

**SURAT TUGAS**

Nomor: 194/S-Tugas/LPP-UB/V/2020

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengembangan Universitas Bakrie menugaskan kepada:

**1. Prisma Nursetyowati, S.T., M.T. (Penulis 1)**

Untuk melaksanakan penelitian dengan menulis publikasi ilmiah pada **Repository Perpustakaan** dengan judul **“Monitoring dan Pengawasan Penerapan Teknologi Pengelolaan Sampah dengan Sistem Pembakaran (Mesin L-Box) di Kabupaten X”**. Artikel ini ditulis oleh 3 orang penulis. Beban kerja penulis pertama yaitu 1,2 SKS.

Kepada yang bersangkutan diwajibkan untuk melaporkan hasil penelitiannya kepada Lembaga Penelitian dan Pengembangan.

Demikian Surat Tugas ini dibuat untuk dilaksanakan sebagaimana semestinya.

Jakarta, 19 Mei 2020



**(Deffi Ayu Puspito Sari, Ph.D.)**  
**Ketua Lembaga Penelitian dan Pengembangan**

Tembusan:

1. Arsip

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN  
UNIVERSITAS BAKRIE  
TAHUN 2020**

**Monitoring dan Pengawasan Penerapan Teknologi Pengelolaan Sampah  
dengan Sistem Pembakaran (Mesin L-Box) di Kabupaten X**

**oleh**

**PRISMITA NURSETYOWATI  
MERRY SIANIPAR  
NADYA NUR AMELINDA**



**Universitas Bakrie  
Kampus Kuningan Kawasan Epicentrum  
Jl. HR Rasuna Said Kav. C-22, Jakarta, 12920**

**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PENELITIAN  
TAHUN 2020**

1. Judul Penelitian : Monitoring dan Pengawasan Penerapan Teknologi Pengelolaan Sampah dengan Sistem Pembakaran (Mesin L-Box) di Kabupaten X
2. Peneliti Utama
- a. Nama Lengkap : Prisma Nursetyowati
- b. Jenis Kelamin : Perempuan
- c. Pangkat/Golongan/NIDN : Penata Muda Tk. I/ IIIb/ 0311069001
- d. Bidang Keahlian : Pengelolaan sanitasi dan persampahan
- e. Program Studi : Teknik Lingkungan
3. Tim Peneliti

No	Nama	Bidang Keahlian	Program Studi
1	Prisma Nursetyowati	Pengelolaan sanitasi dan persampahan	Teknik Lingkungan
2	Merry Sianipar		
3	Nadya Nur Amelinda		

4. Jangka Waktu Penelitian dan Pendanaan

- a. Jangka Waktu Penelitian : 30 April sampai 28 Juli 2019
- b. Biaya Penelitian : -
- c. Sumber Dana Penelitian : ~~Mandiri~~/Kerjasama\*  
(Mitra Kerjasama: Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Y)

Jakarta, 22 Agustus 2020

Menyetujui,  
**Ketua Lembaga Penelitian dan  
Pengembangan**

**Peneliti Utama**



(Deffi Ayu Puspito Sari, Ph.D)

0308078203

(Prisma Nursetyowati)

0311069001

## ABSTRAK

Kabupaten X menghasilkan 40 ton sampah per hari. Kabupaten X sendiri sudah dilengkapi beberapa teknologi pengolahan sampah bernama Mesin L-Box yang pengolahannya berbasis plasma atau pengolahan berdasarkan pembakaran menggunakan udara (Ionisasi udara). Selama ini, teknologi mesin L-Box digunakan untuk mengolah sampah di Kabupaten X dengan harapan timbulan sampah dapat tertangani dengan baik. Di dalam perjalanannya, beberapa Mesin L-Box yang tersebar di beberapa pulau di Kabupaten X dikhawatirkan tidak beroperasi dengan optimal. Masyarakat menilai mesin L-Box telah mencemari udara di sekitar akibat dari operasional mesin L-Box ini. Beberapa penyakit pernafasan yang diderita masyarakat sekitar disuspeksi oleh masyarakat tersebut merupakan dampak kesehatan yang diakibatkan oleh pencemaran udara oleh keberadaan mesin L-Box di sekitar mereka. Melihat kondisi lapangan dan kebutuhan teknis dalam menindaklanjuti dampak kesehatan yang diisukan akibat dari keberadaan operasional L-Box, studi berkaitan dengan monitoring dan pengawasan penerapan teknologi pengelolaan sampah dengan sistem pembakaran (Mesin L-Box) di Kabupaten X akan sangatlah diperlukan. Dari hasil studi didapatkan, performa mesin L-Box sesuai dengan target/spesifikasi awal mesin L-Box tidak dapat diperiksa/diuji performanya mengingat seluruh mesin L-Box sudah dilakukan modifikasi sehingga spesifikasi awal mesin L-Box sudah tidak sesuai lagi. Ditambah, kondisi mesin L-Box sebagian dalam kondisi rusak dan/atau tidak beroperasi. Selain itu, cerobong mesin L-Box belum memiliki sistem monitoring atau sampling yang aman. Kualitas ambient udara pun cenderung menurun ketika dilakukan penambahan sampah dimana dikarenakan gas/asap dari tungku pembakaran lepas ke udara. Perencanaan ulang sistem pengendalian udara mencakup saluran antara outlet tangki pendingin dan Inlet ESP, ESP, cerobong dan sistem sampling udara pada cerobong diperlukan untuk mengoptimalkan penurunan pencemaran udara dan sistem monitoring/sampling yang memenuhi unsur Keselamatan dan kesehatan kerja para operator.

**Kata kunci:** ESP, Mesin L-Box, Pengelolaan Sampah.

# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>3</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>4</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1. Latar Belakang</b> .....	<b>5</b>
<b>1.2. Identifikasi dan Rumusan Permasalahan</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3. Tujuan Penelitian</b> .....	<b>6</b>
<b>1.4. Ruang Lingkup Penelitian</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1. Manfaat Penelitian</b> .....	<b>6</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1. Pembakaran berbasis Ionisasi Udara</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2. Pengolahan Emisi Udara menggunakan Electrostatic Precipitator (ESP)</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3. Standar Baku Mutu Ambient Udara</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4. Karakteristik Mesin L-Box Ionisator Sesuai Spek Vendor/Fabrikan Asal</b> .....	<b>11</b>
<b>2.5. Sistem Gasifikasi untuk Proses Pengolahan Sampah</b> .....	<b>13</b>
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1. Diagram Alir Penelitian</b> .....	<b>15</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1. Kondisi Perlengkapan Mesin L-Box Eksisting</b> .....	<b>16</b>
<b>4.2. Sistem Operasional, Unit Proses, dan Unit Operasi Mesin L-Box Eksisting</b> .....	<b>24</b>
<b>4.3. Kualitas Emisi Udara Cerobong Mesin L-Box dan Ambient Udara</b> .....	<b>29</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>32</b>
<b>5.1. Kesimpulan</b> .....	<b>32</b>
<b>5.2. Saran</b> .....	<b>32</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>33</b>

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1.Latar Belakang**

Meningkatnya jumlah penduduk telah meningkatkan jumlah timbulan sampah. Timbulan sampah yang terjadi harus dikelola dengan baik untuk menghindari bau dan sebaran penyakit menular maupun non menular, serta pencemaran badan air maupun tanah disekitar timbulan sampah. Pengelolaan sampah yang banyak ditemukan di Indonesia adalah system landfilling, composting maupun system pembakaran menggunakan incinerator. Tujuan pengelolaan ini adalah bagaimana secepat-cepatnya mencegah masalah-masalah lingkungan dan kesehatan yang dapat terjadi bila sampah tidak dikelola segera.

Kabupaten X adalah salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki tantangan dalam pengelolaan sampah yang meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan data yang diperoleh, Kabupaten X menghasilkan 40 ton sampah per harinya yang tersebar di pulau-pulau sekitarnya. Pengelolaan sampah di Kabupaten X selama ini ditangani oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi DKI Jakarta (Sumber: [www.matamatapolitik.com](http://www.matamatapolitik.com)). Kabupaten X sendiri sudah dilengkapi beberapa teknologi pengolahan sampah bernama Mesin L-Box yang pengolahannya berbasis plasma atau pengolahan berdasarkan pembakaran menggunakan udara (Ionisasi udara). Selama ini, teknologi mesin L-Box digunakan untuk mengolah sampah di Kabupaten X dengan harapan timbulan sampah dapat tertangani dengan baik.

Pengolahan sampah berbasis ionisasi ini dipercaya memiliki beberapa keunggulan yakni tidak memerlukan bahan bakar (ramah lingkungan), biaya perawatan (Maintenance) yang sangat rendah, penanggulangan sampah yang cukup di tempat (onsite), tidak memerlukan teknik pengoperasian yang khusus, alat ini dapat mudah dipindahkan (moveable), sampah tidak perlu dipilah-pilah, semua sampah dapat dimusnahkan kecuali logam, kaca dan bebatuan, abu sisa penguraian hanya sekitar 1-100 dari berat sampah yang dimasukkan, dapat menguraikan campuran sampah basah 40% dan sampah kering 60% tanpa menggunakan alat tambahan, mampu beroperasi selama 24 jam.

## **1.2. Identifikasi dan Rumusan Permasalahan**

Di dalam perjalanannya, beberapa Mesin L-Box yang tersebar di beberapa pulau di Kabupaten X dikhawatirkan tidak beroperasi dengan optimal. Masyarakat menilai mesin L-Box telah mencemari udara di sekitar akibat dari operasional mesin L-Box ini. Beberapa penyakit pernafasan yang diderita masyarakat sekitar disuspeksi oleh masyarakat tersebut merupakan dampak kesehatan yang diakibatkan oleh pencemaran udara oleh keberadaan mesin L-Box di sekitar mereka. Melihat kondisi lapangan dan kebutuhan teknis dalam menindaklanjuti dampak kesehatan yang diisukan akibat dari keberadaan operasional L-Box, studi berkaitan dengan monitoring dan pengawasan penerapan teknologi pengelolaan sampah dengan sistem pembakaran (Mesin L-Box) di Kabupaten X akan sangatlah diperlukan.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan kegiatan adalah melakukan studi monitoring dan pengawasan penerapan teknologi pengelolaan sampah dengan sistem pembakaran (Mesin L-Box) di beberapa titik di Kabupaten X dalam rangka optimalisasi performa L Box dan pencegahan pencemaran udara.

## **1.4. Ruang Lingkup Penelitian**

1. Monitoring Mesin L-Box di 16 (enam belas) unit mesin.
2. Identifikasi permasalahan teknis dan non teknis yang terjadi di mesin L-Box
3. Review kondisi eksisting di titik-titik Mesin L-Box di Kabupaten X (kapasitas sesuai spesifikasi dan kapasitas real/eksisting)

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah :

- a. Perwujudan Tri Dharma perguruan tinggi civitas akademika Universitas Bakrie
- b. Menjadi rekomendasi kepada Dinas Lingkungan Hidup terkait untuk mengambil langkah terbaik untuk optimalisasi pengelolaan persampahan dengan L-Box di Kabupaten X.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

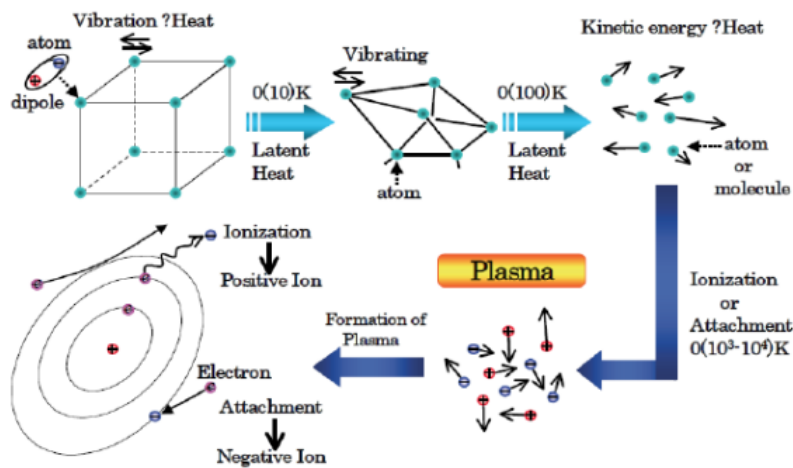
#### **2.1. Pembakaran berbasis Ionisasi Udara**

Proses pembakaran sampah menggunakan prinsip ionisasi adalah proses destruksi sampah berbasis ionisasi udara (ionized air) yang mendegradasi ikatan kimia sampah menjadi lebih sederhana (ion-ion). Produk akhir dari pembakaran berbasis ionisasi adalah abu yang mengendap (Precipitate). Prinsip ionisasi ini ditandai dengan terbentuknya bara api (plasma) dimana di dalam plasma akan terjadi proses pembentukan ion-ion (ionisasi) dari partikel sampah yang diolah.

Plasma merupakan substansi yang mirip dengan gas dengan bagian tertentu dari partikel terionisasi. Adanya pembawa muatan yang cukup banyak membuat plasma bersifat konduktor listrik sehingga bereaksi dengan kuat terhadap medan elektromagnet. Oleh karena itu, plasma memiliki sifat-sifat unik yang berbeda dengan padatan, cairan maupun gas dan dianggap merupakan wujud zat yang berbeda. Mirip dengan gas, plasma tidak memiliki bentuk atau volume yang tetap kecuali jika terdapat dalam wadah, tetapi berbeda dengan gas, plasma membentuk struktur seperti filamen, pancaran dan lapisan-lapisan jika dipengaruhi medan elektromagnet (Rahmat dkk, 2013).

Dalam setiap atom gas/udara biasa berisi jumlah yang sama muatan positif dan negatif. Gas menjadi plasma ketika penambahan panas atau energi yang menyebabkan sejumlah besar atom untuk melepaskan beberapa atau semua electron (Ismail dkk, 2014). Bagian dari atom yang tersisa dengan muatan positif, dan elektron negatif terlepas bebas untuk bergerak. Jika cukup banyak atom terionisasi secara signifikan mempengaruhi karakteristik listrik dari gas. Secara sederhana plasma didefinisikan sebagai gas terionisasi dan dikenal sebagai fase materi ke empat setelah fase padat, cair dan gas (Rachmat dkk, 2013). Skema pembentukan gas dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1 Proses pembentukan plasma (Chang dkk, 2009)

Selain itu, dalam proses ionisasi, molekul O<sub>2</sub> akan menghasilkan electron-elektron. Elektron ini memiliki mobilitas yang sangat baik, memungkinkan arus listrik mengalir. Ionisasi udara atau gas menghasilkan plasma dengan sifat konduktif yang mirip dengan logam. Plasma adalah alat alami untuk menetralkan pemisahan muatan dalam medan listrik.

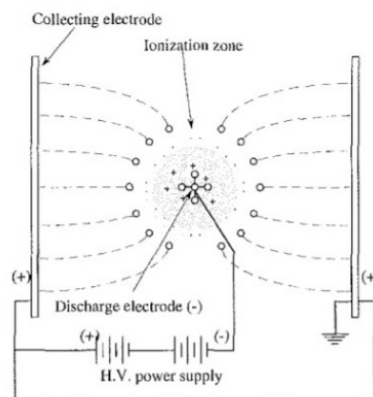
Proses pembakaran berbasis ionisasi akan meminimalisir bahkan mencegah dampak berbahaya yang ditimbulkan dari asap hasil pembakaran sampah, terutama zat hasil pembakaran sampah yang bernama Dioxin dan Furans serta debu-debu berbahaya. Proses ionisasi akan memecah mendekomposisi partikel-partikel berbahaya tersebut menjadi partikel yang lebih kecil dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Hal ini dikarenakan tungku pembakaran plasma sifatnya non-oxidizing. Selain itu, karena panas yang dihasilkan berdasarkan arus listrik, gas dan partikulat yang berbahaya juga dapat diminimalisir. Plasma dalam proses ionisasi dapat terbentuk dari proses pembentukan bara api dan sustainability plasma sendiri dapat diperoleh melalui pengaliran arus listrik sehingga proses ionisasi tetap terjaga (Rachmat dkk, 2013).

Parameter-parameter yang mempengaruhi keberhasilan pembakaran sampah melalui proses ionisasi meliputi:

1. Suplai udara
2. Suhu dalam tungku (kondisi atmosfer tungku pembakaran)
3. Durasi pembakaran
4. Jenis dan jumlah sampah

## 2.2. Pengolahan Emisi Udara menggunakan Electrostatic Precipitator (ESP)

Electrostatic Precipitator (EP) adalah alat pengendali pencemar partikulat yang didasari pada konsep presipitasi akibat gaya elektrostatis. Sangat efektif sebagai pengendali partikulat yang berukuran  $<10$  mikron. ESP bekerja lebih baik dari teknologi pengolahan udara lainnya khususnya ketika gas/udara yang akan diolah dan partikulatnya panas atau lembab (Nazaroff dkk, 2017). Dalam kerjanya, Corona power menjadi indikator dari sistem ESP. Corona power adalah suatu peristiwa dimana tegangan (voltage) yang dialirkan ke elektroda yang menyebabkan udara yang mengalir diantara elektroda-elektroda mengalami penguraian secara listrik (Ionisasi). Ion yang dihasilkan dalam corona akan mengikuti garis-garis menuju plate pengumpul. Secara penjelasan sederhana, cara kerja dari ESP adalah (1) melewati gas buang (flue gas) melalui suatu medan listrik yang terbentuk antara discharge electrode dengan collector plate, flue gas yang mengandung butiran debu pada awalnya bermuatan netral dan pada saat melewati medan listrik, partikel debu tersebut akan terionisasi sehingga partikel debu tersebut menjadi bermuatan negatif (-) (Mizuno, 2000) (Gambar 1). (2) Partikel debu yang sudah bermuatan negatif (-) kemudian menempel pada pelat-pelat pengumpul (collector plate). Debu yang dikumpulkan di collector plate dipindahkan kembali secara periodik dari collector plate melalui suatu getaran (rapping). Debu ini kemudian jatuh ke bak penampung (ash hopper), dan ditransport (dipindahkan) ke flyash silo dengan cara di vakum atau dihembuskan. Partikel aerosol berukuran kecil ( $<1 \mu\text{m}$  diameter) dapat menyerap 10 (sepuluh) ion dan menjadi membesar. Ketika partikel tersebut membesar, partikel tersebut akan menolak ion lainnya. Di sisi lain partikel aerosol berukuran besar ( $>10 \mu\text{m}$  diameter) akan dapat menyerap sepuluh ribu ion. Oleh karena itu, gaya listrik akan menjadi lebih besar pada partikel yang besar (EPA, 1999).



Gambar 1 Diagram Skematik ESP

### 2.3. Standar Baku Mutu Ambient Udara

Di dalam pengelolaan instalasi pengolahan sampah secara termal, pemerintah mengatur pengelola untuk mengoptimalkan proses pengolahan sampah sehingga gas buangan/emisi dapat sesuai dengan dan/atau dibawah baku mutu emisi yang diatur oleh pemerintah. Adapun baku mutu emisi usaha dan/atau kegiatan pengolahan sampah secara termal diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Emisi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Sampah secara Termal (Tabel 1). Sedangkan, baku mutu ambien udara diatur dalam Pergub DKI Jakarta No. 551 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambient dan Kebisingan (Tabel 2).

Tabel 1 Baku Mutu Emisi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Sampah secara Termal (Permenlhk No 70 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Emisi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Sampah secara termal)

No	Parameter	Satuan	Batas Maksimum Usulan
1	Total Partikulat	mg/Nm <sup>3</sup>	120
2	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	210
3	Oksida nitrogen (NOx)	mg/Nm <sup>3</sup>	470
4	Hidrogen klorida (HCl)	mg/Nm <sup>3</sup>	10
5	Merkuri (Hg)	mg/Nm <sup>3</sup>	3
6	Karbon monooksida (CO)	mg/Nm <sup>3</sup>	625
7	Hidrogen fluoride (HF)	mg/Nm <sup>3</sup>	2
8	Dioksin & Furan	mg/Nm <sup>3</sup>	0,1

Tabel 2 Baku Mutu Ambient Udara (Pergub DKI Jakarta No. 551 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambient dan Kebisingan)

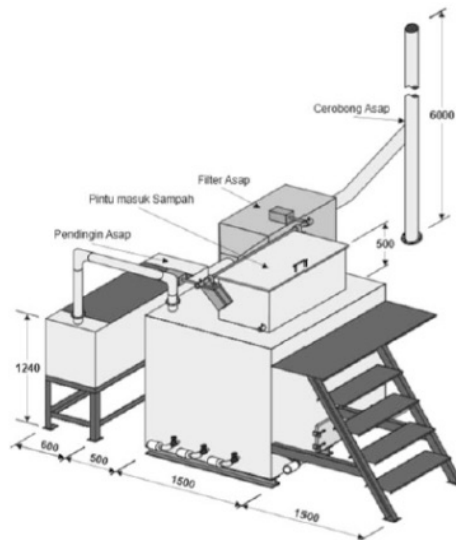
No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
1	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	1 jam	900 ug/Nm <sup>3</sup> (0,34 ppm)
		24 jam	260 ug/Nm <sup>3</sup> (0,1 ppm)
		1 tahun	60 ug/Nm <sup>3</sup> (0,02 ppm)
2	Karbon Monoksida	1 jam	26.000 ug/Nm <sup>3</sup> (23 ppm)
3	Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> )	1 jam	400 ug/Nm <sup>3</sup> (0,2 ppm)
		24 jam	92,5 ug/Nm <sup>3</sup> (0,05 ppm)
		1 tahun	60 ug/Nm <sup>3</sup> (0,03 ppm)
4	Oksidan (O <sub>3</sub> )	1 jam	200 ug/Nm <sup>3</sup> (0,05 ppm)
		1 tahun	30 ug/Nm <sup>3</sup> (0,015 ppm)
5	Hidrokarbon (HC)	3 jam	160 ug/Nm <sup>3</sup> (0,24 ppm)
6	Partikel <10 um (PM <sub>10</sub> )	24 jam	150 ug/Nm <sup>3</sup>
7	Partikel < 2.5 um (PM <sub>2,5</sub> )	24 jam	65 ug/Nm <sup>3</sup>
		1 tahun	15 ug/Nm <sup>3</sup>
8	Debu (TSP)	24 jam	230 ug/Nm <sup>3</sup>
		1 tahun	90 ug/Nm <sup>3</sup>
9	Timah Hitam	24 jam	2 ug/Nm <sup>3</sup>
		1 tahun	1 ug/Nm <sup>3</sup>

#### **2.4. Karakteristik Mesin L-Box Ionisator Sesuai Spek Vendor/Fabrikan Asal**

Mesin L-Box Ionisator adalah sebuah mesin pemusnah sampah yang pengoperasiannya tidak menggunakan bahan bakar. Pemusnahan sampah melalui Mesin L-Box dilakukan melalui cara penguraian di tempat sekitar konsentrasi timbunan sampah itu sendiri. Hal ini dimaksudkan untuk menekan biaya transportasi serta biaya perencanaan/pengoperasian tempat pembuangan akhir (TPA yang cukup mahal).

Proses pada Mesin L-BOX ini memanfaatkan sistem bara dan ionisator dalam ruang penguraian. Untuk memulai proses diawali dengan memasukkan sampah sampai penuh melalui pintu masuk, pemanasan awal hanya 1 kali dilakukan dengan cara membakar kayu di ruang abu, setelah setengah sampai satu jam pintu ruang abu ditutup sehingga api akan mati dan akan menjadi bara, karena perbedaan suhu antara didalam dengan diluar L-BOX maka oksigen masuk dengan melewati ionisator sehingga bara akan bertahan dan menyebar ke sampah yang ada di atasnya, besar kecilnya oksigen yang masuk diatur dengan stop kran, Ionisator berfungsi untuk membentuk ion serta elektron. Aksi-reaksi yang terjadi antara ion dan electron dalam jumlah banyak ini menimbulkan kondisi udara di dalam tungku jadi netral. Gas buang yang dihasilkan pada saat proses pengolahan akan keluar dari lobang asap setelah bersirkulasi dengan air. Oleh karena Mesin L-Box ini memanfaatkan prinsip dasar dari gaya gravitasi, partikel debu jatuh terkumpul di tempat penampungan abu sehingga tidak ada partikel debu dari proses penguraian yang terbang keluar dari cerobong ini selama penguraian berlangsung. Hal ini diprediksi mendorong bahwa gas buang dan abu yang dihasilkan dibawah baku mutu yang ditetapkan.

Kebanyakan sampah terurai dan menjadi abu pada suhu 200-600°C dan oleh karena itu suhu yang dibutuhkan secara konstan harus sebesar itu untuk menjamin sampah terurai secara sempurna menjadi abu. Pada prinsipnya pengeoperasian L-Box harus dijaga suhu serta ketersediaan sampah dalam ruang penguraian. Hal ini untuk menjaga kestabilan bara yang ada di dalam ruang ionisator. Dalam hal ini, pada prakteknya, minimal setiap 2 jam sekali sampah harus selalu dimasukkan untuk menjaga kontinuitas proses operasional. Jenis sampah yang dapat diolah Mesin L-Box adalah hampir seluruh jenis sampah rumah tangga kecuali sampah jenis logam. Adapun komposisi sampah yang akan diolah merupakan campuran sampah basah 40% dan sampah kering 60%. Abu sisa pembakaran berkisar antara 1:100 dari berat sampah yang dimasukkan. Berikut desain spesifikasi L-Box yang ada di E-Katalog dan Aktual di lapangan (Gambar 2, Tabel 3 dan Tabel 4) (Sumber: PT X, Jakarta).



Gambar 2 Desain Mesin L-Box Pembakaran Sampah Fabrikasi Asal

Tabel 3 Spesifikasi Mesin L-Box sesuai E- Katalog

No	Deskripsi	Keterangan
1	Kapasitas Bakar/24 jam	1500 kg/8 m <sup>3</sup> (0,66 m <sup>3</sup> /2 jam)
2	Dimensi Luar L Box	1500x1500x2200 mm
3	Jenis Pengolahan Asap	Reduksi, Destilasi dan Electrostatic Precipirator
4	Cerobong	Pipa Baja diameter 25,4 mm x 5000 mm
5	Bahan Lapisan Ruang Bakar	Bata Api
6	Bahan Casing	Plat Besi 8 mm
7	Ionisator	19 set ionisator + valve
8	Blower Udara	1 unit 0.2 kw
9	Electrostatic Precipirator	1 unit ESP System + 1 Replacement Static
		Model: GESP 4000; Size: 770x995x880 mm; Flange Hole Size : 705x660 mm; Vent Size: 665x600 mm; Airflow : 4000 m <sup>3</sup> /h (1111 l/s); Weight: 115 kg; Rate Power: 800 w; Cell Size: 4Kx2; Static (Pa): 150Pa.
10	Destilasi Asap	1 Unit tangki pendingin asap
11	Filter Cleaner	1 unit bak pencuci filter & static
12	Dimensi Keseluruhan Sistem	4500x4000x2500 mm
13	Suhu Ruang Bakar	200-600°C

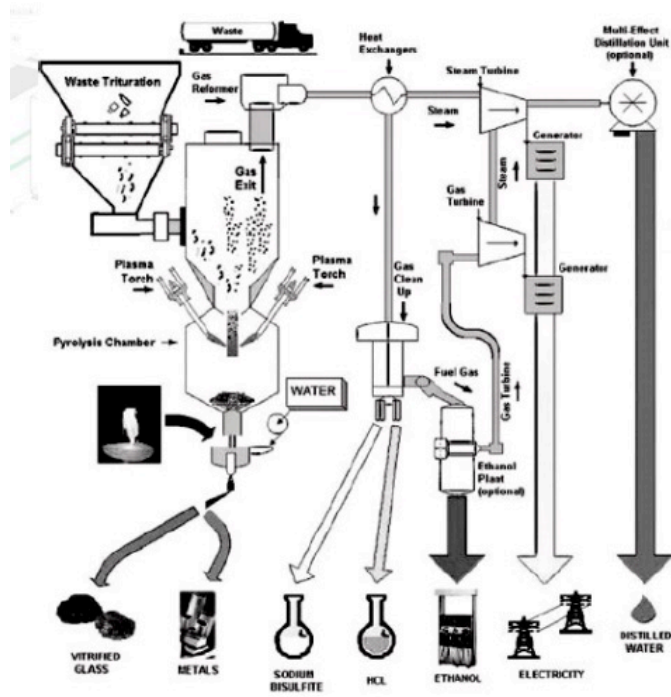
Tabel 6 Spesifikasi Mesin L-Box sesuai dengan Perubahan Spesifikasi (Pada saat dibangun)

No	Deskripsi	Keterangan
1	Kapasitas Bakar/24 jam	1500 kg/ 8 m <sup>3</sup>
2	Dimensi Luar L Box	1500x1500x2200 mm
3	Jenis Pengolahan Asap	Reduksi, Destilasi dan Electrostatic Precipirator (Dimensi 1600 x 1500 x 500 mm)
4	Cerobong	Pipa Baja diameter 25,4 mm x 5000 mm
5	Bahan Lapisan Ruang Bakar	Bata Api, Castable Cement
6	Bahan Casing	Plat Besi 8 mm
7	Ionisator	19 set ionisator + valve
8	Blower Udara	Vaccum Blower 0,75 kw
9	Electrostatic Precipirator	1 unit ESP System
		Model: GESP 4000; Size: 770x995x880 mm; Flange Hole Size : 705x605 mm; Vent Size: 665x600 mm; Airflow : 4000 m <sup>3</sup> /h (1111 l/s); Weight: 115 kg; Rate Power: 800 w; Cell Size: 4Kx1; Static (Pa): 150Pa.
10	Destilasi Asap	1 Unit tangki pendingin asap
11	Filter Cleaner	1 unit bak pencuci filter & static
12	Dimensi Keseluruhan Sistem	4500x4000x2500 mm
13	Suhu Ruang Bakar	200-600°C

## 2.5. Sistem Gasifikasi untuk Proses Pengolahan Sampah

Gasifikasi adalah teknologi sederhana dan terbukti secara komersial. Melalui reaksi dengan oksigen dan uap, berbagai bahan baku dikonversi menjadi syngas (gas ramah lingkungan). Reaksi ini berlangsung spontan pada suhu dan tekanan tinggi dalam kondisi reduksi, dan mengkonsumsi setengah dari oksigen yang dibutuhkan untuk pembakaran total. Kemudian, produk syngas yang dihasilkan didinginkan dan dimurnikan, untuk selanjutnya digunakan pada aplikasi lainnya. Beberapa aplikasi produk syngas adalah: syngas untuk bahan kimia, bahan bakar gas, untuk bahan bakar cair yang dibakar dalam boiler komersial untuk menghasilkan uap atau dalam proses perpindahan panas dan dalam mesin pembakaran internal untuk menghasilkan energi listrik. Efisiensi energi gasifikasi biomassa bervariasi dari 75 hingga 80%, ini tergantung pada komposisi dan kapasitas panas bahan baku. Sedangkan, kelembaban dan kandungan bahan inert anorganik mengurangi efisiensi. Sekarang ini aplikasi syngas difokuskan pada produksi gas sebagai langkah perantara selama produksi bahan kimia penting, seperti amonia untuk pupuk. Namun, aplikasi gasifikasi dalam proses lain meningkat karena perubahan pasar terkait dengan peningkatan turbin gas, deregulasi pembangkit tenaga listrik, dan mandat lingkungan yang ketat. Gasifikasi adalah alternatif pembakaran, dan memiliki efisiensi energi 50%. Keuntungannya adalah mengurangi emisi atmosfer dan volume residu padat yang akan memakan tempat (lahan untuk landfilling) (Leal-Quirós, 2004).

Gambar 3 adalah ilustrasi dari salah satu pabrik pengolahan sampah menggunakan plasma. Pemantik plasma beroperasi pada suhu yang sangat tinggi ( $5,000^{\circ}\text{C}$  dan  $100,000^{\circ}\text{C}$ ) untuk menciptakan plasma. Pemantik plasma ini sendiri menyala dengan bantuan electric arc yang digunakan untuk mengionisasi gas (Moustakasa dkk, 2005; Kalinenko dkk, 1993; Messerle dkk, 2007). Selanjutnya, plasma yang terbentuk ini dapat memproses seluruh jenis sampah pada tekanan atmosfer: sampah padat perkotaan, material yang bersifat racun, limbah medis, limbah nuklir dan limbah industri. Sampah inorganik dengan efektif mengalami vitrifikasi dan berubah menjadi material seperti kaca yang banyak digunakan sebagai sumber bahan untuk industri konstruksi (Proses magmafikasi) dan material organik (plastik, kertas, minyak, biomaterial, dan lainnya) dikonversi menjadi Syngas yang banyak digunakan sebagai sumber energi listrik (Proses gasifikasi). Tidak ada abu yang terbentuk karena pada suhu di atas  $5.000^{\circ}\text{C}$ , seluruh molekul organik mengalami disintegrasi dan hanya gas  $\text{H}_2$  dan  $\text{CO}$  yang tinggal pada suhu yang tinggi.

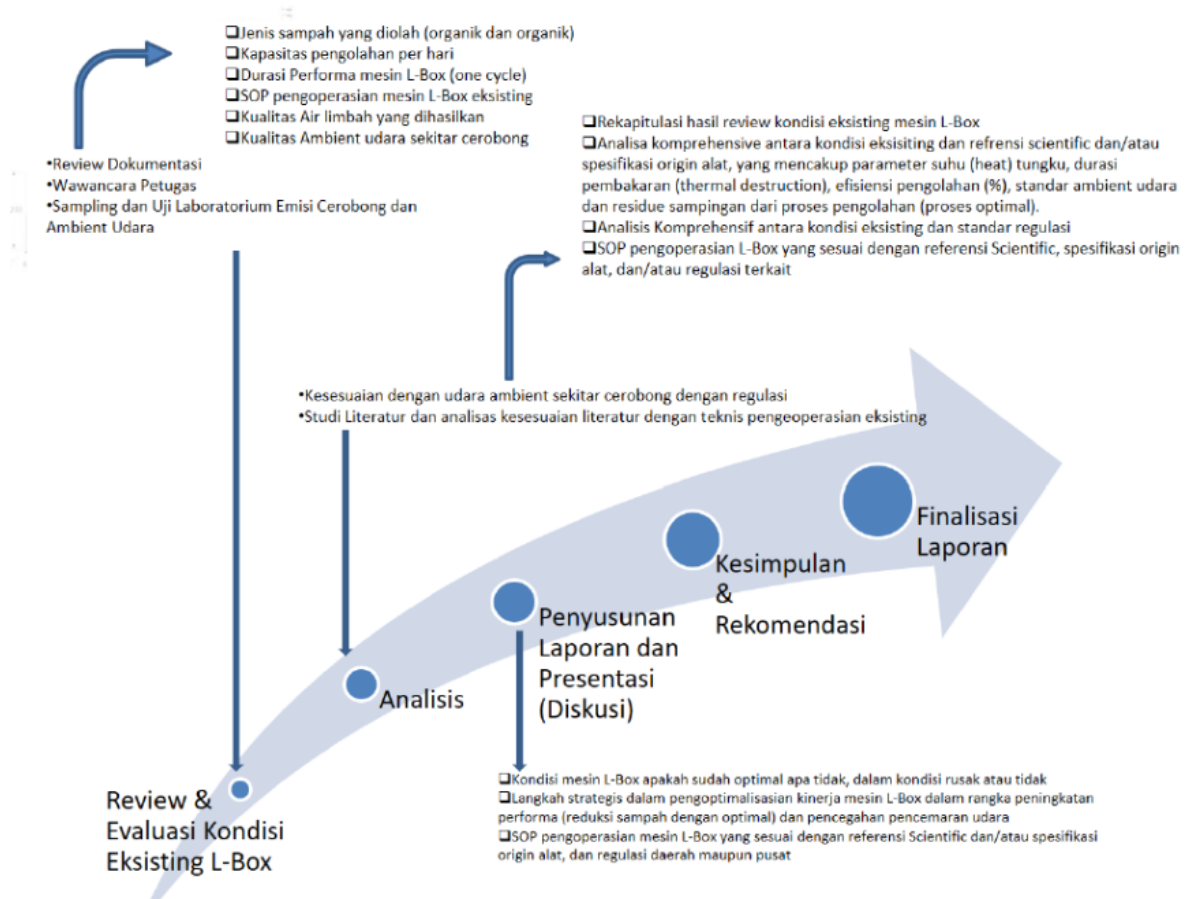


Gambar 3 Ilustrasi dari salah satu pabrik pengolah sampah menggunakan plasma (Leal-Quirós, 2004)

# BAB III METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1. Diagram Alir Penelitian

Tahap-tahap penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Salah satu kegiatan yang dilakukan di studi ini adalah melakukan survei lapangan Mesin L-Box dan wawancara operator Mesin L-Box di beberapa titik studi dimana untuk melihat kondisi eksisting lapangan. Adapun hasil survei atau monitoring lapangan Mesin L-Box di titik-titik target studi akan dirangkum dan disajikan di bagian ini berdasarkan kondisi dan kelengkapan/spesifikasi mesin L-Box eksisting di lapangan dan temuan sistem operasional mesin L-Box eksisting. Kedua bagian hasil monitoring ini akan dicoba diilustrasikan ke dalam bentuk skema/skematik sesuai dengan hasil wawancara lapangan dengan operator, perwakilan vendor perusahaan mesin L-Box, review dokumentasi terkait mesin L-Box, dan observasi langsung di lapangan. Secara detail hasil monitoring mesin L-Box per titik dapat dilihat pada Lampiran Laporan ini. Pada bagian ini, hasil uji laboratorium untuk kualitas air limbah (hasil pencucian ESP) dan kualitas emisi cerobong dan ambient udara juga disajikan sebagai dasar pembahasan di bagian berikutnya.

#### **4.1. Kondisi Perlengkapan Mesin L-Box Eksisting**

Tabel 5 menunjukkan rekapitulasi kondisi perlengkapan Mesin L-Box. Terlihat seluruh mesin L-Box sudah mengalami modifikasi, sudah mengalami perubahan dari spesifikasi awal fabrikasi. Perubahan atau modifikasi yang dilakukan adalah penambahan sistem pipa udara yang disambungkan dengan salah satu lubang ionisator. Berdasarkan wawancara dengan operator, modifikasi dilakukan untuk mensuplai udara melalui blower udara ke tungku pembakaran atau lebih spesifik ke ruang pembakaran. Lebih detail kondisi spesifikasi teknis mesin L-Box eksisting di lapangan dapat dilihat pada Gambar 4 sampai Gambar 8. Selain itu, sebagian besar perlengkapan mesin L-Box untuk sebagian besar mesin L-Box tidak diketahui masih sesuai fungsi spesifikasi awal apa tidak. Hal ini terlihat dari kondisi ionisator yang masih dipertanyakan apakah masih berfungsi mengubah udara menjadi ion apa tidak. Selain itu, ionisator pada kondisi eksisting di seluruh mesin L-Box di Kabupaten X sudah tidak berjumlah 19 set lagi namun kurang, 1 (satu) set ionisator bahkan dihubungkan dengan blower untuk melepas udara ke tungku pembakaran. Blower udara yang sifat kerjanya vacuum (menyerap) asap dari tungku pembakaran diprediksi sudah tidak berfungsi sebagai penyerap asap tapi melepas udara ke tungku pembakaran.

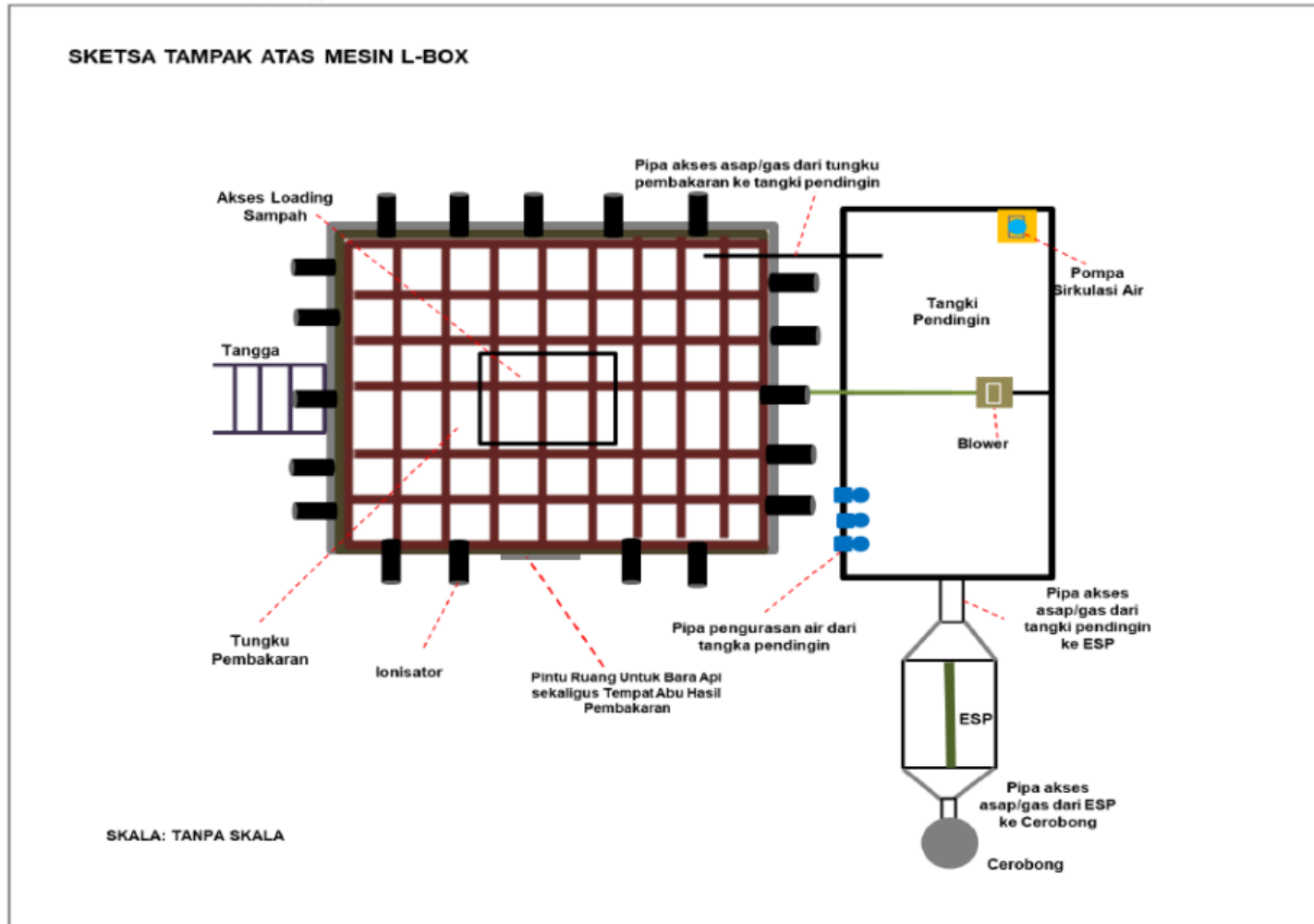
Di sisi lain, ESP yang merupakan alat pengendali pencemar udara masih diragukan fungsinya karena karat dan air yang mengalir berlebih di ESP selama mesin L-Box dioperasikan. ESP merupakan teknologi pengolahan emisi udara menggunakan sistem elektromagnetik dengan target utama partikulat. ESP bekerja lebih baik dari teknologi pengolahan udara lainnya khususnya ketika gas/udara yang akan diolah dan partikulatnya panas atau lembab (Nazaroff et al, 2017). Walaupun ESP dapat bekerja untuk mengolah udara lembab, kehadiran air berlebih di dalam ESP menjadi tanda tanya darimana asal air tersebut. Penulis berspekulasi air berlebih tersebut berasal dari tangki pendingin. Kehadiran air berlebih di ESP dapat menimbulkan kerusakan ESP tersebut. Bahkan, diperkirakan salah satu mesin L-Box dilaporkan mati seketika (listrik padam) ketika panel ESP dinyalakan. Hal ini bisa dikarenakan air yang hadir di ESP mendorong terjadinya korsleting listrik dan memicu aliran listrik padam. Sebagian besar kondisi panel ESP di seluruh mesin L-Box tidak berfungsi baik (rusak). Kondisi pintu loading sampah dan pintu abu terlihat tidak compact. Hal ini dapat dilihat dari masih adanya asap yang release keluar mesin L-Box melalui celah-celah di pintu loading sampah dan pintu abu (pada bagian selanjutnya).

Hal penting yang perlu menjadi perhatian dari hasil survei lapangan adalah kondisi tungku pembakaran. Secara kasat mata tungku pembakaran tidak mengalami masalah, terlihat dari adanya lapisan dalam di dalam tungku pembakaran di seluruh mesin L-Box. Namun, isu kekuatan tungku pembakaran dalam menahan panas yang extreme yang terjadi selama proses pembakaran muncul dikarenakan beberapa mesin L-Box yang beroperasi tidak mencapai suhu optimal atau dalam range 100-200°C. Hal ini dikarenakan kondisi ketidaknyamanan operator ketika L-Box menunjukkan panas yang tinggi dan/atau menimbulkan warna merah di shield tungku pembakaran sehingga sering kali operator berupaya menurunkan suhu di dalam mesin L-Box melalui penambahan air. Kekuatan dan properties dari lapisan dalam tungku pembakaran perlu diperiksa secara teliti apakah memang benar mampu menahan suhu extreme (200-600°C) sesuai dengan spesifikasi kondisi suhu mesin L-Box pada awalnya.

Tabel 5 Rekapitulasi Kondisi Perlengkapan Mesin L-Box

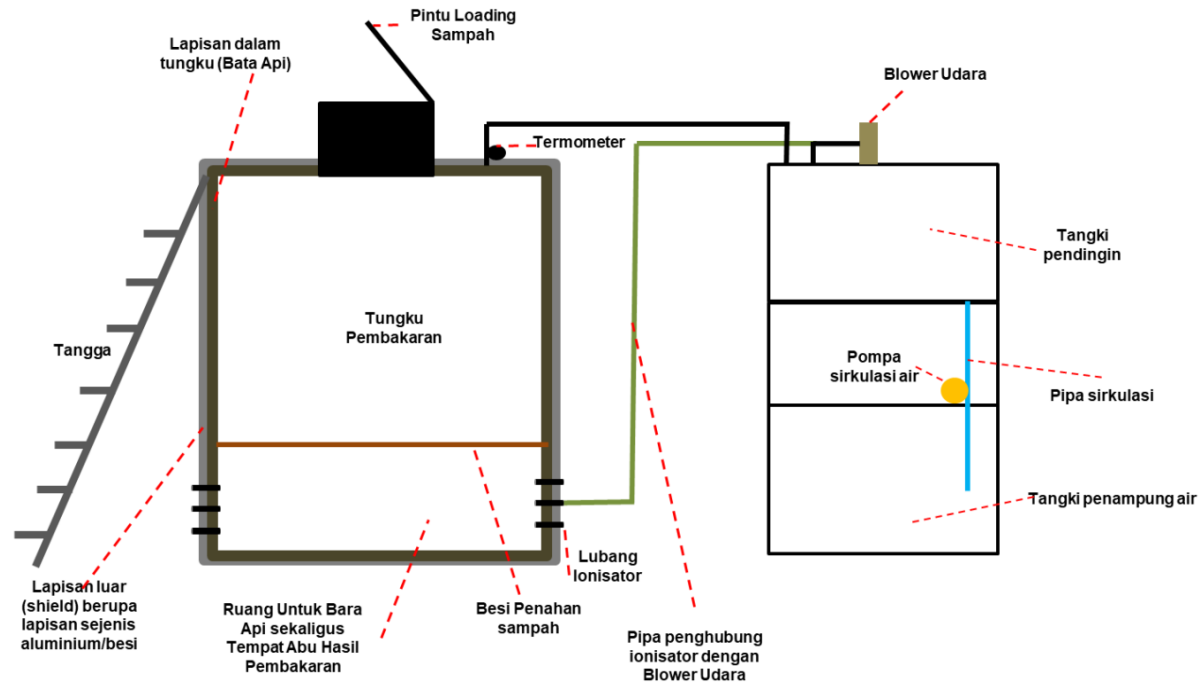
No	Perlengkapan	Mesin L-Box No. →															
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
1	Pintu Loading Sampah	B	B	B	B	B	B	R	R	B	B	B	B	B	B	B	B
1	Tungku pembakaran	X	X	R	X	X	B	X	B	X	X	X	B	X	X	X	X
2	Ionisator	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Thermometer	R	B	X	R	R	R	B	B	B	B	R	X	R	B	B	B
4	Blower Udara (Vacuum System)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Pompa Sirkulasi air	B	B	X	R	R	R	R	R	B	B	R	R	R	B	B	B
6	Electrostatic Precipitator (ESP)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Cerobong	B	B	B	B	B	R	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
8	Destilasi Asap	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Pintu Ruang Abu	B	B	R	B	R	B	R	B	B	B	B	X	B	B	B	B
10	Panel ESP	B	B	R	R	R	R	R	B	B	B	Rs	B	R	B	B	B

Catatan: B: Baik; R: Rusak; X: Alatnya ada tetapi tidak diketahui masih baik dan fungsinya masih sesuai atau tidak



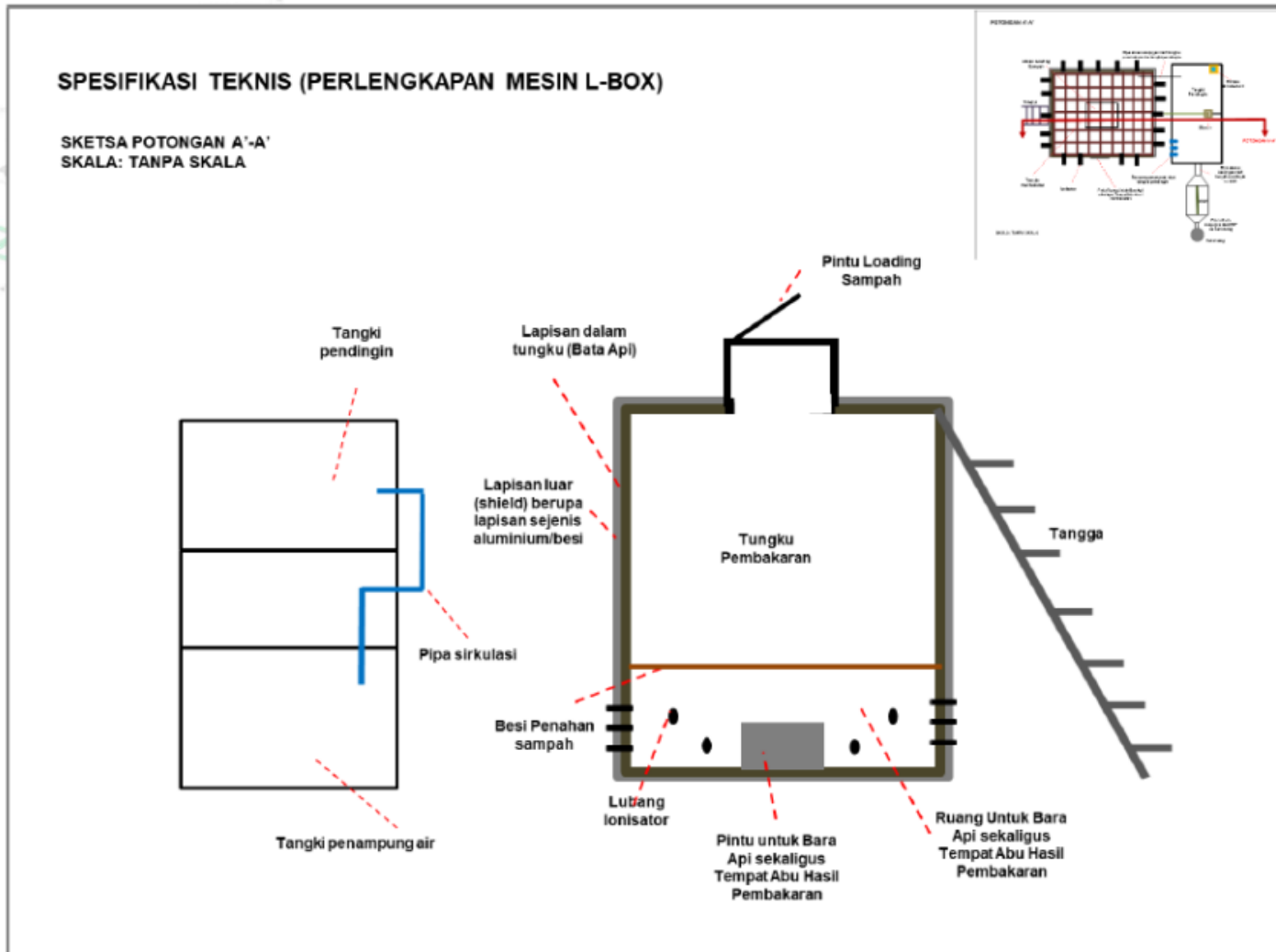
Gambar 4 Ilustrasi spesifikasi teknis Mesin L-Box tampak atas

### SPESIFIKASI TEKNIS (PERLENGKAPAN MESIN L-BOX)

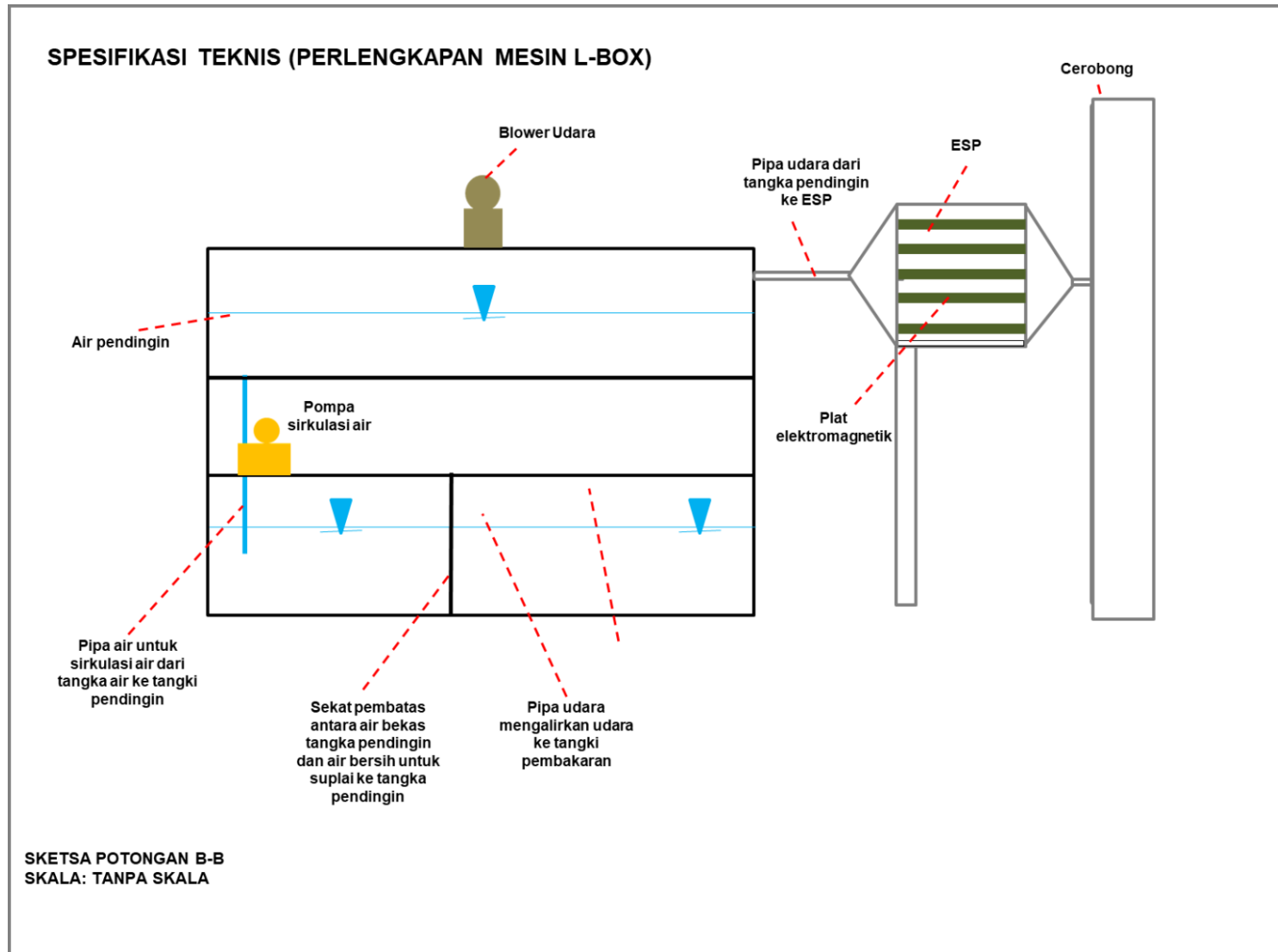


SKETSA POTONGAN A-A  
SKALA: TANPA SKALA

Gambar 5 Spesifikasi Teknis Mesin L-Box Eksisting (Potongan A-A)



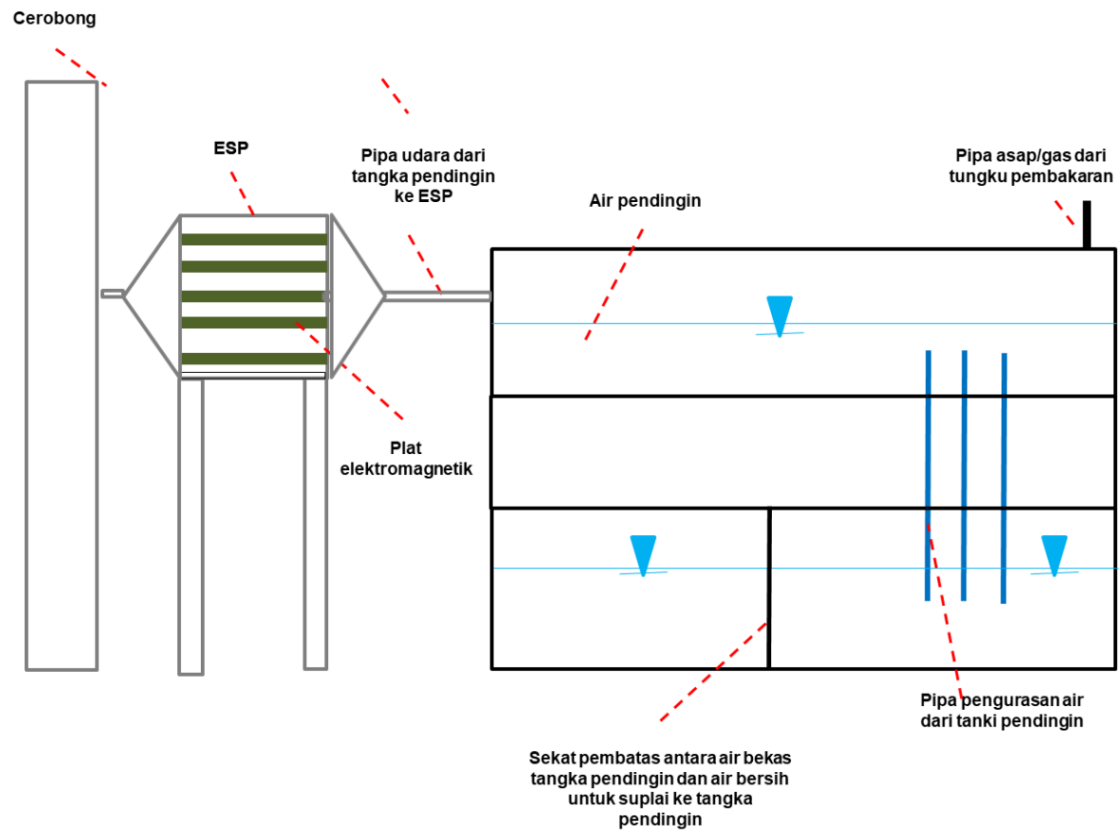
Gambar 6 Spesifikasi Teknis Mesin L-Box Eksisting (Potongan A'-A')



Gambar 7 Spesifikasi Teknis Mesin L-Box Eksisting (Potongan B-B)

## SPESIFIKASI TEKNIS (PERLENGKAPAN MESIN L-BOX)

SKETSA POTONGAN B'-B'  
SKALA: TANPA SKALA



Gambar 8 Spesifikasi Teknis Mesin L-Box Eksisting (Potongan B' - B')



#### **4.2. Sistem Operasional, Unit Proses, dan Unit Operasi Mesin L-Box Eksisting**

Berdasarkan hasil review dokumentasi SOP eksisting dan wawancara langsung, sistem operasional mesin L-Box selama ini dioperasikan sebagai berikut: sampah dimasukkan yang telah dipisah/dipilah ke mesin L-Box dari pintu atas dan blower pun dinyalakan. Setelah itu, bara api (plasma) dibuat melalui membakar kayu/ranting/daun/kardus di bagian bawah (ruang bara api). Bila bara api dirasa sudah cukup dan asap sudah keluar dari cebong, panel ESP dinyalakan untuk selanjutnya. Kran ionisator bagian belakang harus selalu terbuka, kecuali yang tengah (bagian yang sudah mengalami modifikasi) pada saat pengoperasian mesin L-Box. Setelah 2 jam, sampah baru dimasukkan dan begitu seterusnya sampai target pengolahan sampah hari itu selesai untuk diolah di mesin L-Box.

Adapun unit proses dan operasi yang kemungkinan diharapkan terjadi bila melihat sistem mesin L-Box eksisting selama pengoperasian mesin L-Box ini dicoba untuk diilustrasikan dalam Gambar 9 dan Gambar 10. Ilustrasi skematik yang dicoba dirangkum sesuai dengan review dokumen SOP, wawancara dan observasi lapangan atas spesifikasi, arrangement dan sistem mesin L-Box eksisting. Secara umum, tahapan dan unit proses dan operasi yang terjadi dalam pengoperasian mesin L-Box ini mencakup beberapa hal utama yaitu kapasitas loading, pembuatan bara api, suplai udara, asap yang terbentuk serta abu pembakaran yang dihasilkan. Sampah yang sudah dipilah dimasukkan ke dalam tungku pembakaran melalui pintu loading bagian atas. Metode loading sampah dilakukan melalui bagian atas tungku pembakaran. Tidak ada sekat antara tungku pembakaran dengan pintu loading sampah.

Setelah tungku pembakaran diisi sampah sesuai dengan kapasitas loading eksisting, bara api diciptakan melalui pembakaran ranting kayu dan sampah kering lainnya. Kuantitas bara api sendiri dilakukan dengan cara manual dan tidak ada alat ukur yang dapat menggambarkan kemampuan bara api (plasma) dalam proses ionisasi. Ionisator sendiri dianggap dapat mempertahankan bara api yang terbentuk selama proses pembakaran. Uniknya, blower dianggap dapat mempertahankan bara api yang terjadi melalui suplai udara. Udara dialirkan dari blower melalui pipa yang disambungkan dengan salah satu lubang ionisator. Namun, dampak samping yang teramati selama suplai udara dari blower dilakukan, debit asap keluar melalui celah-celah pintu bara dan pintu loading sampah lebih banyak lagi. Hal ini tentu menjadi isu tersendiri yang ditemukan selama survei lapangan.

Selanjutnya, asap yang timbul dari tungku pembakaran diyakini dapat mengalir ke tangki pendingin. Proses pengolahan asap yang timbul di tangki pendingin, adalah asap diadsorp sehingga di outlet tangki pendingin asap sudah mengalami penurunan suhu. Isu penting yang ditemukan pada tangki pendingin adalah air di tangki pendingin sangatlah cepat menghitam dan endapan kental yang sangat banyak. Endapan ini diprediksi adalah zat TAR yang dibawa oleh asap dari tungku pembakaran. Oleh karena itu, hal ini sangatlah penting menjadi perhatian. Selanjutnya, asap yang mengalami penurunan suhu tersebut pada tahap berikutnya diolah di ESP untuk removal partikulat. Dari proses tangki pendingin dan ESP, emisi cerobong diyakini tidak mencemari lingkungan dan dapat memenuhi baku mutu emisi cerobong dan baku mutu ambient udara.

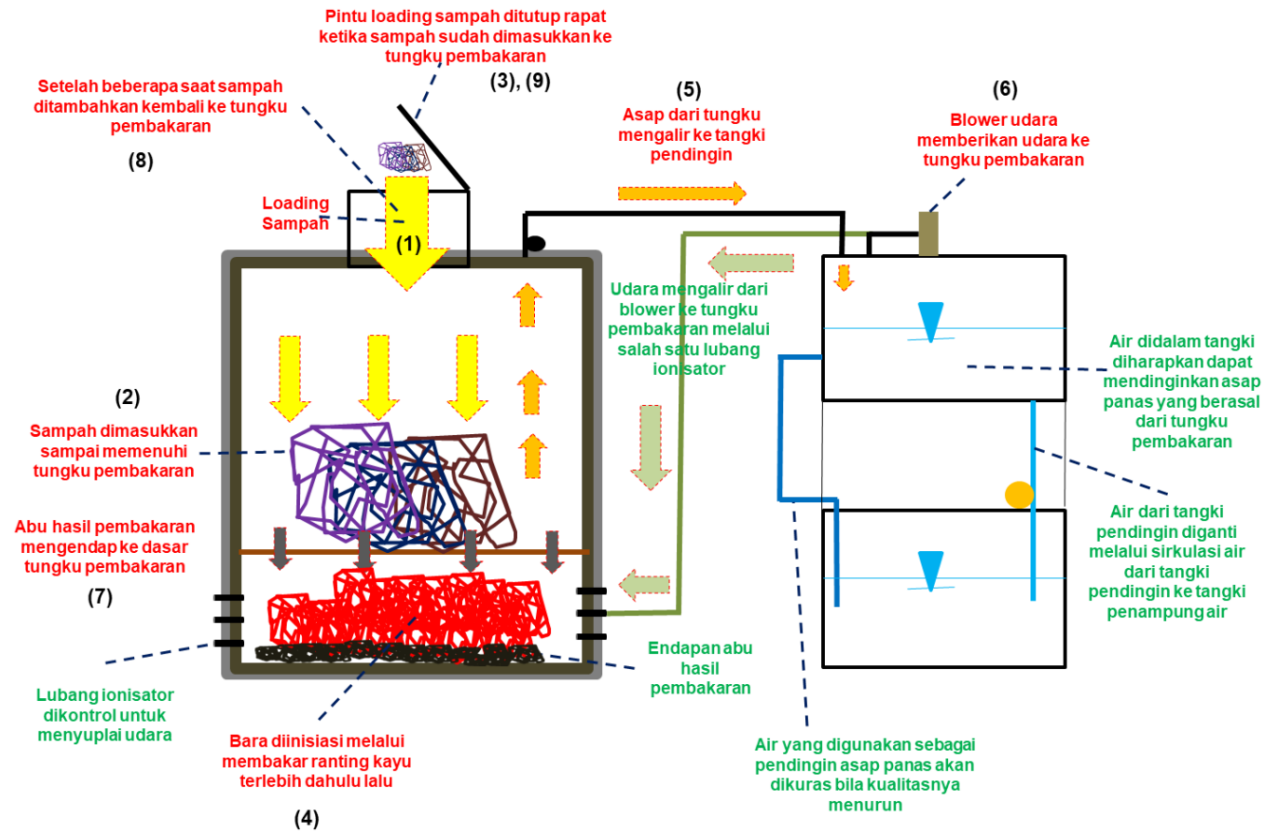
Abu pembakaran yang merupakan residue dari proses pembakaran ini dianggap memiliki kualitas yang baik sehingga sering digunakan sebagai pupuk oleh operator. Adapun di dalam operasionalnya, feeding/loading sampah dilakukan setiap dua jam sekali. Loading ini sendiri dilakukan secara langsung melalui pintu loading ketika mesin L-Box masih beroperasi atau menyala. Konsekuensinya, ketika loading sampah dilakukan asap dari tungku pembakaran release ke lingkungan udara melalui pintu loading tersebut. Hal ini memang dikarenakan tidak ada sekat antara pintu loading dan tungku pembakaran.

Untuk perawatannya sendiri, pembersihan ESP dilakukan dengan membersihkan secara manual menggunakan air sumur yang dicampur dengan deterjen. Hal ini dipercaya dapat menghilangkan TAR atau kandungan lainnya yang melekat di plat ESP. Air hasil cucian selama ini ditangani dengan membuangnya ke badan air permukaan (laut), dan beberapa titik L-Box ditemukan bahwa air bekas cucian ini dibuang ke lingkungan tanah. Artinya, air bekas cucian yang sudah dikategorikan air limbah ini tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Selain itu, perawatan yang juga dilakukan adalah penggantian air di tangki pendingin (sirkulasi air).

Air di tangki pendingin diganti secara reguler dengan tujuan meningkatkan kemampuan tangki pendingin dalam menurunkan asap dari tungku pembakaran. Dalam observasi terlihat bahwa air yang digunakan sebagai tangki pendingin adalah bervariasi di seluruh titik mesin L-Box, mulai dari air sumur dan air laut yang tanpa melalui pengolahan air bersih sebelumnya. Beberapa titik mesin L-Box sudah menggunakan air RO untuk tangki pendingin dikarenakan akses ke supai air bersih hasil olahan RO memadai. Sama halnya dengan air limbah hasil perawatan peralatan mesin ESP, air dari pengurasan/penggantian tangki pendingin yang dikategorikan air limbah, tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan air maupun tanah.

Demikian gambaran skematik sistem pembakaran mesin L-Box termasuk unit proses dan operasi dan langkah-langkah yang ditempuh untuk perawatan perlengkapan mesinnya yang berusaha diilustrasikan sesuai dengan wawancara dan observasi kondisi dan *arrangement* perlengkapan mesin L-Box di lapangan.

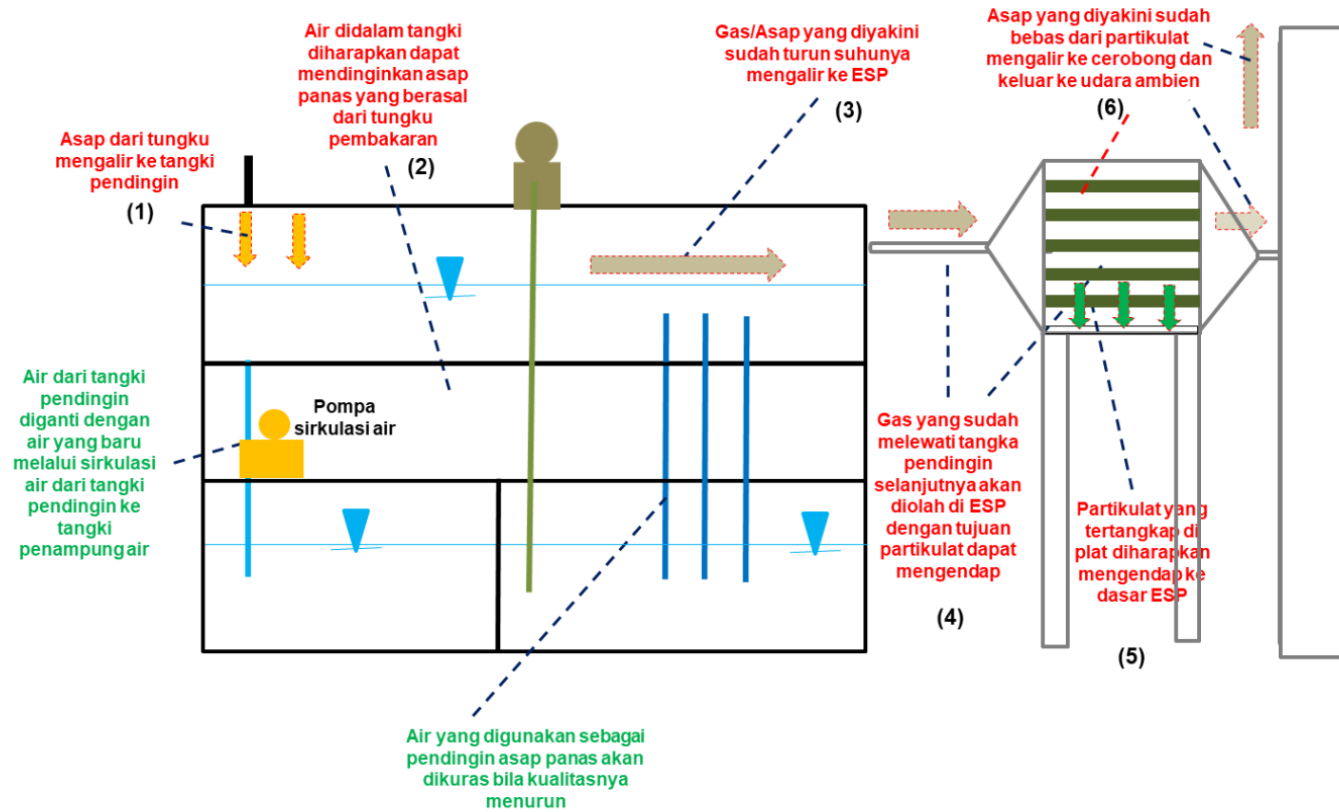
**SKEMATIK PROSES PEMBAKARAN DI MESIN LBOX (1)**



SKETSA POTONGAN A-A  
SKALA: TANPA SKALA

Gambar 9 Skematik pembakaran sampah di mesin L-Box Eksisting

## SKEMATIK PROSES PENGOLAHAN GAS/ASAP DI MESIN LBOX



Gambar 10 Skematik pengolahan gas/asap di mesin L-Box Eksisting

### 4.3. Kualitas Emisi Udara Cerobong Mesin L-Box dan Ambient Udara

Untuk pemeriksaan kualitas udara akibat pengoperasian Mesin L-Box, kualitas udara sekitar cerobong (udara ambien) diuji sebagai dasar untuk melihat pengaruh Mesin L-Box terhadap udara sekitar. Hasil pengukuran kualitas udara ambien di sekitar salah satu Mesin L-Box pada saat Mesin L-Box beroperasi dan pada saat penambahan sampah ke dalam mesin tersaji dalam Tabel 6 dan Tabel 7. Kualitas emisi cerobong juga ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Kualitas Udara Ambien di sekitar Mesin L-Box

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	Nitrogen dioksida (NO <sub>2</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	13,6
2	Sulfur dioksida (SO <sub>2</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	54,8
3	Hidrogen sulfide (H <sub>2</sub> S)	µg/Nm <sup>3</sup>	<12,5
4	Ammonia (NH <sub>3</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	136,3
5	Carbon Monooksida (CO)	µg/Nm <sup>3</sup>	501,6
6	Ozon (O <sub>3</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	566,4
7	Hidrokarbon (HC)	µg/Nm <sup>3</sup>	1353
8	Gas Metan (CH <sub>4</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	5860
9	Total Hydrocarbon (THC)	µg/Nm <sup>3</sup>	7213

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 2018

Tabel 9 Kualitas Udara Ambien di sekitar Mesin L-Box (Pada saat penambahan sampah)

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	Carbon Monooksida (CO)	µg/Nm <sup>3</sup>	5158,4
2	Ozon (O <sub>3</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	761,5
3	Hidrokarbon (HC)	µg/Nm <sup>3</sup>	1773
4	Gas Metan (CH <sub>4</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	6233
5	Total Hydrocarbon (THC)	µg/Nm <sup>3</sup>	6007

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 2018

Tabel 10 Kualitas Emisi Cerobong Mesin L-Box

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	Carbon Monooksida (CO)	µg/Nm <sup>3</sup>	...
2	Ozon (O <sub>3</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	...
3	Hidrokarbon (HC)	µg/Nm <sup>3</sup>	...
4	Gas Metan (CH <sub>4</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	...
5	Total Hydrocarbon (THC)	µg/Nm <sup>3</sup>	.....

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 2019

Untuk pemeriksaan kualitas udara akibat pengoperasian Mesin L-Box, kualitas udara sekitar cerobong (udara ambien) diuji sebagai dasar untuk melihat pengaruh Mesin L-Box terhadap udara sekitar. Dari hasil pengukuran terlihat bahwa Ozon ( $O_3$ ) dan Hidrokarbon (HC) melebihi baku mutu. Ozon sendiri merupakan natural dari ESP dimana merupakan dampak akibat pemberian muatan negatif terhadap elektroda pada saat ionisasi gas (Nazaroff dkk, 2017). Namun, tingginya HC dapat disebabkan oleh ketidakefektifan penguraian sampah di tungku pembakaran secara sempurna. Untuk cerobong asap Mesin L-Box sendiri, cerobong asap sudah memenuhi standar 2D8D. Namun, pengukuran emisi cerobong belum menunjukkan representative emisi yang dihasilkan mesin L-Box dikarenakan asap dari pengolahan ditemukan release ke udara melalui celah-celah di pintu loading dan pintu abu. Bahkan, ketika penambahan sampah dilakukan, sebagian besar asap dari tungku pembakaran release secara besar-besaran ke udara (Gambar 11). Hal ini didukung dengan data ketika penambahan sampah kondisi ambient udara khususnya untuk parameter Carbon Monoksida, Ozon, Hidrokarbon, dan Methane mengalami peningkatan konsentrasi. Secara kasat mata, asap yang keluar dari cerobong Mesin L-Box selama pengoperasiannya menghasilkan asap berwarna putih (Gambar 12). Namun seperti dijelaskan diatas, hal ini tidak menunjukkan mesin L-Box sudah beroperasi optimal karena bisa saja emisi sudah *release* ke ambient udara melalui celah-celah mesin L-Box. Di sisi lain, dengan kondisi ambient udara yang ditunjukkan ini, sistem pengendali emisi cerobong mesin L-Box harus dievaluasi kembali kinerjanya.



Gambar 11 Asap dari tungku pembakaran keluar dari celah-celah mesin L-Box (kiri-kanan: L-Box 07, L-Box 04)



Gambar 12 Pengamatan visual kondisi asap yang dihasilkan cerobong ketika beroperasi (kiri-kanan: L-Box 04, L-Box 11)



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

1. Performa mesin L-Box sesuai dengan target/spek awal mesin L-Box tidak dapat diperiksa/diuji performanya mengingat seluruh mesin L-Box sudah dilakukan modifikasi sehingga spek awal mesin L-Box sudah tidak sesuai lagi.
2. Kondisi mesin L-Box sebagian dalam kondisi rusak dan/atau tidak beroperasi.
3. Cerobong mesin L-Box belum memiliki sistem monitoring atau sampling yang aman.
4. Kualitas ambient udara cenderung menurun ketika dilakukan penambahan sampah dimana dikarenakan gas/asap dari tungku pembakaran lepas ke udara.

#### **5.2. Saran**

Perencanaan ulang sistem pengendalian udara mencakup saluran antara outlet tangki pendingin dan Inlet ESP, ESP, cerobong dan sistem sampling udara pada cerobong diperlukan untuk mengoptimalkan penurunan pencemaran udara dan sistem monitoring/sampling yang memenuhi unsur Keselamatan dan kesehatan kerja para operator.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baumann, E. R., Oulman, C. S. 1955. The Specific Heat of Garbage. Public Health Report. Vol. 70, No. 8.
- Biswal, B., Kumar, S., Singh, R. K. 2013. Production of hydrocarbon liquid by thermal pyrolysis of paper cup waste. *J. Waste Manag.* 2013, pp. 1-7, 10.1155/2013/731858.
- Chang, J. S, dkk, 2009. Thermal Plasma Solid Waste and Water Treatments: A Critical Review. *International Journal of Plasma Environmental Science and Technology* Vol.3, No.2.
- EPA.1999. Electrostatic Precipitator. EPA/452/B-02-001.  
<https://www.matamatapolitik.com/kepulauan-seribu-kumpulkan-40-ton-sampah-sehari/>  
[https://www.thisiseco.co.uk/news\\_and\\_blog/what-happens-to-waste-to-energy-incineration-ash.html](https://www.thisiseco.co.uk/news_and_blog/what-happens-to-waste-to-energy-incineration-ash.html)
- Ismail, D, dkk, 2014. A review on Plasma Treatment for the Processing of Solid Waste). *Jurnal Teknologi UTM.* ISSN 2180-3722.
- Kalinenko, R. A.; Kuznetsov, A. P.; Levitsky, A. A.; Messerle, V. E.; et al. 1993. Pulverized coal plasma gasification. *Plasma Chemistry and Plasma Processing.* 13 (1): 141–167. doi:10.1007/BF01447176.
- Leal-Quirós, E. B. J. *Phys.* 2004. Plasma processing of municipal solid waste. vol.34 no.4b. ISSN 1678-4448.
- Lee, Y.E., Jo, J. H., Kim, S. M., Yoo, Y. S. 2016. Recycling Possibility of the Salty Food Waste by Pyrolysis and Water Scrubbing. *Energies* 10, 210. doi:10.3390/en10020210
- Messerle, V. E.; Ustimenko, A. B. 2007. Solid Fuel Plasma Gasification. In Syred, Nick; Khalatov, Artem (eds.). *Advanced Combustion and Aerothermal Technologies. Environmental Protection and Pollution Reductions.* Springer Netherlands. pp. 141–156. doi:10.1007/978-1-4020-6515-6. ISBN 978-1-4020-6515-6. Retrieved 2012-03-08.
- Mizuno. 2000. Electrostatic precipitation *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* 7(5):615 – 624. DOI: 10.1109/94.879357
- Moustakasa, K.; Fattab, D.; Malamisa, S.; Haralambousa, K.; et al. 2005. Demonstration plasma gasification/vitrification system for effective hazardous waste treatment. *Journal of Hazardous Materials.* 123 (1–3): 120–126. doi:10.1016/j.jhazmat.2005.03.038.
- Nazaroff, W.W., Alvarez-Cohen, L. 2017. *Electrostatic Precipitators.* Dartmouth. <http://engineering.dartmouth.edu/-d30345d/courses/engs37/esps.pdf>. Di akses pada 20 Juli 2019.
- Rachmat, R., dkk, 2013. Penetrulan Zat Asap Pembakaran Sampah Berbasis Nano Pulsed Plasma (Petir Buatan). *Brazilian Journals of Physics* IEES.
- Pergub DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kegiatan dan/atau usaha  
Pergub DKI Jakarta No. 551 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Udara Ambient dan Kebisingan  
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.70/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Emisi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Sampah secara Termal.  
Peraturan Pemerintah No 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun



