



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH KEBERADAAN TEMPAT PENAMPUNGAN
SAMPAH SEMENTARA (TPS) TERHADAP KUALITAS
UDARA MIKROBIOLOGIS DI SEKITARNYA
(Studi Kasus: TPS Manggarai dan TPS Pasar Bukit Duri,
Jakarta Selatan)**

SKRIPSI

**YUDITHIA
0806316770**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDY OF MICROBIAL AIR QUALITY
AT SURROUNDING SOLID WASTE TRANSFER STATION
(Case Study: Bukit Duri and Manggarai Transfer Station,
South Jakarta)**

FINAL REPORT

**YUDITHIA
0806316770**

**FACULTY OF ENGINEERING
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JUNE 2012**

65/FT.TL.01/SKRIP/7/2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH KEBERADAAN TEMPAT PENAMPUNGAN
SAMPAH SEMENTARA (TPS) TERHADAP KUALITAS
UDARA MIKROBIOLOGIS DI SEKITARNYA
(Studi Kasus: TPS Manggarai dan TPS Pasar Bukit Duri,
Jakarta Selatan)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**YUDITHIA
0806316770**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2012**

65/FT.TL.01/SKRIP/7/2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDY OF MICROBIAL AIR QUALITY
AT SURROUNDING SOLID WASTE TRANSFER STATION
(Case Study: Bukit Duri and Manggarai Transfer Station,
South Jakarta)**

FINAL REPORT

Proposed as one of the requirement to obtain a Bachelor's degree

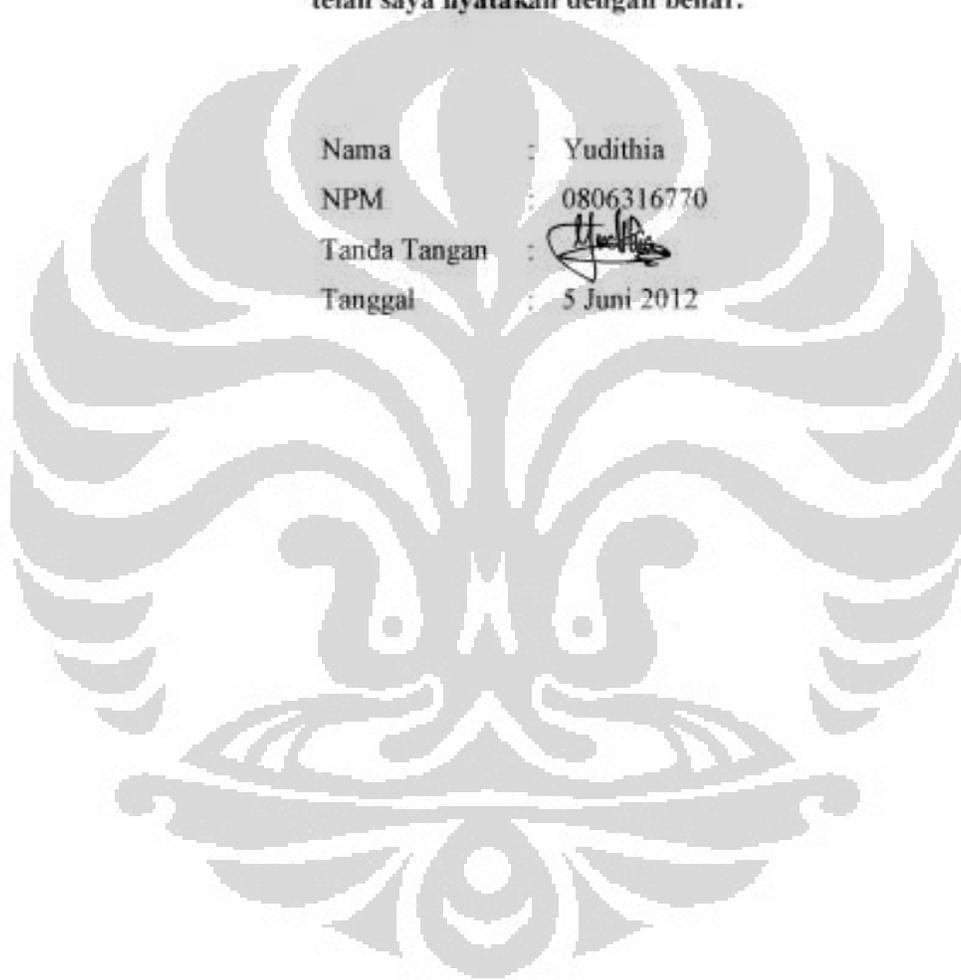
**YUDITHIA
0806316770**

**FACULTY OF ENGINEERING
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JUNE 2012**

PERNYATAAN ORISINALITAS

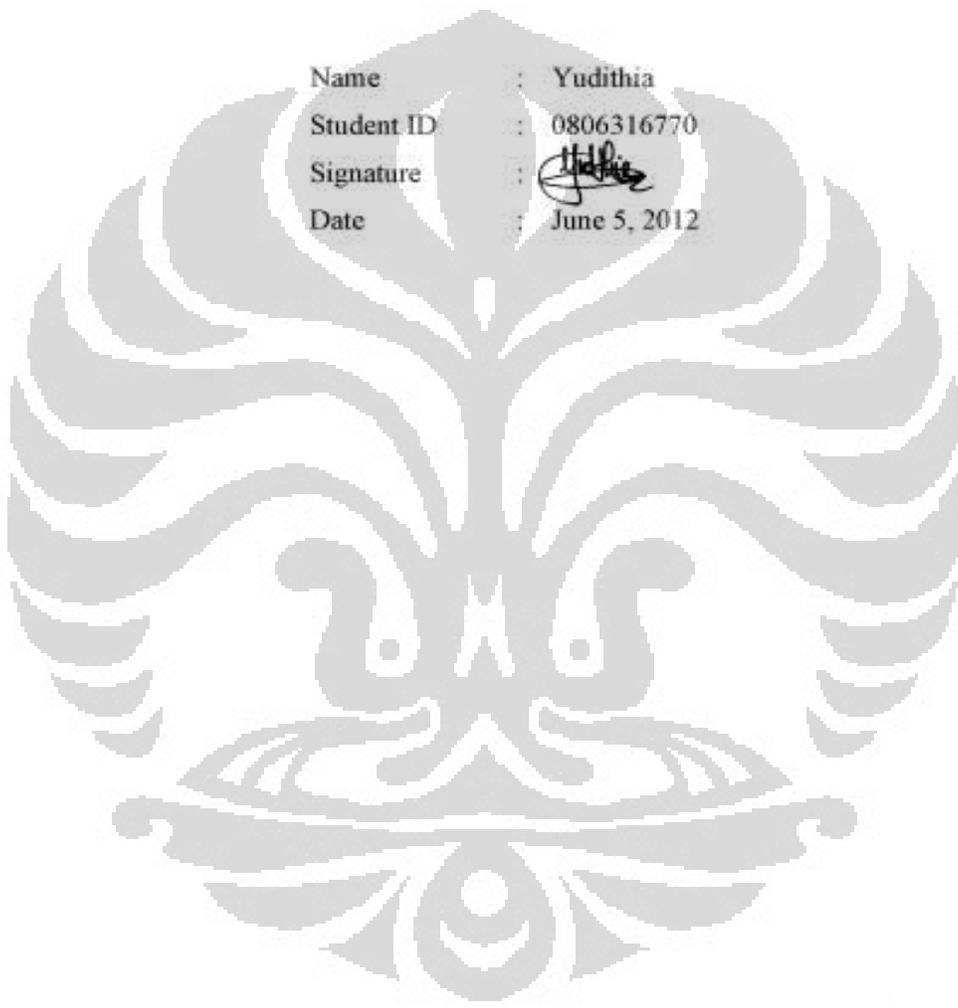
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

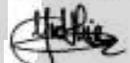
Nama : Yudithia
NPM : 0806316770
Tanda Tangan : 
Tanggal : 5 Juni 2012



STATEMENT OF AUTHENTICITY

I declare that this final report of one of my own research,
and all of the references either quoted or cited here
have been mentioned properly.



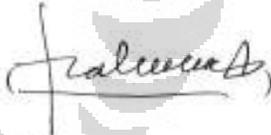
Name : Yudithia
Student ID : 0806316770
Signature : 
Date : June 5, 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
 Nama : Yudithia
 NPM : 0806316770
 Program Studi : Teknik Lingkungan
 Judul Skripsi : Pengaruh Keberadaan Tempat Penampungan
 Sampah Sementara (TPS) Terhadap Kualitas
 Udara Mikrobiologis di Sekitarnya (Studi
 Kasus: TPS Manggarai dan TPS Pasar Bukit
 Duri, Jakarta Selatan)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Ir. Gabriel SB. Andari, MEng, PhD ()

Pembimbing II : Evy Novita, ST., MSi ()

Penguji I : Ir. Irma Gusniani, MSc ()

Penguji II : Dr. Cindy R. Priadi, ST, MSc ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 5 Juni 2012

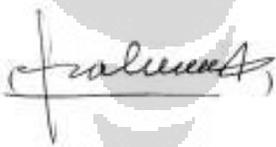
STATEMENT OF LEGITIMATION

The final report submitted by :

Name : Yudithia
 Student ID : 0806316770
 Study Program : Environmental Engineering
 Thesis Title : Study of Microbial Air Quality At Surrounding
 Solid Waste Transfer Station (Case Study: Bukit
 Duri and Manggarai Transfer Station, South
 Jakarta)

Has been successfully defended before the Council Examiners and was accepted as part of the requirements necessary to obtain a Bachelor of Engineering degree in Environmental Engineering Program, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.

BOARD OF EXAMINERS

Advisor I : Ir. Gabriel SB. Andari, MEng, PhD ()

Advisor II : Evy Novita, ST., MSi ()

Examiner I : Ir. Irma Gusniani, MSc ()

Examiner II : Dr. Cindy R. Priadi, ST, MSc ()

Defined in : Depok

Date : June 5, 2012

KATA PENGANTAR / UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa sehingga saya dapat menyelesaikan laporan seminar skripsi ini. Penulisan ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk mengambil mata kuliah skripsi pada semester akhir perkuliahan. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan laporan seminar skripsi ini.

Atas terselesaikannya laporan seminar skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih atas semua bantuan yang diberikan selama proses penyusunan dokumen ini kepada pihak-pihak sebagai berikut :

1. Kedua orang tua saya yang saya hormati, atas doa dan dukungannya yang telah diberikan kepada saya selama penyusunan laporan skripsi ini;
2. Ibu Ir. Gabriel SB. Andari, MEng, PhD, selaku dosen pembimbing 1 yang telah menyediakan waktu, tempat, tenaga, dan pikiran untuk membimbing saya;
3. Ibu Evy Novita, ST., MSi, selaku dosen pembimbing 2 yang telah menyediakan waktu, tempat, tenaga, dan pikiran untuk membimbing saya;
4. Bapa Rosyid dan Bapa Syamsudin, selaku pengelola TPS Manggarai yang telah memberi saya kesempatan untuk melakukan penelitian di wilayah mereka dan telah membantu saya selama proses pengambilan data;
5. Bapa Suwardi dan Bapa Kardi, selaku pengelola TPS Pasar Bukit Duri yang telah memberi saya kesempatan untuk melakukan penelitian di wilayah mereka dan telah membantu saya selama proses pengambilan data;
6. Mba Sri Diah Handayani, selaku laboran laboratorium mikrobiologi lingkungan yang telah membantu saya untuk mempelajari alat sampling, metode sampling laboratorium, dan membuat serta mempersiapkan media agar untuk sampling;
7. Mba Licka Kamadewi, selaku laboran laboratorium lingkungan yang telah meluangkan waktunya untuk membantu saya untuk mempersiapkan media agar;

8. Meutia Putri Mulya, Putri Nilam Sari, Mahfut Ardi, dan Enggar Kadyonggo, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu saya selama proses pengambilan sampel di lapangan.
9. Niknik Bestar dan Ayu Erlina, yang telah meluangkan waktunya untuk membantu saya dalam membuat dan mempersiapkan media agar;
10. Om Ahmad Sofyan yang telah membantu transportasi dan mendampingi saya selama saya proses pengambilan data di TPS.
11. Bapak Roni dan Mas Sugianto, yang telah memberikan kemudahan transportasi selama proses pengambilan data di TPS.
12. Kakak Fandhi Maulana Imansyah dan Salman Farisi, selaku laboran laboratorium transportasi yang telah memberikan saya kemudahan dalam peminjaman alat sampling;
13. Rekan-rekan Teknik Lingkungan 2008 yang selalu memberikan keceriaan dan semangat selama proses penyusunan skripsi ini.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu saya secara langsung maupun tidak langsung dalam proses pembuatan skripsi ini.

Akhir kata semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu saya selama proses penyusunan skripsi. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi ilmu pengetahuan ke depannya.

Depok, Juni 2012

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yudithia
NPM : 0806316770
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Pengaruh Keberadaan Tempat Penampungan Sampah Sementara (TPS) Terhadap Kualitas Udara Mikrobiologis di Sekitarnya (Studi Kasus: TPS Manggarai dan TPS Pasar Bukit Duri, Jakarta Selatan)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 5 Juni 2012

Yang menyatakan



(Yudithia)

**STATEMENT OF AGREEMENT OF FINAL REPORT
PUBLICATION FOR ACADEMIC PURPOSES**

As an civitas academica of Universitas Indonesia, I, the undersigned:

Name : Yudithia
Student ID : 0806316770
Study Program : Environmental Engineering
Department : Civil Engineering
Faculty : Engineering
Type of Work : Final Report

for the sake of science development, hereby agree to provide Universitas Indonesia **Non-exclusive Royalty Free Right** for my scientific work entitled:

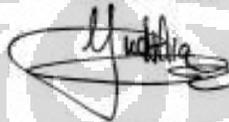
**Study of Microbial Air Quality At Surrounding Solid Waste Transfer Station
(Case Study: Bukit Duri and Manggarai Transfer Station, South Jakarta)**

together with the entire documents (if necessary). With the Non-exclusive Royalty Free Right, Universitas Indonesia has rights to store, convert, manage in the form of database, keep and publish my final report as long as list my name as the author and copyright owner.

I certify that the above statement is true.

Signed at : Depok
Date this : June 5, 2012

The Declarer



(Yudithia)

ABSTRAK

Nama : Yudithia
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Pengaruh Keberadaan Tempat Penampungan Sampah Sementara (TPS) Terhadap Kualitas Udara Mikrobiologis di Sekitarnya (Studi Kasus: TPS Manggarai dan TPS Pasar Bukit Duri, Jakarta Selatan)

Jakarta adalah kota terbesar di Indonesia dengan jumlah penduduk mencapai lebih dari 8 juta jiwa pada tahun 2011, dimana jumlah limbah padat yang dihasilkan mencapai 6500 ton/hari. Salah satu elemen dalam sistem pengelolaan sampah di Jakarta adalah Tempat Penampungan Sampah Sementara (TPS), yang berfungsi sebagai lokasi penampungan sampah dan pemilahan sampah yang dapat didaur ulang. Lokasi TPS yang berdekatan dengan daerah pemukiman sering menimbulkan gangguan kenyamanan bagi warga sekitarnya. TPS merupakan salah satu potensi sumber bioaerosol di udara. Bioaerosol adalah suspensi partikel koloid padat atau tetesan cairan di udara yang mengandung serbuk sari atau mikroorganisme. Degradasi sampah organik secara alami adalah penyebab utama tingginya konsentrasi bioaerosol di sekitar TPS. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh komposisi sampah organik dan parameter fisik terhadap konsentrasi bakteri dan jamur selama proses penampungan dan pengangkutan sampah di TPS. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa konsentrasi bioaerosol di TPS sekitar 500 – 4000 CFU/m³ saat hari penampungan sampah dan 1000 – 5000 CFU/m³ saat hari pengangkutan sampah. Konsentrasi tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi referensi di daerah pemukiman di Inggris dan Amerika. Selain itu, konsentrasi tersebut juga berada di atas hasil pengukuran konsentrasi bioaerosol di area pemukiman Kelurahan Manggarai dan Bukit Duri, sekitar 1300 – 2500 CFU/m³. Oleh sebab itu, diperlukan upaya khusus untuk mengurangi persebaran bioaerosol di udara, seperti membangun dinding tambahan dan menempatkan sampah dalam karung maupun kantong plastik.

Kata kunci:
timbunan sampah, tempat penampungan sampah sementara, sampah organik, dekomposisi alami, bioaerosol

ABSTRACT

Name : Yudithia
Study Program : Environmental Engineering
Title : Study of Microbial Air Quality At Surrounding Solid Waste Transfer Station (Case Study: Bukit Duri and Manggarai Transfer Station, South Jakarta)

Jakarta is the largest city in Indonesia with a population more than 8 million (2011) where the amount of waste generated is approximately 6,500 tons/day. One of the elements in Jakarta waste management system is a transfer station, which functions as managing solid waste that can be recycled and reused. However, transfer station that is located in the surrounding settlement areas often cause disturbance to the residents nearby. Transfer station is a potential source of bioaerosol contaminants in the air. Bioaerosol are the suspension of solid colloidal particle or liquid particle contained pollen or microorganism. The natural organic waste decomposition is the major cause of the high bioaerosol concentration surrounding it. The objectives of this research are to study the effect of organic waste composition and the influence of air physical parameters to the fungi and bacteria concentration during storage and transporting of solid waste. It is found out that the bioaerosol concentrations inside of the transfer station are approximately 500 – 4,000 CFU/m³ at storage day and 1,000 – 5,000 CFU/m³ at transporting day. The results showed that these concentrations are higher than the average concentration at settlement areas in United Kingdom and United States. These concentrations are also higher than the reference concentration at residential areas in Manggarai and Bukit Duri Sub-District that is approximately 1,300 – 2,500 CFU/m³. Consequently, it requires special techniques and efforts to reduce the concentration of bioaerosol such as building an additional wall and putting the waste into sack bags.

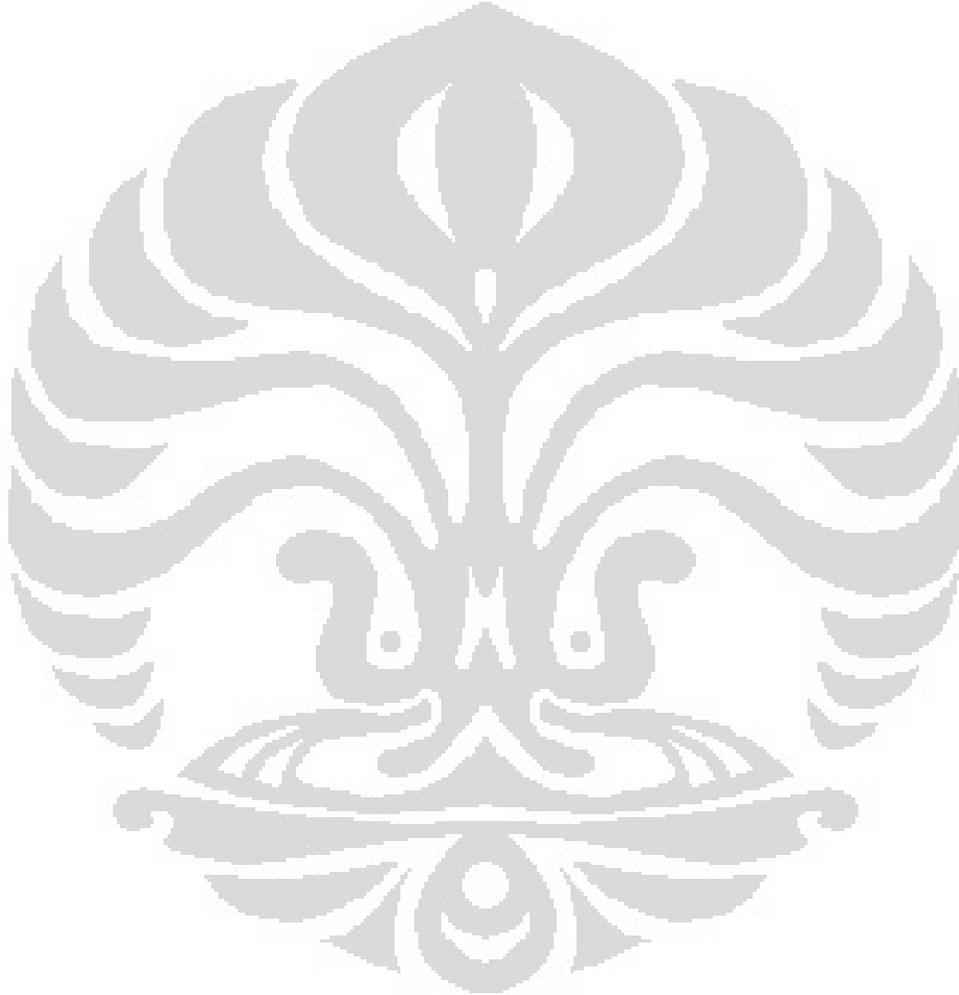
Key words:
solid waste generation, transfer station, organic solid waste, natural decomposition, bioaerosol

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
KATA PENGANTAR / UCAPAN TERIMA KASIH	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG PENELITIAN	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	4
1.4 MANFAAT PENELITIAN	5
1.5 BATASAN PENELITIAN	6
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	6
2. STUDI PUSTAKA.....	8
2.1 KERANGKA TEORI	8
2.1.1 Manajemen Pengelolaan Limbah Padat	8
2.1.2 Sumber, Tipe, dan Komposisi Limbah Padat	11
2.1.3 Sistem Pengumpulan, Transfer, dan Pengangkutan Limbah Padat	13
2.1.4 Pengelolaan Sampah Pemukiman DKI Jakarta	16
2.1.5 Pengertian Pencemaran Udara	19
2.1.6 Pencemar Udara Luar Ruangan	19
2.2 KERANGKA BERPIKIR	27
3. METODE PENELITIAN	29
3.1 PENDEKATAN PENELITIAN	29

3.2	VARIABEL PENELITIAN	29
3.3	POPULASI DAN SAMPEL PENELITIAN	30
3.3.1	Protokol Pengukuran Volume Sampah di TPS.....	30
3.3.2	Protokol Pengukuran Komposisi Sampah TPS	30
3.3.3	Protokol Pengukuran <i>Moisture Content</i> Sampah TPS.....	32
3.3.4	Protokol Pengukuran Jumlah Mikrobiologi Udara TPS	32
3.3.5	Protokol Pengukuran Parameter Fisik Udara TPS.....	34
3.4	DATA DAN ANALISIS DATA	35
3.5	LOKASI PENELITIAN.....	38
4.	GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI.....	40
4.1	GAMBARAN UMUM TPS PASAR BUKIT DURI	40
4.1.1	Lokasi dan Daerah Pelayanan.....	40
4.1.2	Status Kepemilikan dan Kondisi Fisik.....	42
4.1.3	Sarana dan Prasarana	43
4.1.4	Operasional TPS	44
4.2	GAMBARAN UMUM TPS MANGGARAI.....	47
4.2.1	Lokasi dan Daerah Pelayanan.....	47
4.2.2	Status Kepemilikan dan Kondisi Fisik.....	48
4.2.3	Sarana dan Prasarana	49
4.2.4	Operasional TPS	50
5.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
5.1	ANALISIS PERSEBARAN KONSENTRASI BIOAEROSOL.....	53
5.1.1	TPS Pasar Bukit Duri.....	53
5.1.2	TPS Manggarai	57
5.1.3	Perbandingan TPS Pasar Bukit Duri dan TPS Manggarai	60
5.2	ANALISIS PENGARUH KOMPOSISI ORGANIK SAMPAH DAN <i>MOISTURE CONTENT</i> TERHADAP KONSENTRASI BIOAEROSOL ..	61
5.2.1	Komposisi Sampah Organik.....	61
5.2.2	<i>Moisture Content</i>	64
5.3	ANALISIS PENGARUH PARAMETER FISIK UDARA TERHADAP KONSENTRASI BIOAEROSOL	66
5.3.1	Kecepatan Angin.....	66
5.3.2	Kelembaban Udara.....	68

5.3.3 Temperatur Udara	69
5.4 ANALISIS JARAK AMAN TPS TERHADAP PEMUKIMAN	72
6. PENUTUP	74
6.1 KESIMPULAN	74
6.2 SARAN	75
DAFTAR REFERENSI.....	77
LAMPIRAN	79



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Pencemar Mikrobiologi Udara.....	21
Tabel 2.2 Jenis Pencemar Fungi dan Bakteri.....	21
Tabel 2.3 Efek Kesehatan Mikroba Udara.....	22
Tabel 2.4 Konsentrasi Bioaerosol Luar Ruangan.....	26
Tabel 2.5 Konsentrasi Bioaerosol Berdasarkan Kegiatan.....	26
Tabel 3.1 Jenis Pencemar Mikrobiologi Udara.....	29
Tabel 3.2 Interpretasi Koefisien Korelasi.....	37
Tabel 3.3 Jenis Data Penelitian.....	37
Tabel 3.4 Waktu Penelitian.....	39
Tabel 4.1 Komoditas Perdagangan Pasar Bukit Duri Lantai Dasar.....	41
Tabel 4.2 Komoditas Perdagangan Pasar Bukit Duri Lantai 1.....	41
Tabel 4.3 Peralatan di TPS Pasar Bukit Duri.....	44
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Komposisi Sampah TPS Pasar Bukit Duri.....	46
Tabel 4.5 Peralatan di TPS Manggarai.....	50
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Komposisi Sampah TPS Manggarai.....	51
Tabel 5.1 Konsentrasi Bioaerosol Pemukiman Kelurahan Manggarai dan Bukit Duri.....	55
Tabel 5.2 Timbulan Sampah TPS Pasar Bukit Duri.....	63
Tabel 5.3 Timbulan Sampah TPS Manggarai.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Tahapan Manajemen Pengelolaan Limbah Padat.....	10
Gambar 2.2	Metode Konvensional HCS	15
Gambar 2.3	<i>Exchange Mode</i> HCS	15
Gambar 2.4	Metode SCS	15
Gambar 2.5	Kerangka Konsep Penelitian.....	28
Gambar 3.1	Titik Pengambilan Sampel Mikrobiologi Udara TPS Pasar Bukit Duri.....	34
Gambar 3.2	Titik Pengambilan Sampel Mikrobiologi Udara TPS Manggarai..	34
Gambar 4.1	Peta Lokasi TPS Pasar Bukit Duri	40
Gambar 4.2	Denah TPS Pasar Bukit Duri	42
Gambar 4.3	TPS Pasar Bukit Duri	43
Gambar 4.4	Jalan Akses TPS Pasar Bukit Duri.....	44
Gambar 4.5	<i>Tipping Floor</i> TPS Pasar Bukit Duri.....	45
Gambar 4.6	Hasil Pemilahan Sampah TPS Pasar Bukit Duri.....	46
Gambar 4.7	Proses Pengangkutan Sampah TPS Pasar Bukit Duri	47
Gambar 4.8	Peta Lokasi TPS Manggarai.....	48
Gambar 4.9	TPS Manggarai	48
Gambar 4.10	TPS Manggarai	49
Gambar 4.11	Akses Jalan TPS Manggarai	49
Gambar 4.12	<i>Tipping Floor</i> TPS Manggarai.....	50
Gambar 4.14	Pemilahan Sampah TPS Manggarai.....	52
Gambar 4.15	Proses Pengangkutan Sampah TPS Manggarai	52
Gambar 5.1	Persebaran Konsentrasi Bakteri TPS Pasar Bukit Duri (Metode AIHA).....	54
Gambar 5.2	Persebaran Konsentrasi Fungi TPS Pasar Bukit Duri (Metode AIHA).....	54
Gambar 5.3	Persebaran Konsentrasi Bakteri TPS Pasar Bukit Duri (Metode <i>Open Plate</i>).....	56
Gambar 5.4	Persebaran Konsentrasi Fungi TPS Pasar Bukit Duri (Metode <i>Open Plate</i>).....	56
Gambar 5.5	Persebaran Konsentrasi Bakteri TPS Manggarai (Metode AIHA).....	58
Gambar 5.6	Persebaran Konsentrasi Fungi TPS Manggarai (Metode AIHA).....	58
Gambar 5.7	Persebaran Konsentrasi Bakteri TPS Manggarai (Metode <i>Open Plate</i>).....	60
Gambar 5.8	Persebaran Konsentrasi Fungi TPS Manggarai (Metode <i>Open Plate</i>).....	60
Gambar 5.9	Pengaruh Komposisi Organik Sampah Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri.....	62

Gambar 5.10	Pengaruh Komposisi Organik Sampah Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai.....	62
Gambar 5.11	Pengaruh <i>Moisture Content</i> Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri.....	65
Gambar 5.12	Pengaruh <i>Moisture Content</i> Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai.....	65
Gambar 5.13	Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri.....	66
Gambar 5.14	Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai.....	66
Gambar 5.15	Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri.....	68
Gambar 5.16	Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai.....	68
Gambar 5.17	Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri.....	70
Gambar 5.18	Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Prosedur Pengukuran Komposisi Sampah	79
LAMPIRAN 2	Prosedur Pengukuran <i>Moisture Content</i> Sampah.....	80
LAMPIRAN 3	Prosedur Pengukuran Mikrobiologi Udara	81
LAMPIRAN 4	Skema Pengukuran Komposisi dan <i>Moisture Content</i> Sampah	83
LAMPIRAN 5	Skema Pengukuran Mikrobiologi Udara.....	84
LAMPIRAN 6	Perhitungan Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri	85
LAMPIRAN 7	Perhitungan Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai	86
LAMPIRAN 8	Perhitungan Timbulan dan Komposisi Sampah TPS Pasar Bukit Duri	87
LAMPIRAN 9	Perhitungan Timbulan dan Komposisi Sampah TPS Manggarai	88
LAMPIRAN 10	Hasil Pengukuran Parameter Fisik Udara TPS Pasar Bukit Duri	89
LAMPIRAN 11	Hasil Pengukuran Parameter Fisik Udara TPS Manggarai	90
LAMPIRAN 12	Hasil Uji Regresi Linear <i>Moisture Content</i> Terhadap Konsentrasi Bioaerosol	91
LAMPIRAN 13	Hasil Uji Regresi Linear Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi Bioaerosol	92
LAMPIRAN 14	Hasil Uji Regresi Linear Kelembaban Udara Terhadap Konsentrasi Bioaerosol.....	93
LAMPIRAN 15	Hasil Uji Temperatur Terhadap Konsentrasi Bioaerosol.....	94
LAMPIRAN 16	Dokumentasi Penelitian	95

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG PENELITIAN

DKI Jakarta merupakan kota terbesar di Indonesia dengan jumlah penduduk mencapai 8.522.969 orang (Suku Dinas Kependudukan DKI Jakarta, 2011). Hal ini berbanding lurus dengan jumlah timbulan limbah padat yang dihasilkan mencapai sekitar 6594,72 ton/hari (Dinas Kebersihan DKI Jakarta, 2011). Jumlah sampah yang besar tersebut tentunya memerlukan penanganan yang serius, bila tidak akan mendatangkan berbagai permasalahan seperti pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan bagi masyarakat.

Dahulu sistem pengelolaan sampah di DKI Jakarta masih menerapkan paradigma lama, yaitu kumpul, angkut, dan buang. Sistem ini menggambarkan bahwa sampah yang dihasilkan oleh warga dikumpulkan oleh petugas kebersihan di masing-masing RT (Rukun Tetangga), selanjutnya diangkut menuju TPS (Tempat Penampungan Sampah Sementara). Setelah itu kendaraan pengangkut limbah padat Dinas Kebersihan DKI Jakarta, akan mengangkut timbunan limbah padat tersebut ke TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Bantar Gebang. Saat ini, paradigma tersebut telah mulai mengalami perubahan. Pemerintah DKI Jakarta telah memfokuskan pengelolaan sampah di dalam kota, antara lain dengan mengembangkan *Intermediate Treatment Facility* (ITF) dan Sentra 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*). Berdasarkan data Dinas Kebersihan DKI Jakarta tahun 2011 saat ini terdapat tiga ITF di Jakarta, yaitu: ITF Cakung Cilincing, ITF Sunter, dan ITF Marunda. Selain itu, terdapat pula 94 titik pusat pengelolaan sampah 3R yang tersebar di lima wilayah kota, yang mampu mereduksi sampah hingga 350 ton/hari. Berbagai upaya pengelolaan sampah yang dilakukan Pemerintah DKI Jakarta bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap lokasi pengelolaan sampah di daerah penyangga.

Salah satu komponen pengelolaan sampah di DKI Jakarta adalah TPS. Fungsi TPS adalah mengelola sampah yang dapat diolah dan digunakan kembali. Kegiatan pengelolaan sampah di TPS dapat berupa pengomposan maupun

pemilahan sampah yang dapat didaur ulang. Namun, keberadaan TPS di sekitar perumahan kerap kali di protes karena mengganggu kenyamanan warga yang tinggal disekitarnya. Bau tak sedap yang dihasilkan serta kenyamanan estetika merupakan dampak negatif yang ditimbulkan oleh TPS bahkan dapat mengganggu aktivitas warga. Akibat dampak negatif ini banyak yang melakukan aksi penolakan apabila daerahnya dijadikan sebagai lokasi TPS. Selain itu, sampah di TPS juga menghasilkan bioaerosol yang diduga dapat mengganggu kesehatan warga sekitar TPS. Namun, dampak bioaerosol ini tidak sepenuhnya disadari oleh masyarakat maupun pemerintah.

Bioaerosol adalah suspensi partikel koloid padat atau tetesan cairan di udara yang mengandung serbuk sari atau mikroorganisme (Jjemba, 2004). Mikroorganisme tersebut dapat berupa jamur dan bakteri. Pada sistem pengolahan limbah padat, bioaerosol cukup banyak dihasilkan pada proses pengomposan (Pollard et al., 2005). Dekomposisi material organik selama proses pengomposan banyak menghasilkan bioaerosol. Walaupun proses pengomposan tidak dilakukan di TPS namun tidak menutup kemungkinan terjadinya paparan bioaerosol yang cukup signifikan di sekitar TPS. Bioaerosol diperkirakan berasal dari proses dekomposisi secara alami sampah organik yang menumpuk di TPS.

Iklim tropis di Indonesia dengan suhu rata-rata $26 - 28^{\circ}\text{C}$ (*Jakarta Coastal Defence Strategy, 2011*) merupakan temperatur yang ideal bagi pertumbuhan sebagian besar termofilik fungi, khususnya *Aspergillus Fumigatus* (Dillon et al., 2005). Temperatur tersebut juga merupakan rentang hidup bakteri termofilik. Bakteri jenis ini dapat bertahan hidup pada rentang suhu $20 - 45^{\circ}\text{C}$, misalnya *Trichomonas vaginalis*. Oleh sebab itu, pada suhu tersebut pula proses dekomposisi material organik dalam timbunan limbah padat dapat terjadi dengan baik.

Proses dekomposisi juga dapat terjadi selama proses pengangkutan limbah padat dari wilayah RT hingga TPS. Ketika limbah padat ditumpuk di TPS, proses dekomposisi akan tetap berlangsung hingga proses pengangkutan ke TPA dilakukan. Kondisi suhu yang cukup hangat menjadi faktor utama yang menyebabkan proses dekomposisi material organik dalam timbunan limbah padat berjalan dengan cepat. Proses dekomposisi yang terjadi di TPS akan

menghasilkan bioaerosol yang diperkirakan dalam jumlah yang signifikan. Menurut Neumann (2001), area kerja pengumpulan limbah padat memiliki konsentrasi bioaerosol sebesar 10^3 - 10^4 CFU (*Colony Forming Unit*)/ m^3 . Hal ini menggambarkan bahwa proses pengumpulan dan penimbunan limbah padat juga dapat menghasilkan proses paparan bioaerosol yang cukup signifikan bagi petugas kebersihan maupun warga sekitar. Bioaerosol yang dihasilkan dapat dihubungkan dengan masalah kesehatan warga sekitar TPS.

Penelitian mengenai pengaruh keberadaan TPS terhadap konsentrasi bioaerosol di udara menjadi penting untuk dilakukan karena hingga saat ini cukup banyak TPS yang lokasinya berdekatan dengan pemukiman warga, yang berpotensi meningkatkan konsentrasi bioaerosol disekitarnya. Namun pengukuran untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi bioaerosol tersebut belum dilakukan hingga saat ini. Dengan adanya penelitian ini, maka akan didapat bagaimana sebaran konsentrasi bioaerosol di sekitar TPS yang selanjutnya dapat digunakan sebagai *input* untuk pencegahan atau pengurangan paparan terhadap bioaerosol bagi masyarakat sekitarnya.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Tempat Pembuangan Sementara (TPS) merupakan salah satu elemen dalam pengelolaan sampah yang terdapat di seluruh wilayah DKI Jakarta. Tidak ada pengolahan sampah yang dilakukan pada sebagian besar TPS di Jakarta. TPS tersebut hanya berfungsi untuk mengumpulkan sampah dari rumah-rumah sebelum diangkut ke TPA. Beberapa TPS telah melakukan pemilahan sampah, namun pemilahan hanya dilakukan untuk mengambil material yang dapat didaur ulang saja.

Sampah organik akan mengalami proses dekomposisi secara alami. Proses tersebut melibatkan dua mikroorganisme utama yaitu: bakteri dan fungi. Perkembangan mikroorganisme tersebut tidak terlepas dari faktor-faktor udara ambien disekitarnya. Angin dan kelembaban menjadi dua faktor utama yang mempengaruhi metabolisme fungi dan bakteri. Selain itu, angin juga akan membawa bakteri dan spora fungi di udara. Penyebaran fungi dan bakteri di udara akibat adanya proses dekomposisi alami sampah organik merupakan efek utama

dari proses penimbunan sampah di suatu TPS. Penyebaran tersebut berpotensi meningkatkan paparan bioaerosol terhadap penduduk yang bermukim disekitar TPS. Paparan bioaerosol dengan konsentrasi tinggi dan intensif dikhawatirkan dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat. Berbagai fungi dan bakteri yang dihasilkan dari proses dekomposisi alami sampah memiliki tingkat kemampuan yang cukup tinggi untuk mengganggu kesehatan manusia.

Berdasarkan observasi awal di TPS Manggarai dan TPS Pasar Bukit Duri, keberadaan TPS terlihat cukup mengganggu kenyamanan masyarakat. Sebagian besar warga menyatakan terganggu dengan adanya aktivitas di TPS terlebih ketika proses pengangkutan dilakukan. Bau sampah yang menyengat merupakan alasan utama warga. Selain itu, beberapa warga mengaku sering mengalami gangguan pernafasan yang diduga akibat adanya peningkatan terhadap paparan bioaerosol selama aktivitas penimbunan dan pengangkutan sampah dilakukan.

Berdasarkan uraian masalah yang telah dipaparkan di atas, pada penelitian ini dirumuskan beberapa pertanyaan penelitian yaitu sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh komposisi sampah organik terhadap konsentrasi fungi dan bakteri di sekitar TPS selama proses penimbunan dan pengangkutan sampah?
- b. Bagaimana pengaruh parameter fisik udara (kecepatan angin, kelembaban udara, dan temperatur) terhadap konsentrasi fungi dan bakteri di sekitar TPS saat penimbunan dan pengangkutan sampah berlangsung?
- c. Berapa jarak aman suatu TPS dari pemukiman penduduk, untuk mendapatkan konsentrasi bioaerosol yang sesuai dengan konsentrasi bioaerosol di pemukiman perkotaan?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Mengetahui persebaran konsentrasi fungi dan bakteri di sekitar TPS selama proses penimbunan dan pengangkutan sampah.
- Mengetahui pengaruh komposisi sampah organik terhadap konsentrasi fungi dan bakteri di sekitar TPS selama proses penimbunan dan pengangkutan sampah.

- Mengetahui pengaruh parameter fisik udara (kecepatan angin, kelembaban udara, dan temperatur) terhadap konsentrasi fungi dan bakteri di sekitar TPS saat penimbunan dan pengangkutan sampah berlangsung
- Mengetahui rentang jarak aman dari TPS terhadap pemukiman warga untuk mendapatkan konsentrasi bioaerosol yang sesuai dengan konsentrasi bioaerosol di pemukiman perkotaan.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan diperoleh dalam penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut :

Bagi Pemerintah

- Sebagai informasi dan data ilmiah mengenai batas (jarak) aman suatu TPS dari pemukiman warga yang dapat digunakan sebagai masukan bagi kebijakan-kebijakan pengelolaan sampah di wilayah Provinsi DKI Jakarta
- Memberikan referensi terhadap resiko kesehatan akibat paparan bioaerosol bagi petugas kebersihan di suatu TPS.

Bagi Peneliti

- Mengembangkan dan meningkatkan wawasan dan pengetahuan mengenai resiko pencemaran mikrobiologi udara dari suatu TPS serta batas aman yang diperlukan untuk menanggulangnya.

Bagi Masyarakat

- Memberikan suatu wawasan kepada masyarakat mengenai suatu jarak aman pemukiman serta aktivitas sosial dari suatu TPS.
- Memberikan suatu wawasan kepada petugas kebersihan mengenai paparan mikrobiologi udara ditempat mereka bekerja (TPS).

Bagi Ilmu Pengetahuan

- Mengembangkan dan meningkatkan khasanah ilmu pengetahuan khususnya dalam lingkup bidang teknik lingkungan.
- Sebuah referensi mengenai kuantitas mikrobiologis udara dari suatu instrumen pengelolaan limbah padat, TPS.

- Sebuah referensi mengenai jarak aman lokasi TPS dari pemukiman warga serta acuan dasar pencegahan paparan mikrobiologis udara kepada petugas kebersihan di suatu TPS.

1.5 BATASAN PENELITIAN

Batasan penelitian yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Proses pengamatan dilakukan pada pagi hingga siang hari.
- Parameter bioaerosol yang diukur hanya pada konsentrasi fungi dan bakteri.
- Metode pengukuran yang digunakan menggunakan metode standar pengukuran *American Industrial Hygiene Association* dan *American Standard for Testing and Material ASTM D5231-92*.
- Lokasi pengukuran dilakukan di dua TPS, yaitu TPS Pasar Bukit Duri dan TPS Manggarai dengan jumlah titik sampel sebanyak 4 titik pada setiap TPS.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Secara garis besar, sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup serta manfaat penelitian.

BAB 2 STUDI PUSTAKA

Berisi teori-teori yang mendasari penelitian mengenai limbah padat, komposisi dan sumber limbah padat, pencemaran udara, sumber pencemar mikrobiologis, dan standar konsentrasi udara mikrobiologis.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Berisi langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, mulai dari pendekatan penelitian, variabel penelitian, protokol penelitian, data dan analisa, serta waktu dan lokasi penelitian.

BAB 4 GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI

Berisi gambaran umum TPS Pasar Bukit Duri dan Manggarai. Gambaran umum tersebut meliputi status kepemilikan TPS, daerah pelayanan, hingga periode pengangkutan di tiap TPS.

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil penelitian lapangan berupa data timbulan dan komposisi sampah di kedua TPS, serta data persebaran konsentrasi bioaerosol. Selain itu, dalam bab ini berisi analisa hubungan antara konsentrasi bioaerosol dengan komposisi sampah organik dan parameter fisik udara di sekitar TPS.

BAB 6 PENUTUP

Berisi kesimpulan hasil penelitian dan beberapa rekomendasi untuk mengurangi konsentrasi bioaerosol di sekitar TPS.

BAB 2

STUDI PUSTAKA

2.1 KERANGKA TEORI

2.1.1 Manajemen Pengelolaan Limbah Padat

Limbah padat merupakan jenis limbah yang lazim disebut sebagai sampah dalam kehidupan sehari-hari. Menurut Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993), limbah padat merupakan limbah yang timbul dari aktivitas manusia dan hewan dalam bentuk padat dan dibuang sebagai sesuatu yang tidak berguna atau tidak diinginkan. Sedangkan berdasarkan Undang-Undang No. 18 Tahun 2008, tentang pengelolaan sampah, limbah padat didefinisikan sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Berdasarkan kedua definisi diatas, limbah padat dapat disimpulkan sebagai sisa kegiatan atau aktivitas manusia yang berbentuk padat dan merupakan sesuatu yang tidak berguna dan tidak diinginkan. Berdasarkan kedua definisi tersebut, limbah padat kerap kali menimbulkan permasalahan dalam masyarakat, baik dalam sistem pengumpulan, pengangkutan, pengolahan maupun pembuangannya. Hal-hal tersebut tidak terlepas dari suatu sistem yang disebut sebagai sistem manajemen pengelolaan limbah padat.

Berdasarkan penelitian Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993), sistem manajemen pengelolaan limbah padat merupakan suatu tahapan yang meliputi timbulan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan limbah padat dengan cara yang sesuai dengan prinsip-prinsip kesehatan masyarakat, ekonomi, teknik, konservasi, estetika, dan pertimbangan lingkungan lainnya. Sistem manajemen tersebut meliputi manajemen administratif, keuangan, peraturan, perencanaan, dan teknik pengolahan yang berkaitan dengan solusi pengelolaan limbah padat. Solusi yang dihasilkan dengan diterapkannya sistem manajemen ini menyertakan prinsip-prinsip dasar berbagai disiplin keilmuan, seperti kebijakan politik, tata kota, kondisi geografis, sistem ekonomi, kesehatan masyarakat, sosiologi, demografi, komunikasi, hingga prinsip dasar konservasi.

Sistem manajemen pengelolaan limbah padat merupakan suatu sistem manajemen yang terdiri dari beberapa tahapan utama. Tahapan-tahapan utama tersebut saling memiliki keterkaitan satu sama lain. Sehingga, sistem ini sering kali disebut pula sebagai sistem manajemen pengelolaan limbah padat terintegrasi. Berikut ini merupakan enam tahapan utama dalam sistem pengelolaan limbah padat terintegrasi:

- Timbulan sampah

Timbulan limbah padat merupakan tahapan aktivitas identifikasi material yang tidak memiliki nilai lagi dan memiliki kecenderungan untuk dibuang. Sebagai contoh, sebuah bungkus permen yang nilai gunanya hampir tidak ada sehingga memiliki kecenderungan untuk dibuang.

- Pengelolaan sampah di sumber

Pengelolaan sampah di sumber meliputi proses pemilahan, penyimpanan, dan pengolahan di sumber. Sistem pengelolaan ini meliputi berbagai aktivitas yang dilakukan sebelum sampah dimasukkan ke dalam kontainer untuk diangkut. Tahapan ini merupakan tahapan utama untuk mengurangi timbulan sampah yang dihasilkan dalam suatu komunitas atau masyarakat.

- Pengumpulan sampah

Tahapan ini tidak hanya meliputi pengumpulan sampah dari setiap rumah warga melainkan juga pengangkutan sampah menuju suatu fasilitas pengumpulan komunal ataupun fasilitas pengolahan sampah. Tahapan ini memiliki karakteristik berbeda-beda di setiap daerah. Semakin luas suatu kota, maka akan semakin kompleks sistem pengumpulan sampah di kota tersebut.

- Pemilahan, pengolahan, dan transformasi sampah

Tahapan pengelolaan sampah ini dilakukan dalam suatu fasilitas pengolahan sampah. Pemilahan dilakukan untuk mengurangi residu sampah yang akan dibuang ke fasilitas pembuangan akhir serta memanfaatkan material yang

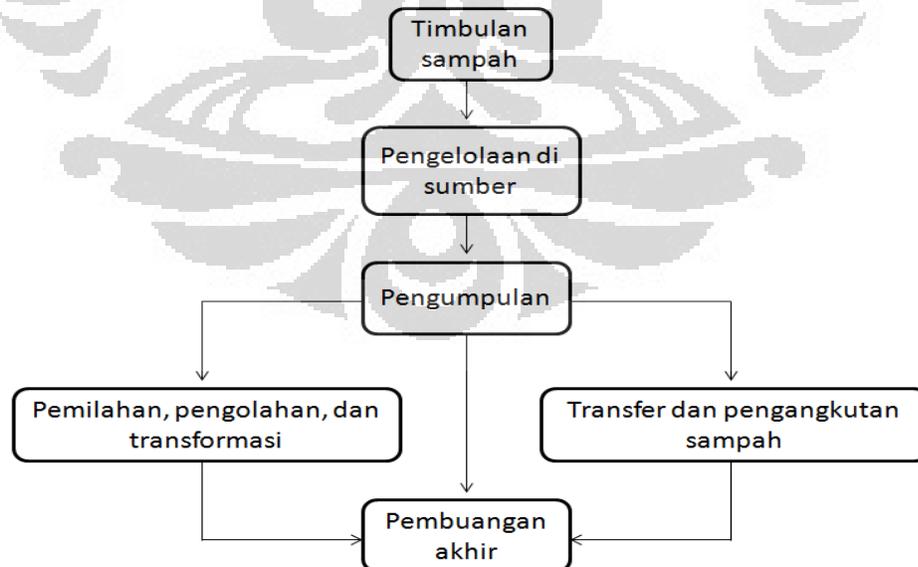
masih dapat di daur ulang. Selain itu dalam tahapan ini dilakukan pula tahapan pengolahan sampah, misalnya: proses pengomposan sampah organik.

- Transfer dan pengangkutan sampah

Tahapan ini sesungguhnya meliputi dua tahapan utama yaitu transfer dan pengangkutan. Transfer adalah istilah yang digunakan untuk mengangkut sampah dari fasilitas pengumpulan ataupun pengolahan ukuran kecil menuju lokasi pengumpulan yang jauh lebih besar. Sedangkan pengangkutan identik dengan proses pemindahan residu sampah menuju fasilitas pembuangan akhir.

- Pembuangan akhir

Tahapan ini merupakan tahapan akhir dalam suatu sistem pengelolaan limbah padat. Umumnya pembuangan akhir dilakukan pada suatu lahan khusus (*landfill*). Pada fasilitas pembuangan akhir diterapkan beberapa teknologi untuk memanfaatkan berbagai potensi yang tersembunyi dalam suatu residu sampah.



Gambar 2.1 Diagram Tahapan Manajemen Pengelolaan Limbah Padat

Sumber : Tchobanoglous et al, 1993

2.1.2 Sumber, Tipe, dan Komposisi Limbah Padat

Sumber, tipe, dan komposisi limbah padat (sampah) merupakan data-data utama yang perlu didapatkan untuk melakukan analisa atau desain suatu sistem manajemen pengelolaan sampah di suatu daerah. Selain itu, ketiga data tersebut dibutuhkan sebagai dasar desain dan operasional dari suatu instrumen pengolahan limbah padat di suatu daerah. Oleh sebab itu, sumber, tipe, dan komposisi menjadi suatu hal yang sangat penting dalam manajemen pengelolaan limbah padat di suatu daerah.

Sumber timbulan sampah diklasifikasikan menjadi beberapa kategori yaitu: pemukiman (domestik), komersial, institusional, konstruksi, pelayanan umum, instalasi pengolahan, industri, dan pertanian. Sedangkan tipe timbulan sampah yang dihasilkan beragam, tergantung sumbernya. Berikut ini merupakan tipe sampah berdasarkan sumbernya (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil 1993) :

- Sampah pemukiman
Sampah pemukiman terdiri dari: sisa makanan, kertas, kaca, logam, dan plastik. Pada umumnya, sampah organik memiliki komposisi yang tinggi dalam area ini.
- Sampah komersial
Sampah komersial terdiri dari: sisa makanan, kertas, kaca, logam, dan plastik. Tipe sampah area ini tidak jauh berbeda dengan sampah yang berasal dari area pemukiman. Perbedaan utama keduanya terletak pada komposisi yang dihasilkan. Sampah pemukiman pada umumnya menghasilkan sampah organik yang lebih tinggi dibandingkan area komersial.
- Sampah institusional
Sampah institusional sebagian besar terdiri dari sampah yang berasal dari daerah komersial.

- Sampah konstruksi
Sampah konstruksi terdiri dari: kayu, baja, beton, dan sisa konstruksi lainnya. Umumnya, tipe sampah ini terlokalisasi di lokasi konstruksi dan sifatnya mudah digunakan kembali.
- Sampah pelayanan umum
Sampah pelayanan umum terdiri dari sampah-sampah yang dihasilkan dari berbagai fasilitas umum. Fasilitas umum tersebut dapat berupa sarana rekreasi, area parkir, dan taman umum.
- Sampah instalasi pengolahan
Sampah instalasi pengolahan sebagian besar berupa residu yang dihasilkan dari unit pengolahan air limbah, air bersih, maupun limbah industri. Residu tersebut dapat berupa lumpur maupun abu (*ash*) yang dihasilkan dari proses pengolahan.
- Sampah industri
Tipe sampah ini berasal dari sisa kegiatan industri. Sebagian sampah ini dapat didaur ulang, namun sebagian lainnya merupakan sampah berbahaya dan tergolong limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).
- Sampah pertanian
Sampah pertanian sebagian besar berupa sampah organik yang dapat terurai secara alami. Meskipun demikian, sebagian sampah pertanian merupakan sampah B3, seperti sisa pestisida dan insektisida.

Sumber dan tipe sampah suatu area tidak terlepas dari komposisinya. Komposisi sampah merupakan analisa yang lazim digunakan untuk menggambarkan distribusi sampah berdasarkan tipe sampah yang dihasilkan dalam suatu area tertentu. Secara umum, komposisi sampah dibedakan menjadi sampah organik dan sampah anorganik. Kedua jenis sampah ini dibedakan berdasarkan kemampuan penguraian secara alami. Komposisi sampah dapat

dibedakan menjadi spesifikasi unit yang lebih detail sesuai dengan kebutuhan desain maupun penelitian. Berdasarkan penelitian Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993), data komposisi sampah sangat penting digunakan untuk beberapa hal utama yaitu:

- desain instrumen unit pengolahan sampah,
- uji kelayakan sumber daya serta penggunaan energi dalam pengelolaan limbah padat, dan
- desain unit pembuangan akhir.

2.1.3 Sistem Pengumpulan, Transfer, dan Pengangkutan Limbah Padat

Proses pengumpulan merupakan salah satu proses yang cukup rumit dan kompleks dalam manajemen pengelolaan limbah padat. Proses ini terdiri dari proses pengambilan sampah dari sumber serta proses penukaran kontainer dalam suatu lokasi penimbunan sampah. Beberapa hal yang mempengaruhi sistem pengumpulan limbah padat dalam suatu daerah adalah sebagai berikut (Tchobanoglous et al., 1993):

- Sumber sampah
Faktor ini meliputi pengumpulan sampah yang telah dipilah atau pengumpulan sampah yang belum melalui proses pemilahan.
- Tipe pengumpulan sampah
Tipe pengumpulan sampah meliputi sistem HCS (*Hauled Container Systems*) dan SCS (*Stationary Container Systems*). Kedua sistem ini dibedakan berdasarkan penggunaan kontainer dalam kendaraan pengangkut sampah.
- Rute
Rute menggambarkan jarak yang ditempuh suatu kendaraan pengumpul sampah menuju suatu lokasi pengolahan dan/atau pembuangan akhir sampah. Semakin jauh rute maka akan semakin kompleks pola pengumpulan.

Sistem pengumpulan sampah dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan mode pengoperasiannya dalam mengumpulkan sampah, yaitu : *hauled kontainer sistem* (HCS), dan *stationary container sistem* (SCS). Berikut ini akan dijelaskan lebih rinci mengenai masing-masing sistem tersebut (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil 1993) :

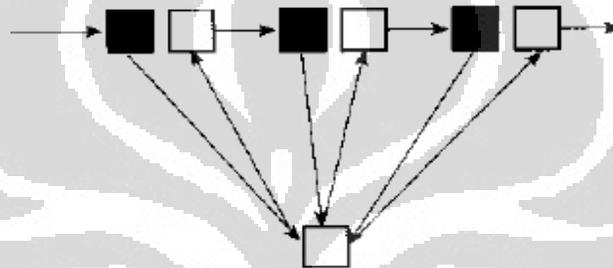
- *Hauled Container System* (HCS)

Metode ini lebih cocok digunakan untuk pembuangan limbah dimana sumber timbulannya relatif tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena wadah yang digunakan relatif besar ukurannya sehingga dapat mengurangi waktu penanganannya. Kelebihan lainnya menggunakan mode ini adalah lebih fleksibel karena wadahnya memiliki berbagai ukuran dan bentuk. Ada tiga jenis HCS, yaitu *hoist truck* yang memiliki kapasitas 2-12 yd³ dan hanya dapat ditempatkan pada tempat tertentu, yaitu untuk pengumpulan yang memiliki sumber timbulan kecil, dan pengumpulan barang besar dan sampah industri, *tilt frame kontainer* pada umumnya digunakan untuk pengumpulan semua tipe limbah padat dari sumber dengan timbulan yang menggunakan wadah besar, dan *trash trailer sistem* yang lebih baik digunakan untuk pengumpulan sampah berat dan sering digunakan untuk mengangkut sampah sisa konstruksi. Pekerja yang dibutuhkan untuk tipe HCS ini adalah pengemudi kendaraan pengumpul yang bertanggung jawab untuk menjalankan kendaraan, mengangkut wadah yang terisi penuh ke kendaraan pengumpul, dan mengosongkan isi wadah pada tempat pembuangan serta menyimpan kembali wadah yang kosong dan terkadang tenaga pembantu juga diperlukan untuk jenis HCS ini.

- *Stationary Container System* (SCS)

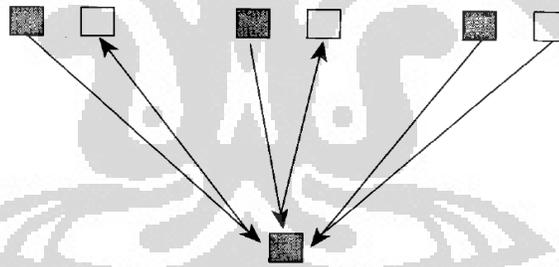
Metode ini dapat digunakan untuk mengumpulkan semua jenis sampah. Jenisnya juga bervariasi tergantung pada tipe dan kuantitas limbah yang ditangani. Ada 2 jenis utama dalam SCS ini yaitu menggunakan kendaraan pengumpul mekanik, dimana pengangkutan ke MRF, *transfer station*, dan tempat pembuangan dilakukan setelah sejumlah wadah telah dikumpulkan

dan dipadatkan dan kendaraan pengumpul dalam kondisi penuh, dan jenis berikutnya adalah dengan kendaraan pengumpul manual yang efektif pada daerah pemukiman karena kuantitas pengambilan pada tiap lokasi kecil dan waktu pengangkutan relatif singkat. Untuk tenaga kerjanya, biasanya satu orang pengemudi dan dua orang tenaga pembantu dipekerjakan dalam sistem ini. Kekurangan SCS ini adalah truk sulit untuk pemeliharaannya dan terlalu berat sehingga sistem ini tidak cocok untuk pengumpulan limbah industri berat dan sampah besar.



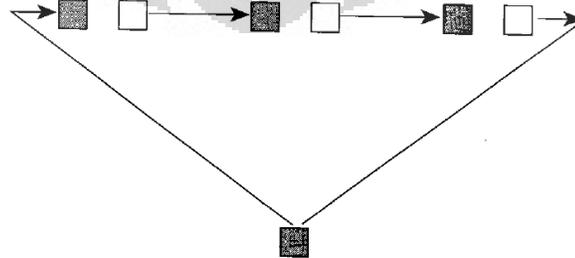
Gambar 2.2 Metode Konvensional HCS

Sumber : Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil 1993



Gambar 2.3 Exchange Mode HCS

Sumber : Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil 1993



Gambar 2.4 Metode SCS

Sumber : Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil 1993

Hal yang tidak dapat dipisahkan dalam sebuah sistem pengumpulan dan pengangkutan adalah *transfer station*. Fungsi dari *transfer station* ini adalah untuk tempat penampungan sementara dan tempat bertemunya kendaraan pengumpulan dengan kendaraan pengangkut. Adapun jenis *transfer station* ditinjau dari cara pemuatannya adalah sebagai berikut :

- *Direct Discharge*

Transfer station yang berfungsi sebagai tempat pertemuan kendaraan pengumpul yang sudah terisi penuh dengan sampah kendaraan pengangkut, dimana *transfer station* ini dirancang sedemikian rupa sehingga pemindahan sampah dapat secara langsung dari kendaraan pengumpul dengan kendaraan pengangkut untuk dibuang ke tempat pembuangan akhir.

- *Indirect Discharge*

Transfer station yang berfungsi sebagai tempat pertemuan kendaraan pengumpul yang sudah terisi penuh sampah dengan kendaraan pengangkut, dimana sampah dari kendaraan pengumpul dikumpulkan dalam suatu ruang tertentu untuk kemudian menggunakan *crane* sampah dipindahkan ke kendaraan pengangkut.

- *Combined Discharge*

Transfer station yang merupakan kombinasi dari kedua tipe sebelumnya. Pada sistem ini sampah dibedakan antara yang harus dibuang dengan yang tidak.

2.1.4 Pengelolaan Sampah Pemukiman DKI Jakarta

DKI Jakarta, sebagai Ibukota Indonesia, memiliki permasalahan persampahan yang cukup kompleks. Padatnya penduduk di Jakarta berbanding lurus dengan jumlah timbulan sampah yang dihasilkan penduduk di kota ini. Selain itu, kepadatan penduduk yang tinggi juga menyebabkan rumitnya pengelolaan persampahan yang terdapat di kota ini. Berdasarkan *master plan* yang disusun oleh JICA, basis pengelolaan sampah di Jakarta meliputi (Suyoto, 2006) :

- pengumpulan sampah yang meliputi: pelayanan *door to door*, sistem gerobak sampah, dan penyapuan,
- pengangkutan yang meliputi: pengangkutan skala kecil dan besar,
- pengangkutan dengan kontainer dan kompaktor, dan
- pembuangan akhir.

Pada penelitian ini, sistem pengelolaan sampah yang akan diamati adalah pola pengumpulan dan pengangkutan sampah di DKI Jakarta. Pola pengumpulan sampah di Jakarta relatif sama di semua daerah, yaitu dengan menggunakan sistem gerobak sampah yang akan mengumpulkan sampah secara *door to door* dari rumah ke rumah. Pola pengangkutan seperti ini telah berkembang sejak tahun 1987 (Suyoto, 2006). Pengumpulan umumnya dilakukan 2-3 hari sekali setiap minggunya. Alat-alat pengumpulan yang digunakan relatif sederhana yaitu hanya gerobak sampah. Petugas pengangkut sampah pada umumnya tidak dilengkapi dengan alat pelindung diri (APD) yang memadai, seperti: masker dan sarung tangan. Sedangkan sebagian sampah yang dikumpulkan masih tercampur satu sama lain.

Pengumpulan sampah tidak terlepas dari suatu instrumen *transfer station* yang berkembang di Jakarta yaitu Tempat Penampungan Sampah Sementara atau Tempat Pemindahan Sampah (TPS). Berdasarkan SNI-3242-2008, TPS adalah tempat pemindahan sampah dari alat pengumpul ke alat pengangkut sampah yang dapat dipindahkan secara langsung. Selain itu menurut SNI-3242-2008, TPS dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

- TPS Tipe I
Tempat pemindahan sampah dari alat pengumpul ke alat angkut sampah yang dilengkapi dengan:
 - ruang pemilahan,
 - gudang,
 - tempat pemilahan sampah, yang dilengkapi dengan landasan kontainer, d
 - luas lahan $\pm 10-50 \text{ m}^2$.

- TPS Tipe II

Tempat pemindahan sampah dari alat pengumpul ke alat angkut sampah yang dilengkapi dengan:

- ruang pemilahan (10 m^2),
- pengomposan sampah organik (200 m^2),
- gudang (50 m^2),
- tempat pemilahan sampah, yang dilengkapi dengan landasan kontainer (60 m^2), dan
- luas lahan $\pm 60\text{-}200 \text{ m}^2$.

- TPS Tipe II

Tempat pemindahan sampah dari alat pengumpul ke alat angkut sampah yang dilengkapi dengan:

- ruang pemilahan (30 m^2),
- pengomposan sampah organik (800 m^2),
- gudang (100 m^2),
- tempat pemilahan sampah, yang dilengkapi dengan landasan kontainer (60 m^2), dan
- luas lahan $>200 \text{ m}^2$.

Berdasarkan penelitian Zainal Arifin (2007), TPS di Jakarta dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu: dipo, pool gerobak, transito, pool kontainer, dan bak terbuka. Sedangkan jumlah TPS di Jakarta mencapai 1469 TPS pada tahun 2005. Sebagian besar TPS tersebut tergolong TPS Tipe I. Hal tersebut disebabkan keterbatasan lokasi untuk pengembangan TPS di Jakarta. Oleh sebab itu, sebagian besar TPS di Jakarta tidak memiliki proses pengomposan. Hal tersebut menandakan bahwa adanya dekomposisi sampah organik yang terjadi secara alami selama proses pengumpulan, penampungan sampah sementara, hingga proses pengangkutan sampah menuju tempat pembuangan akhir. Proses dekomposisi inilah yang akan menghasilkan mikroba yang terlepas ke udara.

2.1.5 Pengertian Pencemaran Udara

Polusi udara adalah kehadiran satu atau lebih kontaminan udara dalam jumlah yang cukup tinggi, dengan paramter utama durasi yang akan mengancam atau merugikan kehidupan manusia, tanaman, atau hewan atau properti, atau yang cukup mengganggu kenikmatan kehidupan manusia yang nyaman (Peavy et.al, 1985). Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Selain itu berdasarkan PP No. 41 Tahun 1999, udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Berdasarkan peraturan yang sama, pengendalian pencemaran udara didefinisikan meliputi pengendalian dan usaha dan/atau kegiatan sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak, dan sumber tidak bergerak spesifik yang dilakukan dengan upaya pengendalian emisi dan/atau sumber gangguan yang bertujuan untuk mencegah turunnya mutu udara ambien.

Secara umum pencemaran udara dibedakan menjadi dua jenis yaitu: pencemaran udara luar ruangan dan pencemaran udara dalam ruangan. Pada penelitian ini, pencemaran udara luar ruangan akan menjadi fokus utama. Hal ini dikarenakan faktor penyebaran bioaerosol dari TPS ke pemukiman warga merupakan parameter pencemaran udara luar ruangan.

2.1.6 Pencemar Udara Luar Ruangan

2.1.6.1 Sumber dan Jenis Pencemar

Pencemar udara luar ruangan terdiri dari berbagai sumber. Berdasarkan PP No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, sumber pencemar dibedakan menjadi sumber bergerak dan sumber tidak bergerak. Sumber bergerak merupakan sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor. Sedangkan sumber tidak bergerak adalah sumber

emisi yang tetap pada suatu tempat. Sedangkan menurut McDow dan Tollerud (2004), sumber pencemar dapat berasal dari berbagai hal, yaitu: pengembangan energi listrik, industri, kendaraan bermotor, sumber daya alam, dan sumber-sumber lainnya. Sedangkan menurut Peavy, Rowe, dan Tchobanoglous (1985), sumber pencemar terdiri dari: transportasi, pembakaran bahan bakar sumber tidak bergerak, kegiatan industri, pembuangan sampah, dan kebakaran sumber daya alam. Pada penelitian ini sumber pencemar yang akan diidentifikasi adalah lokasi tempat pembuangan sampah sementara (TPS). Berdasarkan ketiga definisi diatas, TPS tergolong sumber pencemar tidak bergerak yang berasal dari unit pengelolaan sampah perkotaan.

Jenis pencemar udara luar ruangan cukup beragam dan bergantung pada sumber pencemar. Berdasarkan penelitian McDow dan Tollerud (2004), jenis pencemar udara luar ruangan terdiri dari: sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), *volatile organic compound* (VOC_s), *hazardous air pollutants* (HAP_s), dan *particulate matter*. Sedangkan menurut Peavy, Rowe, dan Tchobanoglous (1985), jenis pencemar udara luar ruangan terdiri dari: *particulate*, hidrokarbon, aldehida, keton, oksida karbon, oksida sulfur, dan oksida nitrogen. Selain itu, berdasarkan penelitian Jjemba (2004), bioaerosol (mikroba udara) merupakan salah satu jenis pencemar di udara.

2.1.6.2 Pencemar Udara Mikrobiologis

Menurut Jjemba (2004), pencemar udara mikrobiologis (*bioaerosol*) adalah suspensi partikel koloid padat atau tetesan cairan di udara yang mengandung serbuk sari atau mikroorganisme. Sedangkan berdasarkan *American Industrial Hygiene Association* (AIHA, 2005), *bioaerosol* bersumber dari kegiatan pertanian, peternakan, aktivitas rumah tangga, saluran penyalur air bersih. Selain itu, berdasarkan penelitian Herr et.al. (2003), *bioaerosol* bersumber dari kegiatan peternakan, pertanian, dan aktivitas pengolahan sampah. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Neumann et. al. (2001), sumber pencemar mikrobiologis udara dapat pula berasal dari proses pengumpulan limbah padat. Pada penelitian ini sumber pencemar udara mikrobiologis yang diamati bersumber dari TPS.

Jenis pencemar udara microbiologis cukup beragam dalam suatu daerah. Berdasarkan penelitian Jjemba (2004), jenis pencemar udara microbiologis adalah: alga, bakteri, fungi, protozoa, dan virus. Sedangkan menurut AIHA (2005), jenis pencemar udara microbiologis terdiri dari jamur dan bakteri.

Tabel 2.1 Jenis Pencemar Mikrobiologi Udara

Tipe Mikroorganisme	Species
Alga	Chlorella, Chlorococcum, dan Anabaena.
Bakteri	Yersinia pestis, Bacillus sp., Serratia marcescens, Bordetella pertussis, Mycobacterium tuberculosis, dan Corynebacterium diptheriae.
Fungi	Alternaria, Cladosporium, Penicillium, Fusarium, dan Aspergillus Fumigatus.
Protozoa	Acanthamoeba sp. dan Naegleria fowleri
Virus	Poliovirus, Rhinovirus, Influenzavirus, Varicella zoster, dan Paramyxovirus.

Sumber : Jjemba, 2004

Tabel 2.2 Jenis Pencemar Fungi dan Bakteri

Tipe Mikroorganisme	Species
Fungi	Cladosporium cladosporioides, Non-sporulating fungi, Epicoccum nigrum, Ulocladium chartarum, Yeast, Arthrographis sp., Penicillium brevicompactum, Trtichium sp., Aurebasidium pullulans, Pithomyces chartarum, Aspergillus, Aternaria, Fusarium, Zygomycetes, Curvularia, Coelomycetes, dan Paecylomyces.
Bakteri	Legionella, Actinomycetes, Gram+rods, Gram+cocci, Gram-rods, dan Gram-cocci

Sumber : AIHA, 2005

Pencemar udara microbiologis memiliki berbagai efek terhadap kesehatan manusia. Efek tersebut dapat secara langsung maupun tidak langsung. Sebagian

besar efek umum yang ditimbulkan adalah reaksi alergi. Pada umumnya reaksi alergi sangat bergantung pada sensitivitas seseorang. Oleh sebab itu, reaksi alergi yang ditimbulkan berbeda-beda pada setiap orang. Berdasarkan penelitian Jjemba (2005), yang ditampilkan pada Tabel 2.3., berbagai penyakit dapat ditimbulkan akibat adanya *bioaerosol* di udara.

Tabel 2.3 Efek Kesehatan Mikroba Udara

Tipe Mikroorganisme	Efek Kesehatan
Alga	Alergi
Bakteri	Pes, Pneumosis, Infeksi saluran pernapasan, Demar, Flu, Dipteri, Pertusis, dan Alergi.
Fungi	Alergi dan Aspergillosis
Protozoa	Infeksi mata
Virus	Meningitis, Polio, Influenza, Campak, dan Cacar.

Sumber : Jjemba, 2004

2.1.6.3 Faktor Pertumbuhan Fungi dan Bakteri

Fungi dan bakteri dapat tumbuh secara optimal dalam kondisi lingkungan tertentu, sesuai dengan jenis dan karakteristiknya masing-masing. Berdasarkan penelitian laboratorium yang dilakukan oleh *American Industrial Hygiene Association* (AIHA, 2005), faktor biotik dan abiotik mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangbiakan jamur dan bakteri. Faktor abiotik yang dimaksud adalah: air, temperatur, nutrisi, dan berbagai macam makro dan mikro elemen lainnya. Sedangkan faktor biotik adalah interaksi antar mikroorganisme.

Kombinasi antara faktor biotik dan abiotik akan mempengaruhi proses pertumbuhan fungi dan bakteri. Kedua faktor tersebut akan menentukan seberapa cepat proses metabolisme serta perkembangbiakan jamur dan bakteri dalam suatu area tertentu. Berdasarkan AIHA (2005), faktor utama penentu pertumbuhan fungi dan bakteri adalah sebagai berikut:

- Air / Kelembaban

Kelembaban udara merupakan salah satu faktor utama dalam pertumbuhan jamur. Pada umumnya, sebagian besar jamur dapat tumbuh pada kondisi lingkungan yang lembab. Selain itu, air juga menjadi faktor penting lainnya. Air membantu proses difusi dan pencernaan. Selain itu, air juga mempengaruhi substrat pH dan osmolaritas dan merupakan sumber dari hidrogen dan oksigen, yang dibutuhkan selama proses metabolisme. Pertumbuhan suatu fungi ditentukan oleh *water activity* (a_w), yaitu kandungan air dari suatu substrat. Penelitian menunjukkan bahwa fungi dapat tumbuh pada nilai *water activity* minimum sebesar 0,64.

- Temperatur

Temperatur adalah faktor fisik yang cukup penting dan mempengaruhi pertumbuhan jamur dan bakteri. Setiap mikroorganisme memiliki kebutuhan temperatur minimum dan optimum yang berbeda-beda. Kebutuhan temperatur secara tidak langsung akan mempengaruhi kebutuhan minimum *water activity*. Pada rentang *water activity* 0,2-0,8, terdapat perkiraan kenaikan sebesar 0,03 pada setiap peningkatan temperatur 10°C . Berdasarkan temperatur optimum, fungi dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu: mesofilik, psikrofilik, dan termofilik. Pada umumnya, fungi di udara tergolong sebagai jenis termofilik. Fungi jenis ini memiliki temperatur pertumbuhan minimum $>20^{\circ}\text{C}$ dan maksimum $>50^{\circ}\text{C}$. Meskipun demikian, terdapat pula jenis jamur termo toleran dengan rentang temperatur pertumbuhan 20°C - 50°C .

- Kebutuhan nutrisi

Semua jamur adalah heterotropik, artinya menggunakan molekul organik kompleks yang tersedia di lingkungan sebagai sumber nutrisi untuk proses metabolisme. Fungi dan bakteri dapat tumbuh diberbagai material, khususnya material organik. Hal ini disebabkan material organik mengandung berbagai nutrisi yang dibutuhkan oleh fungi dan bakteri untuk

pertumbuhan mereka, seperti: karbon, hidrogen, nitrogen, phopor, potasium, dan sulfur.

2.1.6.4 Faktor Penyebaran Mikroba di Udara

Penyebaran konsentrasi mikroba di udara tidak hanya bergantung pada faktor-faktor pertumbuhan saja melainkan juga pada faktor meteorologi udara dalam suatu area tertentu. Faktor meteorologi udara merupakan faktor utama untuk memahami suatu penyebaran polutan di udara serta cara untuk melakukan pemantauan penyebaran tersebut. Selain itu, faktor meteorologi udara juga akan mempengaruhi kemampuan udara secara alami untuk menguraikan polutan yang terdapat di dalamnya.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengamati faktor-faktor meteorologi udara serta pengaruhnya terhadap penyebaran polutan di udara. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Peavy, Rowe, dan Tchobanoglous (1985), faktor utama penyebaran polutan di udara adalah sebagai berikut:

- Skala gerak

Skala ini merupakan perpindahan masa udara dalam suatu benua, pulau, ataupun suatu area kecil. Skala ini lazim digambarkan dalam bentuk arah panah yang menggambarkan arah perpindahan masa udara dalam jumlah yang cukup besar dalam suatu area tertentu. Skala gerak dibedakan menjadi tiga jenis skala utama yaitu: *macroscale*, *mesoscale*, dan *microscale*.

- Panas

Energi panas merupakan katalis utama dalam kondisi iklim di suatu area. Panas akan mempengaruhi proses evaporasi, transpirasi, serta gas rumah kaca di atmosfer bumi. Pengaruh panas inilah yang akan mempengaruhi konsentrasi mikroba di udara. Selain itu, panas identik dengan temperatur. Semakin tinggi konsentrasi energi panas menuju permukaan bumi, maka akan semakin tinggi pula temperatur di permukaan bumi.

- Tekanan

Tekanan udara dalam setiap ketinggian di atmosfer berbeda-beda satu dengan yang lainnya. Tekanan diekspresikan dalam satuan milibar. Tekanan udara sangat bergantung dengan kondisi cuaca dalam suatu area. Suatu sistem bertekanan udara tinggi identik dengan kondisi cuaca yang cerah dengan kecepatan angin yang stabil. Sedangkan kondisi sistem bertekanan udara rendah identik dengan kondisi cuaca yang berawan serta kecepatan angin dan kondisi atmosfer tidak stabil.

- Angin

Angin merupakan perpindahan udara dari area bertekanan udara tinggi ke area bertekanan udara rendah. Menurut Franek dan DeRose (2003), faktor angin dibedakan menjadi dua bagian utama yaitu kecepatan dan arah angin. Kecepatan angin akan mempengaruhi jangkauan penyebaran suatu polutan dari suatu sumber. Semakin cepat angin maka akan semakin jauh polutan tersebar dari sumbernya. Sedangkan arah angin akan menentukan seberapa luas area yang terpapar oleh polutan. Arah angin yang tidak menentu akan menyebabkan penyebaran polutan semakin luas dan tentunya akan semakin sulit dikontrol.

- Kelembaban relatif

Kelembaban merupakan jumlah uap air yang berada di atmosfer. Suhu udara yang tinggi akan menyebabkan banyaknya uap air yang berkumpul di atmosfer.

- Topografi

Faktor terakhir ini merupakan faktor penyebaran polutan di udara yang diungkapkan oleh Franek dan DeRose (2003). Faktor ini mengungkapkan bahwa kondisi topografi akan mempengaruhi luas area penyebaran polutan. Faktor ini berkaitan erat dengan faktor lainnya, yaitu angin dan kelembaban. Oleh sebab itu, kondisi topografi suatu daerah juga menjadi faktor utama dalam proses penyebaran suatu polutan.

2.1.6.5 Peraturan dan Standar Konsentrasi Mikroba di Udara

Peraturan di Indonesia yang mengatur mengenai konsentrasi mikrobiologi di udara luar adalah Peraturan Menteri Kesehatan No. 261 Tahun 1998 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja. Pada peraturan tersebut disebutkan bahwa konsentrasi kuman yang disyaratkan dalam sebuah lingkungan kerja adalah <700 koloni/m³ udara. Berdasarkan penelitian Andari, Novita, dan Putri (2011), konsentrasi mikrobiologi luar ruangan sebesar 759±381 untuk bakteri dan 1135±381 untuk fungi. Tabel 2.4 dan 2.5 mencatumkan berbagai konsentrasi mikrobiologi di udara luar berdasarkan penelitian di pemukiman beberapa negara.

Tabel 2.4 Konsentrasi Bioaerosol Luar Ruangan

Lokasi	Fungi	Bakteri	Referensi
Daerah Pinggiran Kota, UK	273 (0-7200)	79 (42-1600)	Jones & Cookson, 1983
Daerah Perkotaan, UK	1200	500	Crook & Lacey, 1988
Dalam Rumah, UK	1096 (28-35000)		Hunter & Lea, 1994
Udara Ambien, Perancis	92 (3-675)		Mouilleseaux et al., 1994
Daerah Pedesaan, Austria	185	327	Kock et al., 1998
Daerah Pedesaan, Scadinavia		99 (2-3400)	Bovallius et al., 1978
Daerah Perkotaan, Scadinavia		850 (100-4000)	Bovallius et al., 1978
Daerah Perkotaan, USA	930 (0-8200)		Shelton et al., 2002
Daerah Perkotaan, USA	700	1500	Folmsbee & Strevett, 1999
Daerah Pedesaan, USA	600	2000	Folmsbee & Strevett, 1999
Daerah Pedesaan, USA	8651 (80-94000)	3204 (160-17600)	Hryhorczuk et al., 1996

Sumber : Swan et al. (2003)

Tabel 2.5 Konsentrasi Bioaerosol Berdasarkan Kegiatan

Aktivitas	Fungi (CFU/m ³)	Bakteri (CFU/m ³)	Referensi
Indoors (UK Home)	28-35000		Swan et al., 2003
Grain Harvesting	10 ⁵ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	Swan et al., 2003
Cattle Sheds	10 ⁴ -10 ⁵	10 ³ -10 ⁵	Swan et al., 2003
Textiles Mills	100000	100000	Swan et al., 2003
Paper Mills	100	10 ⁴ -10 ⁶	Swan et al., 2003
Waste Collection	10 ⁴ -10 ⁵	10 ³ -10 ⁴	Nielsen et al., 1997
Composting Facility	10 ³ -10 ⁴	10 ⁵ -10 ⁶	Wheeler et al., 2001

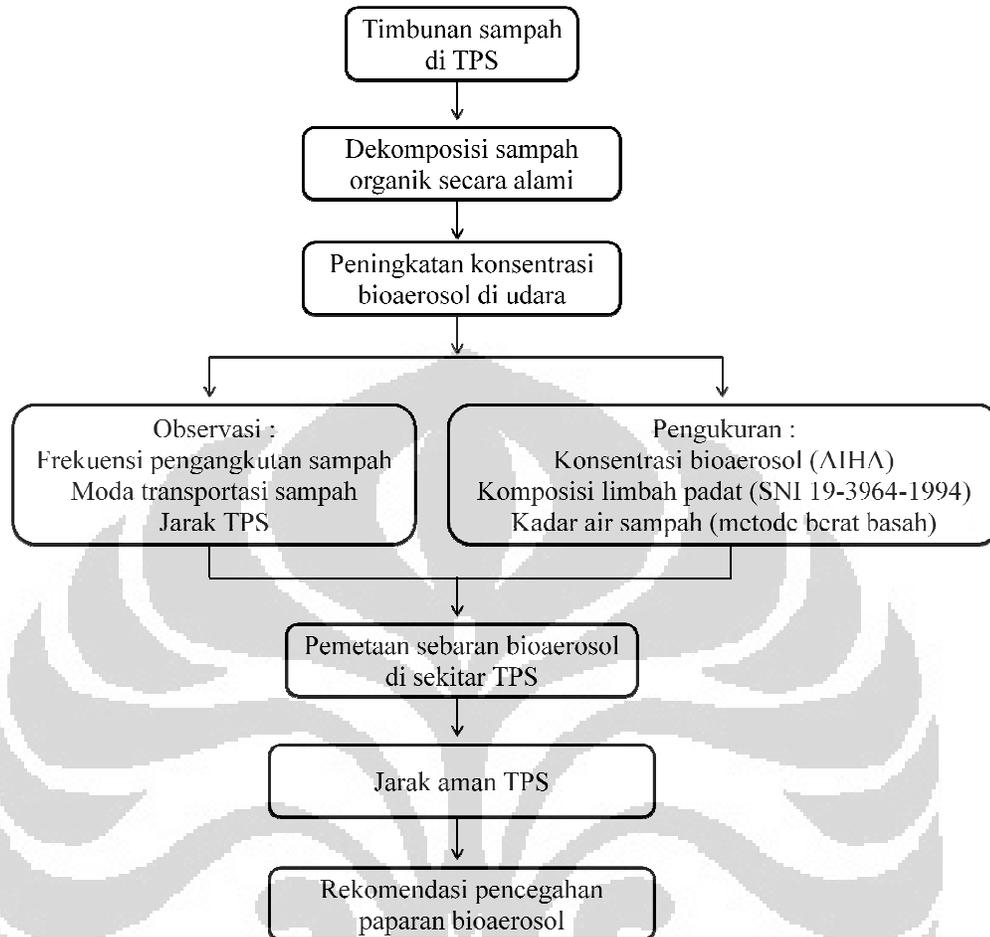
Sumber : Berbagai Sumber

2.2 KERANGKA BERPIKIR

TPS merupakan salah satu komponen pengelolaan sampah di DKI Jakarta. Fungsi TPS adalah mengelola sampah yang dapat diolah dan digunakan kembali. Pengolahan dapat berupa proses pengomposan maupun pemilahan sampah yang dapat di daur ulang. Pada sistem pengolahan limbah padat, bioaerosol cukup banyak dihasilkan pada proses pengomposan (Pollard et al., 2005). Sebagian besar TPS di Jakarta tidak memiliki proses pengomposan. Sampah organik umumnya hanya ditimbun, selanjutnya diangkut ke TPA. Meskipun demikian, proses penimbunan sampah organik tidak menutup kemungkinan menghasilkan konsentrasi bioaerosol yang cukup signifikan.

Proses dekomposisi secara alami sampah organik yang menumpuk di TPS juga dapat terjadi selama proses pengangkutan limbah padat dari wilayah RT hingga TPS. Selain itu, kondisi suhu yang cukup hangat menjadi faktor utama yang menyebabkan proses dekomposisi material organik dalam timbunan limbah padat berjalan dengan cepat. Oleh sebab itu, proses penimbunan sampah di TPS diperkirakan akan menghasilkan konsentrasi bioaerosol yang cukup signifikan. Konsentrasi bioaerosol di TPS akan diukur dengan menggunakan metode *Sampling and Characterization of Bioaerosols (NIOSH Manual of Analytical Method)* dan *American Industrial Hygiene Association (AIHA)*. Selanjutnya, konsentrasi bioaerosol yang diukur akan dikuantifikasikan dalam besaran jumlah koloni bioaerosol dalam setiap meter kubik udara (koloni/m³).

Konsentrasi bioaerosol di suatu TPS diperkirakan akan menimbulkan paparan terhadap masyarakat yang bermukim di sekitar wilayah TPS. Paparan bioaerosol dalam jumlah yang cukup signifikan diduga akan menyebabkan gangguan kesehatan bagi masyarakat. Oleh sebab itu, proses pengukuran bioaerosol di sekitar TPS dilakukan dalam jarak tertentu sehingga didapatkan konsentrasi bioaerosol minimum. Sebaran konsentrasi bioaerosol di sekitar TPS selanjutnya dapat digunakan sebagai *input* untuk pencegahan atau pengurangan paparan terhadap bioaerosol bagi masyarakat sekitarnya.



Gambar 2.5 Kerangka Konsep Penelitian

Sumber : Hasil Olahan (2011)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 PENDEKATAN PENELITIAN

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif ialah pendekatan yang di dalam usulan penelitian, proses, hipotesis, turun ke lapangan, analisis data dan kesimpulan data sampai dengan penulisannya mempergunakan aspek pengukuran, perhitungan, rumus dan kepastian data numerik (Lukas, 2002). Pendekatan ini digunakan terkait dengan komposisi sampah di TPS dan konsentrasi mikrobiologi di udara serta analisis data yang akan dilakukan.

3.2 VARIABEL PENELITIAN

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi pengaruh bagi variabel terikat dalam suatu percobaan (Aditya, 2009). Variabel bebas dalam percobaan ini adalah: komposisi sampah organik, jarak TPS ke pemukiman warga, temperatur, kecepatan angin, kelembaban udara dan *moisture content* sampah. Sedangkan variabel terikat adalah variabel yang mendapat pengaruh dari variabel bebas. Variabel ini merupakan variabel utama dalam suatu penelitian. Pada penelitian ini variabel terikat yang diamati adalah konsentrasi mikroorganisme di udara, yaitu: fungi dan bakteri.

Tabel 3.1 Jenis Pencemar Mikrobiologi Udara

Variabel Bebas	Variabel Terikat
Komposisi Sampah Organik	Total Konsentrasi Fungi dan Bakteri di Udara
Temperatur Udara	
Kelembaban Udara	
Kecepatan Angin	
Jarak TPS	
<i>Moisture Content</i> sampah	

Sumber : Hasil Olahan (2011)

3.3 POPULASI DAN SAMPEL PENELITIAN

Populasi dari penelitian ini adalah jumlah mikroorganisme di udara dengan obyek yang diamati adalah fungi dan bakteri yang terdapat di sekitar TPS. Sampel diambil dengan menggunakan media agar sebagai tempat tumbuh fungi dan bakteri. Selain itu, populasi lain yang diamati adalah seluruh sampah yang masuk ke TPS. Sedangkan sampel diambil sebanyak 96 – 136 kg, yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui komposisi sampah.

3.3.1 Protokol Pengukuran Volume Sampah di TPS

Metode yang akan digunakan dalam penentuan volume sampah di TPS adalah *load-count analysis* (Tchobanoglous et al., 1993). Metode ini dilakukan dengan mencatat jumlah gerobak sampah yang masuk ke TPS serta menghitung kapasitas angkut setiap gerobak. Kapasitas angkut dari tiap gerobak diukur dengan menghitung volume tampung dari gerobak sampah tersebut. Selain itu, kelebihan kapasitas gerobak ditentukan dengan mengukur tinggi sampah yang berlebih dari setiap gerobak sampah. Selanjutnya data harian tersebut diakumulasikan sehingga diperoleh volume timbulan sampah setiap harinya. Volume sampah di TPS dirata-ratakan berdasarkan periode pengangkutan sampah ke TPA, sehingga didapatkan angka timbulan sampah yang masuk ke TPS. Pengukuran volume sampah di TPS dilakukan selama 6 hari.

3.3.2 Protokol Pengukuran Komposisi Sampah TPS

Metode pengambilan dan pengukuran sampel timbulan dan komposisi sampah dilakukan berdasarkan pedoman ASTM D5231-92 *Standard Test Method for Determination of The Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste* dan SNI 19-3964-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah. Metode tersebut disesuaikan dengan beberapa hal mengenai kondisi di TPS, yaitu:

- periode pengangkutan sampah,
- jumlah gerobak sampah, dan
- pola penimbunan sampah.

a) Waktu pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan dalam kurun waktu 3 hari dalam 3 minggu pada setiap TPS. Hari efektif tersebut adalah siang atau sore hari sebelum proses pengangkutan dilakukan pada keesokan harinya. Sehingga total terdapat 3 hari dalam 3 minggu proses pengambilan sampel di dua TPS, yaitu: TPS Manggarai dan TPS Pasar Bukit Duri.

b) Penentuan sampel

Jumlah sampel ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah sampel} = \frac{\text{Jumlah kendaraan pengangkut (gerobak)}}{\text{total waktu sampling (hari)}} \quad (3.1)$$

Berdasarkan persamaan diatas, maka jumlah sampel untuk kedua TPS adalah sebagai berikut:

- TPS Manggarai

$$\text{Jumlah sampel} = \frac{20}{5} = 4 \text{ (gerobak)/(hari)}$$

- TPS Pasar Bukit Duri

$$\text{Jumlah Sampel} = \frac{1}{5} = \frac{1}{5} \text{ (kontainer)}$$

Selanjutnya volume pengukuran sampel ditentukan sebesar $0,125 \text{ m}^3$, yang digunakan untuk mengukur berat jenis sampah. Pengambilan sampel dilakukan pada sore hari sebelum proses pemindahan sampah ke TPA dilakukan pada keesokan harinya.

c) Prosedur pengukuran

Berat sampel yang diambil di kedua TPS sebesar 96-136 kg. Prosedur penentuan jumlah tersebut, dilakukan dengan metode *quartery*. Seluruh sampel yang telah diambil dari gerobak sampah, selanjutnya digabungkan menjadi satu. Selanjutnya sampah yang telah digabung tersebut dibagi menjadi 4 bagian. Satu bagian sampah diambil dan dijadikan sampel utama. Prosedur pengukuran lengkap mengenai komposisi sampah TPS terlampir dalam lampiran 1. Skema pengambilan sampel terlampir dalam lampiran 4.

3.3.3 Protokol Pengukuran *Moisture Content* Sampah TPS

Moisture content merupakan persentase selisih berat basah terhadap berat kering dari suatu sampel sampah. *Moisture content* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: komposisi sampah, musim, kelembaban, dan kondisi cuaca. (Tchobanoglous et al., 1993).

a) Waktu pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan dalam kurun waktu 1 hari efektif dalam 1 minggu pada setiap TPS. Hari efektif tersebut adalah siang atau sore hari sebelum proses pengangkutan dilakukan pada keesokan harinya. Sehingga total terdapat 3 hari efektif dalam 3 minggu proses pengambilan sampel di dua TPS, yaitu: TPS Manggarai dan TPS Pasar Bukit Duri.

b) Prosedur pengukuran

Prosedur pengukuran *moisture content* terlampir dalam lampiran 2.

3.3.4 Protokol Pengukuran Jumlah Mikrobiologi Udara TPS

Pada penelitian ini, pengambilan sampel mikroba udara dilakukan dengan menggunakan *Single-stage Multi-orifice Bioaerosol Sampler*. Metode tersebut digunakan berdasarkan beberapa pedoman *American Industrial Hygiene Association* (AIHA). Selain itu dilakukan pula pengukuran dengan metode *open plate* yang digunakan sebagai data pembanding metode AIHA. Mikroba udara yang diamati dalam penelitian ini adalah fungi dan bakteri yang tumbuh dalam media agar. Jumlah mikroba akan diukur dengan metode *Total Plate Count*.

a) Waktu pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan dalam kurun waktu 6 hari dalam 3 minggu pada setiap TPS. 2 hari pada minggu pertama digunakan untuk menentukan rentang waktu pengambilan sampel udara dalam setiap titik sampel. Sedangkan 2 hari pada minggu kedua dan ketiga digunakan untuk menentukan konsentrasi bioaerosol di sekitar TPS. Hari pengambilan sampel ditentukan pada hari terakhir dalam kurun waktu terlama

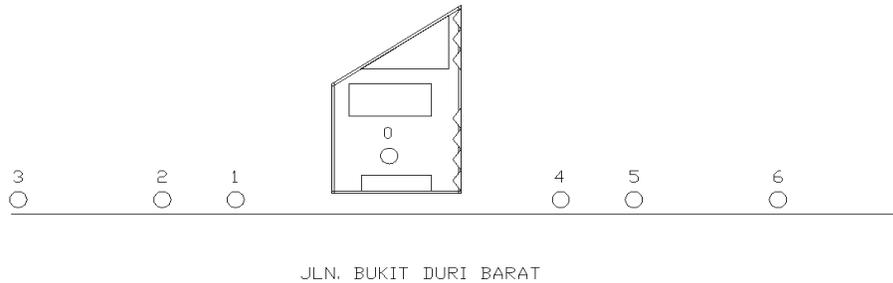
penimbunan sampah di TPS dalam setiap minggu. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada sore atau siang hari sebelum proses pengangkutan ke TPA dilakukan pada keesokan harinya dan pada saat proses pengangkutan dilakukan. Sehingga total terdapat 6 hari efektif dalam 3 minggu proses pengambilan sampel di dua TPS, yaitu: TPS Manggarai dan TPS Pasar Bukit Duri. Sedangkan pengambilan sampel di daerah pemukiman Manggarai, Tebet Barat, Tebet Timur, dan Gudang Peluru dilakukan 1 kali, sebagai acuan konsentrasi bioaerosol di udara.

b) Tempat pengambilan sampel

Sampel diambil di TPS Manggarai dan TPS Pasar Bukit Duri pada setiap proses pengambilan sampel. Proses pengambilan sampel mikrobiologi udara di TPS dilakukan berdasarkan jarak: 0, 10, 20, dan 50 meter. Rentang jarak tersebut akan diperpanjang apabila konsentrasi bioaerosol belum mencapai konsentrasi rata-rata bioaerosol di pemukiman. Pengambilan sampel di daerah pemukiman Manggarai, Tebet Barat, Tebet Timur, dan Gudang Peluru merupakan data sampel yang akan dijadikan acuan konsentrasi bioaerosol di udara.

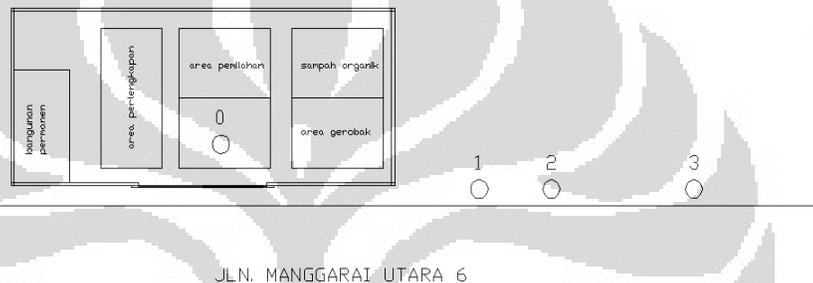
c) Jumlah sampel

Pada penelitian ini setiap rentang jarak mewakili satu titik sampel, sehingga terdapat 4 titik pengambilan sampel dalam setiap TPS. Setiap rentang jarak diwakili oleh 8 buah cawan media agar. 4 cawan digunakan untuk pengukuran dengan metode AIHA dan 4 cawan lainnya digunakan untuk pengukuran dengan metode *open plate*. Pada setiap 4 cawan, 2 cawan digunakan untuk pengukuran bakteri dan 2 lainnya digunakan untuk pengukuran fungi. Penelitian dilakukan selama 6 hari efektif pada setiap TPS. Selain itu, pengukuran sampel juga dilakukan di daerah pemukiman di wilayah Manggarai, Tebet Barat, Tebet Timur, dan Gudang Peluru dengan jumlah duplo untuk bakteri dan fungi dalam 1 kali pengukuran. Sehingga total sampel dalam penelitian ini berjumlah 68 sampel dengan 400 cawan media agar.



**Gambar 3.1 Titik Pengambilan Sampel Mikrobiologi Udara
TPS Pasar Bukit Duri**

Sumber : Hasil Olahan (2012)



**Gambar 3.2 Titik Pengambilan Sampel Mikrobiologi Udara
TPS Manggarai**

Sumber : Hasil Olahan (2012)

d) Prosedur pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan dua metode yaitu: metode AIHA dan metode *open plate*. Media agar yang digunakan adalah *Malt Extract Agar* (Oxoid) untuk fungi dan *Tryptic Soy Agar* (Oxoid) untuk bakteri. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah Prosedur lengkap mengenai pengukuran konsentrasi mikrobiologi udara TPS terlampir dalam lampiran 3. Skema pengambilan sampel terlampir dalam lampiran 4.

3.3.5 Protokol Pengukuran Parameter Fisik Udara TPS

Parameter fisik udara di TPS merupakan hal utama yang berkaitan secara langsung dengan pola penyebaran mikroba di udara. Berikut ini merupakan beberapa parameter udara yang diukur selama proses penelitian:

- a) Prosedur pengukuran kecepatan angin dan kelembaban udara
- Pengukuran kecepatan angin dilakukan dengan menggunakan anemometer. Sedangkan pengukuran kelembaban udara dilakukan dengan higrometer.
 - Pengukuran dilakukan sesaat sebelum pengambilan sampel dilakukan.
- b) Prosedur pengukuran arah angin
- Alat yang digunakan merupakan rangkaian sederhana terdiri dari kayu yang ujungnya diikatkan sebuah tali rafia tipis.
 - Alat pengukur tersebut selanjutnya diacungkan di area terbuka secara manual untuk mengetahui arah angin.
 - Tali rafia tipis tersebut akan bergerak sesuai dengan arah angin yang terjadi saat proses pengambilan sampel dilakukan.

3.4 DATA DAN ANALISIS DATA

Hasil pengukuran timbulan dan komposisi limbah padat selanjutnya dianalisa berdasarkan beberapa parameter utama dalam pengukuran limbah padat. Parameter limbah padat (Tchobanoglous et al., 1993) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

a) Berat Jenis Sampah

Berat jenis sampah diperoleh dari perbandingan berat sampel dengan volume kotak yang digunakan untuk mengukur komposisi sampah. Berat jenis sampah dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(W_1 - W_0)(\text{kg})}{(\text{volume kotak})(\text{m}^3)} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat Jenis} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Berat Jenis Tiap Sampel} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Jumlah Sampel}} \quad (3.3)$$

b) Timbulan Sampah

Timbulan sampah yang masuk ke TPS adalah akumulasi volume sampah yang dibawa oleh unit pengangkut (gerobak sampah) dibagi dengan lama

pengukuran sampah. Timbulan sampah dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\text{Volume sampah} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \right) = \sum \{ \text{kapasitas} + (\text{kelebihan kapasitas}) \} \text{gerobak} \quad (3.4)$$

$$\text{Timbulan sampah} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \right) = \frac{\text{Volume Total Pengukuran} (\text{m}^3)}{\text{Lama Pengukuran} (\text{hari})} \quad (3.5)$$

$$\text{Timbulan sampah} \left(\frac{\text{kg}}{\text{hari}} \right) = \text{Timbulan sampah} \times \text{Berat Jenis} \quad (3.6)$$

c) Komposisi Sampah

Komposisi sampah dihitung berdasarkan rumus:

$$\% \text{ komponen sampah} = \frac{\sum \text{Berat Sampah Tiap Komponen (kg)}}{\sum \text{Berat Sampel (kg)}} \times 100\% \quad (3.7)$$

d) Moisture content Sampah

Moisture content sampah dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Moisture content} = \frac{(B-A) - (C-A)}{(B-A)} \quad (3.8)$$

Keterangan:

A = Berat Cawan kosong

B = Berat Cawan + Sampel basah

C = Berat Cawan + Sampel yang telah dipanaskan 105⁰C

Data yang diperoleh dari pengambilan sampel mikrobiologi udara adalah konsentrasi total bakteri dan fungi di udara. Nilai awal yang diperoleh berupa jumlah bakteri dan fungi yang terbaca di cawan. Berdasarkan data tersebut, dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai bakteri dan fungi rata-rata dengan satuan CFU/m³ dengan rumus:

$$\text{Konsentrasi} = \frac{(\text{jumlah bakteri atau fungi})(\text{duplo})}{2} (\text{CFU/menit}) \times \frac{1}{0,0283 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{menit}} \right)} \quad (3.9)$$

Analisis data dilakukan dengan menggunakan analisis statistik yang merupakan korelasi antara konsentrasi parameter tersebut akan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga akan didapat jarak aman suatu TPS dari pemukiman warga.

Data parameter fisik udara dan *moisture content* akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan akan diuji kekuatan hubungan kedua parameter tersebut terhadap konsentrasi bioaerosol di udara. Parameter tersebut akan dianalisis dengan regresi linear. Analisis kekuatan hubungan (nilai korelasi, r) antar parameter (konsentrasi bioaerosol, parameter fisik udara, *moisture content*) yang diteliti diperoleh dengan rumus berikut ini:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \quad (3.10)$$

Korelasi dengan ketentuan nilai r tidak lebih dari dari harga ($-1 \leq r \leq +1$). Apabila $r = -1$ artinya korelasi bersifat negatif sempurna, $r = 0$ artinya tidak ada korelasi, dan $r = 1$ berarti korelasi bersifat positif sempurna.

Tabel 3.2 Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,800 – 1,000	Sangat kuat
0,600 – 0,799	Kuat
0,400 – 0,599	Cukup kuat
0,200 – 0,399	Rendah
0,000 – 0,199	Sangat rendah

Sumber : Riduwan (2008)

Tabel 3.3 Jenis Data Penelitian

Data Penelitian	Jenis Data	Metode
Konsentrasi Bioaerosol di Udara	Primer	Pengukuran
Komposisi Sampah	Primer	Pengukuran
Kadar Air Sampah	Primer	Pengukuran
Kelembaban Udara	Primer	Pengukuran
Temperatur Udara	Primer	Pengukuran
Kecepatan Angin	Primer	Pengukuran
Jarak TPS	Sekunder	Observasi
Moda Transportasi Sampah	Sekunder	Observasi
Sumber Limbah Padat	Sekunder	Observasi
Frekuensi Pengangkutan Sampah	Sekunder	Observasi

Sumber : Hasil Olahan (2011)

3.5 LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian ini dibedakan menjadi dua yaitu penelitian lapangan dan penelitian laboratorium. Penelitian lapangan dilakukan di tiga lokasi yaitu:

- TPS Pasar Bukit Duri

Pemilihan TPS ini berdasarkan lokasi TPS ini yang berada di area Pasar Bukit Duri. Komposisi sampah organik pada TPS ini diperkirakan lebih besar dari pada komposisi sampah an-organik. Sehingga, kemungkinan terjadinya dekomposisi secara alami menjadi semakin besar pula. Akibatnya, konsentrasi bioaerosol yang dihasilkan oleh dekomposisi sampah organik diduga memiliki nilai yang cukup tinggi.

- TPS Manggarai

Pemilihan TPS ini berdasarkan lokasi TPS yang berdampingan langsung dengan perumahan warga. Dekomposisi organik yang terjadi diperkirakan akan meningkatkan konsentrasi bioaerosol di udara. Sehingga, kemungkinan terjadinya paparan bioaerosol terhadap masyarakat menjadi semakin tinggi.

- Daerah Pemukiman di Kelurahan Bukit Duri dan Manggarai

Pada penelitian ini pemilihan daerah pemukiman di Kelurahan Bukit Duri dan Manggarai dilakukan sebagai acuan parameter pembandingan konsentrasi bioaerosol di udara. daerah pemukiman Manggarai diperkirakan merupakan standar yang cukup mewakili konsentrasi normal bioaerosol di udara.

Sedangkan penelitian laboratorium dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan FTUI. Penelitian laboratorium dilakukan untuk menganalisis sampel mikroba yang telah didapatkan dari ketiga lokasi penelitian lapangan. Penelitian laboratorium meliputi persiapan media agar hingga perhitungan koloni bakteri maupun fungi yang dihasilkan pada tiap cawan media agar.

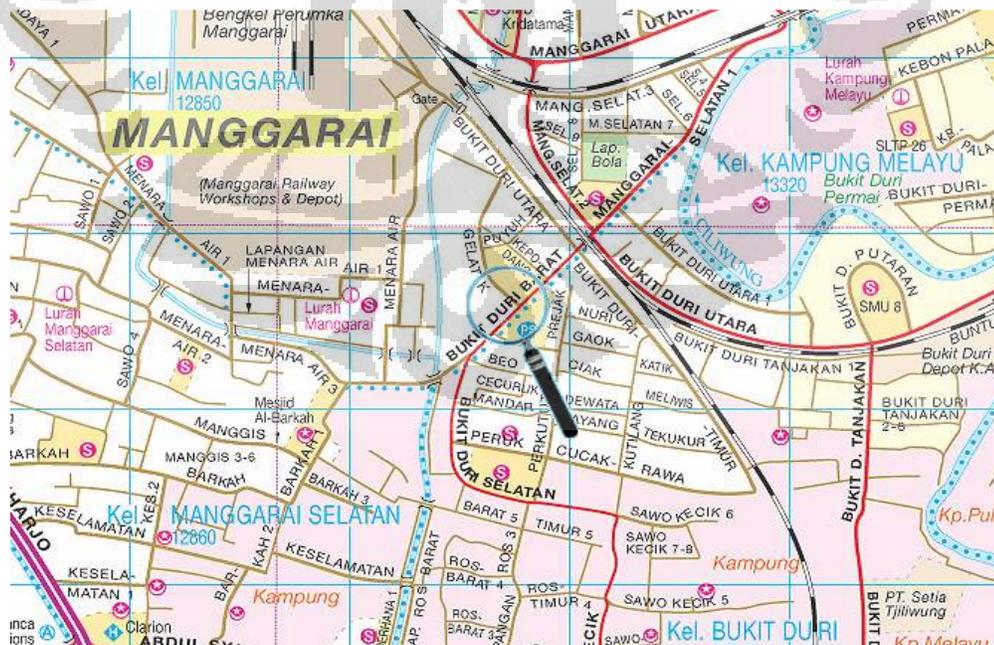
BAB 4

GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI

4.1 GAMBARAN UMUM TPS PASAR BUKIT DURI

4.1.1 Lokasi dan Daerah Pelayanan

TPS Pasar Bukit Duri berlokasi di area Pasar Bukit Duri. Lokasi pasar ini terletak di Jalan Raya Bukit Duri Barat, Kelurahan Bukit Duri, Kecamatan Tebet, Jakarta Selatan. Lokasi pasar terletak di tengah pemukiman padat penduduk. Berdasarkan *As Built Drawing* PD. Pasar Jaya tahun 2007, Pasar Bukit Duri memiliki luas tanah sebesar 2614 m², dengan luas bangunan 2074 m². Pasar Bukit Duri terdiri dari dua area perdagangan, yaitu: area lantai dasar dan area lantai 1. Area lantai dasar merupakan area perdagangan di dalam bangunan pasar lantai dasar dan area perdagangan di sekitar bangunan pasar. Sedangkan area lantai 1 merupakan area perdagangan yang terletak di lantai 1 Pasar Bukit Duri. TPS Pasar Bukit Duri terletak di bagian luar pasar yang berdampingan langsung dengan pedagang yang berada di luar area bangunan pasar.



Gambar 4.1 Peta Lokasi TPS Pasar Bukit Duri

Sumber : Peta Jalan dan Index DKI Jakarta (Gunther W. Holtorf, 2004)

Jenis komoditas yang diperdagangkan di Pasar Bukit Duri cukup beragam (Tabel 4.1 dan 4.2). Komoditas tersebut umumnya merupakan kebutuhan sehari-hari masyarakat. Meskipun demikian, komoditas seperti logam mulia dan barang teknik juga diperjual belikan di pasar ini.

Tabel 4.1 Komoditas Perdagangan Pasar Bukit Duri Lantai Dasar

No.	Komoditas Perdagangan	Jumlah
1	Makanan/Minuman Kering	6
2	Sepatu/Sandal, Mainan Anak, Buku/Alat Tulis	9
3	Alat Kecantikan	16
4	Plastik	38
5	Pakaian Jadi	15
6	Jasa	3
7	Logam Mulia	16

Sumber : Hasil Observasi (2012)

Tabel 4.2 Komoditas Perdagangan Pasar Bukit Duri Lantai 1

No.	Komoditas Perdagangan	Jumlah
1	Beras	2
2	Ikan Kering/Asin	12
3	Rempah-Rempah, Bumbu, Tahu/Tempe	10
4	Kelapa, Syur Mayur	76
5	Buah-Buahan	8
6	Daging Sapi/Kambing	14
7	Ikan Hidup	10
8	Ikan Basah	8
9	Ayam Potong	8
10	Hasil Bumi Lainnya	40
11	Warung Makanan/Minuman	3
12	Barang Teknik	3

Sumber : Hasil Observasi (2012)

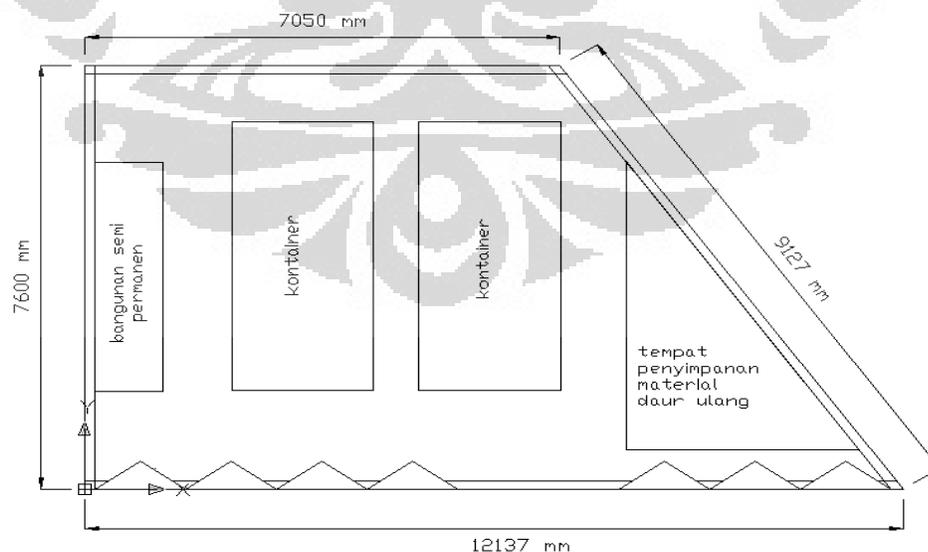
TPS Pasar Bukit Duri menerima sampah yang berasal dari area pasar dan kawasan pemukiman disekitarnya. Sampah yang dihasilkan dari aktivitas perdagangan, seluruhnya diangkut ke TPS. Selain itu, TPS juga menerima sampah yang berasal dari Rukun Tetangga (RT) sekitar Pasar Bukit Duri. Penerimaan sampah dari warga sekitar pasar merupakan hasil kesepakatan bersama antara pengelola Pasar Bukit Duri dengan ketua RT setempat. Setiap warga yang membuang sampah dikenakan biaya yang sifatnya sukarela.

4.1.2 Status Kepemilikan dan Kondisi Fisik

Status kepemilikan tanah TPS Pasar Bukit Duri adalah milik PD. Pasar Jaya. Tanah tersebut dikelola untuk menunjang aktivitas komersial Pasar Bukit Duri. PD. Pasar Jaya bekerja berkoordinasi dengan Suku Dinas Kebersihan Provinsi DKI Jakarta untuk membuang sampah TPS menuju TPA Bantar Gebang.

Luas tanah TPS Pasar Bukit Duri adalah 72,91 m². Gambar 4.2 merupakan gambaran denah TPS Pasar Bukit Duri. Pemanfaatan lahan dalam area TPS tersebut digunakan sebagai:

- penempatan kontainer ($\pm 11,95$ m²)
- bangunan semi permanen (± 13 m²)
- penempatan sampah anorganik yang dapat dijual kembali (± 40 m²)



Gambar 4.2 Denah TPS Pasar Bukit Duri

Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 4.3 TPS Pasar Bukit Duri

Sumber : Dokumentasi Penelitian (2012)

4.1.3 Sarana dan Prasarana

Sarana dan prasarana yang terdapat dalam TPS Pasar Bukit Duri meliputi jalan akses dan peralatan kerja. Jalan akses menuju TPS Pasar Bukit Duri memiliki lebar sekitar 4 meter (Gambar 4.4). Jalan akses tersebut merupakan jalan pasar yang digunakan sebagai jalan mobilisasi angkutan barang dan komoditas lainnya. Jalan akses tersebut juga digunakan sebagai area parkir. Meskipun jalan akses terbilang cukup lebar, area kegiatan pasar yang cukup padat menjadi kendala utama ketika proses pengangkutan dilakukan.

Peralatan yang terdapat di TPS sepenuhnya disediakan oleh pihak pengelola Pasar Bukit Duri. Pada Tabel 4.3, terlampir secara detil mengenai jenis dan jumlah peralatan yang terdapat dalam TPS Pasar Bukit Duri. Pengelolaan peralatan TPS dilakukan oleh kepala pengelola TPS Pasar Bukit Duri.

Pada area TPS Pasar Bukit Duri, terdapat bangunan semi permanen. Bangunan tersebut digunakan untuk tempat tinggal sementara para pekerja TPS. TPS Pasar Bukit Duri tidak memiliki akses listrik dari PLN, namun bangunan semi permanen yang terdapat di dalam TPS mendapatkan akses listrik. Akses listrik tersebut didapat dari bangunan utama Pasar Bukit Duri.



Gambar 4.4 Jalan Akses TPS Pasar Bukit Duri

Sumber : Dokumentasi Penelitian (2012)

Tabel 4.3 Peralatan di TPS Pasar Bukit Duri

No.	Peralatan	Jumlah
1	Kontainer (11,52 m ³)	4
2	Sekop	2
3	Keranjang (D 40 m x 40 m)	30
4	Cangkrang	1
5	Sapu	1
6	Sepatu boot	1
7	Baju kerja	1

Sumber : Hasil Observasi (2012)

4.1.4 Operasional TPS

Instansi pengelolaan TPS Pasar Bukit Duri adalah PD. Pasar Jaya. Pimpinan tertinggi pengelolaan TPS Pasar Bukit Duri adalah Kepala Pasar Bukit Duri. PD. Pasar Jaya mengikat kontrak dengan PT. Lantera Utama Nusantara untuk menyediakan tenaga kerja di TPS Pasar Bukit Duri. Selanjutnya, pekerja tersebut akan bekerja dibawah koordinasi dengan Kepala Pasar Bukit Duri. Jumlah pekerja yang terdapat di TPS ini sebanyak 6 orang pekerja. Pekerja tersebut bertanggungjawab untuk mengangkut setiap sampah yang dihasilkan oleh aktivitas perdagangan.

Proses pengangkutan sampah dilakukan selama pagi hingga siang hari. Pengangkutan dilakukan menggunakan gerobak dorong dan keranjang sampah. Selanjutnya, sampah yang diangkut tersebut langsung dibuang ke dalam kontainer sampah (Gambar 4.5). Oleh sebab itu, area *tipping floor* terbilang cukup minim dan menjadi satu dengan area penyimpanan sampah anorganik yang dapat dijual kembali.

Sampah pasar yang berada di dalam kontainer selanjutnya dipilah oleh pengelola TPS. Sampah anorganik, seperti, kertas, plastik, logam, dan botol kaca, dipisahkan ke dalam karung dan keranjang (Gambar 4.6). Sampah-sampah tersebut selanjutnya akan dijual kembali ke lapak. Selain itu, pengelola TPS Pasar Bukit Duri juga melakukan aktivitas jual beli material daur ulang yang dikumpulkan dari sampah yang masuk ke TPS kepada warga sekitar. Pemasukan yang didapat dari aktivitas jual beli tersebut sepenuhnya menjadi milik petugas pelaksana TPS. Pemasukan tersebut juga digunakan sebagai uang kesejahteraan para pekerja TPS.

Berdasarkan hasil penelitian ini, komposisi sampah di TPS Pasar Bukit Duri terdiri dari sampah organik sebesar (78%-85%) dan sampah anorganik sebesar (15%-22%). Berdasarkan komposisi tersebut, sampah organik di TPS Pasar Bukit Duri menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan komposisi sampah anorganik. Selain itu, sampah TPS Pasar Bukit Duri memiliki berat jenis sebesar $194,7 \text{ kg/m}^3$. Hasil pengukuran komposisi sampah TPS Bukit Duri terlampir secara detail dalam Tabel 4.4.



Gambar 4.5 *Tipping Floor* TPS Pasar Bukit Duri

Sumber : Dokumentasi Penelitian (2012)



Gambar 4.6 Hasil Pemilahan Sampah TPS Pasar Bukit Duri

Sumber : Dokumentasi Penelitian (2012)

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Komposisi Sampah TPS Pasar Bukit Duri

Hari Pengukuran	Sampel (Kg)	Organik (Kg)	Anorganik (Kg)	Berat Jenis (Kg/m ³)	Volume (m ³)	Timbulan (Kg)
Hari 1	127	99	28	203,2	7,34	1491,53
Hari 1 (angkut)			-		13,32	2706,26
Hari 2	120	97	23	192,0	7,94	1524,10
Hari 2 (angkut)			-		13,32	2557,09
Hari 3	118	100	18	188,8	8,54	1611,56
Hari 3 (angkut)			-		13,32	2514,48

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Proses pengangkutan sampah di TPS Pasar Bukit Duri dilakukan melalui kontrak jasa pengangkutan dari pihak swasta. PD. Pasar Jaya mengikat kontrak dengan PT. Harapan Mulya Karya untuk proses pengangkutan sampah TPS Pasar

Bukit Duri menuju TPA Bantar Gebang. Kapasitas pengangkutan truk sebesar 13,32 m³, sesuai dengan kapasitas kontainer. Pengangkutan sampah TPS Pasar Bukit Duri dilakukan setiap dua hari sekali. Pengangkutan dilakukan pada siang atau sore hari. Selama pengangkutan, kontainer yang telah terisi penuh oleh sampah diganti dengan kontainer kosong yang dibawa oleh truk pengangkut. Proses tersebut umumnya menghabiskan waktu selama 1-1,5 jam.



Gambar 4.7 Proses Pengangkutan Sampah TPS Pasar Bukit Duri

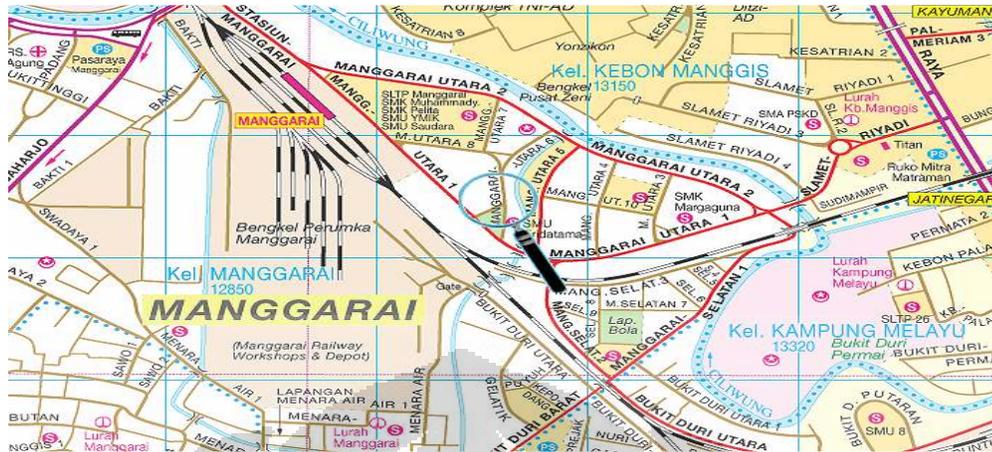
Sumber : Dokumentasi Penelitian (2012)

4.2 GAMBARAN UMUM TPS MANGGARAI

4.2.1 Lokasi dan Daerah Pelayanan

TPS Manggarai berlokasi di Jalan Manggarai Utara 6. No. 10, Kelurahan Manggarai, Kecamatan Tebet, Jakarta Selatan. Kelurahan Manggarai terdiri dari 12 RW dengan luas 95,30 ha. Berdasarkan arsip kelurahan tahun 2011, Kelurahan Manggarai memiliki jumlah penduduk sebanyak 35.541 jiwa, dengan jumlah penduduk laki-laki sebanyak 19.374 jiwa dan perempuan sebanyak 16.161 jiwa.

Sistem manajemen pengelolaan limbah padat di Kelurahan Limbah Padat di kelurahan ini terbagi menjadi 3 komponen yaitu: TPS (dipo sampah), kontainer, dan pull gerobak. Berdasarkan ketiga jenis komponen tersebut, TPS (dipo sampah), merupakan komponen pengelolaan limbah padat yang memiliki cakupan wilayah pelayanan yang paling luas. Daerah pelayanan TPS Manggarai meliputi RW 01, 02, 03, 10, dan 11. Lokasi TPS ini terletak di tengah pemukiman penduduk.



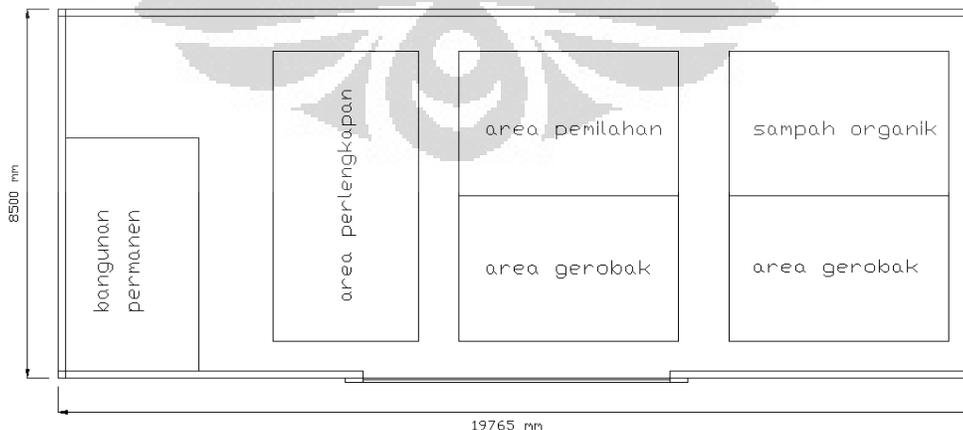
Gambar 4.8 Peta Lokasi TPS Manggarai

Sumber : Peta Jalan dan Index DKI Jakarta (Gunther W. Holtorf, 2004)

4.2.2 Status Kepemilikan dan Kondisi Fisik

Status kepemilikan tanah TPS Manggarai adalah fasilitas umum. TPS tersebut dikelola oleh Kepala Seksi Kebersihan dan Lingkungan Hidup Kelurahan Manggarai, dengan koordinasi dari Kepala Seksi Kebersihan Kecamatan Tebet. Luas tanah TPS Pasar Bukit Duri kurang lebih seluas 168 m². Pemanfaatan lahan dalam area TPS tersebut digunakan sebagai:

- area *tipping floor* (± 50 m²)
- bangunan permanen (± 35 m²)
- tempat pemilahan dan penyimpanan material daur ulang (± 25 m²)
- area penempatan sampah organik (± 30 m²)
- area penyimpanan gerobak dan peralatan lainnya (± 28 m²)



Gambar 4.9 TPS Manggarai

Sumber : Hasil Observasi (2012)



Gambar 4.10 TPS Manggarai
Sumber : Dokumentasi Penelitian (2012)

4.2.3 Sarana dan Prasarana

Sarana dan prasarana yang terdapat dalam TPS Manggarai meliputi jalan akses, peralatan kerja, dan akses listrik. Jalan akses menuju TPS Manggarai memiliki lebar sebesar kurang lebih 3 meter. Jalan akses ini juga memiliki sepadan jalan yang cukup lebar sekitar 2 meter di kanan dan kiri jalan. Sepadan yang cukup lebar ini, mempermudah akses truk pengangkut menuju lokasi TPS.



Gambar 4.11 Akses Jalan TPS Manggarai
Sumber : Hasil Observasi (2012)

Peralatan yang terdapat di TPS sepenuhnya disediakan oleh Seksi Kebersihan Kelurahan Manggarai. Pada Tabel 4.5, terlampir secara detail mengenai jenis dan jumlah peralatan yang terdapat dalam TPS Manggarai. Pengelolaan peralatan TPS dilakukan oleh kepala pengelola TPS Manggarai.

Pada area TPS Manggarai terdapat bangunan permanen yang digunakan sebagai tempat tinggal pekerja. Bangunan ini terdiri dari 2 buah kamar dengan 1 toilet. Selain berfungsi sebagai tempat tinggal, bangunan tersebut juga berfungsi sebagai area istirahat para pekerja TPS. Selain itu, TPS juga mendapatkan akses listrik dari PLN sebesar 2200 watt.

Tabel 4.5 Peralatan di TPS Manggarai

No.	Peralatan	Jumlah
1	Gerobak (1,17 m ³)	20
2	Sekop	10
3	Keranjang (D 40 m x 40 m)	20
4	Cangkrang	3
5	Sapu	10
6	Sepatu boot	20
7	Baju kerja	20

Sumber : Hasil Observasi (2012)

4.2.4 Operasional TPS

Instansi pengelolaan TPS Pasar Bukit Duri adalah Seksi Kebersihan dan Lingkungan Hidup Kelurahan Manggarai. Kepala Seksi Kebersihan dan Lingkungan Hidup Kelurahan Manggarai menunjuk seorang ketua pelaksana pengelolaan sampah di TPS. Selanjutnya, ketua pelaksana tersebut akan bertanggungjawab terhadap seluruh aktivitas pengelolaan sampah di TPS.



Gambar 4.12 Tipping Floor TPS Manggarai

Sumber : Hasil Observasi (2012)

Jumlah pekerja yang terdapat di TPS sebanyak 20 orang pekerja. Setiap pekerja bertanggungjawab untuk mengangkut sampah yang dihasilkan dari tiap RT. Rute pengangkutan sampah tiap pekerja berbeda satu dengan yang lainnya. Umumnya setiap pekerja mengangkut sampah sebanyak 2 kali dalam seminggu. Setiap pekerja di TPS Manggarai mendapatkan gaji dari tiap RT yang dilayani. Gaji tiap pekerja berkisar Rp.400.000,- hingga Rp.500.000,-. Pihak Seksi Kebersihan dan Lingkungan Hidup Kelurahan Manggarai tidak memberikan tunjangan apapun terhadap pekerja TPS Manggarai, namun memberikan kebebasan kepada pengelola TPS untuk memanfaatkan sampah di TPS.

Pengangkutan sampah dilakukan oleh masing-masing petugas TPS ke secara langsung ke rumah-rumah warga di RW 01, 02, 03, 10, dan 11. Warga membuang sampahnya secara langsung ke gerobak sampah yang melintas di depan rumahnya. Setiap harinya sekitar 5-8 gerobak sampah yang masuk ke dalam TPS. Gerobak yang masuk setiap harinya tidak berada dalam jumlah yang pasti karena pengangkutan sampah disesuaikan dengan kondisi petugas sampah. Sampah yang telah diangkut oleh pekerja, selanjutnya ditumpahkan di area TPS. Sampah tersebut selanjutnya dipilah. Sampah anorganik, seperti, kertas, plastik, logam, dan botol kaca, dipisahkan ke dalam karung. Setelah itu, sampah organik yang tersisa juga dimasukkan ke dalam karung ataupun kantong. Sampah organik yang telah dikarungkan selanjutnya ditumpuk di dalam TPS. Sampah anorganik yang telah dipilah selanjutnya akan dijual ke lapak. Hasil yang didapatkan dari penjualan tersebut selanjutnya digunakan untuk kesejahteraan seluruh pekerja.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Komposisi Sampah TPS Manggarai

Hari Pengukuran	Sampel (Kg)	Organik (Kg)	Anorganik (Kg)	Berat Jenis (Kg/m ³)	Volume (m ³)	Timbulan (Kg)
Hari 1	133	89	44	212,8	26,66	5672,77
Hari 1 (angkut)	-				26,66	5672,77
Hari 2	134	101	33	214,4	25,43	5452,21
Hari 2 (angkut)	-				25,43	5452,21
Hari 3	125	89	36	200,0	26,77	5354,94
Hari 3 (angkut)	-				26,77	5354,94

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Berdasarkan hasil penelitian ini, komposisi sampah di TPS Manggarai terdiri dari sampah organik sebesar (67%-75%) dan sampah anorganik sebesar (27%-33%). Berdasarkan komposisi tersebut, sampah organik di TPS Manggarai menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan komposisi sampah anorganik. Selain itu, sampah TPS Pasar Bukit Duri memiliki berat jenis sebesar $194,7 \text{ kg/m}^3$.



Gambar 4.14 Pemilahan Sampah TPS Manggarai

Sumber : Hasil Observasi (2012)

Proses pengangkutan sampah di TPS Pasar Bukit Duri dilakukan oleh Suku Dinas Kebersihan DKI Jakarta. Aktivitas pengangkutan sampah TPS Pasar Bukit Duri ke TPA Bantar Gebang dilakukan setiap hari Selasa dan Jumat dalam setiap minggunya. Pengangkutan dilakukan pada pagi hari. Sampah yang akan diangkut oleh truk dimasukakan dengan cara dilemparkan secara langsung oleh petugas TPS. Proses tersebut umumnya menghabiskan waktu selama 1-2 jam.



Gambar 4.15 Proses Pengangkutan Sampah TPS Manggarai

Sumber : Hasil Observasi (2012)

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 ANALISIS PERSEBARAN KONSENTRASI BIOAEROSOL

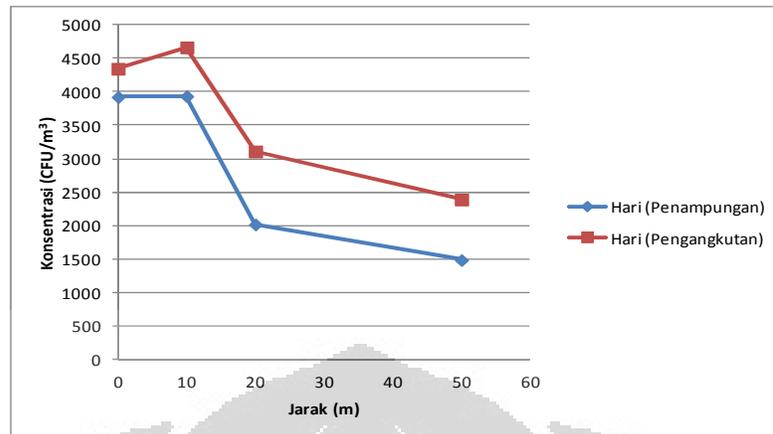
Pengambilan sampel bioaerosol dilakukan di dua TPS yaitu: TPS Pasar Bukit Duri dan TPS Manggarai. Kedua TPS tersebut berlokasi di Kecamatan Tebet, Jakarta Selatan. TPS Manggarai merupakan TPS yang berlokasi di daerah pemukiman. Sedangkan TPS Pasar Bukit Duri berlokasi di dalam area Pasar Bukit Duri. Selain itu, sampel diambil pula di beberapa pemukiman yaitu: Pemukiman Manggarai, Tebet Barat, Gudang Peluru, Tebet Timur. Sampel pemukiman tersebut akan digunakan sebagai pembanding konsentrasi dan referensi konsentrasi bioaerosol di sekitar TPS.

Metode pengambilan sampel bioaerosol dilakukan dengan dua metode yaitu: metode *American Industrial Hygiene Association* (AIHA) dan metode *open plate*. Metode AIHA digunakan untuk mengukur konsentrasi bioaerosol dalam 1 m³ udara. Sedangkan metode *open plate* digunakan untuk melihat kecenderungan konsentrasi serta sebagai pembanding dari metode AIHA. Validasi tersebut dilakukan dengan membandingkan kecenderungan konsentrasi bioaerosol dalam setiap titik pengambilan sampel.

5.1.1 TPS Pasar Bukit Duri

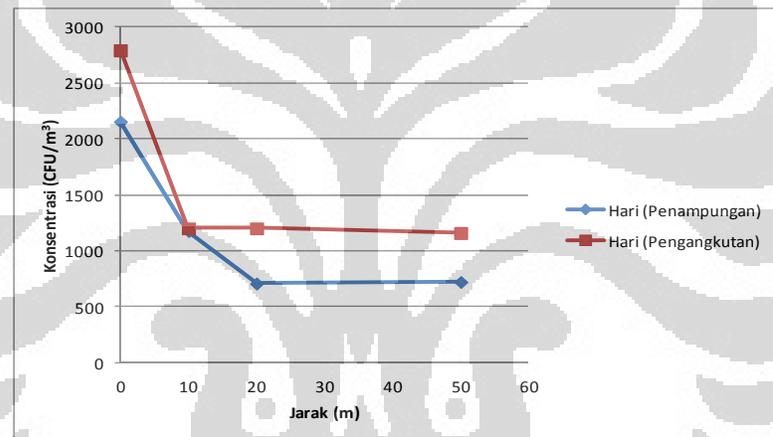
Pengukuran konsentrasi bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri dilakukan pada siang hari sekitar pukul 11:00 hingga 13:00, ketika aktivitas pasar telah berkurang dan proses pembersihan sedang dilakukan. Selain itu, saat proses pengangkutan sampah di TPS, sampel diambil ketika timbunan sampah di kontainer sedang dirapikan sebelum diangkat ke truk pengangkut.

Gambar 5.1 dan 5.2 merupakan persebaran konsentrasi bakteri dan fungi TPS Pasar Bukit Duri. Grafik tersebut menggambarkan persebaran konsentrasi bakteri dan fungi dalam jarak tertentu dari TPS. Proses persebaran tersebut merupakan indikasi adanya proses dispersi bioaerosol yang berasal dari TPS ke udara sekitarnya.



Gambar 5.1 Persebaran Konsentrasi Bakteri TPS Pasar Bukit Duri (Metode AIHA)

Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 5.2 Persebaran Konsentrasi Fungi TPS Pasar Bukit Duri (Metode AIHA)

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Berdasarkan kedua grafik diatas, konsentrasi bioaerosol memiliki nilai yang tinggi pada jarak yang cukup dekat dengan TPS. Konsentrasi bakteri melebihi 3500 CFU/m³ dan konsentrasi fungi melebihi 2000 CFU/m³. Berdasarkan Tabel 5.1, konsentrasi bioaerosol tersebut berada di atas konsentrasi rata-rata pada beberapa kawasan pemukiman di Kelurahan Manggarai dan Bukit Duri. Selain itu, berdasarkan Tabel 2.4 nilai tersebut juga berada di atas hasil pemeriksaan konsentrasi bioaerosol pada kawasan pemukiman perkotaan di Inggris (500 CFU/m³ bakteri, 1200 CFU/m³ fungi); perkotaan di Amerika Serikat (1500 CFU/m³ bakteri, 930 CFU/m³ fungi); dan pedesaan di Amerika Serikat (3204 CFU/m³ bakteri, 8651 CFU/m³ fungi). Konsentrasi bioaerosol yang cukup tinggi

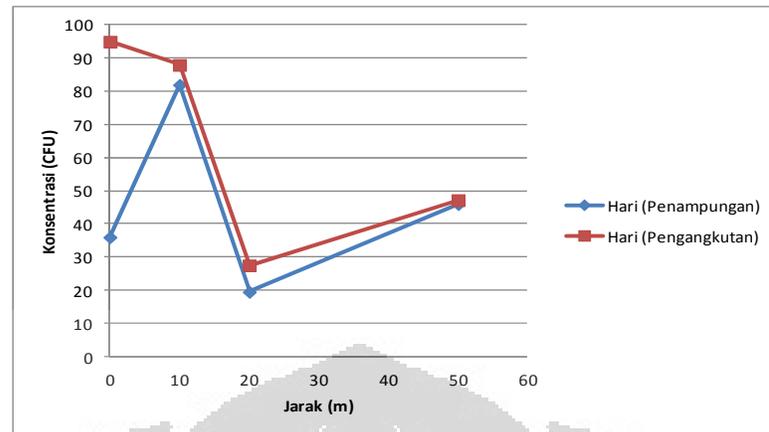
tersebut disebabkan besarnya potensi terlepasnya bioaerosol dari kontainer ke udara selama kegiatan penampungan dan pengangkutan sampah di TPS. Proses pembuangan sampah dilakukan secara langsung dari keranjang ke kontainer. Sampah akan berada di kontainer selama kurang lebih 2 hari. Selama rentang waktu tersebut, sampah organik akan mengalami proses dekomposisi secara alami. Proses dekomposisi ini membutuhkan bantuan bakteri dan fungi. Sampah di kontainer dibiarkan terbuka bebas. Apabila kontainer mulai terisi penuh, sampah dirapihkan dengan menggunakan cangkrang. Proses perapihan dan kondisi kontainer yang terbuka bebas meningkatkan potensi terlepasnya bioaerosol ke udara ambien.

Tabel 5.1 Konsentrasi Bioaerosol Pemukiman Kelurahan Manggarai dan Bukit Duri

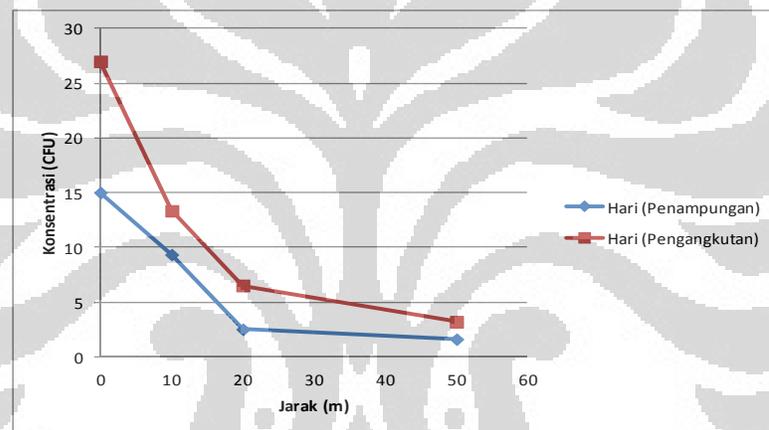
Parameter	Pemukiman Manggarai	Pemukiman Gudang Peluru	Pemukiman Tebet Timur	Pemukiman Tebet Barat	Pemukiman Kelurahan Manggarai dan Bukit Duri (rata-rata)
Bakteri (CFU/m ³)	2459	466	1399	1696	1505
Fungi (CFU/m ³)	1272	254	890	212	657

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Konsentrasi bakteri maupun fungi akan mengalami peningkatan yang cukup tinggi saat proses pengangkutan sampah. Peningkatan konsentrasi kedua parameter tersebut terlihat jelas dalam Gambar 5.1 dan 5.2. Peningkatan konsentrasi berkisar antara 200 CFU/m³ hingga 1000 CFU/m³. Hal ini disebabkan oleh adanya proses perapihan tumpukan sampah di kontainer. Selama proses perapihan, sampah yang telah menumpuk diaduk-aduk secara langsung. Cangkrang akan merapikan tumpukan sampah sedemikian rupa sehingga kontainer terisi penuh oleh sampah serta dapat ditutupi oleh terpal. Hal tersebut tentunya akan melepaskan bioaerosol ke udara. Bioaerosol yang terlepas ke udara berasal dari bakteri dan fungi yang menyebabkan proses degradasi pada sampah organik. Saat tumpukan sampah diaduk selama proses perapihan tumpukan, bakteri dan fungi memiliki potensi yang cukup besar untuk terlepas ke udara. Bioaerosol yang terlepas ke udara tentunya akan mencemari udara di sekitarnya.



Gambar 5.3 Persebaran Konsentrasi Bakteri TPS Pasar Bukit Duri (Metode *Open Plate*)
Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 5.4 Persebaran Konsentrasi Fungi TPS Pasar Bukit Duri (Metode *Open Plate*)
Sumber : Hasil Olahan (2012)

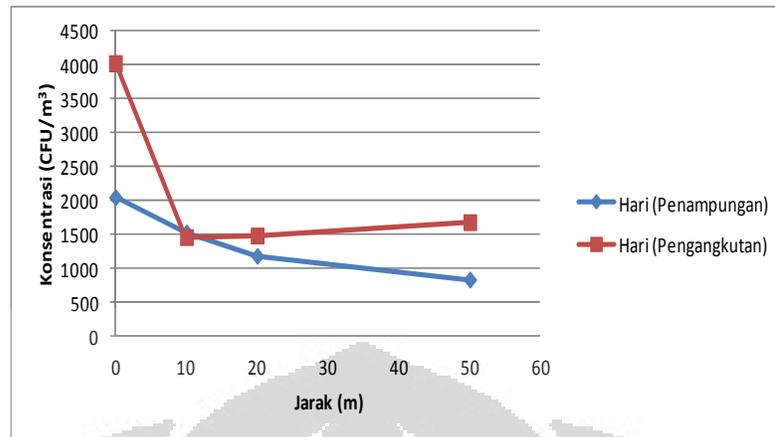
Gambar 5.3 dan 5.4 menggambarkan persebaran konsentrasi bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri dengan menggunakan *open plate method*. Pengukuran dengan metode *open plate* bertujuan untuk melakukan perbandingan data akibat adanya kemungkinan bakteri dan fungi yang terukur oleh metode AIHA adalah bakteri yang sama pada jarak sebelumnya. Selain itu, pengukuran dengan metode ini juga bertujuan untuk mengamati kecenderungan persebaran konsentrasi bioaerosol yang terjadi di sekitar TPS. Kedua metode tersebut menunjukkan bahwa semakin jauh jarak suatu lokasi dari TPS, persebaran konsentrasi bakteri dan fungi menunjukkan nilai yang cenderung menurun. Hal ini membuktikan bahwa data yang dihasilkan oleh metode AIHA maupun metode *open plate* memiliki

kecenderungan data yang hampir sama dalam mengukur persebaran konsentrasi bioaerosol di TPS Pasar Bukit Duri. Meskipun demikian, pada pengukuran bakteri dengan metode *open plate* terdapat beberapa data yang memiliki kecenderungan berbeda dengan metode AIHA, khususnya pada jarak 10 m dan 50 m dari TPS. Pada metode *open plate*, konsentrasi bioaerosol pada jarak tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi bioaerosol pada jarak 0 m dan 20 m. Hal ini dimungkinkan terjadi karena metode *open plate* memiliki karakteristik yang sangat sensitif terhadap perubahan kondisi udara di sekitarnya sesuai dengan informasi *Mold & Bacteria Consulting Laboratories Inc.* (2007). Metode *open plate* umumnya digunakan pada kondisi udara yang stabil tanpa gangguan dari faktor luar, khususnya tidak ada perubahan kecepatan angin secara tiba-tiba saat proses pengambilan sampel sedang dilakukan. Pengambilan sampel yang dilakukan di tepi jalan raya sangat memungkinkan dipengaruhi oleh faktor luar, seperti kendaraan yang melintas dengan kecepatan tinggi yang menimbulkan perubahan kecepatan angin yang cukup signifikan. Sedangkan metode AIHA digunakan untuk mengambil sampel udara dengan volume tetap sebanyak 28,3 liter/menit dengan menggunakan pompa vakum. Penggunaan pompa ini akan mengalirkan udara dalam jumlah konstan sehingga meminimalkan pengaruh perubahan kecepatan angin saat proses pengambilan sampel dilakukan. Oleh karena itu data yang didapatkan memiliki representasi yang cukup baik.

5.1.2 TPS Manggarai

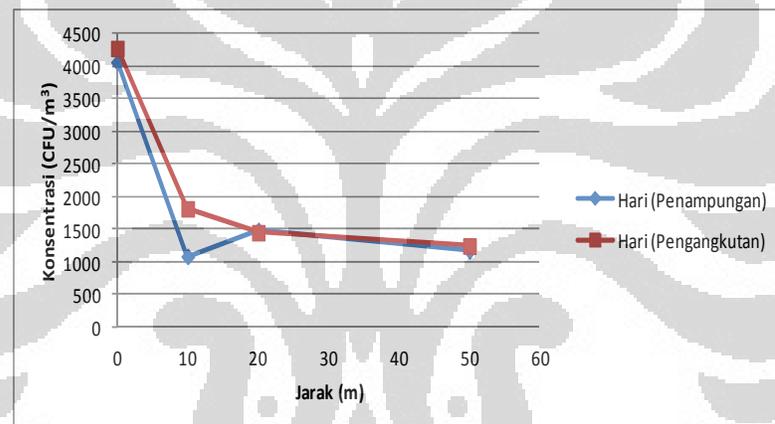
Pengukuran konsentrasi bioaerosol TPS Manggarai dilakukan pada pagi hari sekitar pukul 08:00 hingga 11:00, ketika aktivitas di TPS Manggarai dimulai. Pengukuran dilakukan pada hari terakhir penimbunan sampah dan sebelum proses pengangkutan dilakukan pada keesokan harinya. Sampel diambil di tengah-tengah area TPS dan sekitar TPS berdasarkan variasi jarak.

Gambar 5.5 dan 5.6 merupakan grafik persebaran konsentrasi bakteri dan fungi di sekitar TPS Manggarai. Grafik tersebut menggambarkan persebaran konsentrasi bakteri dan fungi dalam jarak tertentu dari TPS Manggarai. Proses persebaran tersebut merupakan indikasi adanya proses dispersi bioaerosol yang berasal dari TPS ke udara sekitarnya.



Gambar 5.5 Persebaran Konsentrasi Bakteri TPS Manggarai (Metode AIHA)

Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 5.6 Persebaran Konsentrasi Fungi TPS Manggarai (Metode AIHA)

Sumber : Hasil Olahan (2012)

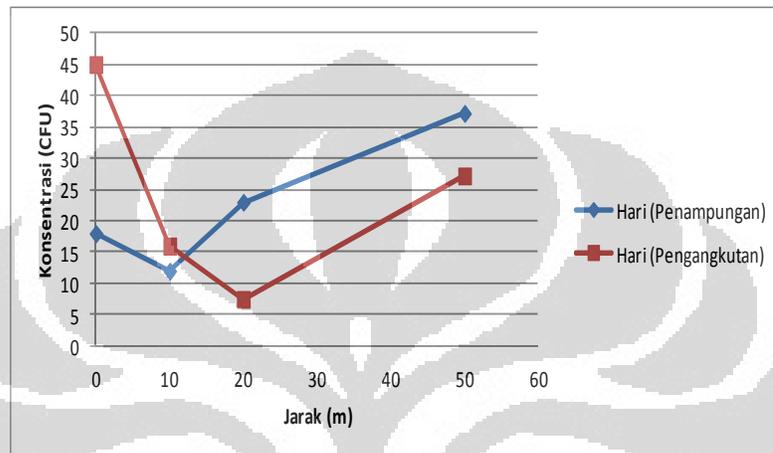
Berdasarkan kedua grafik diatas, konsentrasi bioaerosol memiliki nilai yang tinggi pada jarak yang cukup dekat dengan TPS. Konsentrasi bakteri melebihi 2000 CFU/m³ dan konsentrasi fungi melebihi 4000 CFU/m³ pada TPS Manggarai. Berdasarkan Tabel 5.1, konsentrasi tersebut berada di atas konsentrasi rata-rata pada beberapa kawasan pemukiman di Kelurahan Manggarai dan Bukit Duri. Perbandingan konsentrasi bioaerosol (bakteri dan fungi) pada kota-kota lain di Indonesia belum tersedia data, sehingga berdasarkan digunakan konsentrasi bioaerosol pada perkotaan di Inggris dan Amerika Serikat sebagai pembanding. Berdasarkan Tabel 2.4, konsentrasi bioaerosol hasil pengukuran lebih tinggi dari pada hasil pemeriksaan konsentrasi bioaerosol di pemukiman perkotaan di Inggris

(500 CFU/m³ bakteri, 1200 CFU/m³ fungi); perkotaan di Amerika Serikat (1500 CFU/m³ bakteri, 930 CFU/m³ fungi); dan pedesaan di Amerika Serikat (3204 CFU/m³ bakteri, 8651 CFU/m³ fungi). Pemilahan sampah yang dilakukan secara langsung di area lantai TPS memiliki potensi besar terlepasnya bioaerosol di udara. Hal tersebut disebabkan proses pembongkaran sampah dari gerobak ke lantai TPS sebelum dilakukan pemilahan. Proses tersebut memiliki peran yang cukup besar dalam pelepasan bioaerosol di udara.

Konsentrasi bakteri maupun fungi akan kembali mengalami peningkatan yang cukup tinggi saat proses pengangkutan sampah. Peningkatan konsentrasi kedua parameter tersebut terlihat jelas dalam Gambar 5.5 dan 5.6. Peningkatan konsentrasi berkisar antara 200 CFU/m³ hingga 2000 CFU/m³. Peningkatan konsentrasi yang tinggi tersebut diduga terjadi karena proses pemindahan sampah dari tumpukan sampah ke truk dilakukan dengan cara dilempar secara langsung. Proses pelemparan sampah tersebut menyebabkan potensi terlepasnya bioaerosol di udara menjadi bertambah besar.

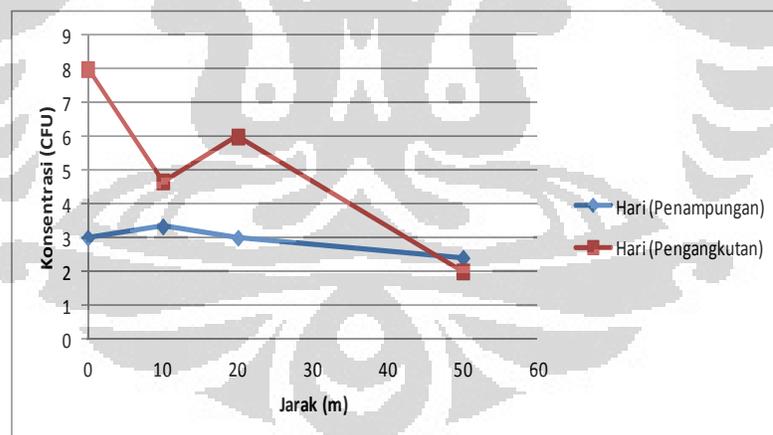
Gambar 5.7 dan 5.8 menggambarkan persebaran konsentrasi bioaerosol TPS Manggarai dengan menggunakan metode *open plate*. Sama seperti TPS Pasar Bukit Duri, kedua grafik tersebut merupakan perbandingan untuk konsentrasi bioaerosol hasil pengukuran dengan metode AIHA. Kedua metode tersebut menunjukkan bahwa semakin jauh jarak suatu lokasi dari TPS, persebaran konsentrasi bakteri dan fungi menunjukkan nilai yang cenderung menurun. Hal ini membuktikan bahwa data yang dihasilkan oleh metode AIHA maupun metode *open plate* memiliki kecenderungan data yang hampir sama dalam mengukur persebaran konsentrasi bioaerosol di TPS Manggarai. Meskipun demikian, metode *open plate* pada pengukuran bakteri memiliki kecenderungan yang berbeda dengan metode AIHA, khususnya pada jarak 10 m hingga 50 m dari TPS. Lokasi TPS Manggarai berdampingan dengan aktivitas bongkar muat barang bekas. Aktivitas tersebut didukung dengan operasional kendaraan besar seperti truk yang sering melintas di sekitar TPS. Aktivitas kendaraan besar seperti truk di sekitar TPS Manggarai yang cukup tinggi diduga merupakan alasan utama peningkatan konsentrasi tersebut. Metode *open plate* sangat rentan terhadap perubahan kecepatan angin secara tiba-tiba saat proses pengambilan sampel sedang

dilakukan. Berdasarkan pemaparan sebelumnya, metode *open plate* memiliki karakteristik yang sangat sensitif terhadap perubahan kondisi udara di sekitarnya sesuai *Mold & Bacteria Consulting Laboratories Inc. (2007)*. Oleh sebab itu, konsentrasi bioaerosol hasil pengukuran dengan metode *open plate* di sekitar area TPS Manggarai dapat dipengaruhi oleh lalu lintas kendaraan berat di sekitarnya.



Gambar 5.7 Persebaran Konsentrasi Bakteri TPS Manggarai (Metode *Open Plate*)

Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 5.8 Persebaran Konsentrasi Fungi TPS Manggarai (Metode *Open Plate*)

Sumber : Hasil Olahan (2012)

5.1.3 Perbandingan TPS Pasar Bukit Duri dan TPS Manggarai

Perbedaan utama yang terlihat dari pola persebaran konsentrasi bioaerosol pada kedua TPS tersebut, adalah bahwa konsentrasi bakteri dan fungi pada TPS Manggarai mengalami penurunan konsentrasi pada jarak 10 m dan kecenderungan

konsentrasi yang stabil pada jarak 20 hingga 50 m (Gambar 5.5 dan 5.6). Sedangkan pada konsentrasi bioaerosol di TPS Pasar Bukit Duri, cenderung masih berada di atas konsentrasi referensi pemukiman (Tabel 2.4 dan 5.1) pada jarak 10 m dari TPS (Gambar 5.2 dan 5.3). Hal ini diduga terjadi karena adanya pepohonan yang cukup rindang di sekitar area TPS Manggarai. Pepohonan merupakan pemecah angin yang dapat menghambat pola penyebaran bioaerosol. Kondisi yang berbeda terdapat di TPS Pasar Bukit Duri, dimana tidak terdapat pepohonan dalam jumlah yang cukup memadai disekitarnya. Oleh sebab itu, pola persebaran konsentrasi bioaerosol TPS Manggarai cenderung lebih stabil setelah jarak 10 m dari TPS.

Perbedaan lainnya adalah konsentrasi bakteri pada TPS Manggarai saat hari penampungan masih berada dalam konsentrasi referensi di kawasan pemukiman. Hal tersebut terjadi karena proses penanganan sampah TPS Manggarai yang sangat berbeda dengan TPS Pasar Bukit Duri. Para pekerja di TPS Manggarai memasukan sampah-sampah yang tidak dipilah ke dalam karung-karung atau plastik dan ditutup dengan rapat. Upaya tersebut sesungguhnya dimaksudkan untuk mengurangi bau yang ditimbulkan dari adanya tumpukan sampah. Namun pengurangan sampah juga dapat mencegah atau mengurangi terlepasnya bioaerosol ke udara ambien di sekitar TPS. Kondisi yang berbeda di TPS Pasar Bukit Duri, dimana kontainer sampah dibiarkan terbuka bebas. Sehingga bioaerosol dapat tersebar bebas ke udara ambien.

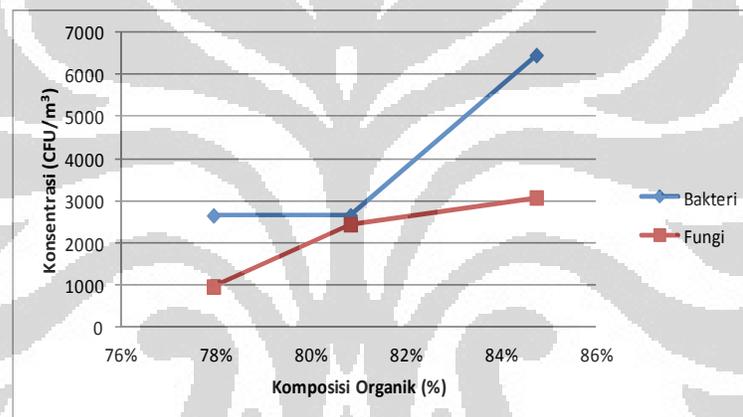
5.2 ANALISIS PENGARUH KOMPOSISI ORGANIK SAMPAH DAN *MOISTURE CONTENT* TERHADAP KONSENTRASI BIOAEROSOL

5.2.1 Komposisi Sampah Organik

Komposisi sampah organik secara tidak langsung merupakan salah satu komponen yang berpengaruh terhadap konsentrasi bioaerosol di udara. Komponen organik sampah dalam suatu TPS akan mengalami proses dekomposisi secara alamiah. Proses dekomposisi tersebut tidak terlepas dari peran bakteri dan fungi yang ada di dalamnya.

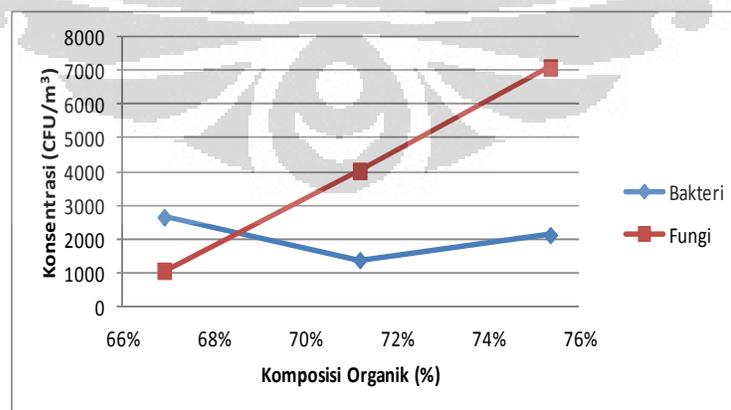
Gambar 5.9 dan 5.10 menggambarkan pengaruh komposisi organik sampah terhadap konsentrasi bioaerosol di udara. Berdasarkan kedua gambar di atas,

terlihat bahwa konsentrasi bioaerosol cenderung mengalami peningkatan sebanding dengan meningkatnya persentase komposisi organik sampah di setiap TPS. Menurut H. Insam dan M. De Bertoldi (2007), proses dekomposisi secara alamiah membutuhkan aktivitas mikroorganisme yang cukup tinggi. Proses dekomposisi alami tersebut merupakan tahap awal proses degradasi sampah organik. Oleh sebab itu, peningkatan konsentrasi ini membuktikan bahwa dekomposisi sampah organik secara alami menjadi salah satu faktor yang meningkatkan konsentrasi bioaerosol di udara. Semakin tinggi komposisi sampah organik dalam suatu TPS maka konsentrasi bioaerosol akan cenderung mengalami peningkatan.



Gambar 5.9 Pengaruh Komposisi Organik Sampah Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri

Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 5.10 Pengaruh Komposisi Organik Sampah Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Sampah yang diukur komposisinya di kedua TPS merupakan sampah yang telah ditampung di TPS selama kurang lebih 2 hari untuk TPS Manggarai dan 1 hari untuk TPS Pasar Bukit Duri. Sampah yang ditampung selama rentang waktu tersebut diperkirakan telah mengalami proses degradasi secara alami. Pengukuran komposisi sampah dilakukan pada hari yang sama setelah proses pengukuran mikroba udara di sekitar TPS. Oleh sebab itu, konsentrasi bioaerosol di udara sekitar TPS merupakan representasi dari komposisi sampah organik di TPS tersebut. Menurut H. Insam dan M. De Bertoldi (2007), proses dekomposisi secara alamiah membutuhkan aktivitas bakteri yang lebih tinggi pada proses awal dekomposisi sampah organik. Setelah beberapa hari proses dekomposisi terjadi, jumlah bakteri akan menurun dan jumlah fungi akan meningkat. Pada TPS Manggarai, jumlah fungi terlihat lebih tinggi dari jumlah bakteri. Hal ini diperkirakan karena sampah yang terdapat di TPS Manggarai telah ditampung selama 2 hari. Lamanya penampungan diperkirakan telah meningkatkan konsentrasi fungi. Sedangkan lama penampungan sampah di TPS Pasar Bukit Duri hanya berkisar 1 hari, sehingga konsentrasi bakteri terlihat lebih tinggi.

Tabel 5.2 dan 5.3 menunjukkan komposisi timbulan sampah di TPS Pasar Bukit Duri dan TPS Manggarai. Berdasarkan data dari kedua tabel di atas terlihat bahwa terjadi perbedaan timbulan sampah organik yang cukup jauh diantara kedua TPS. TPS Pasar Bukit Duri memiliki timbulan sampah antara 1100 kg hingga 1400 kg. Sedangkan TPS Manggarai memiliki timbulan sampah antara 3700 kg hingga 3900 kg. Namun, konsentrasi bioaerosol di kedua TPS memiliki rentang nilai yang relatif sama berkisar antara 1000 CFU/m³ hingga 7000 CFU/m³.

Tabel 5.2 Timbulan Sampah TPS Pasar Bukit Duri

TPS Pasar Bukit Duri	Volume Sampah di Kontainer (m ³)	Timbulan (Kg)	Organik (%)	Organik (Kg)	Konsentrasi Bakteri (CFU/m ³)	Konsentrasi Fungi (CFU/m ³)
Hari 1	7,34	1491,53	78%	1162,69	2650	954
Hari 2	7,94	1524,10	81%	1231,98	2650	2438
Hari 3	8,54	1611,56	85%	1365,73	6466	3074

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Tabel 5.3 Timbulan Sampah TPS Manggarai

TPS Manggarai	Kumulatif Volume Gerobak (m ³)	Kumulatif Volume Kelebihan Muatan (m ³)	Timbulan (m ³)	Timbulan (Kg)	Organik (%)	Organik (Kg)	Timbulan (Kg/org/hari)	Konsentrasi Bakteri (CFU/m ³)	Konsentrasi Fungi (CFU/m ³)
Hari 1	23,384	3,27	26,66	5672,77	67%	3796,07	0,37	2650	1060
Hari 2		2,05	25,43	5452,21	75%	4109,50	0,35	2120	7102
Hari 3		3,39	26,77	5354,94	71%	3812,71	0,35	1378	4028

Sumber : Hasil Olahan (2012)

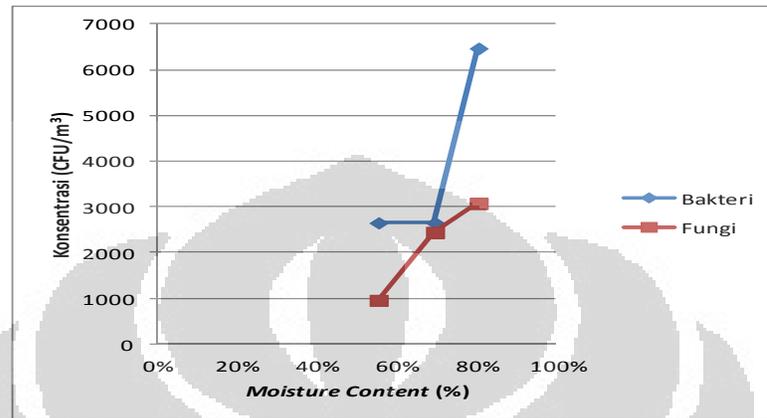
Konsentrasi bioaerosol yang cenderung sama tersebut terjadi karena perbedaan proses penanganan tumpukan sampah di kedua TPS. Sampah di TPS Pasar Bukit Duri tidak mendapat penanganan khusus. Sampah yang telah terpilah dibiarkan terbuka tanpa ditutup terpal dan proses pemilahan dilakukan secara langsung dari atas kontainer. Sedangkan di TPS Manggarai, sampah yang telah terpilah dimasukan dalam karung-karung. Oleh sebab itu, meskipun timbulan sampah di kedua TPS memiliki perbedaan yang cukup besar, konsentrasi bioaerosol di sekitar kedua TPS memiliki nilai yang cenderung sama.

5.2.2 Moisture Content

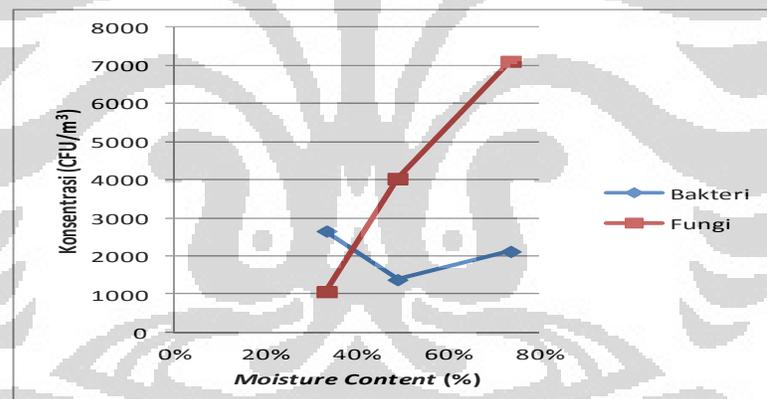
Air merupakan salah satu faktor utama dalam proses metabolisme mikroorganisme. Air membantu proses difusi dan pencernaan. Selain itu, air juga mempengaruhi osmolaritas dan merupakan sumber dari hidrogen dan oksigen yang dibutuhkan selama proses metabolisme. Pertumbuhan suatu fungi ditentukan oleh *water activity* (a_w), yaitu kandungan air dari suatu substrat.

Gambar 5.11 dan 5.12 menggambarkan grafik pengaruh *moisture content* terhadap konsentrasi bioaerosol. Berdasarkan kedua grafik tersebut, terlihat jelas bahwa peningkatan konsentrasi bioaerosol sebanding dengan peningkatan *moisture content* dari sampah. Sampah merupakan substrat atau media bagi tumbuhnya mikroorganisme. Suatu mikroorganisme dapat tumbuh dengan baik apabila kandungan air yang terdapat dalam suatu media tercukupi dengan baik. Menurut Willey, Sherwood, dan Woolverton, mikroorganisme membutuhkan upaya dan kemampuan ekstra untuk dapat bertahan hidup pada suatu habitat yang memiliki *water activity* (a_w) yang cukup rendah. Sebagian mikroorganisme yang

dapat hidup dalam rentang nilai (a_w) yang cukup besar disebut sebagai *osmotolerant microorganism*. Oleh sebab itu, hal tersebut membuktikan bahwa konsentrasi bioaerosol dipengaruhi oleh kadar air dari sampah di suatu TPS.



Gambar 5.11 Pengaruh *Moisture Content* Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri
Sumber : Hasil Olahan (2012)



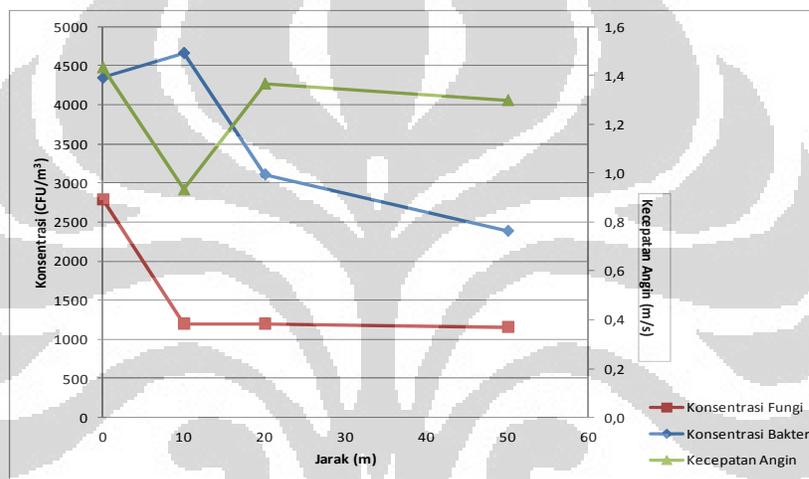
Gambar 5.12 Pengaruh *Moisture Content* Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai
Sumber : Hasil Olahan (2012)

Berdasarkan uji regresi linear hubungan *moisture content* terhadap konsentrasi bioaerosol (Lampiran 12), menghasilkan nilai r^2 sebesar 0,6597 untuk fungi dan 0,5025 untuk bakteri. Berdasarkan Tabel 3.2, nilai tersebut menggambarkan hubungan yang kuat antara konsentrasi fungi dengan *moisture content* sampah. Sedangkan hubungan yang cukup kuat terlihat antara konsentrasi bakteri dengan *moisture content* sampah. Hal ini membuktikan bahwa kandungan air dari sampah sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan fungi.

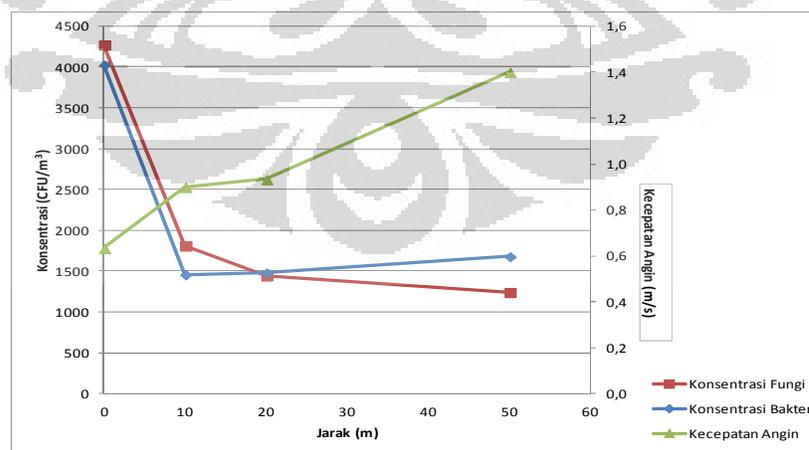
5.3 ANALISIS PENGARUH PARAMETER FISIK UDARA TERHADAP KONSENTRASI BIOAEROSOL

5.3.1 Kecepatan Angin

Kecepatan angin merupakan salah satu parameter fisik udara yang mempengaruhi persebaran bioaerosol di udara (Tchobanoglous et.al., 1985). Angin akan membawa bakteri dan fungi yang terlepas ke udara. Kecepatan angin akan mempengaruhi jangkauan penyebaran suatu polutan dari suatu sumber. Semakin cepat angin maka akan semakin jauh polutan tersebar dari sumbernya.



Gambar 5.13 Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri
Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 5.14 Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai
Sumber : Hasil Olahan (2012)

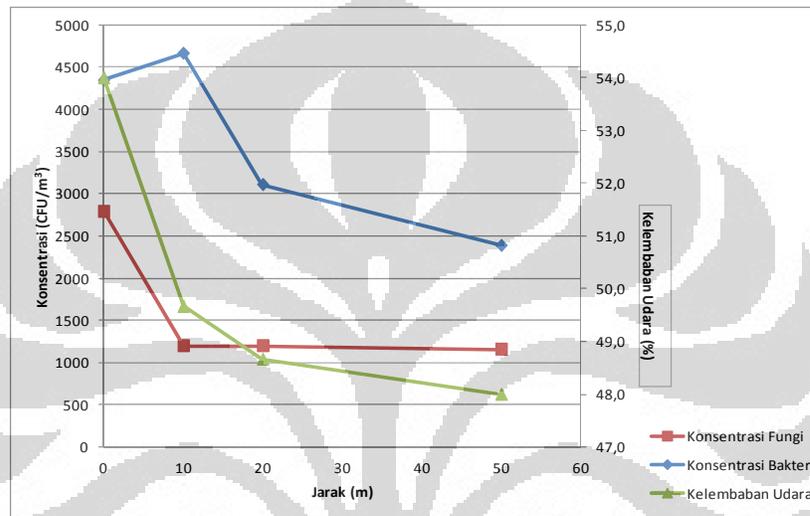
Gambar 5.13 dan 5.14 menggambarkan pengaruh kecepatan angin terhadap konsentrasi bioaerosol di udara. Berdasarkan kedua grafik diatas terlihat jelas bahwa semakin cepat kecepatan angin maka konsentrasi bioaerosol di udara cenderung mengalami penurunan. Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi kecepatan angin maka akan semakin jauh bioaerosol tersebar dari sumbernya. Semakin jauh bioaerosol tersebar, maka akan semakin kecil konsentrasi bioaerosol tersebut dalam suatu tempat. Sedangkan apabila kecepatan angin rendah, maka bioaerosol akan terkonsentrasi dalam suatu area. Akibatnya, konsentrasi bioaerosol akan menjadi cukup tinggi di sekitar area TPS.

Berdasarkan Grafik 5.13, pada jarak 10 m dari TPS Pasar Bukit Duri terdapat penurunan konsentrasi jamur saat kecepatan angin mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena adanya aktivitas lalu lintas di sekitar area pengambilan sampel. Lalu lintas kendaraan yang cukup padat dapat mempengaruhi kecepatan angin sesaat sebelum proses pengambilan sampel dilakukan. Kecepatan angin sesaat akan mempengaruhi turbulensi udara di area pengambilan sampel. Selain itu, laju kendaraan menjadi faktor utama dalam mempengaruhi kecepatan angin di sekitar area TPS Pasar Bukit Duri. Kendaraan yang melaju cukup kencang, merupakan salah satu faktor penyebab perubahan turbulensi udara saat pengambilan sampel dilakukan. Sedangkan pada TPS Manggarai, lalu lintas kendaraan cenderung sangat minim. Sehingga faktor gangguan kecepatan angin sesaat yang terjadi sangat minim.

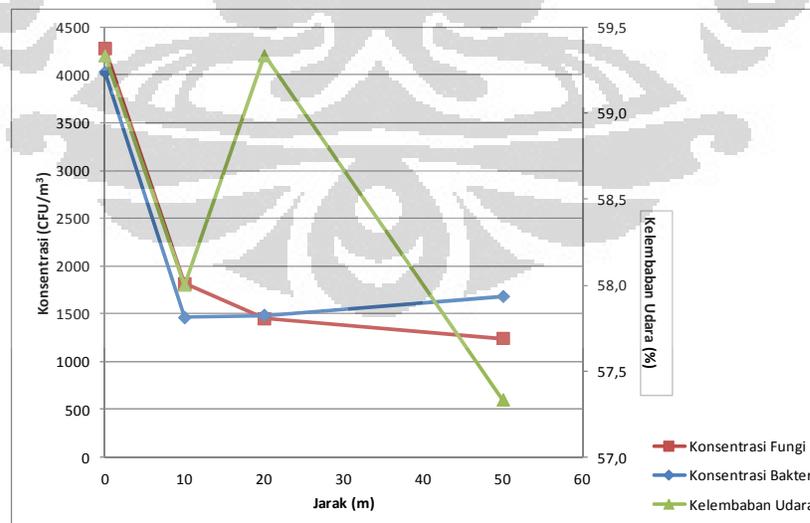
Berdasarkan uji regresi linear hubungan kecepatan angin terhadap konsentrasi bioaerosol (Lampiran 13), menghasilkan nilai r^2 sebesar 0,6766 untuk fungi dan 0,6268 untuk bakteri. Pada uji regresi tersebut, terdapat 2 nilai kecepatan angin yang dieliminasi dalam analisis data karena merupakan data *outlier* (pencilan). Metode eliminasi data pencilan yang digunakan adalah metode grafis. Berdasarkan Tabel 3.2, nilai r^2 tersebut menggambarkan pengaruh yang kecepatan angin yang kuat terhadap persebaran bakteri dan fungi di udara. Kecepatan angin yang tinggi akan menyebarkan bakteri dan fungi lebih jauh dari TPS. Hal ini menunjukkan pengaruh kecepatan angin yang cukup signifikan terhadap persebaran bakteri dan fungi di sekitar TPS.

5.3.2 Kelembaban Udara

Berdasarkan *American Industrial Hygiene Association*, kelembaban udara merupakan salah satu faktor utama dalam pertumbuhan mikroorganisme, khususnya fungi. Pada umumnya, sebagian besar fungi dapat tumbuh pada kondisi lingkungan yang lembab. Selain itu, sebagian bakteri juga tumbuh optimal dalam kelembaban yang cukup tinggi.



Gambar 5.15 Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri
Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 5.16 Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai
Sumber : Hasil Olahan (2012)

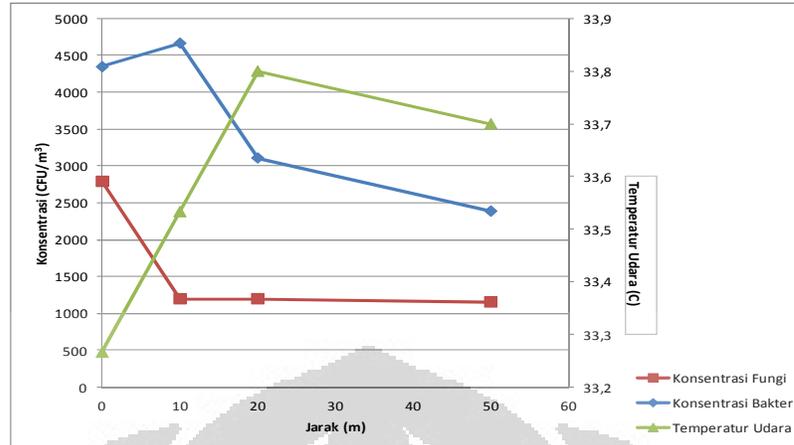
Gambar 5.15 dan 5.16 menggambarkan pengaruh kelembaban udara terhadap konsentrasi bioaerosol di udara. Berdasarkan kedua grafik tersebut terlihat jelas bahwa penurunan kelembaban udara cenderung menurunkan konsentrasi bioaerosol di udara. Hal ini membuktikan bahwa, bakteri dan fungi cenderung bertahan hidup pada kondisi udara yang lembab di udara. Apabila kelembaban meningkat, konsentrasi bioaerosol di udara akan meningkat pula.

Pada Gambar 5.16, pada jarak 20 m dari TPS Manggarai terjadi peningkatan kelembaban udara yang cukup signifikan namun konsentrasi bioaerosol cenderung stabil. Hal ini terjadi karena penurunan konsentrasi yang cukup signifikan telah terjadi pada jarak 10 m dari TPS. Penurunan konsentrasi terjadi karena adanya pemecah angin yaitu pepohonan besar yang terdapat di sekitar area TPS. Akibatnya, pada jarak 20 m dan 50 m konsentrasi bioaerosol telah stabil. Konsentrasi tersebut telah sesuai dengan konsentrasi referensi bioaerosol di daerah pemukiman sekitar TPS, seperti yang tergambar pada Gambar 5.5.

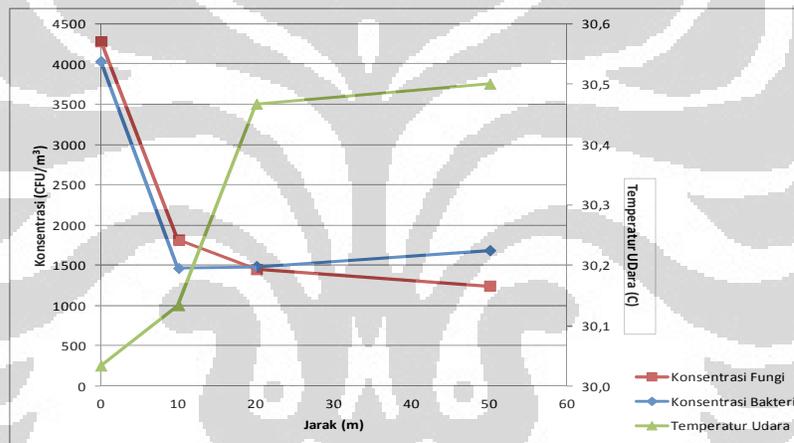
Berdasarkan uji regresi linear hubungan kelembaban udara terhadap konsentrasi bioaerosol (Lampiran 14), menghasilkan nilai r^2 sebesar 0,6435 untuk fungi dan 0,6124 untuk bakteri. Pada uji regresi tersebut, terdapat 2 nilai kelembaban udara yang dieliminasi dalam analisis data karena merupakan data *outlier* (pencilan). Metode eliminasi data pencilan yang digunakan adalah metode grafis. Berdasarkan Tabel 3.2, nilai r^2 tersebut menggambarkan pengaruh yang kelembaban udara yang kuat terhadap konsentrasi bakteri dan fungi di udara. Kelembaban udara merupakan representasi dari uap air yang terkandung di udara. Semakin tinggi kelembaban udara maka akan semakin tinggi uap air di udara. Uap air yang tinggi berperan penting terhadap pertumbuhan bakteri dan fungi di udara. Oleh sebab itu, berdasarkan uji regresi linear, kelembaban udara memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap konsentrasi bioaerosol.

5.3.3 Temperatur Udara

Berdasarkan *American Industrial Hygiene Association*, temperatur adalah faktor fisik yang cukup penting dan mempengaruhi pertumbuhan jamur dan bakteri. Setiap mikroorganisme memiliki kebutuhan temperatur minimum dan optimum yang berbeda-beda.



Gambar 5.17 Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri
Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 5.18 Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai
Sumber : Hasil Olahan (2012)

Gambar 5.17 dan 5.18 menggambarkan pengaruh temperatur udara terhadap konsentrasi bioaerosol di udara. Berdasarkan kedua grafik tersebut terlihat bahwa konsentrasi bioaerosol di udara cenderung mengalami penurunan ketika terjadi peningkatan temperatur udara. Hal tersebut juga menggambarkan bahwa sebagian besar jamur yang hidup adalah jamur mesofilik. Selain itu, peningkatan temperatur udara juga akan menguapkan uap air yang terdapat dalam bioaerosol. Menurut Jemba (2004), pencemar udara mikrobiologis (*bioaerosol*) adalah suspensi partikel koloid padat atau tetesan cairan di udara yang mengandung serbuk sari atau mikroorganisme. Oleh sebab itu, tetesan cairan tersebut menguap

maka mikroorganismenya yang terdapat di dalamnya akan kehilangan media untuk bertahan hidup.

Temperatur merupakan salah satu parameter utama yang membedakan karakteristik jamur dan bakteri. Menurut Willey, Sherwood, dan Woolverton (2007) mikroorganismenya memiliki temperatur minimum, optimum, dan maksimum untuk proses pertumbuhannya. Selain itu, inkubasi untuk pertumbuhan bakteri adalah pada temperatur $\pm 35^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 25^{\circ}\text{C}$ untuk fungi. Hal tersebut menandakan bahwa, bakteri memiliki kecenderungan untuk tumbuh lebih baik pada temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan fungi. Meskipun demikian, sesungguhnya terdapat beberapa fungi termofilik yang dapat tumbuh pada suhu optimum antara $\pm 55^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 65^{\circ}\text{C}$ (Willey et.al, 2008). Berdasarkan hal di atas, terlihat bahwa bakteri cenderung memiliki konsentrasi yang lebih tinggi di TPS Pasar Bukit Duri dibandingkan konsentrasi fungi pada rentang suhu $\pm 33^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 34^{\circ}\text{C}$. Hal tersebut menandakan bahwa sebagian besar bakteri yang hidup di udara sebagai bioaerosol merupakan bakteri termofilik. Hal ini juga sesuai dengan inkubasi bakteri dalam media agar dengan suhu $\pm 35^{\circ}\text{C}$. Sedangkan fungi cenderung tumbuh optimum pada suhu ruangan. Oleh sebab itu, pada suhu di atas $\pm 30^{\circ}\text{C}$, konsentrasi bakteri akan cenderung lebih banyak.

Pada Gambar 5.18, konsentrasi fungi di TPS Manggarai cenderung lebih tinggi dari pada konsentrasi bakteri. Hal ini dimungkinkan karena adanya upaya dari pihak pengelola TPS untuk mengurangi bau yang ditimbulkan dari sampah. Upaya pengelola adalah dengan memasukan sampah organik dan sampah anorganik yang tidak dipilah ke dalam plastik ataupun karung-karung bekas. Upaya tersebut secara tidak langsung berdampak cukup signifikan dalam mengurangi konsentrasi bioaerosol di udara. Selain itu, karung dan plastik yang digunakan akan mengurangi potensi terlepasnya bakteri dan fungi ke udara. Namun demikian, potensi terlepasnya fungi jauh lebih besar dibandingkan dengan bakteri. Fungi memiliki spora yang lebih ringan terbawa oleh angin dibandingkan dengan bakteri. Selain itu saat proses pemasukan sampah ke karung maupun plastik terdapat potensi terlepasnya fungi dalam jumlah yang cukup tinggi. Kedua hal tersebut merupakan penyebab lebih tingginya konsentrasi fungi dibandingkan konsentrasi bakteri pada jarak 0-20 m di sekitar area TPS Manggarai.

Berdasarkan uji regresi linear hubungan kelembaban udara terhadap konsentrasi bioaerosol (Lampiran 15), menghasilkan nilai r^2 sebesar 0,5364 untuk fungi dan 0,6435 untuk bakteri. Pada uji regresi tersebut, terdapat 1 nilai temperatur udara yang dieliminasi dalam analisis data karena merupakan data *outlier* (pencilan). Metode eliminasi data pencilan yang digunakan adalah metode grafis. Berdasarkan Tabel 3.2, nilai r^2 tersebut menggambarkan pengaruh yang temperatur udara yang kuat terhadap konsentrasi bakteri dan pengaruh yang cukup kuat terhadap konsentrasi fungi di udara. Hal tersebut membuktikan bahwa bakteri memiliki kecenderungan tumbuh pada temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan fungi. Oleh sebab itu, uji regresi linear membuktikan adanya pengaruh temperatur terhadap konsentrasi bioaerosol di udara.

5.4 ANALISIS JARAK AMAN TPS TERHADAP PEMUKIMAN

Berdasarkan analisis persebaran konsentrasi bioaerosol dari kedua area TPS, terlihat bahwa konsentrasi bioaerosol memiliki nilai yang tinggi dan berpotensi membahayakan kesehatan para pekerja maupun masyarakat disekitarnya. Bioaerosol berpotensi cukup besar mengganggu saluran pernapasan manusia (Swan et. al, 2003). Konsentrasi di kedua TPS tersebut, jauh melebihi konsentrasi bioaerosol di pemukiman di Kelurahan Bukit Duri dan Manggarai (Tabel 5.1) serta pemukiman perkotaan Inggris dan Amerika Serikat (Tabel 2.4). Hal ini mengindikasikan bahwa TPS merupakan salah satu sumber bioaerosol di udara yang memiliki potensi membahayakan kesehatan masyarakat di sekitarnya.

Pemukiman di Inggris dan Amerika Serikat dijadikan acuan dengan mempertimbangkan metode pengambilan sampel bioaerosol di kedua daerah tersebut. Alat yang digunakan adalah *andersen impaction sampler* (Swan et al., 2003). Alat tersebut merupakan alat yang sama pada penelitian ini yaitu *single stage bioaerosol sampler*. Kedua alat tersebut memiliki kemampuan untuk mengambil sampel udara dengan debit udara sebesar 28,3 l/menit. Debit udara tersebut sesuai dengan alat yang digunakan dalam penelitian ini. Oleh sebab itu, data bioaerosol di pemukiman Amerika Serikat dan Inggris dapat dijadikan pembanding konsentrasi bioaerosol.

Berdasarkan Gambar 5.1, 5.2, 5.5, dan 5.6, konsentrasi bioaerosol di sekitar kedua area TPS pada jarak ≥ 20 m sebanding dengan konsentrasi bioaerosol di pemukiman di Kelurahan Bukit Duri dan Manggarai serta pemukiman perkotaan di Inggris dan Amerika Serikat. Hal tersebut menggambarkan bahwa pada jarak ≥ 20 m dari area TPS, konsentrasi bioaerosol telah memenuhi konsentrasi yang aman bagi masyarakat yang bermukim disekitarnya.

Rentang jarak aman TPS dapat diperkecil apabila terdapat rekayasa khusus yang digunakan untuk mengurangi persebaran konsentrasi bioaerosol di udara. Hal ini dibuktikan bahwa konsentrasi bioaerosol telah menurun cukup jauh pada jarak ≥ 10 m di sekitar area TPS Manggarai. Petugas TPS Manggarai memasukan sampah yang telah terpilah ke dalam kantong plastik ataupun karung-karung. Upaya ini merupakan salah satu bentuk rekayasa untuk mengurangi persebaran bioaerosol di sekitar area TPS. Selain itu, pepohonan juga berperan cukup penting untuk mengurangi konsentrasi bioaerosol di udara. Peran pepohonan sebagai *wind breaking*, berperan penting dalam membatasi dispersi bioaerosol di udara. Dengan adanya pepohonan, bioaerosol tidak tersebar cukup jauh dari area TPS manggarai. Pada jarak tertentu, konsentrasi bioaerosol telah sebanding dengan konsentrasi referensi di kawasan pemukiman. Oleh sebab itu, jarak aman suatu TPS terhadap pemukiman warga tidak hanya ditentukan oleh komposisi organik dan parameter fisik udara saja, melainkan juga adanya penanganan khusus terhadap sampah maupun lokasi TPS.

BAB 6

PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Persebaran konsentrasi bioaerosol di sekitar area TPS Pasar Bukit Duri selama proses penimbunan sampah memiliki rentang konsentrasi sebesar 1000 CFU/m³ hingga 4000 CFU/m³, untuk bakteri dan 500 CFU/m³ hingga 2500 CFU/m³, untuk fungi. Sedangkan persebaran konsentrasi bioaerosol di sekitar area TPS Pasar Bukit Duri selama proses pengangkutan sampah memiliki rentang konsentrasi sebesar 2000 CFU/m³ hingga 5000 CFU/m³, untuk bakteri dan 1000 CFU/m³ hingga 3000 CFU/m³, untuk fungi. Persebaran konsentrasi bioaerosol di sekitar area TPS Manggarai selama proses penimbunan sampah memiliki rentang konsentrasi sebesar 500 CFU/m³ hingga 2000 CFU/m³, untuk bakteri dan 1000 CFU/m³ hingga 4000 CFU/m³, untuk fungi. Sedangkan persebaran konsentrasi bioaerosol di sekitar area TPS Manggarai selama proses pengangkutan sampah memiliki rentang konsentrasi sebesar 1500 CFU/m³ hingga 4000 CFU/m³, untuk bakteri dan 1000 CFU/m³ hingga 4500 CFU/m³, untuk fungi.
2. Semakin tinggi komposisi organik sampah dalam suatu TPS maka konsentrasi bioaerosol di dalam dan sekitar area TPS akan semakin tinggi.
3. Persebaran konsentrasi bioaerosol di udara dipengaruhi oleh kecepatan angin, temperatur udara, dan kelembaban udara. Kecepatan angin merupakan faktor yang paling dominan terhadap persebaran bioaerosol di sekitar area TPS. Semakin tinggi kecepatan angin di sekitar area TPS maka bioaerosol akan terdispersi dalam area yang lebih luas, sehingga konsentrasi yang terkonsentrasi disekitarnya akan semakin kecil. Bakteri akan cenderung tumbuh lebih baik pada temperatur udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan fungi. Selain itu, kelembaban udara yang tinggi akan membantu proses pertumbuhan bakteri dan fungi.

4. Jarak aman TPS dari pemukiman warga adalah minimum 20 m dari TPS. Jarak aman tersebut dapat berkurang menjadi minimum 10 m dari TPS apabila terdapat rekayasa teknik dan penanganan sampah secara khusus untuk memperkecil persebaran konsentrasi bioaerosol.

6.2 SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam penelitian ini, maka beberapa saran yang dapat diberikan diantaranya sebagai berikut:

1. Konsentrasi bioaerosol di sekitar TPS dapat diperkecil dengan beberapa rekayasa teknik. Rekayasa yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi bioaerosol di dalam dan sekitar area TPS, yaitu:
 - Menutup kontainer dengan terpal setelah proses pembuangan sampah dilakukan, sehingga dapat mengurangi potensi terlepasnya bioaerosol ke udara. Selama proses penutupan, optimalisasi pemadatan sampah di kontainer dilakukan secara berkala setiap harinya, misalnya setelah proses pembuangan sampah dari pasar berakhir pada siang hari, sehingga saat proses pengangkutan dilakukan, sampah tidak lagi diaduk secara menyeluruh yang justru memperbesar potensi terlepasnya bioaerosol ke udara.
 - Penambahan dinding atau pepohonan pada bangunan dan area sekitar TPS yang berfungsi sebagai *wind breaking*. Pepohonan sudah terbukti mampu mengurangi dispersi bioaerosol disekitar area TPS Manggarai. Konsentrasi bioaerosol di sekitar TPS Manggarai menurun cukup jauh di jarak 10 m dari area TPS.
2. Konsentrasi bioaerosol di sekitar TPS juga dapat diperkecil dengan beberapa upaya operasional penanganan sampah di TPS. Upaya operasional penanganan sampah yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi bioaerosol di dalam dan sekitar area TPS, yaitu:
 - Penggunaan karung maupun kantung plastik sehingga dapat mengurangi potensi terlepasnya bioaerosol ke udara.
 - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) kepada para pekerja di TPS. APD berupa masker dan sarung tangan akan sangat bermanfaat untuk

mengurangi resiko paparan bioaerosol yang dihasilkan dari dekomposisi timbunan sampah organik di TPS.

3. Perlunya dilakukan evaluasi terhadap keberadaan TPS di DKI Jakarta, khususnya TPS yang berlokasi cukup dekat dengan pemukiman warga, dengan mempertimbangkan jarak aman terhadap dispersi bioaerosol yang berasal dari sampah di TPS.
4. Penelitian dapat dikembangkan dengan mengamati variabel perbedaan musim untuk melihat perbedaan konsentrasi bioaerosol di dalam dan sekitar area TPS.
5. Pada penelitian selanjutnya, metode *open plate* disarankan untuk tidak digunakan apabila lokasi sampling sangat rentan terhadap gangguan dari faktor luar seperti lalu lintas yang cukup tinggi yang akan mempengaruhi kecepatan angin sesaat sebelum pengambilan sampel dilakukan. Metode *open plate* disarankan hanya digunakan pada lokasi sampling dengan udara yang stabil.

DAFTAR REFERENSI

- American Industrial Hygiene Association (AIHA). (2005). *Field guide for the determination of biological contaminants in environmental samples*.
- American Standard Testing and Material D 5231-92. *Standard test method for determination of the composition of unprocessed municipal solid waste*
- Andari G. S. B., Evy Novita, dan Ika Putri. (2011) Microbial Indoor Air Quality Associated with Homemade Composting Process. *International Journal of Applied Engineering Research Volume 6*, 12, 1431-1436.
- Diaz L.F., Bertoldi M. de, Bidlingmaier W. (2007). Microbiology of the composting process. In H. Insam and M. de Bertoldi (Ed.). *Compost science and technology*. Elsevier Science.
- Herr C.E.W. et al. (2003). Effect of bioaerosol polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. *Occupational and Environmental Medicine*, 60, 336-342.
- Jjemba, Patrick K. (2004). *Environmental microbiology principles and applications*. New Hampshire: Science Publisher.
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 261/MENKES/SK/II/1998 Tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia.
- McDow, Stephen R., David J. Tollerud. (2003). *Outdoor air pollution*. Philadelphia: Mosby.
- Mold and Bacteria Consulting Laboratories. (2007). *Taking air samples for mold testing: settle plate method*. March 6, 2011.
<http://www.moldbacteriaconsulting.com>
- Neumann, H.D. et.al. (2002). Bioaerosol exposure during refuse collection: results of field studies in the real-life situation. *The Science of The Total Environment*, 293, 219-231.
- Peavy, Howard S., Donald R. Rowe, dan Tchobanoglous G.. (1985). *Environmental Engineering*. New York: McGraw-Hill Inc.

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999. Tentang Pengendalian Pencemaran Udara
- Pollard, S.J.T. et.al. (2006). Bioaerosol releases from compost facilities: evaluating passive and active source terms at green waste facility for improved risk assesment. *Atmospheric Environment*, 40, 1159-1169.
- Presscott, Harley, and dan Klein's. (2008). *Prescott, Harley, and Klein's microbiology* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Inc.
- Standar Nasional Indonesia Nomor 19-3964. (1994). Tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan.
- Standar Nasional Indonesia Nomor 3242. (2008). Tentang Pengelolaan Sampah di Pemukiman
- Swan, J.R.M. et.al. (2003). *Occupational and Environmental Exposure to Bioaerosols from Compost and Potential Health Effects A Critical Review of Published Data*. Prepared by The Composting Association and Health and Safety Laboratory for The Health and Safety Executive.
- Tchobanoglous G., Theisen H., dan Vigil S. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Tsai, FC, Macher JM, dan Y-Y Hung. (2002). *Concentration of Airbone Bacteria in 100 U.S. Office Buildings*. Proceedings: Indoor Air of California Environmental Protection Agency.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008. Tentang Pengelolaan Sampah

LAMPIRAN 1

Prosedur Pengukuran Komposisi Sampah

Alat :

- Kotak kayu dengan kapasitas $0,125 \text{ m}^3$, dan berdimensi $0,5 \times 0,5 \times 0,5 \text{ m}^3$.
- Sekop
- Terpal/plastik besar sebagai alas saat pemilahan
- Wadah sampel yang telah dipilah
- Timbangan untuk mengukur berat sampel
- Sarung tangan

Cara Kerja :

- Kotak kayu ($0,125 \text{ m}^3$) ditimbang dan dicatat beratnya (W_0).
- Sampel sampah diambil dari tiap gerobak sampah secara acak berdasarkan jumlah gerobak sampah yang terdapat di TPS.
- Selama proses pengisian, kotak diguncang-guncang sebanyak tiga kali.
- Setelah penuh, sampel tersebut kemudian ditimbang dan dicatat beratnya (W_1).
- Sampel kemudian dituang diatas terpal/plastik besar lalu dipilah berdasarkan jenisnya, yaitu: organik dan non-organik.
- Setiap jenis sampah yang dipilah kemudian ditimbang dan masing-masing dicatat beratnya.

LAMPIRAN 2**Prosedur Pengukuran *Moisture Content* Sampah**

Alat :

- Kotak kayu dengan kapasitas 0,125 m³, dan berdimensi 0,5 x 0,5 x 0,5 m³.
- Sekop
- Cawan
- Timbangan untuk mengukur berat sampel
- Oven

Cara Kerja :

- Sampel hasil pengukuran komposisi sampah dicampur kembali ke dalam kotak kayu.
- Sampel tersebut dibagi dalam 4 bagian.
- Setiap bagian diambil masing-masing kurang lebih sebanyak satu sekop.
- Setiap bagian dicampur kembali.
- Sampel yang telah tercampur dibagi kembali ke dalam 4 bagian.
- Salah satu bagian diambil dan dipisahkan dengan berat kurang lebih 500 gr.
- Cawan dengan suhu 105⁰C dipanaskan selama 3 jam.
- Selanjutnya cawan tersebut dimasukan ke desikator selama 30 menit.
- Berat kosong cawan ditimbang dan menambahkan sampel ke dalam cawan.
- Cawan berisi sampel dipanaskan dengan suhu 105⁰C selama 3 jam.
- Cawan dimasukan kembali ke desikator selama 30 menit.
- Cawan berisi sampel ditimbang.

LAMPIRAN 3**Prosedur Pengukuran Mikrobiologi Udara TPS**

Alat dan Bahan :

- EMS E6 *Bioaerosol sampel*
- Pompa vakum
- Stopwatch
- Cawan petri
- Inkubator
- Media agar MEA (Malt Extract Agar)
- Media agar TSA (Tryptic Soy Agar)
- Chlorampenicol (Antibiotik)
- Alkohol 70%

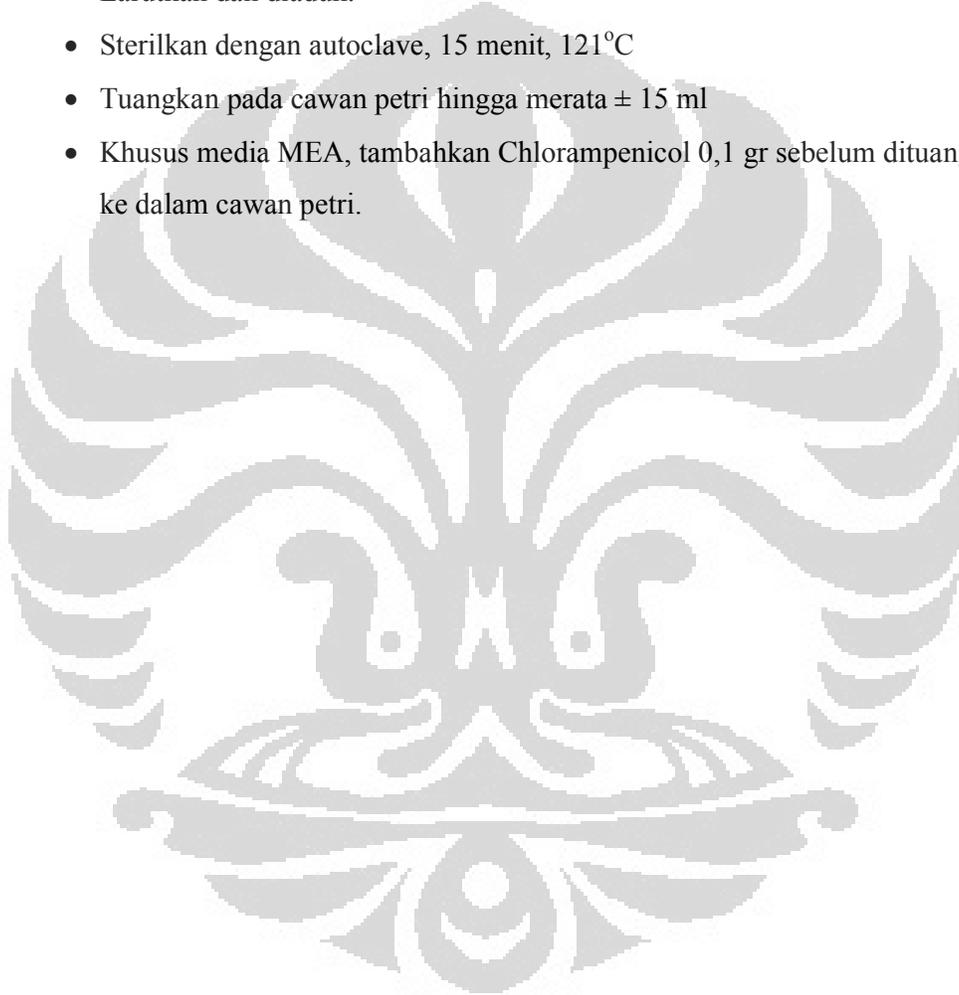
Cara Kerja :

- Bersihkan tangan dan alat dengan alkohol atau larutan anti bakteri untuk menghindari kontaminasi.
- Pasang EMS E6 *Bioaerosol sampler* pada pompa vakum.
- Kalibrasi pompa vakum menjadi 28,3 liter per menit (LPM).
- Buka inlet cone pada EMS sampler dan masukkan cawan petri berisi media agar yang telah terbuka lalu tutup kembali EMS *sampler*.
- Nyalakan pompa vakum selama 0,05 – 3 menit (berdasarkan jarak dari sumber timbulan sampah). Semakin dekat jarak, maka akan semakin singkat waktu pengambilan sampel.
- Pengambilan sampel dilakukan searah dengan arah angin sesaat pada proses pengambilan sampel dilakukan.
- Keluarkan cawan petri dari EMS sampler, tutup cawan dan inkubasikan sesuai waktu yang ditentukan.
- Inkubasi untuk fungi pada suhu ruangan ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) selama 3 hari.
- Inkubasi untuk bakteri pada suhu ($\pm 35^{\circ}\text{C}$) selama 2 hari

(lanjutan)

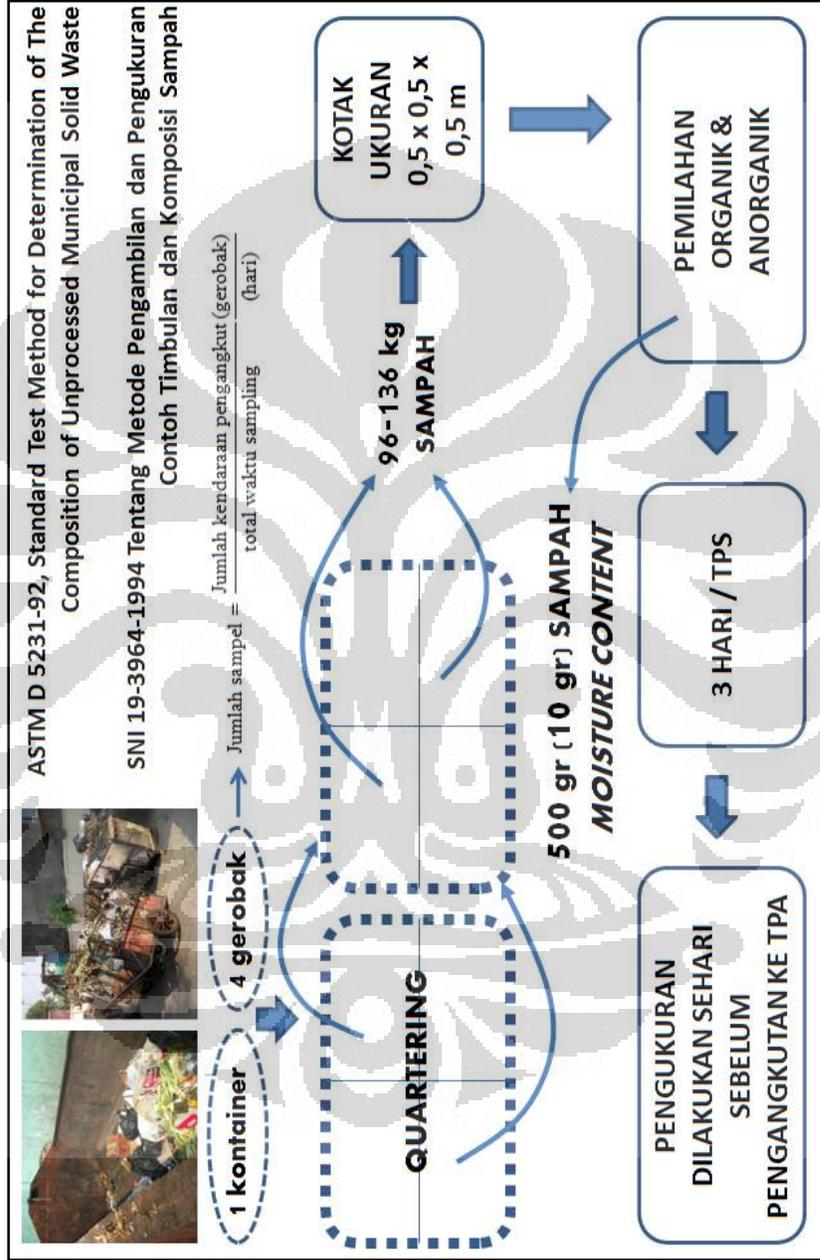
Cara Pembuatan Media Agar :

- Timbang 40 gram, dilarutkan dalam 1 liter air suling panas untuk TSA.
- Timbang 50 gram, dilarutkan dalam 1 liter air suling panas untuk MEA.
- Larutkan dan diaduk.
- Sterilkan dengan autoclave, 15 menit, 121°C
- Tuangkan pada cawan petri hingga merata \pm 15 ml
- Khusus media MEA, tambahkan Chloramphenicol 0,1 gr sebelum dituangkan ke dalam cawan petri.



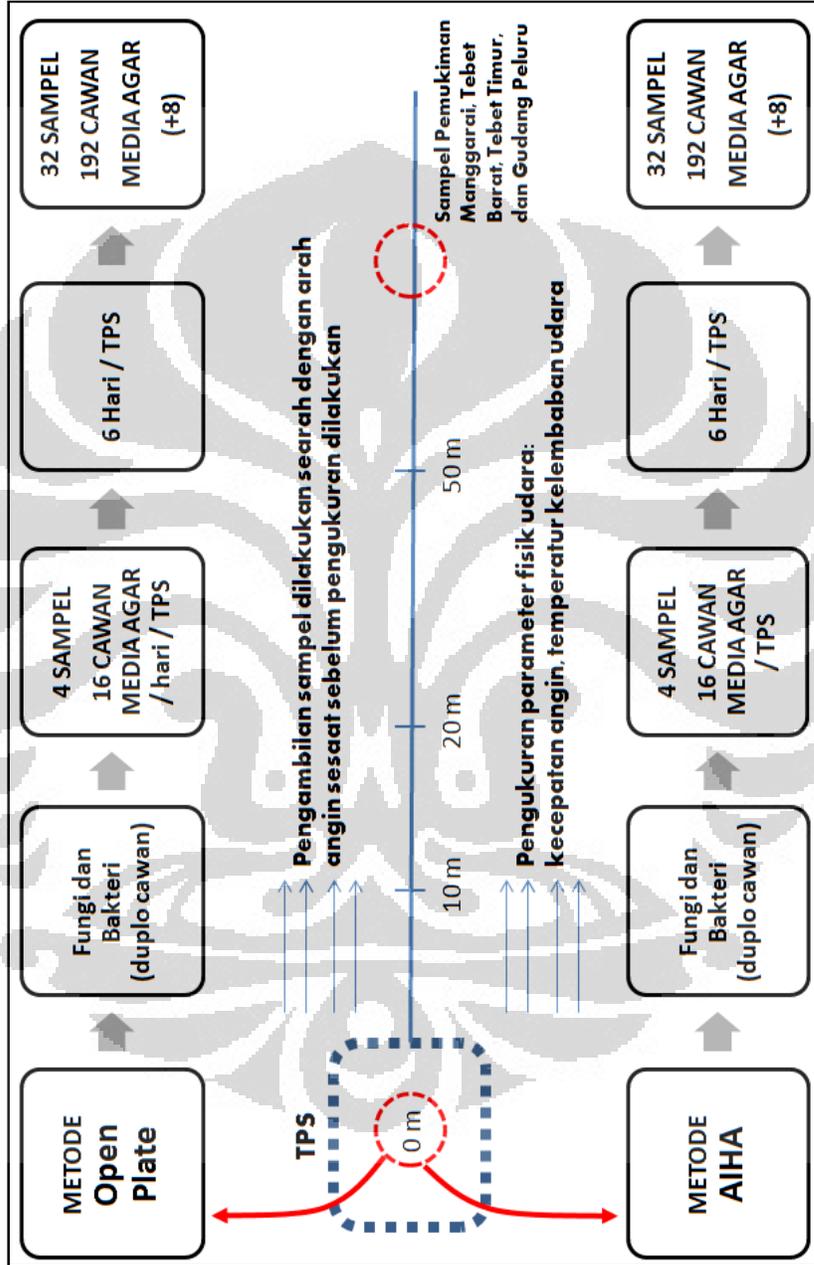
LAMPIRAN 4

Skema Pengukuran Komposisi dan Moisture Content Sampah



LAMPIRAN 5

Skema Pengukuran Mikrobiologi Udara



LAMPIRAN 6

Perhitungan Konsentrasi Bioaerosol TPS Pasar Bukit Duri

TPS PASAR BUKIT DURI	0 m		10 m		20 m		50 m	
	10		15		20		25	
	B	F	B	F	B	F	B	F
Hari 1	11	3	11	2	24	3	16	8
	14	6	12	0	20	1	22	18
Hari 2 (Angkut)	12	4	11	4	20	5	24	22
	18	10	15	5	26	15	26	20
Hari 3	11	8	32	14	13	3	10	7
	14	15	20	7	27	11	12	1
Hari 4 (Angkut)	26	17	32	12	6	13	33	8
	20	34	42	26	36	17	24	22
Hari 5	15	12	30	11	15	16	20	5
	46	17	62	16	15	6	25	12
Hari 6 (Angkut)	1	8	42	3	50	9	34	8
	46	6	56	1	38	9	28	2

TPS PASAR BUKIT DURI	0 m		10 m		20 m		50 m	
	CFU/m ³							
	B	F	B	F	B	F	B	F
Hari 1	2650	954	1625	141	2332	212	1611	1102
Hari 2 (Angkut)	3180	1484	1837	636	2438	1060	2120	1781
Hari 3	2650	2438	3675	1484	2120	742	933	339
Hari 4 (Angkut)	4876	5406	5230	2686	2226	1590	2417	1272
Hari 5	6466	3074	6502	1908	1590	1166	1908	721
Hari 6 (Angkut)	4982	1484	6926	283	4664	954	2629	424
Hari (Penampungan)	3922	2155	3934	1178	2014	707	1484	721
Hari (Pgangkutan)	4346	2792	4664	1201	3110	1201	2389	1159

LAMPIRAN 7

Perhitungan Konsentrasi Bioaerosol TPS Manggarai

TPS MANGGARAI	0 m		10 m		20 m		50 m	
	10		15		20		25	
	B	F	B	F	B	F	B	F
Hari 1	10	8	6	1	4	11	3	5
	15	2	4	10	8	5	12	4
Hari 2 (Angkut)	18	10	18	12	6	14	8	7
	12	3	16	6	40	16	16	8
Hari 3	16	31	16	17	13	18	10	20
	4	36	18	1	20	22	14	16
Hari 4 (Angkut)	22	17	16	28	5	20	12	10
	20	60	2	21	16	26	26	36
Hari 5	8	26	13	1	18	9	16	20
	5	12	8	16	4	19	4	18
Hari 6 (Angkut)	14	16	3	4	15	9	45	14
	28	15	7	6	18	7	12	13

TPS MANGGARAI	0 m		10 m		20 m		50 m	
	CFU/m ³							
	B	F	B	F	B	F	B	F
Hari 1	2650	1060	707	777	636	848	636	382
Hari 2 (Angkut)	3180	1378	2403	1272	2438	1590	1018	636
Hari 3	2120	7102	2403	1272	1749	2120	1018	1527
Hari 4 (Angkut)	4452	8163	1272	3463	265	1908	1611	1951
Hari 5	1378	4028	1484	1201	1166	1484	848	1611
Hari 6 (Angkut)	4452	3286	707	707	1749	848	2417	1145
Hari (Penampungan)	2049	4064	1531	1084	1184	1484	834	1173
Hari (Pengangkutan)	4028	4276	1461	1814	1484	1449	1682	1244

LAMPIRAN 8

Perhitungan Timbunan dan Komposisi Sampah TPS Pasar Bukit Duri

KOMPOSISI SAMPAH TPS PASAR BUKIT DURI	Selasa 17/01/2012					Selasa 31/01/2012					Senin 06/02/2012							
	BOBOT KOSONG KONTAINER (kg)	BOBOT SAMPAH + KONTAINER (kg)	BOBOT MATERIAL (kg)	BERAT TOTAL (kg)	VOLUME (m ³)	BERAT JENIS (kg/m ³)	BOBOT KOSONG KONTAINER (kg)	BOBOT SAMPAH + KONTAINER (kg)	BOBOT MATERIAL (kg)	BERAT TOTAL (kg)	VOLUME (m ³)	BERAT JENIS (kg/m ³)	BOBOT KOSONG KONTAINER (kg)	BOBOT SAMPAH + KONTAINER (kg)	BOBOT MATERIAL (kg)	BERAT TOTAL (kg)	VOLUME (m ³)	BERAT JENIS (kg/m ³)
GABUNGAN 1	3	26	23				3	26	23			3	24	21				
GABUNGAN 2	3	29	26				3	29	26			3	30	27				
GABUNGAN 3	3	29	26	127	0,625	203,20	3	26	23	120	0,625	3	27	24	118	0,625	188,80	
GABUNGAN 4	3	28	25				3	26	23			3	26	23				
GABUNGAN 5	3	30	27				3	28	25			3	26	23				
ORGANIK				78%						81%						85%		
ORGANIK 1	3	39	34				3	34	34			3	38	34				
ORGANIK 2	3	38	35	99			3	36	33	97		3	36	33	100			
ORGANIK 3	3	33	30				3	33	30			3	36	33				
NON ORGANIK				22%						19%						15%		
NON ORGANIK 1	3	16	13	28			3	13	10	23		3	14	11	18			
NON ORGANIK 2	3	18	15				3	16	13			3	10	7				
MOISTURE				55%						69%						80%		
MOISTURE CONTENT 1				53%						74%						76%		
MOISTURE CONTENT 2				58%						65%						85%		

LAMPIRAN 9

Perhitungan Timbulan Dan Komposisi Sampah TPS Manggarai

KOMPOSISI SAMPAH TPS MANGGARAI	Senin 16/01/2012					Senin 30/01/2012					Senin 6/02/2012							
	BOBOT KOSONG KONTAINER (kg)	BOBOT SAMPAH + KONTAINER (kg)	BOBOT MATERIAL (kg)	BERAT TOTAL (kg)	VOLUME (m ³)	BERAT JENIS (kg/m ³)	BOBOT KOSONG KONTAINER (kg)	BOBOT SAMPAH + KONTAINER (kg)	BOBOT MATERIAL (kg)	BERATTOTAL (kg)	VOLUME (m ³)	BERAT JENIS (kg/m ³)	BOBOT KOSONG KONTAINER (kg)	BOBOT SAMPAH + KONTAINER (kg)	BOBOT MATERIAL (kg)	BERAT TOTAL (kg)	VOLUME (m ³)	BERAT JENIS (kg/m ³)
GABUNGAN 1	3	26	23				3	33	30			3	30	27				
GABUNGAN 2	3	31	28				3	30	27			3	26	23				
GABUNGAN 3	3	32	29	133	0,625	213	3	28	25	134	0,625	3	30	27	125	0,625	200,0	
GABUNGAN 4	3	31	28				3	28	25			3	28	25				
GABUNGAN 5	3	28	25				3	30	27			3	26	23				
ORGANIK	67%					75%					71%							
ORGANIK 1	3	30	27				3	36	33			3	34	31				
ORGANIK 2	3	33	30	88			3	38	35	101		3	32	29	89			
ORGANIK 3	3	35	32				3	36	33			3	32	29				
NON ORGANIK	33%					27%					29%							
NON ORGANIK 1	3	24	21	44			3	20	17	36		3	20	17	36			
NON ORGANIK 2	3	26	23				3	22	19			3	22	19				
MOISTURE	33%					74%					49%							
MOISTURE CONTENT 1	27%					75%					50%							
MOISTURE CONTENT 2	40%					73%					48%							

LAMPIRAN 10
Hasil Pengukuran Parameter Fisik Udara TPS Pasar Bukit Duri

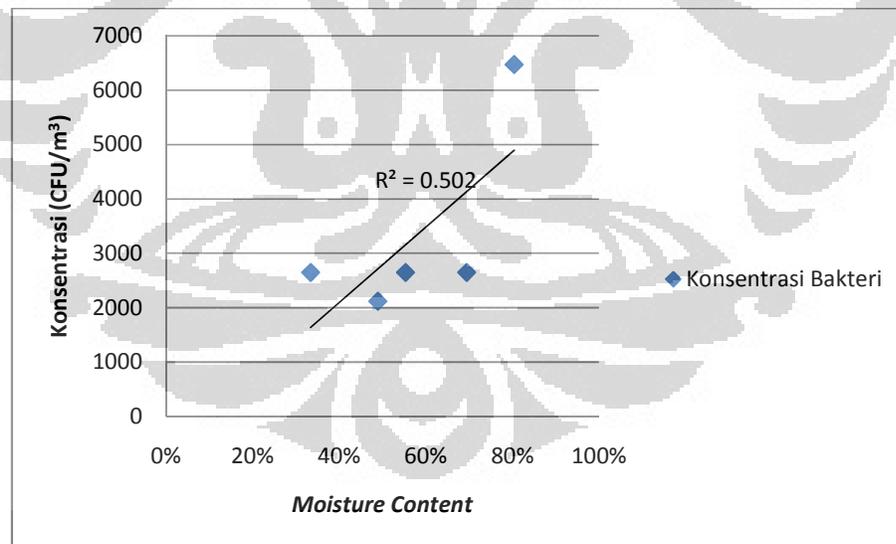
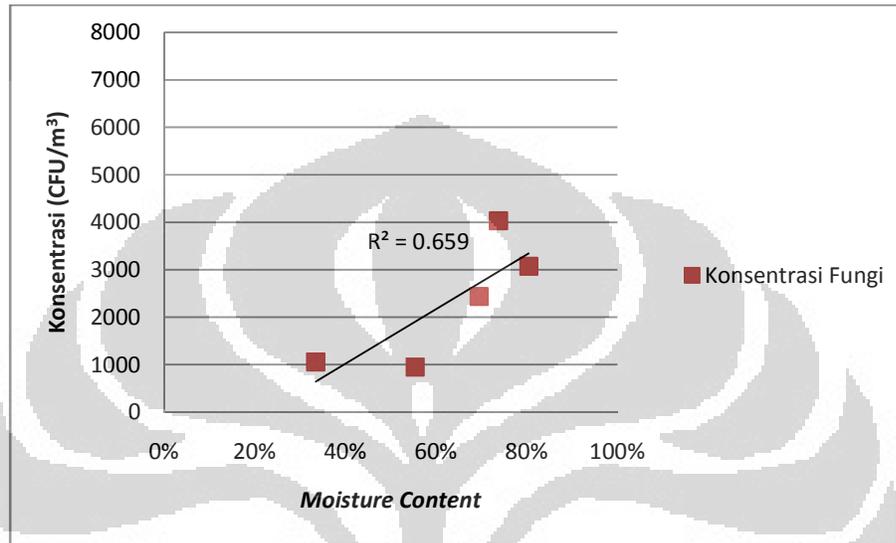
TPS PASAR BUKIT DURI	0 m			10 m			20 m			50 m		
	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Udara (%)	Temperatur Udara (C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Udara (%)	Temperatur Udara (C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Udara (%)	Temperatur Udara (C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Udara (%)	Temperatur Udara (C)
Hari 1	1,2	50	33	1	48	33,3	1,5	48	34	2,5	50	34,2
Hari 2 (Angkut)	2,3	53	33,2	0,6	42	34,4	1,3	44	34,6	1,2	44	34,4
Hari 3	1	62	31	1,4	60	32	1,6	59	32,5	2,4	58	33,2
Hari 4 (Angkut)	1	61	32,6	0,8	60	33,4	1,4	55	32,8	0,9	54	33,2
Hari 5	1	63	30	1	62	30	1,3	63	30,5	1,2	63	30,5
Hari 6 (Angkut)	1	48	34	1,4	47	32,8	1,4	47	34	1,8	46	33,5
Hari (Penampungan)	1,1	58,3	31,3	1,1	56,7	31,8	1,5	56,7	32,3	2,0	57,0	32,6
Hari (Pgangkutan)	1,4	54,0	33,3	0,9	49,7	33,5	1,4	48,7	33,8	1,3	48,0	33,7

LAMPIRAN II

Hasil Pengukuran Parameter Fisik Udara TPS Manggarai

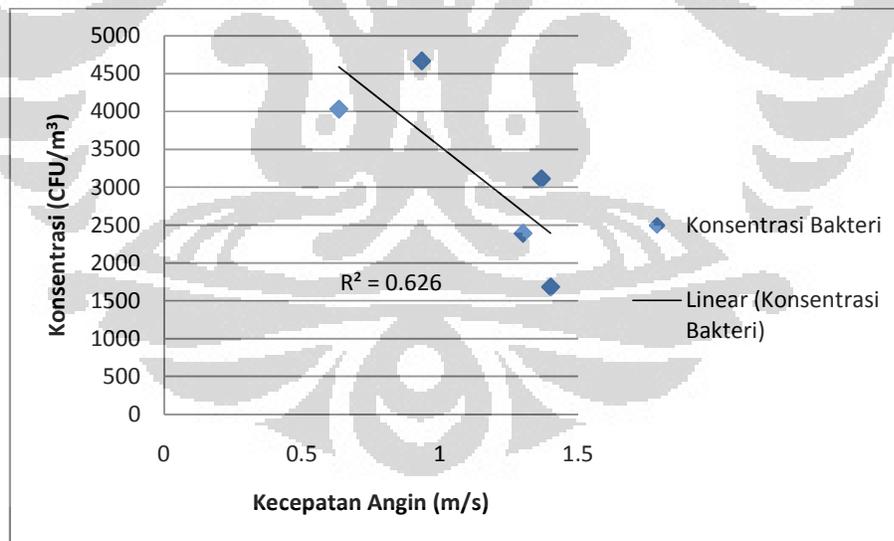
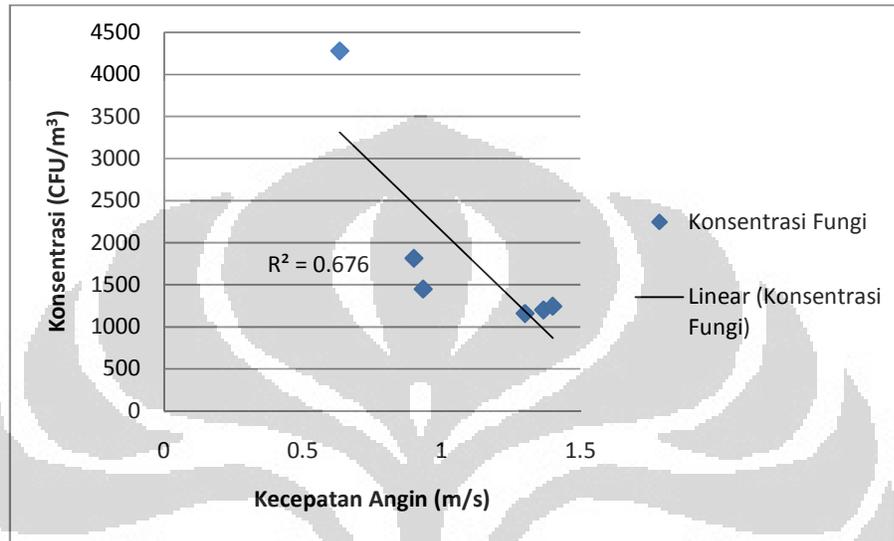
TPS MANGGARAI	0 m			10 m			20 m			50 m		
	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Udara (%)	Temperatur Udara (C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Udara (%)	Temperatur Udara (C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Udara (%)	Temperatur Udara (C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembaban Udara (%)	Temperatur Udara (C)
Hari 1	1	50	36	0,7	44	37	1	46	36,4	0,4	48	36,8
Hari 2 (Angkut)	1,1	55	33,4	1,3	50	33	1	52	33,7	1,7	48	34
Hari 3	0,4	74	28,5	0,1	70	28,8	0,6	67	30,5	0,5	64	32,5
Hari 4 (Angkut)	0,6	65	26,5	1	66	27,5	1	67	27,7	1,5	65	28
Hari 5	0,6	65	27	0,2	65	26,8	0,4	67	27,4	0,4	68	28
Hari 6 (Angkut)	0,2	58	30,2	0,4	58	29,9	0,8	59	30	1	59	29,5
Hari (Penampungan)	0,7	63,0	30,5	0,3	59,7	30,9	0,7	60,0	31,4	0,4	60,0	32,4
Hari (Pgangkutan)	0,6	59,3	30,0	0,9	58,0	30,1	0,9	59,3	30,5	1,4	57,3	30,5

LAMPIRAN 12

Hasil Uji Regresi Linear *Moisture Content* Terhadap Konsentrasi Bioaerosol

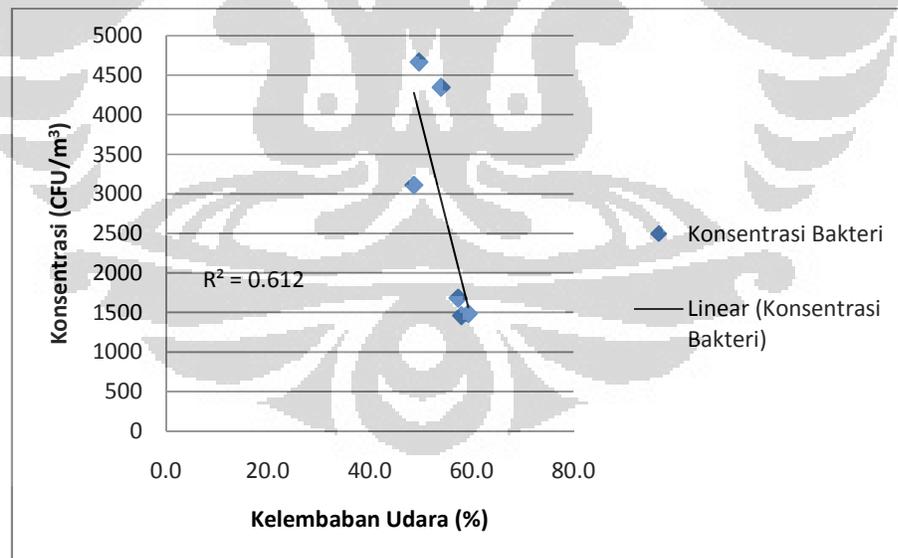
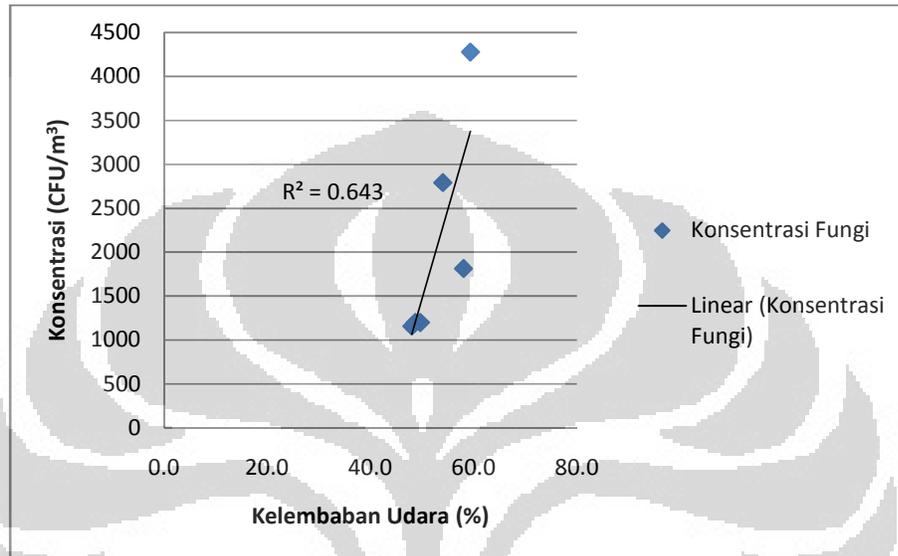
LAMPIRAN 13

Hasil Uji Regresi Linear Kecepatan Angin Terhadap Konsentrasi Bioaerosol



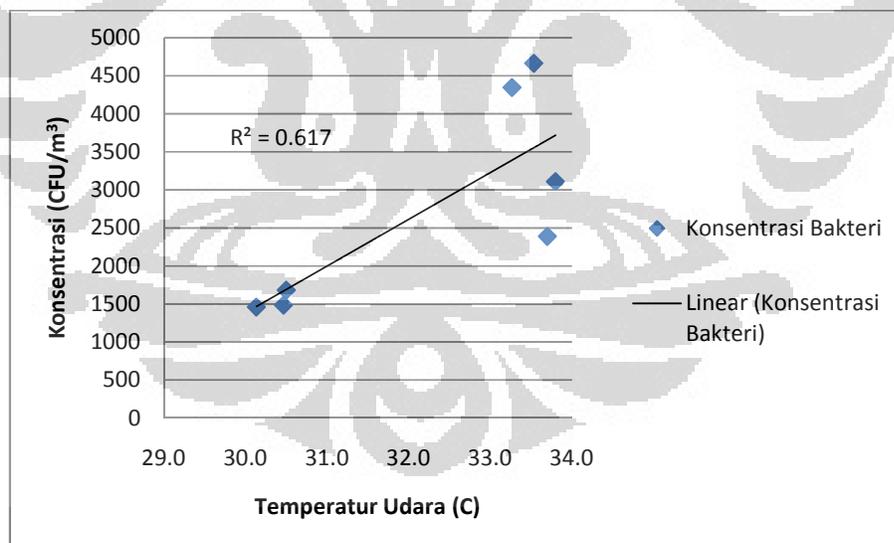
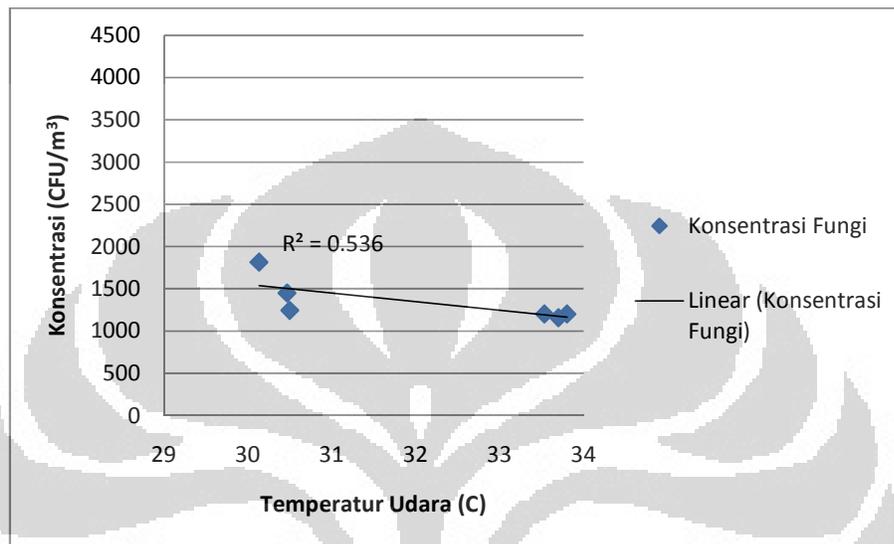
LAMPIRAN 14

Hasil Uji Regresi Linear Kelembaban Terhadap Konsentrasi Bioaerosol



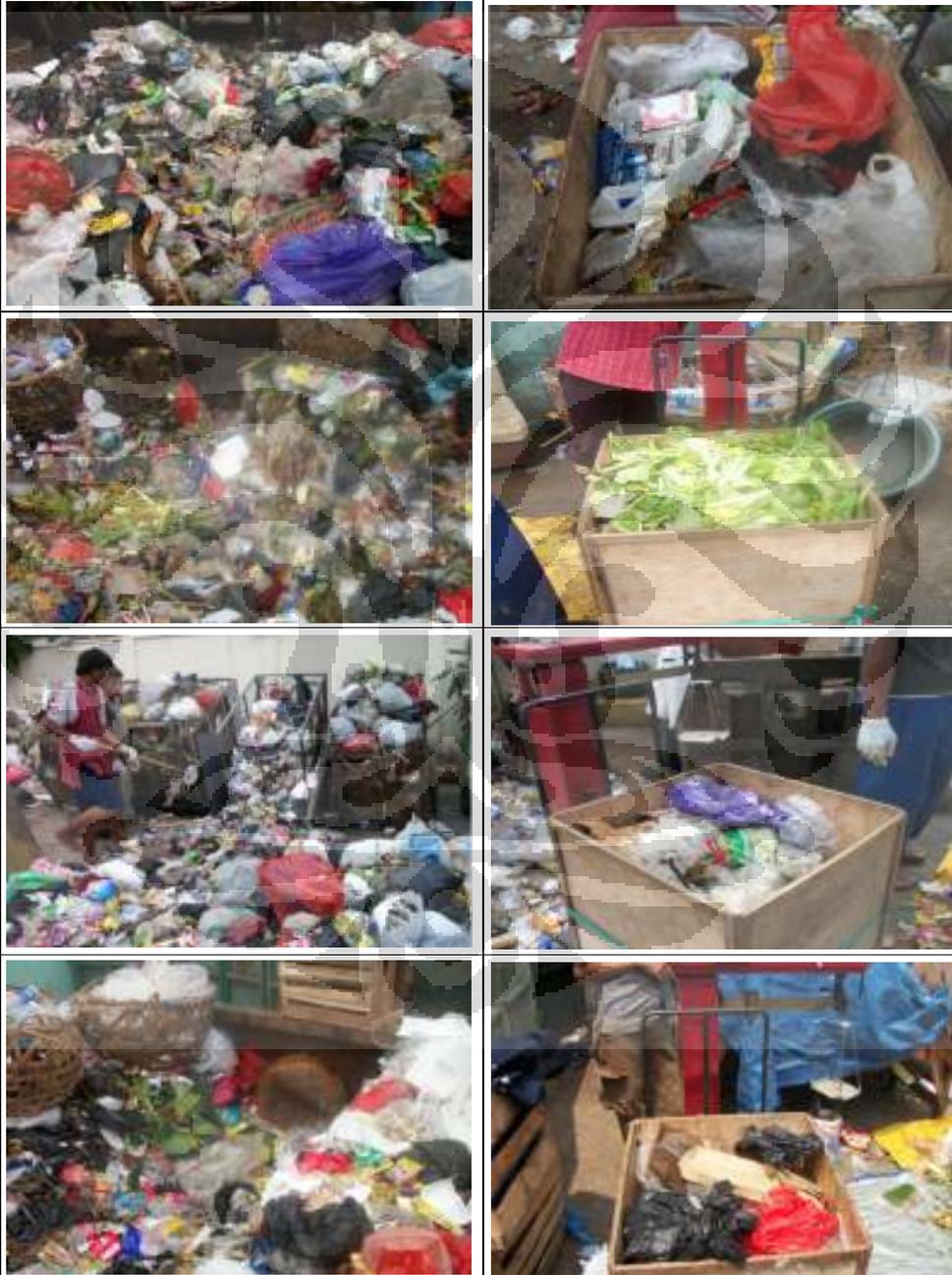
LAMPIRAN 15

Hasil Uji Regresi Linear Temperatur Terhadap Konsentrasi Bioaerosol



LAMPIRAN 16
Dokumentasi Penelitian

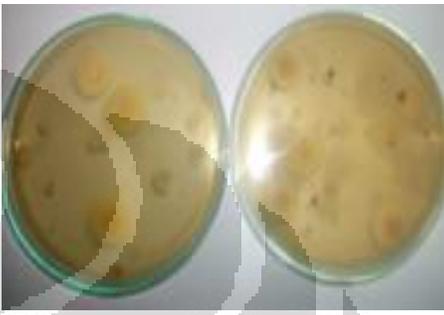
PENGUKURAN KOMPOSISI DAN TIMBULAN SAMPAH



(lanjutan)

HASIL PENGUKURAN BIOAEROSOL TPS MANGGARAI		
	BAKTERI	FUNGI
0 m		
10 m		
20 m		
50 m		

(lanjutan)

HASIL PENGUKURAN BIOAEROSOL TPS PASAR BUKIT DURI		
	BAKTERI	FUNGI
0 m		
10 m		
20 m		
50 m		

(lanjutan)

