com, 2019). Masalah tidak tertanganinya limbah *blackwater* dan sampah di Jakarta perlu diatasi dengan cara yang efektif dan produktif.

Perkembangan teknologi saat ini telah memungkinkan jika limbah organik seperti *blackwater* (tinja manusia dan hewan) dan sampah organik perkebunan dan rumah tangga menjadi sumber energi listrik dan panas melalui teknologi biogas (Colon, 2015; Vogeli *et al*, 2014). Teknologi biogas dari limbah tinja dan sampah organik telah diterapkan di berbagai negara seperti Tiongkok, India, Nepal, Tanzania, Lesotho, dan Argentina dalam berbagai skala ruang lingkup spasial mulai dari kota, desa hingga, institusi pendidikan dan penjara (Zhang *et al*, 2017; Vogeli *et al*, 2014; Chen *et al*, 2012; Yu *et al*, 2007). Pengolahan limbah organik kota menjadi pasokan bahan baku biogas menawarkan manfaat penyediaan sumber energi alternatif yang rendah emisi dan mengatasi masalah timbulan limbah perkotaan seperti *blackwater* dan sampah organik.

Studi literatur juga mengidentifikasi berbagai studi *feasibility* dan efektifitas penerapan teknologi biogas dari tinja hewan di pedesaan dan tinja manusia di perkotaan serta sampah organik baik secara simulasi melalui penghitungan dengan data proksi (Surendra *et al*, 2014; Muralidharan, 2017), eksperimen dengan *prototype* reaktor biogas (Marsudi, 2012; Talakua, 2019) dan pengamatan empirik terhadap reaktor biogas (Zhang *et al*, 2017). Namun belum ada studi yang membahas tentang potensi biogas untuk mengatasi masalah timbulan limbah *blackwater* dan sampah organik yang merupakan masalah kronis di Jakarta dan menjabarkan bagaimana sistem pengelolaan biogas yang efektif untuk konteks kota megapolitan Jakarta.

Berdasarkan studi literatur tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membahas tentang potensi pemanfaatan limbah tinja dan sampah organik sebagai biogas, dengan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa banyak estimasi potensi pasokan *blackwater* (tinja manusia) dan sampah organik di DKI Jakarta sebagai bahan baku (*feedstock*) biogas dari aspek ketersediaannya di Jakarta?

2. Berapa banyak estimasi potensi energi biogas yang dihasilkan dari bahan baku tinja dan sampah secara terpisah?
3. Bagaimana sistem pengelolaan energi biogas yang efektif di Jakarta untuk mengolah limbah *blackwater* dan sampah organik?

1.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif tipe evaluatif. Metode kualitatif evaluatif adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi efektifitas kebijakan atau sebuah sistem yang telah berjalan. Dalam penelitian evaluatif peneliti menganalisis tahapan proses kerja dan keluaran (*output*) yang dihasilkan (Ritchie dan Lewis, 2003). Menurut Ritchie dan Lewis (2003), metode penelitian kualitatif evaluatif digunakan dengan tujuan sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi faktor keberhasilan dan ketidakberhasilan suatu program, layanan atau program intervensi.
- b. Mengidentifikasi efek jika terlibat dalam sebuah program intervensi dan menganalisis proses yang terjadi.
- c. Mengeksplorasi karakter target kelompok yang akan menjalani program intervensi untuk mengidentifikasi prasyarat keberhasilan program intervensi.
- d. Mengeksplorasi karakter organisasi atau kelembagaan yang relevan dengan konteks operasional program, layanan atau program intervensi.
- e. Mengeksplorasi konteks suatu program, layanan atau program intervensi yang telah diberikan kepada kelompok target dan mengevaluasi seberapa jauh efektifitasnya.

Metode kualitatif evaluatif kami gunakan untuk mengeksplorasi efek jika pengelolaan limbah *blackwater* (tinja manusia) dan sampah organik di wilayah Provinsi DKI Jakarta dikelola untuk menjadi sumber energi biogas. Penelitian tersebut kami jalankan dengan kerangka alur berpikir sebagai berikut:

Gambar 1. Kerangka Alur Berpikir



Sumber: Analisa Penulis, 2020

Berdasarkan gambar bagan di atas, penelitian ini dimulai dari masalah tingginya timbulan limbah *blackwater* dan sampah di Jakarta sebagai konsekuensi dari jumlah penduduk yang tinggi. Berdasarkan studi literatur, tingginya timbulan limbah tidak diiringi dengan adanya sistem pengolahan limbah terpadu untuk mengurangi polutan dari limbah yang tak tertangani. Perkembangan teknologi di sektor energi telah memungkinkan untuk mengolah limbah *blackwater* dan sampah organik menjadi energi biogas, salah satunya dengan teknologi *anaerobic digester* dengan sistem *fixed dome*.

Dengan konteks masalah tersebut, peneliti mengajukan proposisi: jika limbah *blackwater* dan sampah organik di DKI Jakarta diolah menjadi energi biogas dengan teknologi *anaerobic digester* dengan sistem *fixed dome* maka warga DKI Jakarta akan memperoleh manfaat adanya sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dan mengurangi timbulan limbah yang tidak tertangani dan berpotensi menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan warga.

Dalam melakukan pengumpulan data, peneliti melakukan *desk research* dengan mengkaji literatur sebagai berikut:

- a. Literatur tentang perkembangan Jakarta dari kota era kolonial hingga menjadi kota megapolitan.
- b. Literatur tentang sistem sanitasi dan pengelolaan sampah di DKI Jakarta
- c. Literatur tentang sistem produksi biogas
- d. Literatur tentang sistem produksi biogas dari limbah tinja manusia dan sampah organik
- e. Literatur medis tentang tinja manusia

- f. Literatur tentang komposisi zat yang terkandung dalam sampah organik
- g. Literatur mengenai potensi penyakit yang ditimbulkan oleh limbah *blackwater* dan sampah yang tidak tertangani dengan tuntas.
- h. Regulasi terkait lembaga yang menangani persoalan sanitasi dan sampah di DKI Jakarta
- i. Data jumlah penduduk DKI Jakarta
- j. Data timbulan sampah di DKI Jakarta
- k. Data kesehatan penduduk DKI Jakarta terkait penyakit diare

Berdasarkan kajian terhadap literatur tersebut, peneliti menghitung estimasi ketersediaan bahan baku serta estimasi potensi biogas yang berasal dari *blackwater* (tinja manusia) dan timbulan sampah organik Provinsi DKI Jakarta untuk menghitung estimasi ketersediaan pasokan feedstock harian dari limbah *blackwater* dan sampah organik harian.

Ketersediaan bahan baku biogas Provinsi DKI Jakarta dapat dihitung dengan persamaan:

- **Pasokan *Blackwater* (tinja manusia) Harian :**

$$\sum BW = 128 \text{ gr / hari} \times \text{Jumlah penduduk DKI Jakarta Usia Produktif}$$

Keterangan: 128 gr/hari: Median bobot feces harian per individu (Rose *et al*, 2015)
 Usia Produktif 15-64 Tahun (BPS, 2019)

- **Pasokan Sampah Organik Harian:**

$$\sum s = 3 \text{ Liter/orang /hari} \times \text{Jumlah penduduk}$$

$$\sum \text{Sampah Organik} = 53,75\% \times \sum s$$

Keterangan:

- a. 3 liter/orang/ hari: Proyeksi timbulan sampah harian di kota besar (SNI 3242:2008)
- b. 53,75%: Komposisi sampah organik DKI Jakarta Tahun 2011 (Dinas lingkungan Hidup Jakarta)

Selanjutnya, peneliti menghitung estimasi berapa potensi energi biogas yang dihasilkan berdasarkan pasokan *blackwater* (tinja manusia) dan timbulan sampah organik yang ada dengan menggunakan teknologi *anaerobic digester*. Potensi biogas yang dihasilkan kemudian kami konversikan ke dalam satuan kWh untuk menghitung estimasi energi listrik dari proses produksi biogas tersebut. Estimasi potensi biogas dapat dihitung dengan persamaan:

- **Estimasi Potensi Biogas dengan Bahan Baku *Blackwater* (Tinja Manusia)**

- I. **Jumlah Berat Limbah *Blackwater***

$$\sum BW = 128 \text{ gr / hari} \times \text{Jumlah penduduk DKI Jakarta Usia Produktif}$$

Keterangan: 128 gr/hari: Median bobot feces harian per individu (Rose *et al*, 2015)

- II. **Nilai Total Air dan Total Solid *Blackwater***

$$\text{Total Air} = \sum BW \times 85\%$$

$$\text{Total Solid} = \sum BW \times 15\%$$

Keterangan: 85% merupakan kandungan air yang terkandung dalam feces manusia, sedangkan 15% merupakan padatan yang terkandung pada feces manusia (Zhang *et al*, 2017)

- III. **Jumlah Volume Biogas yang Berpotensi Dihasilkan dari *Blackwater***

$$V \text{ biogas} = 0,02 \text{ M}^3 \times \text{Total Solid}$$

Keterangan: 0,02 M³ Estimasi Biogas yang dihasilkan dari padatan yang terkandung dalam feces manusia. (Andriani *et al*, 2017)

- IV. **Volume Gas Methan**

$$V \text{ methan} = 70\% \times V \text{ biogas}$$

Keterangan: 70% merupakan kandungan methane yang terdapat pada biogas (Environmental and Energy Study Institute [EESI], 2017)

- V. **Nilai Energi Listrik yang Dihasilkan**

$$\text{Energi Listrik} = 17,02 \text{ kWh} \times V \text{ Methan}$$

Keterangan: 17,02 kWh adalah konversi penyeteraan kandungan metana biogas per Kilogram (Sorensen, 2007)

- VI. **Kebutuhan Jumlah Dome AD dengan Bahan Baku *Blackwater***

$$\frac{120 \text{ kg/hari}}{\text{total solid blackwater kg/hari}} = \frac{4,8 \text{ M}^3}{X}$$

Keterangan: 120kg/hari adalah kapasitas bahan baku yang dapat diolah dengan ukuran tempat pengolahan sebesar 4,8 M³ (Pertiwiningrum,2015)

- **Estimasi Potensi Biogas dengan Bahan Baku Sampah Organik**

- I. **Jumlah Berat Sampah Organik**

$$\sum s = 3 \text{ Liter/orang /hari} \times \text{Jumlah penduduk}$$

$$\sum \text{Sampah Organik} = 53,75\% \times \sum s$$

Keterangan:

a. 3 liter/orang/ hari: Proyeksi timbulan sampah harian di kota besar (SNI 3242:2008)

b. 53,75%: Komposisi sampah organik DKI Jakarta Tahun 2011 (Dinas lingkungan Hidup Jakarta)

II. Nilai Total Air dan Total Solid Sampah Organik

$$\text{Total Air} = \sum \text{BW} \times 70\%$$

$$\text{Total Solid} = \sum \text{BW} \times 30\%$$

Keterangan: 70% merupakan kandungan air yang terkandung dalam sampah organik, sedangkan 30% merupakan total padatan organik yang terkandung sampah organik (Vogelli, et al. 2014)

III. Jumlah Volume Biogas yang Berpotensi Dihasilkan dari Sampah Organik

$$V \text{ biogas} = 0,04 \text{ M}^3 \times \text{Total Solid}$$

Keterangan: 0,04 M³ didapat dari hasil perhitungan bahwa setiap 50 Kg sampah organik menghasilkan 2 M³ biogas. (Tobing dan Irwanto, 2019)

IV. Volume Gas Methan

$$V \text{ methan} = 70\% \times V \text{ biogas}$$

Keterangan: 70% merupakan kandungan methane yang terdapat pada biogas (Environmental and Energy Study Institute [EESI], 2017)

V. Nilai Energi Listrik yang Dihasilkan

$$\text{Energi Listrik} = 17,02 \text{ kWh} \times V \text{ Methan}$$

Keterangan: 17,02 kWh adalah konversi penyetaraan kandungan metana biogas per Kg (Sorensen, 2007)

VI. Kebutuhan Jumlah Dome AD dengan Bahan Baku Sampah Organik

$$\frac{120 \text{ kg/hari}}{\text{Total solid sampah organik kg/hari}} = \frac{4,8 \text{ M}^3}{X}$$

Keterangan: 120kg/hari adalah kapasitas bahan baku yang dapat diolah dengan ukuran tempat pengolahan sebesar 4,8 M³ (Pertiwiningrum, 2015)

Hasil perhitungan tersebut kemudian kami analisis dengan membandingkan hasil produksi energi listrik biogas dengan rata-rata konsumsi listrik harian di Jakarta dari berbagai sektor konsumen. Hasil analisis tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi presentase konsumsi listrik harian di DKI Jakarta yang dapat dipenuhi dengan produksi energi biogas dari limbah *blackwater* dan sampah organik. Terakhir, kajian ini akan ditutup dengan rekomendasi hal-hal yang diperlukan untuk menerapkan teknologi biogas di Jakarta oleh *stakeholders* terkait.

2 Jakarta: Kota yang Berkembang Tanpa Sanitasi dan Pengelolaan Sampah yang Memadai

2.1 Penanganan Sanitasi dan Pengolahan Sampah di Jakarta

Sejarah menunjukkan Jakarta adalah kota yang perkembangannya semakin meluas dari Kawasan Pelabuhan Sunda Kelapa hingga wilayah administratif Jakarta saat ini (Blackburn, 2011; Silver 2008; Firman, 2004; Hudalah dan Firman, 2012). Berdasarkan Rencana Tata Ruang dan Tata Wilayah (RTRW) Jakarta Tahun 2012-2030, Provinsi DKI Jakarta memiliki fungsi diantaranya adalah:

1. Fungsi pemerintahan
2. Fungsi perkantoran, perdagangan dan jasa
3. Fungsi industri dan pergudangan
4. Fungsi Sosial dan kebudayaan
5. Fungsi simpul pergerakan angkutan umum massal; dan
6. Beberapa fungsi sekaligus.

Dokumen RTRW Jakarta menunjukkan ada beragam kegiatan yang akan berlangsung di Jakarta sebagai konsekuensi beragam fungsi yang diemban oleh Jakarta baik sebagai kota megapolitan dan ibukota Indonesia. Dengan beragam kegiatan yang berjalan di Jakarta maka timbulan limbah akan semakin bertambah.

Pengelolaan air limbah perlu menjadi prioritas program pembangunan suatu kota karena dampaknya sangat berpengaruh terhadap sanitasi masyarakat, serta mengamankan pasokan air bersih di wilayahnya. Sedangkan, perkembangan Jakarta sebagai kota megapolitan tidak diiringi dengan pembangunan infrastruktur pengelolaan limbah yang terpadu dan memadai. Hal ini terlihat dari kondisi pengelolaan limbah *blackwater* dan sampah di Jakarta. Sanitasi terpadu di Jakarta hanya melayani 2% dari seluruh populasi Jakarta, hanya 500.000 kepala keluarga yang memiliki *septic tank* untuk menyimpan limbah *blackwater*. (Miller, 2006 dikutip dari Putri, 2014). Sehingga ada 98 persen dari populasi Jakarta yang limbah tinjanya tidak terkelola dengan baik dan berpotensi mencemari air tanah. Data tersebut sama dengan studi World Bank pada tahun 2013. Pada Tabel 1 terlihat bahwa Jakarta menduduki peringkat kedua dari bawah dalam presentase populasi yang terhubung dengan fasilitas sanitasi

terpadu dari 8 kota besar di negara berkembang. Sementara itu 80 persen penduduk Kuala Lumpur, terlayani oleh jaringan sanitasi terpadu (World Bank, 2013).

Tabel 1: Presentase Populasi yang Terhubung dengan Fasilitas Sewerage di Kota-Kota Besar Asia

Nama Kota	Presentase
Vientiane	0 %
Jakarta	2 %
Manila	7 %
Ho Chi Minh City	29 %
Dhaka	30 %
Phnom Penh	41 %
Delhi	60 %
Kuala Lumpur	80 %

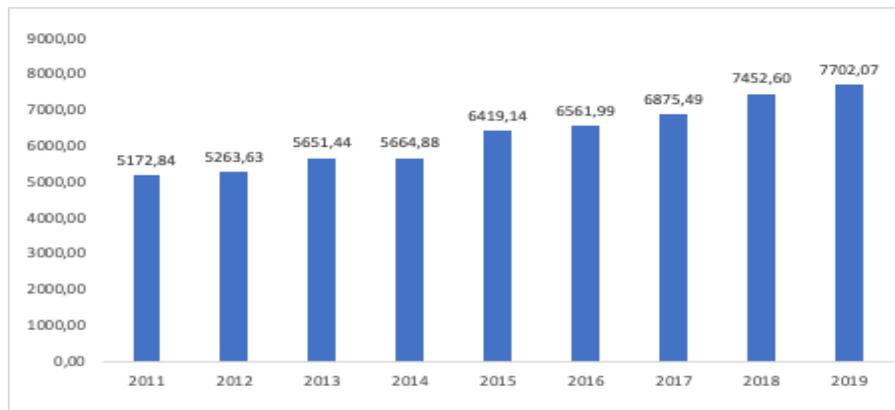
Sumber: World Bank, 2013.

Menurut estimasi Putri (2014), 85% *greywater* (air limbah cucian rumah tangga) di Jakarta dibuang tanpa pengelolaan yang tepat. Sedangkan 60% nya adalah *blackwater* (air limbah tinja dan urin rumah tangga) di Jakarta yang dibuang langsung ke tanah dan ke badan air seperti sungai. Dampak atas pembuangan limbah yang tidak tepat dapat dilihat dari data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2014, yang menunjukkan bahwa Jakarta memiliki indeks kualitas air terendah dibandingkan provinsi lainnya di Pulau Jawa (KLHK, 2017). Sub Direktorat Air Limbah, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat mencatat hanya ada dua Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Jakarta yang terletak di Duri Kosambi, Jakarta Barat dan Pulo Gebang, Jakarta Timur. Masing-masing IPLT tersebut dilayani oleh 10 truk pengangkut limbah ke IPLT (Sub Direktorat Air Limbah, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat).

Tidak memadainya fasilitas sanitasi kota-kota negara berkembang termasuk Jakarta berasal dari sistem tata kota kolonial yang segregatif (Davies, 2006). Pada sistem tata kota kolonial, perancangan sistem pengelolaan air tidak menyertakan pengelolaan air limbah. Saluran air limbah yang dibangun pada masa itu hanyalah saluran air terbuka (sungai/kali) yang menampung air limbah domestik maupun air hujan. Baru kemudian pada tahun 1980, World Bank memutuskan untuk mendanai proyek Sistem Pembuangan Limbah Jakarta

(Jakarta Sewerage System) sebagai bagian dari Program Pembangunan Infrastruktur Perkotaan Terpadu (Putri, 2014). Minimnya jumlah IPLT di Jakarta dan jangkauan pelayanan sanitasi terpadu yang sangat terbatas menjadikan DKI Jakarta termasuk ibukota yang tertinggal dalam pembangunan infrastruktur air limbah dibandingkan dengan Ibukota negara Asia Tenggara lainnya (Kearnton *et al.*, 2013 dikutip dari Putri, 2014).

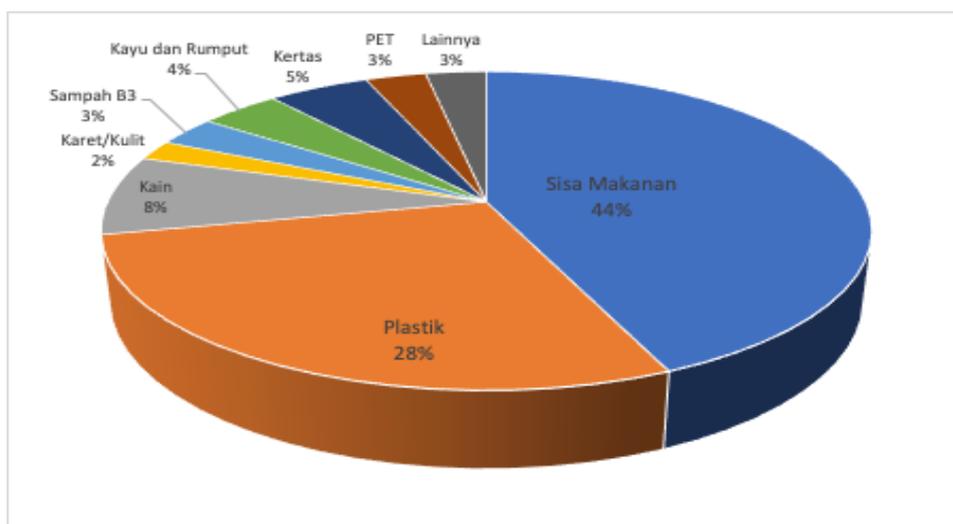
Gambar 2. Tren Rata-Rata Bobot Sampah yang Masuk Ke TPA Bantar Gebang Per hari (Dalam Satuan Ton)



Sumber: Unit Pengelola Sampah Terpadu, Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta (2019).

Dalam ranah pengelolaan sampah, Jakarta juga tidak memiliki sistem pengelolaan memadai. Berdasarkan Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, 3 jenis sampah prioritas yang harus dikelola adalah sampah rumah tangga, sampah spesifik, dan sampah sejenis sampah rumah tangga. Kemudian, sampah-sampah yang ada di Jakarta tersebut diangkut untuk dikumpulkan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bantar Gebang, Kota Bekasi. Data dari Unit Pengelola Sampah Terpadu, Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta (2019) yang dijabarkan pada Gambar 2 menunjukkan adanya tren peningkatan rata-rata sampah harian yang masuk ke TPA Bantar Gebang. Pada tahun 2019, rata-rata sampah harian yang masuk Bantar Gebang sebesar 7702,07 Ton. Data komposisi sampah yang ditunjukkan pada Gambar 2 menunjukkan sampah organik dari sisa makanan menjadi komponen sampah tertinggi yang ada di Bantar Gebang sebesar 44% diikuti dengan plastik yang sering menjadi kemasan pembungkus makanan sebesar 28%.

Gambar 3. Presentase Komposisi Sampah di TPA Bantar Gebang



Sumber: Unit Pengelola Sampah Terpadu, Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta (2019).

Kondisi penumpukan sampah secara terbuka (*open dumping*) di TPA Bantar Gebang, menunjukkan bahwa pengelolaan sampah untuk wilayah DKI Jakarta belum dikelola secara berkelanjutan (Sidik, 2016 dikutip dari Mulyadin *et al*, 2018). Tidak hanya disebabkan oleh meningkatnya jumlah penduduk, faktor lain penyebab permasalahan sampah di DKI Jakarta diantaranya ialah beragamnya kondisi sosial ekonomi budaya masyarakatnya; masih rendahnya keseriusan dalam pengelolaan dan penanganan permasalahan sampah di kalangan pemerintah dan masyarakat; serta ketidaksesuaian konsep pengelolaan sampah yang diterapkan pada suatu wilayah tertentu (Madina, 2012 dikutip dari Mulyadin *et al*, 2018).

Gambar 2 dan 3 menunjukkan terdapat potensi pasokan bahan baku biogas dari tinja dan sampah organik dalam jumlah besar di Jakarta sekaligus masalah karena ketiadaan sistem pengelolaan limbah tinja dan sampah yang terpadu. Jika limbah tersebut tidak dikelola dan diolah menjadi energi biogas, potensi dampak pencemaran air dan lingkungan yang tidak sehat akan semakin meningkat. Selain itu, kesempatan untuk memperoleh sumber energi alternatif sebagai upaya pengurangan konsumsi energi fosil akan terlewat sia-sia.

2.2 Potensi Dampak Negatif Terhadap Kesehatan dari Limbah *Blackwater* dan Sampah

Timbulan sampah dan limbah *blackwater* yang tidak tertangani dengan baik dan tuntas berpotensi menjadi polutan yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan warga. Tabel 2

menunjukkan daftar bakteri yang terkandung pada tinja manusia yang dapat menimbulkan penyakit jika bakteri tersebut masuk ke dalam tubuh manusia. Berbagai penyakit terkait pencernaan seperti kolera, tipes dan disentri berpotensi timbul dari polutan tinja manusia.

Tabel 2. Potensi Penyakit dari Bakteri Tinja Manusia

Agen Bakteri	Organ yang Diserang	Penyakit yang Ditimbulkan
Salmonella typhi	Saluran Gastrointestinal	Demam Typhoid (Tipes)
Salmonella paratyphi	Saluran Gastrointestinal	Demam paratyphoid (paratipes)
Shigella	Intestine bawah	Dysentri basiler
Vibrio cholerae	Kolera	Saluran Gastrointestinal
Enteropathogenie E. Coli	Saluran Gastrointestinal	Gastroenteritis
Yersinia enterocolitica	Saluran Gastrointestinal	Gastroenteritis
Champylobacter jejuni	Saluran Gastrointestinal	Gastroenteritis

Sumber: Sobsey dan Olson, 1983 dikutip dari Said dan Marsidi, 2005.

Sampah termasuk diantaranya sampah organik juga berpotensi menyebabkan penyakit bagi manusia. Tabel 3 menunjukkan daftar pathogen penyebab penyakit yang terdapat pada sampah padat perkotaan (*municipal solid waste*) (Gerba, dalam Palmisano dan Barlaz (ed), 1996).

Tabel 3. Daftar Patogen Penyebab Penyakit dari Sampah Perkotaan¹

Grup	Patogen	Penyakit
Protozoa	Giardia lamblia	Diare
Bakteri	Cryptosporidium	Diare
	Salmonella	Tipes, Diare

¹ Sampah Padat Perkotaan (Municipal Solid Waste) yang dimaksud mencakup sampah yang dapat terurai, sampah yang tidak dapat terurai, kemasan pembungkus, sisa makanan, sisa pembersihan lahan dan sampah nonorganik dari area perumahan, komersial, institusi pemerintahan dan industri (Lihat Palmisano dan Barlaz, 1996).

	Shigella	Diare
	Campylobacter	Diare
	Vibrio cholerae	Diare
	Yersinia enterocolitica	Diare
	Escherichia coli	Diare
Virus	Enteroviruses	Meningitis, kelumpuhan, ruam kulit, demam, myocarditis, penyakit pernapasan, diare, diabetes
	Hepatitis A and E	Hepatitis
	Norwalk virus	Diare
	Rotavirus	Diare
	Astrovirus	Diare
	Calcivirus	Diare
	Adenovirus	Diare, infeksi mata, penyakit pernapasan
	Reovirus	Penyakit pernapasan

Sumber: Gerba dalam Palmisano dan Barlaz (*ed*), 1996.

Dalam tabel 3, terlihat bahwa ada banyak potensi penyakit yang dapat disebabkan oleh timbulan sampah yang tidak terkelola dengan tuntas mulai dari penyakit diare, pernapasan, tipoid, penyakit kulit, hepatitis, diabetes, kelumpuhan, hingga penyakit meningitis. Berpindahannya organisme patogen dari sampah menjangkiti manusia dapat disebabkan oleh penularan lewat binatang seperti tikus dan lalat. Hal tersebut dapat dilihat pada penelitian Putri (2015) yang mengobservasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sukawinatan dan Pasar Induk Jakabaring di Kota Palembang, Sumatera Selatan.

Tabel 4. Sampel Lalat dan Bakteri di TPA Sukawinatan dan Pasar Induk Jakabaring, Palembang

Nama Lokasi	Temuan Spesies Lalat	Temuan Spesies Bakteri
TPA Sukawinatan	<i>Musca domestica</i> , <i>Chrysomya megacephala</i> , <i>Lucilia</i> sp, <i>Sarcophaga</i> sp dan <i>Fannia</i> sp.	<i>Proteus</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Providencia</i> dan <i>Citrobacter</i>
Pasar Induk Jakabaring	<i>Musca domestica</i> , <i>Chrysomya megacephala</i> , <i>Lucilia</i> sp, dan <i>Fannia</i> sp.	<i>Salmonella</i> , <i>Providencia</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Vibrio</i> dan <i>Enterobacter</i> .

Sumber: Putri, 2015.

Riset Putri (2015) menunjukkan ada lima species lalat yang hidup di tumpukan sampah TPA Sukawinatan dan Pasar Induk Jakabaring. Temuan keberadaan lalat tersebut disertai dengan temuan bakteri patogen yang dapat menimbulkan penyakit bagi manusia. Sampah-sampah di Jakarta umumnya dikumpulkan di tempat penampungan sementara sebelum dibuang ke Tempat Penampungan Akhir Bantar Gebang yang menggunakan sistem *open dumping*. Pengelolaan sampah dengan cara tersebut, berpotensi menjadikan tumpukan sampah sebagai tempat subur organisme patogen dan binatang pembawa organisme tersebut.

Tabel 5. Status Ketercemaran Sungai Kali Asem yang Melewati TPST Bantar Gebang dan TPA Sumur Batu, Kota Bekasi

Sampel Lokasi	Koordinat Lokasi	Kegiatan TPA dan sekitarnya sebelum melewati lokasi sampel	Parameter Tidak Memenuhi BM Kelas 3	Nilai Indeks Pencemaran	Kelas
Kali Asem 1	S 06° 21' 12,3" & E 106° 59' 49,4"	Zona 3 TPST Bantargebang, Zona komposting, Bangunan IPAS	BOD5, COD, DO, P, Cd, NO2, H2S, Fecal Coli, Coliform	8	Tercemar Sedang
Kali Asem 2	S 06° 21' 05,7" & E 106° 59' 56,2"	Outlet IPAS Zona 3, Zona Gabungan	TSS, BOD5, COD, DO, P, Cd, NO2, H2S, Minyak dan Lemak, Detergen, Fecal Coli	9	Tercemar Sedang

Kali Asem 3	S 06° 20' 45,0" & E 107° 00' 01,9"	Zona Gabungan, IPAS Zona Gabungan, TPSA Sumur Batu	TDS, BOD5, COD, DO, P, Cd, NO2, H2S, Minyak dan Lemak, Detergen, Fecal Coli, Colifom	12	Tercemar Berat
Kali Asem 4	S 06° 20' 33,0" & E 107° 00' 05,5"	Outlet IPAS Zona Gabungan, TPSA Sumur Batu, Outlet IPAS TPSA Sumur Batu	TDS, BOD5, COD, DO, P, Cd, NO2, H2S, Minyak dan Lemak, Detergen, Fecal Coli, Colifom	14	Tercemar Berat
Kali Asem 5	S 06° 20' 33,5" & E 107° 00' 09,8"	Outlet IPAS TPSA Sumur Batu, Industri	TDS, BOD5, COD, DO, P, Cd, NO2, H2S, Minyak dan Lemak, Detergen, Fecal Coli, Colifom	15	Tercemar Berat

Sumber: Kurniasari dan Aprianti, 2020.

Penyebaran organisme patogen tidak hanya dapat terjadi melalui penularan via binatang pembawa tapi juga lewat rembesan air lindi ke sumber air setempat. Penelitian Kurniasari dan Aprianti (2020) mengukur tingkat ketercemaran lima titik sampel sungai Kali Asem yang melewati lokasi TPA Bantar Gebang dan TPA Sumur Batu di Kota Bekasi. Pengukuran tingkat ketercemaran dilakukan berdasarkan ukuran yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan pengendalian Pencemaran Air untuk kelas III. Penentuan status mutu air dengan menggunakan metode indeks pencemaran (*pollution index*) sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 5, menunjukkan 3 titik sampel berada pada status tercemar sedang sedangkan dua titik sampel yang berada di bagian muara sungai pada kondisi tercemar berat.

Studi pada pemulung yang bekerja di TPA Bantargebang menunjukkan adanya hubungan antara paparan sampah dengan tingginya resiko terkena penyakit kulit (Srisantyorini dan Cahyaningsih, 2019). Penelitian Srisantyorini dan Cahyaningsih (2019) mengobservasi

responden pemulung yang bekerja di TPA Bantar Gebang. Hasil penelitian mereka menunjukkan, dari 75 responden, sebanyak 42 responden (56 persen) mengalami penyakit kulit. Penelitian Srisantyorini dan Cahyaningsih (2019) menunjukkan bahwa potensi penyakit yang ditimbulkan dari limbah sampah yang tidak tertangani tidak hanya berpotensi menimbulkan penyakit di wilayah DKI Jakarta saja sebagai daerah penghasil sampah tetapi juga warga yang beraktivitas di Bantar Gebang Kota Bekasi yang menjadi tempat penampungan akhir sampah-sampah dari wilayah DKI Jakarta. Teknologi biogas *anaerobic digester* dapat digunakan untuk pengolahan limbah blackwater dan sampah organik secara tuntas untuk mengurangi timbulan limbah dan menghasilkan energi bersih yang rendah emisi. Pada bab selanjutnya akan dibahas lebih mendalam tentang teknologi biogas *anaerobic digester* untuk mengolah limbah *blackwater* dan sampah organik.

3 Teknologi Biogas

3.1 Teknologi Biogas untuk Produksi Energi

Biogas berasal dari proses fermentasi (pembusukan) bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen). Biogas merupakan gas yang mudah terbakar (flammable) karena sebagian besar mengandung gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil pula nilai kalor. (Pertiwiningrum, 2015)

Tabel 6. Komposisi Biogas Secara Umum

Komponen	%
Methana (CH_4)	55-75
Karbon Dioksida (CO_2)	25-45
Nitrogen (N_2)	0-0,3
Hidrogen (H_2)	1-5
Hidrogen Sulfida (H_2S)	1-5
Oksigen (O_2)	0,1-0,5

Sumber: Instalasi Biogas, Pertiwiningrum, 2015

Kandungan metana dalam biogas relatif lebih bersih dibandingkan dengan batu bara dan menghasilkan energi yang lebih besar namun emisi karbondioksida lebih sedikit. Nilai energi biogas jika dibandingkan dengan nilai energi bahan bakar yang lain yaitu (Pertiwiningrum, 2015):

Nilai kalor dalam 1 M^3 biogas setara dengan (Pertiwiningrum, 2015):

- 0,62 liter minyak tanah
- 0,52 liter minyak solar/minyak diesel
- 0,46 kilogram elpiji
- 3,50 kilogram kayu bakar
- 0,80 liter bensin

3.2 Teknologi Biogas Anaerobic Digester

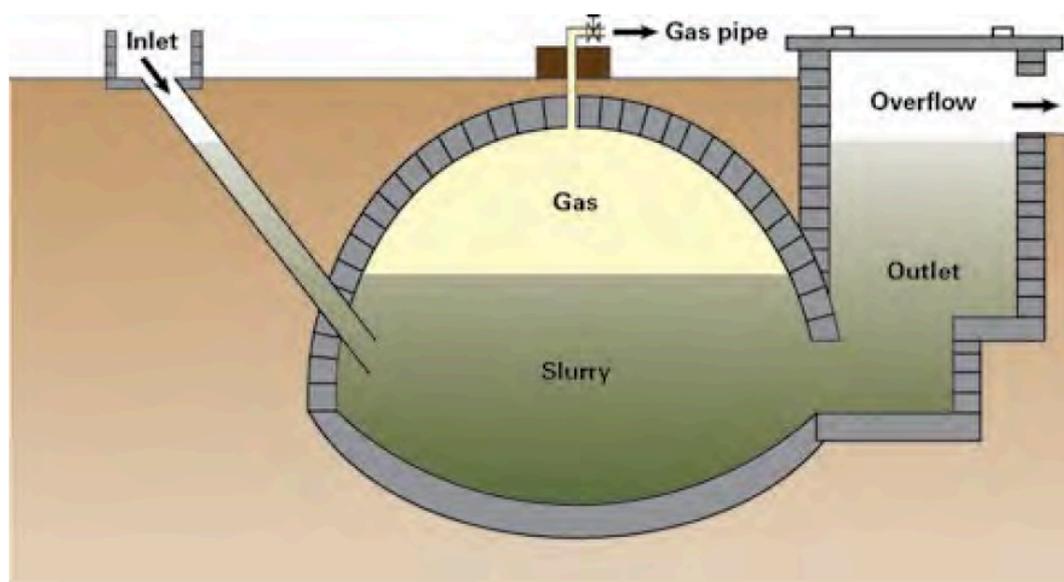
Untuk memproduksi biogas dari bahan organik memerlukan alat *digester* yang berbentuk suatu wadah penampungan bahan organik dengan kondisi anaerob (bebas

oksigen). Dimana tempat penampungan akan berfungsi sebagai tempat fermentasi oleh bakteri metanogen penghasil biogas. Pada umumnya terdapat 3 tipe digester yaitu *fixed dome plant*, *floating drum plant* dan *baloon plant*.

Fixed dome merupakan digester yang dibangun dibawah tanah berbentuk kubah sehingga terlindung dari cuaca ekstrem dan tidak membutuhkan lahan luas diatas tanah. Digester tipe *floating drum plant* terdiri dari satu digester penampung gas yang bisa bergerak ketika gas bertambah namun tipe ini cenderung mudah mengalami kebocoran gas. Sedangkan tipe *baloon plant* adalah tipe *digester* yang terbuat dari plastik dengan konstruksi sederhana namun waktu pakainya relatif singkat dan mudah rusak pada kondisi cuaca ekstrem. (Ambar, 2015).

Teknologi biogas *Anaerobic Digester (AD)* dapat diimplementasikan di negara berkembang karena pengoperasiannya yang mudah. Teknologi AD tidak menggunakan sistem perpompaan dan pengadukan sehingga tidak membutuhkan operasi mekanis maupun sumber listrik. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah tipe *fixed dome*. Digester dengan tipe *fixed dome* merupakan digester yang terbuat dari batu bata dan beton. Berbentuk kubah tertutup dimana penampung gas berada dibawah tanah sehingga memiliki posisi tetap (tidak dapat dipindah) juga menjaga *digester* dari penurunan tingkat temperatur yang cenderung menurun di malam hari.

Gambar 4. Skema Kerja Digester Biogas Fixed Dome



Sumber: Skema Digester Fixed Dome, (Vogeli, et al. 2014)

Proses kerja diawali dengan pencampuran bahan baku pada *Inlet*. Kemudian, *bahan baku* dialirkan menuju penampung gas (kubah penampung) yang merupakan ruang hampa udara. Pada kubah penampung inilah, campuran *bahan baku* akan memproduksi gas setelah melalui proses pencernaan (*digest*) dalam reaktor kemudian gas tersebut tertampung pada bagian atas kubah. Gas yang tertampung akan dialirkan melalui pipa gas dan katup yang berfungsi mengendalikan aliran gas di dalam sistem saluran pipa serta mencegah kehilangan gas. Padatan yang sudah terfermentasi dialirkan menuju outlet dimana akan terbentuk *bio-slurry* yang akan mengalir melalui *overflow outlet* ke lubang penampungan *bio-slurry*.

3.3 Pemanfaatan *Bio-Slurry* sebagai Pupuk

Bioslurry merupakan hasil akhir dari proses biogas yang telah melewati proses *digestion* didalam tangki anaerobik dan memiliki komposisi ampas kotoran dan air. Setelah melalui proses *digest*, *bioslurry* akan keluar dari pipa *outlet* dalam wujud cair cenderung padat dengan warna coklat terang atau hijau gelap.

Gambar 5. Alur Produksi Bio-Slurry



Sumber: biru.or.id

Bioslurry merupakan pupuk alami. Selain mengandung banyak nutrisi. Pada *bioslurry* juga terdapat mikroba probiotik yang, memiliki keunggulan dalam perbaikan struktur tanah, mengikat nutrisi tanah dan sekaligus menggemburkan tanah yang keras. Karena melalui proses *digestion*, *bioslurry* mengandung lebih banyak nitrogen dibanding fosfor dan kalium sehingga dapat digunakan sebagai pupuk alami. Dengan penggunaan ampas *bioslurry* sebagai pupuk, hal ini menunjukkan bukti bahwa limbah yang dihasilkan dari proses konversi energi biogas nyaris 0% (Biru,2020). Sehingga pengolahan limbah *blackwater* dan sampah organik dengan

teknologi biogas dapat membantu mengatasi timbulan limbah serta menghasilkan sumber energi bersih yang sangat rendah emisi.

Penggunaan *bioslurry* sebagai pupuk alami bisa diterapkan sebagai pengganti pupuk kimia dalam mewujudkan kegiatan *urban farming* di Jakarta. Lahan *urban farming* di kawasan pemukiman padat pada tahun 2019 dibentuk di daerah Kembangan Utara, Jakarta Barat. Kawasan ini memanfaatkan 400 m² yang merupakan lahan kosong ditengah pemukiman penduduk. Dalam sekali panen hasil yang didapatkan oleh anggota kelompok tani bisa mendapatkan keuntungan 400.000-500.000 rupiah. Tidak hanya di daerah Kembangan Utara, kegiatan *urban farming* juga dilakukan warga Kelurahan Cempaka Putih Timur, Jakarta Pusat. Dari hasil panen, warga sekitar bisa mendapatkan lebih dari 15 kilogram sayur. Produksi hasil sayur yang dipanen itu sempat mendapatkan tawaran untuk menjadi pemasok sayuran tetap sebuah hotel di Jakarta. (Trubus, 2017)

Dilihat adanya potensi pengadaan program *urban farming* di Jakarta sebagai kegiatan ekonomi masyarakat, penggunaan *bioslurry* sangat potensial sebagai pupuk alami yang dapat digunakan pada *urban farming*. *Bioslurry* dari sisa atau hasil produksi yang mengandung banyak nutrisi dan mikroba probiotik bisa digunakan kembali sebagai pupuk alami menunjukkan bahwa produksi biogas hampir tidak menghasilkan limbah.

Tabel 7. Kelebihan dan Kekurangan Teknologi AD Fixed Dome

Kelebihan	Keterbatasan
Memiliki life-span yang Panjang jika dikonstruksi dan dipelihara dengan baik, bias hingga 19 tahun	Diperlukan tenaga ahli yang dapat memastikan konstruksi kedap gas
Biaya konstruksi relatif rendah	Tekanan gas berfluktuasi berdasarkan volume gas yang tersimpan
Menghermat area yang digunakan karena konstruksi yang dibangun dibawah tanah	Terdapat potensi kebocoran gas
Tidak menggunakan peralatan mekanis yang bergerak sehingga merupakan teknologi sederhana	
Potensi menimbulkan bau sangat rendah	

Sumber: Diolah dari Vogeli *et al*, 2014

Teknologi *Fixed Dome* sudah diimplementasikan dalam proyek *Waste to Energy (WtE)* di Pasar Talang Banjar, Jambi dan di Pasar Mantung Malang, Jawa Timur sebagai teknologi pengolahan sampah pasar. Setiap harinya dibutuhkan 2,7 ton sampah organik dari Pasar Talang Jambi untuk dapat menghasilkan energi listrik sebesar 16 Kwh/hari. Sedangkan untuk pengolahan sampah Pasar Mantung di Malang, setiap harinya total kapasitas pengolahan adalah sebesar 2 ton yang kemudian dapat dikonversikan menjadi energi listrik dan dijual ke PLN seharga Rp.1.385,00/kWh (BPSDM Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018). *Integrated Resource Recovery Center (IRRC)* merupakan sistem pengolahan sampah organik menjadi kompos dan energi listrik merupakan project hibah dari *United Nations Environment and Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP)*.

Gambar 6 Penerapan Biogas Fixed Dome di Pasar Talang, Jambi



Sumber: Kumparan, 2018

4 Penghitungan Estimasi Potensi Biogas dari Limbah Blackwater dan Sampah Organik

4.1 Temuan Estimasi Potensi Biogas dari *Blackwater* (Tinja Manusia) di Jakarta

I. Jumlah Berat Limbah Tinja Manusia

Jumlah penduduk Kota Jakarta dengan usia produktif (15-64 tahun) adalah 7.459.400 orang. Jika per hari menghasilkan limbah kotoran sebanyak 128g/orang/hari (Rose *et al*, 2015) maka akan menghasilkan berat limbah:

$$\begin{aligned}\sum BW &= 128 \text{ gr /orang/ hari} \times 7.459.400 \\ &= 0,128\text{kg/orang/ hari} \times 7.459.400 \\ &= \mathbf{954.803,2kg/hari}\end{aligned}$$

II. Nilai Total Water dan Total Solid

Berdasarkan Zhang, *et al*, 2017, Kotoran manusia mengandung 85% air dan 15% kandungan padat, sehingga: Total Air = 954.803,2kg/hari x 85%

$$= \mathbf{812.432,72 kg/hari}$$

$$\text{Total Solid} = 954.803,2\text{kg/hari} \times 15\%$$

$$= \mathbf{143.220,48kg/hari}$$

III. Volume Biogas yang Dihasilkan

Berdasarkan Andriani, *et al*, 2015, setiap 1 Kg padatan kotoran manusia menghasilkan 0,02 M³ biogas, sehingga:

$$\begin{aligned}V \text{ biogas} &= 0,02 \text{ M}^3/\text{kg} \times 143.220,48\text{kg/hari} \\ &= \mathbf{2.864,4 M^3/hari}\end{aligned}$$

IV. Jumlah Volume Gas Methane yang Dihasilkan

Menurut Monet, 2003. Dengan mengetahui volume biogas yang dihasilkan sebesar 2.864,4 M³ Maka dapat diketahui volume gas Metan (CH₄) adalah:

$$\begin{aligned}V \text{ methan} &= 70\% \times 2.864,4 \text{ M}^3/\text{hari} \\ &= \mathbf{2.005,08 M^3/hari} \\ &= \mathbf{2.005.080 Kg/hari}\end{aligned}$$

V. Potensi Energi Listrik yang Dihasilkan

Menurut Sorensen, 2007. Jika sudah mendapatkan massa gas methane 2.005.080 Kg/hari, Maka energi listrik yang berpotensi dihasilkan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Energi Listrik} &= 17,02 \text{ kWh} \times 2.005.080 \text{ Kg/hari} \\ &= \mathbf{34.126,58 kWh/hari}\end{aligned}$$

VI. Kebutuhan Jumlah Dome Biogas AD dari *Feedstock Blackwater*

Menurut Pertiwiningrum, 2015, kapasitas pengolahan fixed dome dengan ukuran 4,8 M³ dapat mengolah bahan baku sebanyak 120 Kg/hari. Oleh karena itu untuk mengolah bahan baku Blackwater dapat dihitung dengan perbandingan:

$$\begin{aligned}\frac{120 \text{ kg/hari}}{143.220,48 \text{ kg/hari}} &= \frac{4,8 \text{ M}^3}{X} \\ 120 X &= 687.458,3 \text{ M}^3 \\ X &= 5.728,82 \text{ M}^3 \\ &= 1.194 \text{ buah dome dengan ukuran } 4,8 \text{ M}^3\end{aligned}$$

4.2 Temuan Estimasi Potensi Biogas dari Timbulan Sampah Organik di Jakarta

I. Jumlah Berat Limbah Organik

Jumlah penduduk Kota Jakarta pada tahun 2019 adalah 10.557.816 orang.

Jika proyeksi per hari timbulan sampah di Kota Jakarta adalah 3 l/orang/hari (SNI 3242:2008) maka akan menghasilkan berat sampah:

$$\begin{aligned}\sum \text{sampah} &= 3 \text{ l/orang/hari} \times 10.557.816 \\ &= \mathbf{31.673.448 \text{ l/hari}}\end{aligned}$$

Sedangkan berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Jakarta, 53,75% dari total sampah adalah sampah organik, sehingga total timbulan sampah organik:

$$\begin{aligned}\sum \text{sampah organik} &= 53,75\% \times 31.673.448 \text{ l/hari} \\ &= 17.024.478 \text{ l/hari} \\ &= \mathbf{16,755 \text{ ton/hari}}\end{aligned}$$

II. Nilai Total Water dan Total Solid

Berdasarkan Vogeli, et al. 2014, Limbah sampah organik mengandung 30% air dan 70% kandungan padat, sehingga: Total Air = 17.024.478 l/hari x 30%

$$\begin{aligned}&= \mathbf{5.107.343,4 \text{ l/hari}} \\ \text{Total Solid} &= 17.024.478 \text{ l/hari} \times 70\% \\ &= \mathbf{11.917.134,6 \text{ l/hari}} \\ &= \mathbf{11.728 \text{ ton/hari}}\end{aligned}$$

III. Volume Biogas yang Dihasilkan

Berdasarkan Tobing dan Irwanto, 2019, bahwa setiap 50 Kg sampah organik menghasilkan 2 M³ biogas atau setara dengan 0,04 M³ sehingga:

$$\begin{aligned}V \text{ biogas} &= 0,04 \text{ M}^3/\text{hari} \times 11.917.134,6 \text{ l/hari} \\ &= \mathbf{4.766,85 \text{ M}^3/\text{hari}}\end{aligned}$$

IV. Jumlah Volume Gas Methane yang Dihasilkan

Menurut Monet, 2003. Dengan mengetahui volume biogas yang dihasilkan sebesar 4.766,85 M³ Maka dapat diketahui volume gas Metan (CH₄) adalah:

$$\begin{aligned}V \text{ methan} &= 70\% \times 4.766,85 \text{ M}^3/\text{hari} \\ &= \mathbf{3.336,7 \text{ M}^3/\text{hari}} \\ &= \mathbf{3.336.700 \text{ Kg/hari}}\end{aligned}$$

V. Potensi Energi Listrik yang Dihasilkan

Menurut Sorensen, 2007. Jika sudah mendapatkan massa gas methane 3.336.700Kg/hari, Maka energi listrik yang berpotensi dihasilkan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Energi Listrik} &= 17,02 \text{ kWh} \times 3.336.700 \text{ Kg/hari} \\ &= 56.790.634 \text{ kWh/hari}\end{aligned}$$

VI. Kebutuhan Jumlah Dome Biogas AD dari feedstock sampah organik

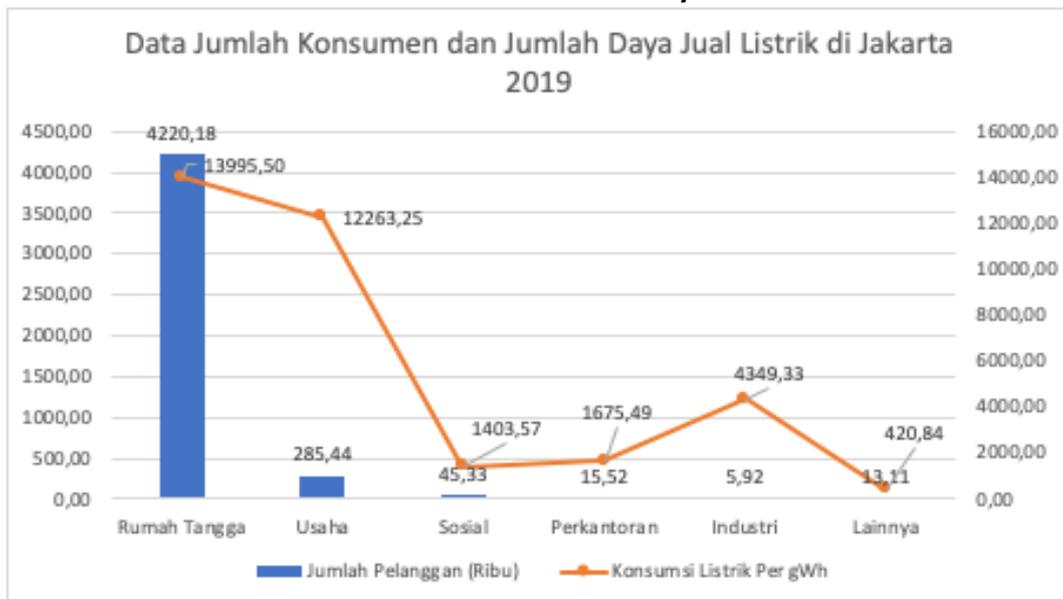
Menurut Pertiwiningrum, 2015, kapasitas pengolahan AD fixed dome dengan ukuran 4,8 M³ dapat mengolah bahan baku sebanyak 120 Kg/hari. Oleh karena itu untuk mengolah bahan baku sampah organik dapat dihitung dengan perbandingan:

$$\begin{aligned}\frac{120 \text{ kg/hari}}{10.639.463 \text{ kg/hari}} &= \frac{4,8 \text{ M}^3}{X} \\ 120 X &= 51.069.422,4 \text{ M}^3 \\ X &= 425.578,52 \text{ M}^3 \\ &= 88.663 \text{ buah dome dengan ukuran } 4,8 \text{ M}^3\end{aligned}$$

4.3 Potensi Keluaran Energi Listrik

Hasil temuan penelitian menunjukkan tingginya potensi pasokan bahan baku biogas dari limbah tinja dan sampah organik dan estimasi energi biogas yang dihasilkan. Dengan teknologi AD sistem *fixed dome*, total energi harian yang dihasilkan di Jakarta sekitar 34.126,58 kWh/hari (0,03 gWh) untuk limbah *blackwater* dan 56.790.634 kWh/hari (56,79 gWh) untuk limbah sampah organik.

Gambar 7: Data Jumlah Konsumen dan Jumlah Daya Jual Listrik di Jakarta 2019



Sumber: PLN 2019 dikutip dari <http://statistik.jakarta.go.id/jumlah-pelanggan-listrik-pln-di-provinsi-dki-jakarta/>

Berdasarkan data PLN (2019), konsumsi listrik tahunan di Jakarta sebesar 34107,98 gWh dengan rata-rata per hari sekitar 93,45. Peneliti menghitung presentase produksi biogas harian dari masing-masing materi bahan baku dan membandingkannya dengan total konsumsi listrik harian Jakarta. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 8. Perbandingan Estimasi Produksi Biogas Harian dengan Konsumsi Listrik Harian Jakarta

Bahan baku	Biogas per gWh	Total Konsumsi Listrik Jakarta per gWh (PLN, 2019)	Presentase
Blackwater	0,03	93,45	0,04%
Sampah Organik	56,79		60,77%

Sumber: Analisa Penulis, 2020

Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa bahan baku *blackwater* dapat mencukupi 0,03% kebutuhan listrik harian Jakarta sementara bahan baku sampah organik dapat mencukupi 60,77% kebutuhan listrik harian Jakarta. Temuan ini dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem pengolahan limbah dari bahan baku tinja dan sampah organik dengan sistem AD dapat dilakukan. Hal ini dikarenakan pasokan bahan baku dari sampah organik di Jakarta melimpah dan potensi energi listrik yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan tingkat provinsi. Sementara untuk bahan baku dari *blackwater* mencukupi kebutuhan listrik dalam skala kecil seperti lampu penerangan jalan dan fasilitas-fasilitas umum.

Penerapan teknologi biogas membutuhkan pembangunan reaktor-reaktor biogas untuk memproduksi energi listrik. Pembangkit Listrik Biogas dari *feedstock* sampah organik di Pasar Mantung, Kabupaten Malang, Jawa Timur dapat dijadikan contoh untuk mengidentifikasi kebutuhan pengadaan lahan pembangkit listrik biogas. Berdasarkan observasi yang dirangkum dalam Modul *Anaerobic Digester* (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018), pembangkit listrik biogas tersebut berdiri di atas lahan seluas 900 m² dengan lima reaktor AD berbentuk fixed dome. Total kapasitas reaktor adalah 30 m³.

Estimasi pengadaan lahan dan produksi energi listrik yang dihasilkan dengan menggunakan luas lahan dari pembangkit listrik biogas Pasar Mantung menunjukkan adanya potensi untuk membangun pembangkit-pembangkit listrik biogas skala menengah di berbagai titik di Jakarta dengan kebutuhan luas lahan minimal 900m² per unit pembangkit listrik

biogas. Untuk pemilihan lokasi, peneliti mengidentifikasi tempat-tempat strategis sebagai berikut:

Lokasi Strategis untuk Pembangkit Listrik Biogas dari *Feedstock Blackwater*

- a. IPLT Duri Kosambi
- b. IPLT Pulo Gebang
- c. Kanal Banjir Timur
- d. Danau, Waduk dan Situ di Jakarta
- e. Perumahan

Lokasi Strategis untuk Pembangkit Listrik Biogas dari *Feedstock Sampah Organik*

- a. TPA Bantar Gebang
- b. Lima lokasi perencanaan TPST Jakarta (Kramat Jati, Makassar, Matraman, Batu Ampar, Cipayung, Ciracas).
- c. Pasar Sayur
- d. Perumahan

Dengan kondisi kepadatan penduduk DKI Jakarta mencapai 16.704 jiwa/km² (Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil DKI Jakarta, 2019), pembangunan pembangkit listrik biogas menjadi sebuah tantangan. Untuk itu Pemerintah DKI Jakarta perlu mengoptimalkan lokasi tempat pengolahan limbah dan pembuangan sampah yang tersedia untuk dijadikan lokasi reaktor-reaktor biogas. Lokasi tempat pengolahan limbah *blackwater* dan sampah harus dioptimalkan sebagai tempat reaktor biogas agar ada lokasi reaktor skala besar seperti TPA Bantar Gebang, IPLT Duri Kosambi dan IPLT Pulo Gebang serta 5 lokasi TPST yang akan dibangun di lima kecamatan di DKI Jakarta. Selain reaktor skala besar, Pemerintah juga perlu membangun reaktor skala menengah dan mikro di berbagai titik strategis seperti Kanal Banjir Timur, danau, waduk, situ, pasar sayur dan perumahan agar jumlah timbulan limbah *blackwater* dan sampah organik dapat diolah sebagai *feedstock* biogas.

5 Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari hasil temuan, kami menyimpulkan bahwa DKI Jakarta memiliki potensi *feedstock* biogas yang melimpah dari *blackwater* dan sampah organik. Pasokan *feedstock* tersebut memiliki potensi keluaran energi biogas yang besar untuk dimanfaatkan sebagai energi listrik. Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan sistem pengolahan limbah tinja dan sampah organik dengan sistem biogas AD *fixed dome* merupakan sistem reaktor biogas yang cocok untuk diterapkan di DKI Jakarta karena teknologinya sederhana dan cocok dengan iklim tropis di Jakarta. Masalah kelangkaan lahan perlu ditanggulangi dengan mengoptimalkan lokasi tempat pengolahan limbah *blackwater* dan sampah yang ada atau yang akan dibangun untuk menjadi lokasi reaktor biogas skala besar. Selain itu diperlukan juga pembangunan reaktor-reaktor biogas skala menengah dan mikro di berbagai titik strategis untuk menampung pasokan *feedstock*.

Penerapan sistem biogas untuk mengolah limbah *blackwater* dan sampah organik dapat memberikan manfaat bagi pembangunan Jakarta:

Pertama, penerapan teknologi biogas untuk produksi energi listrik dapat mengurangi konsumsi listrik Jakarta dari bahan bakar fosil dan memiliki potensi menurunkan polusi udara dari pembakaran bahan bakar fosil. Secara langsung sistem pengolahan limbah ini dapat membantu pemerintah untuk mewujudkan target *Sustainable Development Goals (SDGs) 7: Clean and Affordable Energy* yang bermanfaat bagi kesehatan warga dan kelestarian lingkungan Jakarta.

Kedua, teknologi biogas AD dapat memaksimalkan kegiatan produksi biogas karena tidak hanya menghasilkan energi dari material padat bahan baku tapi juga menghasilkan *digestate* cair yang dapat digunakan sebagai pupuk dari sisa produksi biogas (Vogelli *et al*, 2014). *Digestate* yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pupuk yang memiliki kegunaan memulihkan kesuburan tanah untuk menunjang kegiatan pertanian di kawasan perkotaan (*urban farming*). Manfaat lainnya juga dapat mengurangi ketergantungan penggunaan pupuk kimia. Penggunaan *digestate* sebagai pupuk perlu penelitian lebih lanjut untuk meneliti kandungan nutrisi dalam *digestate*, menentukan *treatment* dan penggunaan untuk kegiatan pertanian yang tepat.

Ketiga, penerapan sistem biogas AD dapat mengatasi masalah kronis timbulan limbah tinja dan sampah organik di Jakarta dengan proses yang optimal. Dengan memanfaatkan sampah organik sebagai bahan baku biogas akan sangat membantu pemerintah DKI Jakarta dalam pengelolaan sampah dalam kota. Selain itu, pemanfaatan sampah juga dapat mengurangi volume produksi sampah yang masuk ke TPA Bantar Gebang. Total daya tampung TPA Bantar Gebang sebanyak 49 juta ton. Sedangkan daya tampung yang tersisa hanya 10 juta ton dan diperkirakan akan penuh pada tahun 2021 (Katadata, 2019). Dengan pengurangan sampah organik untuk dijadikan bahan baku biogas sebanyak 16,755 ton/hari, dapat mencegah adanya pembukaan/perluasan lahan TPA Bantar Gebang ke pemukiman warga. Sehingga timbulan polutan air dan tanah dapat dikurangi untuk menciptakan kondisi lingkungan yang lebih higienis dan sehat. Serupa dengan pengolahan limbah tinja dan sampah organik, dapat mengurangi timbulan bakteri seperti bakteri *Escherichia Coli*. Bakteri tersebut dapat memicu munculnya penyakit diare akut (WHO, 2018). Berdasarkan data yang kami olah dari Dinas Kesehatan Provinsi DKI Jakarta (Lihat Lampiran: Tabel Data Penderita Diare di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2014 – 2018), jumlah penderita diare di Ibukota Jakarta termasuk tinggi dan selalu mendekati angka target penemuan per Kotamadya. Dari tahun 2014 sampai dengan 2018 angka tertinggi penderita diare semua umur di Jakarta yang ditangani ialah pada tahun 2017 yakni 277,737 penanganan. Sehingga secara langsung penerapan sistem pengolahan limbah ini dapat membantu pemerintah untuk mewujudkan target *SDGs 6 Clean Water and Sanitation* yang bermanfaat bagi warga Jakarta.

Keempat, Penerapan teknologi biogas untuk mengolah limbah blackwater dan sampah organik menjadi energi listrik berpotensi menjadi sumber pemasukan bagi pendapatan asli daerah (PAD) DKI Jakarta dari penjualan daya listrik biogas. Penerapan sistem biogas untuk mengolah limbah *blackwater* dan sampah organik dapat menjadi jalan keluar Pemerintah DKI Jakarta untuk menyelesaikan masalah kronis yang semakin kritis yaitu tingginya timbulan limbah dan sampah tidak terurus. Jika timbulan limbah *blackwater* dan sampah organik tidak diolah menjadi energi biogas, Pemerintah DKI Jakarta akan kehilangan kesempatan untuk mengatasi permasalahan pengelolaan limbah dan sampah, menciptakan lingkungan hidup yang lebih sehat, menyediakan sumber energi alternatif yang rendah emisi dan memperoleh pos pendapatan baru untuk APBD dari penjualan energi listrik.

5.2 Rekomendasi

Untuk mengimplementasikan pengelolaan limbah blackwater dan sampah organik menjadi energi biogas, peneliti merekomendasikan perlunya menggunakan teknologi biogas AD. Dengan itu dibutuhkan kebijakan atau regulasi yang mendukung pengelolaan limbah blackwater dan sampah organik menjadi biogas. Berdasar dari Peraturan Gubernur (Pergub) DKI Jakarta nomor 122 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik Di Provinsi DKI Jakarta dan Pergub DKI Jakarta nomor 3 Tahun 2013 tentang Pengelolaan sampah serta peraturan pelaksana lainnya, kami mengidentifikasi instansi terkait pembangunan instalasi biogas dari blackwater dan sampah organik.

5.2.1 Identifikasi instansi

- Berdasarkan UU Nomor 29 Tahun 2007 tentang Pemerintahan DKI Jakarta Sebagai Ibukota Negara Kesatuan Republik Indonesia, pemerintah Provinsi DKI Jakarta melalui Gubernur dan Perangkat Daerah sebagai unsur penyelenggara pemerintahan daerah DKI Jakarta memiliki kewenangan untuk menetapkan dan melaksanakan kebijakan dalam bidang-bidang berikut:
 - Tata ruang, sumber daya alam, dan lingkungan hidup;
 - Pengendalian penduduk dan permukiman;
 - Transportasi;
 - Industri dan perdagangan; dan
 - Pariwisata
- Melalui pergub DKI Jakarta nomor 279 tahun 2016 tentang Organisasi dan Tata Kerja Dinas Cipta Kerja, Tata Ruang dan Pertanahan, instansi yang membidangi perencanaan kota dan pemanfaatan tata ruang DKI Jakarta adalah Dinas Cipta Karya, Tata Ruang dan Pertanahan DKI Jakarta. Memiliki tugas untuk melaksanakan perencanaan dan evaluasi ruang kota, pengendalian pemanfaatan ruang, penyelenggaraan bangunan gedung, pembinaan teknis bangunan gedung pemerintah daerah serta perencanaan pertanahan.
- Melalui pergub DKI Jakarta Nomor 158 Tahun 2019 tentang Organisasi dan Tata Kerja Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, instansi yang membidangi pembangunan prasarana sanitasi lingkungan perumahan dan kawasan permukiman adalah Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman DKI Jakarta. Memiliki

kewenangan yang memayungi bidang permukiman untuk melaksanakan perencanaan permukiman, peningkatan kualitas lingkungan, pengendalian dan pengelolaan prasarana dan sarana permukiman.

- Melalui pergub DKI Jakarta nomor 284 tahun 2016 tentang Organisasi dan Tata Kerja Dinas Lingkungan Hidup, instansi yang bertanggung jawab dalam bidang pengelolaan lingkungan hidup adalah Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta. Dinas Lingkungan Hidup bertugas dalam melaksanakan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup serta pengelolaan kebersihan
- BUMD DKI Jakarta dalam bidang pengelolaan air limbah adalah PDPAL Jaya yang berdasarkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 41 Tahun 2016 tentang Rencana Induk Pengembangan Prasarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah, bertugas sebagai operator pengelolaan air limbah di Daerah.
- BUMD DKI Jakarta dalam bidang pengolahan sampah adalah PT. Jakarta Propertindo, yang diamanatkan dalam Pergub Nomor 33 Tahun 2018 tentang Penugasan Lanjutan Kepada PT. Jakarta Propertindo dalam Penyelenggaraan Fasilitas Pengelolaan Sampah di Dalam Kota, untuk keperluan penyelenggaraan ITF. ITF (*Intermediate Treatment Facility*) merupakan fasilitas pengelolaan sampah yang meliputi pengelolaan sampah tingkat menengah dan pemrosesan akhir menggunakan teknologi ramah lingkungan yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi untuk pembangkit listrik berbasis sampah kota

5.2.2 Pemetaan Instansi

Berdasarkan pemetaan instansi yang terkait dengan pengelolaan blackwater dan sampah kami merekomendasikan kepada pihak-pihak tersebut sebagai berikut:

1. Pemerintah Daerah dan Instansi Terkait:

- **Pemerintah Provinsi DKI Jakarta**, membuat kebijakan/pengaturan perencanaan, melakukan pengendalian dan pengawasan pelaksanaan instalasi pengolahan blackwater dan sampah organik menjadi energi biogas. Termasuk di dalamnya melakukan kerja sama dengan pengelola tempat pengolahan limbah dan perusahaan biogas.

- **Dinas Cipta Karya, Tata Ruang dan Pertanahan DKI Jakarta** menjabarkan perencanaan instalasi pengolahan blackwater dan sampah organik menjadi energi biogas di DKI Jakarta.
- **Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman DKI Jakarta**, bekerja sama dengan Pengelola Tempat Pengolahan Limbah melakukan pengendalian dan pengelolaan instalasi pengolahan blackwater dan sampah permukiman DKI Jakarta menjadi energi Biogas.
- **Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta** berkoordinasi dengan instansi lainnya yang terkait dan bertanggung jawab dalam menjalankan program, memberikan panduan dan prosedur, serta melakukan pembinaan dan pemantauan pembangunan instalasi pengolahan blackwater manusia dan sampah organik menjadi energi biogas yang ramah lingkungan

2. **Pengelola Tempat Pengolahan Limbah:**

- **PD PAL Jaya**, bekerja sama dan melakukan pengadaan program dengan instansi terkait dan perusahaan Biogas dalam hal pembangunan, perawatan dan pengembangan sistem pengelolaan air limbah terpadu untuk mendukung pengolahan *blackwater* menjadi energi biogas.
- **PT. Jakarta Propertindo**, bekerja sama dan melakukan pengadaan program dengan instansi terkait dan perusahaan Biogas dalam hal pemilahan sampah, pembangunan, perawatan dan pengembangan sistem pengolahan sampah terpadu untuk mendukung pengolahan sampah organik menjadi energi biogas.

3. **Perusahaan Biogas:**

- Badan usaha penyedia Biogas, bekerja sama dengan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dan Pengelola tempat pengolahan limbah dalam hal pembangunan, perawatan dan pengembangan instalasi sistem biogas dari *blackwater* dan sampah organik

4. **Pengembang Perumahan dan Gedung:**

- Pengembang Perumahan dan Gedung menyediakan fasilitas pengelolaan sampah yang ramah lingkungan dan bekerja sama dengan Pengelola Tempat Pengolahan Limbah dalam hal pembangunan, perawatan dan pengembangan sistem pengelolaan air limbah terpadu untuk mendukung pengolahan

blackwater menjadi energi biogas. Selain itu perusahaan pengembang juga perlu membangun sistem pembuangan sampah yang terpilah untuk memisahkan sampah organik dengan sampah anorganik untuk mempersingkat proses pengangkutan *feedstock* biogas.

5. **Masyarakat :**

- Masyarakat yang berada di kawasan perencanaan juga berperan penting untuk memberikan bantuan pelaksanaan, pembangunan dan perawatan fasilitas biogas dari *blackwater* dan sampah organik yang telah direncanakan oleh instansi terkait. Termasuk diantaranya adalah menumbuhkan budaya pemilahan sampah organik dan sampah anorganik

Daftar Pustaka

- Anugerah, Muhammad. 2014. "Identifikasi dan pemetaan pengolahan air limbah domestik di DAS Ciliwung (studi kasus: kelurahan Batu Ampar sampai dengan kelurahan Kampung Bali)". Skripsi Sarjana Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Arunaachalam, Muralidharan., 2017. "Feasibility, health and economic impact of generating biogas from human excreta for the state of Tamil Nadu, India". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 69. Hlm 59–64.
- Blackburn, Susan. *Jakarta Sejarah 400 Tahun*. Depok: Masup Jakarta. 2011, Hlm 56-58; 236.
- Charles P. Gerba. 1996. "Microbial Pathogens In Municipal Solid Waste" dalam Anna C. Palmisano Dan Morton A. Barlaz (ed). *Microbiology of Solid Waste*. Boca Raton, Florida: CRC Press, Taylor-Francis Group
- Chen, Shaoqing., Bin Chen, Dan Song. 2012. "Life-cycle energy production and emissions mitigation by comprehensive biogas–digestate utilization". *Bioresource Technology* 114. Hlm 357–364.
- Colon, Joan. , Aaron A. Forbis-Stokes, Marc A. Deshusses. 2015. "Anaerobic digestion of undiluted simulant human excreta for sanitation and energy recovery in less-developed countries". *Energy for Sustainable Development* 29, Hlm 57–64.
- Davies. Mike. *Planet of Slums*. London: Verso.
- Firman, Tommy. 2004. "New Town Development In Jakarta Metropolitan Region: A Perspective of Spatial Segregation". *Habitat International* 24. Hlm 349-368. Diperoleh dari <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197397503000377> diakses pada 28 Maret 2014.
- Hudalah, Delik dan Tommy Firman. 2012. *Beyond Property: Industrial Estates and Post-Urban Transformation in Jakarta Metropolitan Region*. *Cities* 29. Hlm 40-48. Diperoleh dari <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275111000941#> diakses pada 27 maret 2014.
- Kurniasari, Opy dan Lina Aprianti. 2020. Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Asem di Sekitar TPST Bantar Gebang dan TPA Sumur Batu. *Jurnal Teknik Lingkungan Volume 26 Nomor 2*, Hlm 73 – 88. (Oktober 2020).
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2019. *Profil Kesehatan Indonesia 2018*. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2017. *Petunjuk Teknis Restorasi Kualitas Air Sungai*. Laporan
- Marsudi. 2012 "Produksi Biogas dari Limbah Rumah Tangga Sebagai Upaya Mengatasi Krisis Energi dan Pencemaran Lingkungan". *Turbo*, Volume 1 No. 2.
- Mulyadin, R. M., Iqbal M., Ariawan K. 2018. *Konflik Pengelolaan Sampah di DKI Jakarta dan Upaya Mengatasinya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial, Ekonomi, Kebijakan dan Perubahan Iklim. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta Nomor 1 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah 2030 Pasal 18, Ayat (3).

- Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta Nomor 3 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Sampah.
- Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 158 Tahun 2019 tentang Organisasi dan Tata Kerja Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman.
- Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik di Provinsi DKI Jakarta.
- Peraturan Gubernur DKI Jakarta nomor 41 Tahun 216 tentang Rencana Induk Pengembangan Prasarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah.
- Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 33 Tahun 2018 tentang Penugasan Lanjutan Kepada PT. Jakarta Propertindo dalam Penyelenggaraan Fasilitas Pengelolaan Sampah di Dalam Kota / *Intermediate Treatment Facility*.
- Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 279 Tahun 2016 tentang Organisasi dan Tata Kerja Dinas Cipta Kerja, Tata Ruang dan Pertanahan.
- Peraturan Provinsi DKI Jakarta Gubernur Nomor 284 Tahun 2016 tentang Organisasi Tata Kerja Dinas Lingkungan Hidup.
- Pertiwiningrum, Ambar. 2015. *Instalasi Biogas*. Pusat Kajian Pembangunan Peternakan Nasional. Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2018. Modul Teknologi WtE Berbasis Proses Biologis Anaerobic Digester. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Putri, W. P. 2014. *Blackwater – Grey Settlements: Domestic Wastewater Management and The Socio-Ecological Dynamics of Jakarta’s Kampung*s. KU Leuven
- Putri, Yunita Panca. 2015 Keanekaragaman Spesies Lalat (Diptera) dan Bakteri Pada Tubuh Lalat di Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) dan Pasar. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND* 12 (2) Hlm 79-89 (Juli 2015)
- Ritchie, Jane and Jane Lewis. 2003. *Qualitative Research Practice*. London: SAGE Publications.
- Said, Nusa Idaman dan Ruliasih Marsidi. 2005. "Mikroorganisme Patogen Dan Parasit Di Dalam Air Limbah Domestik Serta Alternatif Teknologi Pengolahan". *Jurnal Air Indonesia* Vol. 1 , No.1.
- Silver, Christopher. 2008. *Planning The Megacity: Jakarta in Twentieth Century*. Oxfordshire: Routledge, Hlm 41-43; 86; 107.
- Surendra, K.C., Surendra, Devin Takara, Andrew G. Hashimoto, Samir Kumar Khanal . 2014. "Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges". *Renewable and Sustainable Energi Reviews* 31, Hlm 846–859.
- Talakua, Eddy Lybrech. 2019. "Pemanfaatan Tinja Manusia Sebagai Bio Energi Alternatif Melalui Perancangan Sistem Instalasi Pipa Pembuangan Septik-Tank Tersentralisasi Pada Perencanaan Pembangunan Perumahan". *Tecnoscienza*, Vol.3 No.2. April 2019.
- Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah
- Undang Undang Nomor 29 Tahun 2007 tentang Pemerintahan DKI Jakarta sebagai Ibukota Negara Kesatuan Republik Indonesia.
- Winahyu D., Hartoyo S., Syaikat Y. (2013). Strategi Pengelolaan Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir Bantargebang, Bekasi. *Jurnal Manajemen Pembangunan Daerah*.

Yua, Liu., Kuang Yaoqiu, Huang Ningsheng, Wu Zhifeng, Xu Lianzhong. 2008. "Popularizing household-scale biogas digesters for rural sustainable energy development and greenhouse gas mitigation". *Renewable Energy* 33. Hlm 2027–2035.

Yvonne Vögeli, Christian Riu Lohri, Amalia Gallardo, Stefan Diener dan Christian Zurbrügg. 2014 *Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries: Practical Information and Case Studies*. Laporan Penelitian. Dubendorf: Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology Department of Water and Sanitation in Developing Countries (Sandec).

Zhang, Duoqiao, Duan Na, Lin Cong, Zhang Yilin, Xu Qiuzi, Liu Zhidan. "Empirical analysis of mass flow and operation performance of a full-scale biogas plant for human feces treatment". *Int J Agric & Biol Eng* Vol 10, No. 2, Maret 2017. Hlm 233-241.

Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil DKI Jakarta. dikutip dari Adhitya Akbar. "Berapa Kepadatan Penduduk Jakarta Saat ini". Artikel. Diperoleh dari <http://statistik.jakarta.go.id/berapa-kepadatan-penduduk-dki-jakarta-saat-ini/> diakses pada 27 September 2020.

Sub Direktorat Air Limbah, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, Direktorat jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja. Laporan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Diperoleh dari <https://sites.google.com/site/lumpurтинja/> diakses pada 30 September 2020.

Sub Direktorat Air Limbah, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, Direktorat jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja. Laporan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Diperoleh dari <https://drive.google.com/file/d/0B1rV0IEVTOXtbzR3VEYyaXc4Wlk/view> dan <https://drive.google.com/file/d/0B1rV0IEVTOXtTHF5MnZtaFZaUkU/view> diakses pada 30 September 2020.

World Health Organization (WHO). 2018. "E.coli". Artikel. Diperoleh dari <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli> diakses pada 1 Oktober 2020.

Pemkot Jambi Hemat Rp. 15M, Hasil 16 Kwh Dari Pembangkit Listrik Limbah Sampah. *Kumparan*. Artikel. 30 Januari 2018. Diperoleh dari <https://kumparan.com/kato-kito/pemkot-jambi-hemat-rp-15-m-hasil-16-kwh-dari-pembangkit-listrik-limbah-sampah> diakses pada 30 September 2020

Jakarta Darurat Sampah. *Katadata*. Artikel. 20 Juni 2019. Diperoleh dari <https://katadata.co.id/ariayudhistira/infografik/5e9a51843fdc1/jakarta-darurat-sampah> diakses pada 29 September 2020

Pemerintah Kota Jakarta Pusat. 2018. "Buang Tinja Ke Kali, Sudin LH OTT Pengemudi Truk Sedot WC". Diperoleh dari <https://pusat.jakarta.go.id/%253Fberita%253DGaji.PPSU.dipotong.lurah.akan.dikenakan.sanksi%2526mod%253Dmain%2526sub%253Dinfo%2526action%253Dnews%2526id%253D0000000108?berita=Buang.Tinja.Ke.Kali,.Sudin.LH.Ott.Pengemudi.Truk.Sedot.WC&mod=fullmain§ion=info&action=news&id=0000002197> diakses pada 15 Oktober 2020.

"Anies Ancam Truk yang Buang Tinja Sembarangan". 2019. *Tempo.co*. Diperoleh dari <https://metro.tempo.co/read/1195892/anies-ancam-truk-yang-buang-tinja-sembarangan> Diakses pada 15 Oktober 2020.

"Gang Hijau Komunitas Penggiat Urban Farming Pertama di Jakarta" 2017. Diperoleh dari: <https://news.trubus.id/baca/5204/gang-hijau-komunitas-pegiat-urban-farming-pertama-di-jakarta>, diakses pada 13 Oktober 2020

"Tentang Bio-slurry" 2020. Diperoleh dari <https://www.biru.or.id/bioslurry> Diakses pada 13 Oktober 2020

"2021, Bantargebang Diprediksi Tak Mampu Tampung Sampah Jakarta". 2019. Kompas.com. Diperoleh dari <https://megapolitan.kompas.com/read/2019/06/13/14433571/2021-bantargebang-diprediksi-tak-mampu-tampung-sampah-jakarta> diakses pada 15 Oktober 2020.

"Sosialisasi Layanan Lumpur Tinja Terjadwal di Pulogebang" 2016. Paljata. Diperoleh dari <http://www.paljaya.com/news/4-sosialisasi-layanan-lumpur-tinja-terjadwal-di-pulogebang> diakses pada 15 Oktober 2020.

PD Pasar Jaya. Tanpa Tahun. Data Pasar PD. Pasar Jaya. Diperoleh dari <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewipmP7NrbXsAhVQ7XMBHWkAAxYQFjAEegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fjakarta.go.id%2Fdokumen%2Fberkas%2F854%2F3082%2F5b5e7898b12e7363839958.pdf&usg=AOvVaw3EcndNTWkvNxT-rRkh2CM8> diakses pada 15 Oktober 2020.

Pemerintah Administrasi Kota Jakarta Timur. 2015. "Tempat Pembuangan Sampah Terpadu Dibangun di Lima Kecamatan" Diperoleh dari <https://timur.jakarta.go.id/v19/news/Pembangunan/144/index8.html> diakses pada 15 Oktober 2020.

Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. 2014. "Tabel-Danau-Waduk-dan-Situ-DKI-Jakarta-Tahun-2014" Diperoleh dari <https://data.jakarta.go.id/dataset/tabeldanauwadukdansitudkijakarta/resource/6aa9acb4-9359-4ada-b1c6-9d8e3faa09e0> diakses pada 15 Oktober 2020.

Lampiran

Data Penderita Diare di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2014 – 2018

Kotamadya	2014			2015			2016		
	Jumlah penduduk	Target Penemuan	Diare Ditangani	Jumlah penduduk	Target Penemuan	Diare Ditangani	Jumlah penduduk	Target Penemuan	Diare Ditangani
Jakarta Pusat	910,381	19,537	24,938	914,957	19,580	3,914	917,754	20,857	24,251
Jakarta Utara	1,729,444	37,150	41,711	1,747,315	37,393	36,766	1,764,614	47,645	35,300
Jakarta Barat	2,430,410	52,011	n/a	2,463,560	52,720	29,982	2,496,002	65,634	45,762
Jakarta Selatan	2,164,070	46,312	40,783	2,185,711	46,774	35,668	2,206,732	43,882	43,882
Jakarta Timur	2,817,994	21,333	83,720	283,016	6,057	3,855	2,868,910	75,654	75,654
Kep. Seribu	23,011	493	n/a	20,082	430	992	23,616	1,684	1,684
Jumlah		176,836	191,152		162,954	111,177		255,356	226,533
Persentase*			108%			68,20%			88,70%

Kotamadya	2017			2018		
	Jumlah penduduk	Target Penemuan	Diare Ditangani	Jumlah penduduk	Target Penemuan	Diare Ditangani
Jakarta Pusat	921,344	92,134	62,074	924,686	24,967	11,523
Jakarta Utara	1,781,316	48,096	41,738	1,796,673	48,510	48,833
Jakarta Barat	2,528,065	68,258	55,220	2,559,362	68,202	66,777
Jakarta Selatan	2,228,830	60,124	52,817	2,325,536	62,789	24,928
Jakarta Timur	2,892,783	78,105	65,380	2,916,018	78,732	71,670
Kep. Seribu	23,897	645	508	24,132	652	1,392
Jumlah		347,362	277,737		283,852	225,123
Persentase*			79,90%			79,30%

*Persentase Diare Ditangani dari Target Penemu

Sumber: Dinas Kesehatan Provinsi DKI Jakarta (TAHUN PUBLIKASI) diolah oleh penulis



TRACTION
ENERGY ASIA