

**LAPORAN
PENELITIAN DOSEN
UNIVERSITAS SAHID JAKARTA**



**UJI BAKTERI SALMONELA DAN KADAR MERKURI
PADA KOMPOS OPEN WINDROW TPT RAWASARI**

Peneliti :

Poernomosutji Dyah Prinajati, ST, MT
NIDN: 0306118902

**FAKULTAS TEKNIK
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

PENELITIAN DOSEN UNIVERSITAS SAHID JAKARTA

Judul Penelitian Uji Bakteri Salmonela dan Kadar Logam Merkuri pada Kompos Open Windrow TPST Rawasari Ilmu Lingkungan

Rumpun Ilmu Ilmu Lingkungan

Ketua Peneliti :

a. Nama Ps. Dyah Prinajati
b. NIDN 0313046803

c. Jabatang Fungsional Asisten Ahli
d. Jabatan Struktural
e. Program Studi Teknik Lingkungan
f. Alamat e-mail
g. Nomor IIP

Anggota Peneliti :

a. Nama
b. NIDN
c. Jabatang Fungsional
d. Jabatan Struktural
e. Program Studi
f. Alamat e-mail
g. Nomor HP

Biaya Total diusulkan :

a. Usahid Rp. 4.000.000
b. Sumber lain

Waktu Penelitian 6 bulan
Lokasi Penelitian
Jumlah Mahasiswa terlibat 1 orang

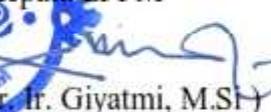
Jakarta,13 Oktober 2017.

Mengetahui,
Dekan

(Nini Gusdini, ST.MT)
NIK: 20000415

Ketua Penelitian,

(Ps. Dyah Prinajati, ST,MT)
NIDN: 0313046803

Menyetujui,
Kepala LPPM

(Prof. Dr. Ir. Giyatmi, M.St)
NIK: 19940236

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL		
DAFTAR GAMBAR		
DAFTAR LAMPIRAN		
RINGKASAN		
BAB 1	PENDAHULUAN	1
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Perumusan Masalah	2
	1.3. Tujuan Penelitian	3
	1.4. Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB 2	TINJAUAN PUSTAKA	7
	2.1. Spesifikasi Sampah	7
	2.2. Pengertian Tanah dan Kompos	9
	2.3. Prinsip Pengomposan dan Manfaat Kompos	15
	2.4. Sistem Open Windrow	16
	2.5. Mikroorganisme dan Bakteri	19
	2.6. Cara Kerja Mikroorganisme pada Proses Pengomposan	21
BAB 3	METODE PELAKSANAAN	43
	3.1. Jenis dan Lokasi Penelitian	43
	3.2. Bagan Alur Penelitian	45
	3.3. Analisis Data	46
	3.4. Populasi dan Sampel Penelitian	47
	3.5. Tahapan Penelitian	48
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	55
	4.1. Pengolahan Sampah Eksisting di TPST Rawasari	55
	4.2. Hasil Laboratorium Logam Berat Hg, Pb dan Bakteri E-Colli, Salmonella pada Kompos Pereduksi TPST Rawasari Kondisi Eksisting	57
	4.3. Komposting dengan Perlakuan Proses Pemilahan 4 orang dalam Sistem Windrow	60
	4.4. Hasil Laboratorium Logam Berat dan Bakteri pada Kompos Setelah Perlakuan	66
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN	73
	5.1. Kesimpulan	73
	5.2. Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		76
LAMPIRAN-LAMPIRAN		78

DAFTAR TABEL

1. Penelitian yang sebelumnya berkaitan dengan perkembangan kompos	5
2. Perbandingan waktu dan tingkat dekomposisi dibagi komponen sampah secara berurutan	7
3. Tingkat dekomposisi berbagai komponen sampah	8
4. Hubungan lama proses pengomposan dengan kandungan karbon (C) dan Nitrogen (N) serta rasio C/N dalam tanah	11
5. Peredaan kompos dan pupuk anorganik	13
6. Kandungan rata-rata unsur hara pada kompos	15
7. Sifat-Sifat logam (Pb) Timbal	35
8. Standar Kualitas Kompos	41
9. Hasil analisis laboratorium logam berat dan merkuri	46
10. Jadwal Kegiatan Penelitian	54
11. Volume sampah yang ditampung TPST bulan September 2016	56
12. Hasil Uji laboratorium kompos matang siap konsumsi eksisting	58
13. Volume sampah di TPST Rawasari bulan oktober – desember 2016	61
14. Hasil Analisis logam berat dan mikroba produk kompos	67

DAFTAR GAMBAR

1. Sistem Open Windrow	17
2. Proses Pembiasaan Bakteri	27
3. Peta Pelayanan TPST Rawasari	43
4. Bagan Alur Penelitian	44
5. Pengambilan sampel kompos pada Windrow Composting	47
6. Hasil Uji Laboratorium Bakteri E.Colli Media Kompos Produksi TPST Rawasari	59
7. Hasil Uji Laboratorium Bakteri Salmonella sp Media Kompos Produksi TPST Rawasari	60
8. Pengambilan sampel kompos pada Windrow Composting	66
9. Hasil Uji Laboratorium Bakteri Salmonella sp Media Kompos Penelitian	69
10. Hasil Uji Laboratorium Bakteri E.Colli Media Kompos Penelitian	70

DAFTAR LAMPIRAN

- 1 Biodata ketua dan anggota tim pengusul
- 2 Justifikasi Anggaran
- 3 Surat Pernyataan Penyandang Dana Selain USAHID (bila ada)

RINGKASAN

Proses pengomposan dilakukan dalam penelitian menggunakan sistem *open window* hanya yang membedakan proses pemilahannya yang lebih ketat sehingga tidak ada sampah anorganik masuk dalam pengomposan. Pengambilan sampel dilakukan secara langsung pada tumpukan kompos matang, produk kompos hasil penelitian berkualitas baik karena memenuhi sebagian nilai ambang batas yang dipersyaratkan oleh SNI 19-7030-2004 2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik, Pada Logam (Hg) merkuri pupuk penelitian sebanyak 0,6 Mg/Kg, pada kompos produksi TPST Rawasari menunjukkan (Hg) merkuri sebanyak 1,2 Mg/Kg, Nilai logam berat (Pb) timbal 85 Mg/Kg dan kompos normal memiliki Nilai 235 Mg/Kg, bakteri E.Coli dalam kompos penelitian sebanyak 800Mpn/g dan pada kompos produksi TPST Rawasari sebanyak 1400 Mpn/g. Bakteri Salmonella sp dalam hasil penelitian menunjukkan sebanyak 2Mpn/g dan pada kompos perproduksi sebelumnya sebanyak 5 Mpn/g.

Kata kunci : Komposting, Bakteri, Logam berat, Limbah Organik.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam bidang pertanian, tanah mempunyai arti yang sangat penting dilihat dari kemampuannya untuk menyediakan unsur hara atau makanan bagi tanaman dengan jumlah yang tepat sehingga dapat menghasilkan produk yang optimum.

Kesuburan tanah adalah mutu tanah untuk bercocok tanam, yang ditentukan oleh interaksi sejumlah sifat fisika, kimia, dan biologi bagian tubuh tanah yang menjadi habitat akar - akar aktif bagi tanaman, menyangkut sifat tanah untuk menyediakan unsur hara dalam jumlah yang seimbang dan tersedia, memiliki tata air dan udara yang baik sesuai dengan kepentingan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tetapi, untuk memperoleh produktivitas yang tinggi pada pertanian tidak hanya dibutuhkan kesuburan tanah tetapi bagaimana seorang petani mampu mengolah lahannya dan mengatur ketersediaan unsur hara yang ada tanah sangat kaya akan keragaman mikroorganisme seperti bakteri, aktinomicetes, fungi, protozoa, alga, dan virus.

Salah satu tempat pengolahan sampah yang ada di DKI Jakarta adalah TPST Rawasari. yang berperan langsung untuk mengatasi penimbunan sampah di DKI Jakarta. Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Rawasari atau (TPST) Rawasari dibangun pada tahun 2000 sebagai salah satu tempat pengelolaan sampah untuk tahap jangka menengah. Pembangunannya dibiayai oleh dana APBD Provinsi DKI Jakarta. Dinas Kebersihan dan dilanjutkan dengan dana APBN Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Dana tersebut diperuntukkan sebagai dana operasional riset, pendidikan dan pelatihan dalam rangka kegiatan pengelolaan sampah kota secara terpadu menuju zero waste dengan pendekatan 3R di skala kawasan dan kemudian dikelola oleh InSWA (Indonesia *Solid Waste Association*). Teknik pengkomposan diTPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu) Rawasari secara aerobik yaitu pengomposan

dengan memanfaatkan bakteri aerobik teknologinya terfokus pada bakteri aerobik ini dapat bertahan hidup serta bekerja lebih baik, lebih efektif dan lebih efisien.

Pengolahan kompos ini hanya skala kawasan dengan tujuan untuk mengurangi sampah yang dihasilkan oleh warga setempat. Selain itu, kompos dipergunakan pada tanaman yang berada pada jalan atau kawasan itu sendiri dan dijual kepada konsumen. limbah organik tertata diruangan terbuka seluas $700m^2$ Tiap tumpukan mempunyai panjang dengan tumpukan pertama dibuat sepanjang 7m, tumpukan kedua 5m, kemudian ketiga 4m, keempat 3m dan kelima 2m, dengan lebar 3m lebar tinggi 1,5m pada area TPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu) ini, sampah yang dihasilkan warga setempat diperkirakan jumlah sampah yang diproduksi per harinya 2-3 ton, Sampah warga didominasi oleh sampah mudah membusuk, (65,55%). Sedangkan sampah lainnya adalah sampah tidak mudah membusuk yang didominasi oleh sampah kertas (10,57%), plastik (13,25%) dan B3 (10.63%) kemudian sampah diolah dengan tahap awal yaitu pemilahan yang dikerjakan 1 petugas setiap harinya, namun pada tahun 2015 pemilahannya kurang ketat sehingga tidak efisien dalam pemilahan karna ada selain limbah organik masuk dalam pengolahan selanjutnya yang berpotensi pencemaran logam berat yang berlebihan pada kompos.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi kandungan logam berat pada kompos dan mengidentifikasi kualitas dari jenis mikroba fungsional yang ada pada pupuk organik dalam proses komposting sistem *Open Windrow* produksi TPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu) Rawasari. Hal tersebut bertujuan untuk terciptanya kondisi yang optimal pada proses pengomposan dan menghasilkan produk kompos yang berkualitas sesuai setandar.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diteliti adalah sebagai berikut:

1. Apakah pengolahan sampah dengan sistem *Open Windrow* di TPST Rawasri sudah efektif?
2. Berapa banyak jumlah bakteri E.Coli dan Samonella pada kompos produksi TPST Rawasari?

3. Berapa konsentrasi logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb) pada kompos produksi TPST Rawasari?

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memenuhi tujuan yang diinginkan, yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui pengolahan sampah yang efektif dengan metode sistem *Open windrow*.
2. Mengetahui jumlah bakteri *Escherichia Colli* dan *Salmonella* pada pupuk organik dalam proses komposting.
3. Menentukan konsentrasi logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb,) pada kompos organik.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Sampel yang digunakan pada uji laboratorium adalah kompos siap konsumsi.
2. Mengetahui banyaknya bakteri E.Coli dan Samonella.
3. Media yang digunakan untuk mengetahui jumlah bakteri E.Coli dan Salmonella adalah media NA (Nutrient Agar).
4. Mengetahui konsentrasi logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb).
5. Alat yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb) *Spektrometri Serapan Atom (SSA)*.
6. Penelitian ini berbentuk data primer dan sEkunder yang bersifat kuantitatif yang didapat dari pemeriksaan laboratorium dan lapangan.
7. Parameter yang diukur dalam menentukan kualitas kompos mengacu pada SNI: 19-7030-2004 Tentang Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan mencakup isi penulisan yang diuraikan oleh masing-masing bab. Untuk lebih jelasnya sistematika penulisan adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, permasalahan yang ada, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tinjauan tentang kompos yang terdiri dari pengertian kompos, tujuan pengkomposan, manfaat kompos serta pengertian tanah, tekstur tanah, bakteri serta teori-teori dasar yang relevan dengan kerangka pemikiran dan hipotesis penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini memuat tentang metodologi penelitian yang meliputi penelitian, metode penelitian, waktu dan lokasi penelitian, bahan yang digunakan, cara kerja penelitian serta pemantauan lingkungan.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas gambaran umum mengenai obyek penelitian, hasil penelitian dan pembahasannya dengan pembuktian hipotesis penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan bagian akhir yang berisi tentang kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi pustaka - pustaka serta referensi untuk menunjang isi dari penelitian.

LAMPIRAN

Berisi daftar lampiran untuk menunjang hasil dari penelitian.

1.5 Penelitian Sebelumnya

Sebelum benar - benar menetapkan apa penelitian yang hendak dilakukan, ada baiknya untuk melakukan studi pendahuluan terlebih dahulu. Studi pendahuluan merupakan cara agar calon peneliti dapat mengenal penelitian yang ingin dilakukan.

berikut adalah penelitian sebelumnya yang terkait pada perkembangan kompos dapat dilihat pada (Table 1.1) berikut ini.

Tabel 1.1 Penelitian yang sebelumnya berkaitan dengan perkembangan kompos

NO	Nama Penulis	Judul Skripsi	Perguruan atau Fakultas dan Jurusan	Waktu dan Tempat penelitian
1	Firman L. Sahwan	Kualitas Kompos Dan Karakteristik Proses Pengomposan Sampah Kota	Institut Pertanian Bogor Jurusan Teknik Lingkungan	TPST Rawasari Jakarta Pusat Tahun 2010.
2	Ubaidillah	Pengaruh Pemberian Kompos Kulit Buah Kakao Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Terong (<i>Solanum Melongena L.</i>) Di Polybag	Universitas Muara Bungo Fakultas Pertanian	Tahun 2012
3	Rinto M. Sidabutar	Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Terhadap Produksi Sawi (<i>Brassica Junceal</i>) Dan Beberapa Sifat Kimia Tanah Andisol,	Universitas Sumatra Utara Partemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian	Medan 2006

NO	Nama Penulis	Judul Skripsi	Perguruan atau Fakultas dan Jurusan	Waktu dan Tempat penelitian
4	Wiwit Ade Prasetyo	Uji Mikrobiologis Kompos Organik (Hasil Pengomposan Dengan Penambahan Limbah Tomat)	Universitas Muhammadiyah Surakarta Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	2008
5	Widiarti Widiarti	Pemanfaatan Sampah Menjadi Pupuk Organik Padat Dengan Teknologi Fermentasi: Suatu Uji Coba Produksi Kompos Dari Sampah Di Kampus UM	Universitas Negeri Malang Jurusan Kimia Fmipa	2009

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sefesifikasi sampah

Sampah organik merupakan sampah yang berasal dari bahan -bahan penyusun tumbuhan dan hewan baik berasal dari alam audihasilkan dari kegiatan manusia. Sampah ini dengan mudah dapat diuraikan oleh mikroorganisme karena memiliki rantai karbon yang relatif pendek. Contoh-contoh sampah organik meliputi sampah kebun, sampah dapur (sisa makanan), dan kotoran ternak.

Sampah anorganik merupakan sampah yang berasal dari sumberdaya alam tak terbarui. Sampah jenis ini bersifat sulita tau bahkan tidak bisa terurai secara alami. Sampah anorganik dapat dibedakan menjadi:

- a. sampah logam dan produk - produk olahannya
- b. sampah plastik
- c. sampah kertas
- d. sampah kaca dan keramik

Perbandingan waktu dan tingkat dekomposisi dibagi komponen sampah secara berurutan dapat terlihat pada tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Jenis Sampah	Hama Hancur
Kertas	2-5 Bulan
Kulit Jeruk	6 Bulan
Karton	5 Bulan
Filter Rokok	10-12 Bulan
Kantong Plastik	10-20 Bulan
Nilon	25-40 Bulan
Kulit Sepatu	30-40 Bulan
Plastik	50-80 Bulan
Aluminium	80-100 Bulan
Styrofoam	Tidak Hancur

Tabel 2.2. Tingkat dekomposisi berbagai komponen sampah (sudradjat, 2007)

Jenis Bahan Organik	Tingkat Dekomposisi
Selulosa Dari Kertas Koran	90%
Selulosa Dari KertasBungkus	50%
KayuAtau Ranting Berkulit	5%
Bamboo	50%
Hemiselulosa	70%
Karbohidrat	70%
Liginin	0%
Lemak	50%
Protein	50%

Plastik terdiri atas berbagai senyawa yang terdiri polietilen, polistiren, dan polivinil klorida. Bahan-bahan tersebut bersifat inert dan rekalsitran. Senyawa lain penyusun plastik yang disebut *plasticizers* terdiri: (a) ester asam lemak (oleat, risinoleat, adipat, azelat, dan sebakat serta turunan minyak tumbuhan, (b) ester asam phthalat, maleat, dan fosforat. Bahan tambahan untuk pembuatan plastik seperti *Phthalic Acid Esters* (PAEs) dan *Polychlorinated Biphenyls* (PCBs) sudah diketahui sebagai karsinogen yang berbahaya bagi lingkungan walaupun dalam konsentrasi rendah.

Sampah plastik dibuat dari bahan sintetis, umumnya menggunakan minyak bumi sebagai bahan dasar, ditambah bahan-bahan tambahan yang umumnya merupakan logam berat (kadmium, timbal, nikel) atau bahan beracun lainnya seperti Chlor. Racun dari plastik ini terlepas pada saat terurai atau lembab. Penguraian plastik akan melepaskan berbagai jenis logam berat dan bahan kimia lain yang dikandungnya. Bahan kimia ini terlarut dalam air atau terikat di tanah, dan kemudian masuk ke tubuh kita melalui makanan dan minuman. Sedangkan pembakaran plastik menghasilkan salah satu bahan paling berbahaya di dunia, yaitu Dioksin. Dioksin adalah salah satu dari sedikit bahan kimia yang telah

diteliti secara intensif dan telah dipastikan menimbulkan Kanker. Bahaya dioksin sering disejajarkan dengan DDT, yang sekarang telah dilarang di seluruh dunia. Selain dioksin, abu hasil pembakaran juga berisi berbagai logam berat yang terkandung di dalam plastik.

Menurut Darmono (1995), faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar adalah karena adanya sifat-sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan mudah diabsorpsi. Organisme pertama yang terpengaruh akibat penambahan polutan logam berat ke tanah atau habitat lainnya adalah organisme dan tanaman yang tumbuh ditanah atau habitat tersebut. Dalam ekosistem alam terdapat interaksi antar organisme baik interaksi positif maupun negatif yang menggambarkan bentuk transfer energi antar populasi dalam komunitas tersebut. Dengan demikian pengaruh logam berat tersebut pada akhirnya akan sampai pada hierarki rantai makanan tertinggi yaitu manusia. Logam-logam berat diketahui dapat mengumpul didalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam tubuh untuk jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Saeni, 1997).

2.2 Pengertian Tanah

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang secara fisik berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran penopang tegak tumbuhnya tanaman dan menyuplai kebutuhan air dan udara; secara kimiawi berfungsi sebagai gudang dan penyuplai hara atau nutrisi (senyawa organik dan anorganik sederhana dan unsur - unsur esensial seperti: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B, Cl); dan secara biologi berfungsi sebagai habitat biota (organisme) yang berpartisipasi aktif dalam penyediaan hara tersebut dan zat - zat *aditif* (pemacu tumbuh, proteksi) bagi tanaman, yang ketiganya secara integral mampu menunjang produktivitas tanah untuk menghasilkan *biomass* dan produksi baik tanaman pangan, tanaman obat - obatan, industri perkebunan, maupun kehutanan. (BPPT 2004)

2.3 Pengertian Kompos

Pengertian Kompos adalah pupuk yang terbuat dari bahan organik atau makhluk hidup yang telah mati. Bahan organik ini akan mengalami pembusukan oleh mikroorganisme sehingga sifat fisiknya akan berbeda dari semula. Pupuk organik termasuk pupuk majemuk lengkap karena kandungan unsur haranya lebih dari satu unsur dan mengandung unsur mikro. Dilihat dari bentuk pupuk organik terbagi menjadi dua yaitu pupuk organik padat dan cair. (Sukanto Hadisuwito)

Pupuk organik merupakan bahan pembenah tanah yang paling baik dibanding bahan pembenah lainnya. Nilai pupuk yang dikandung pupuk organik pada umumnya rendah dan sangat bervariasi, misalkan unsur nitrogen (N), osfor (P) dan kalium (K) tetapi juga mengandung unsur mikro esensial lainnya. Sebagai bahan pembenah tanah, pupuk organik membantu dalam mencegah terjadinya erosi dan mengurangi terjadinya retakan tanah. (Rachman 2004)

Pembuatan kompos ini dilakukan karena sampah - sampah yang ada disekitar kita, ada yang mudah hancur dan tidak mudah hancur. Sampah yang mudah hancur berasal dari sampah organik seperti daun - daunan, sisa makanan dan buah - buahan. Pengomposan merupakan upaya pengolahan sampah organik menjadi pupuk organik. Prinsip dari pembuatan kompos adalah dengan mengurangi atau mendegradasi bahan - bahan anorganik secara terkontrol menjadi bahan - bahan organik dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme.

Mikroorganisme yang berperan dalam pengolahan ini bisa berupa bakteri, jamur, insekta dan cacing. Pertumbuhan mikroorganisme bisa maksimal jika komponen karbon, nitrogen, suhu serta kelembaban udara dan oksigen (aerasi) cukup dan bagus. Proses pengomposan dapat terlaksana secara aerobik maupun anaerobik. Pada kondisi aerobik yang berperan adalah mikroorganisme aerobik dan menghasilkan hasil kompos yang kaya akan unsur hara, Sampah terdiri dari dua bagian, yaitu bagian organik dan anorganik. Rata-rata persentase bahan organik sampah mencapai $\pm 80\%$, sehingga pengomposan merupakan alternatif penanganan yang sesuai. Kompos sangat berpotensi untuk dikembangkan mengingat semakin tingginya jumlah sampah organik yang dibuang ke tempat

pembuangan akhir dan menyebabkan terjadinya polusi bau dan lepasnya gas metana ke udara. DKI Jakarta menghasilkan 6000 ton sampah setiap harinya, di mana sekitar 65%nya adalah sampah organik. Dan dari jumlah tersebut, 1400 ton dihasilkan oleh seluruh pasar yang ada di Jakarta, dimana 95%nya adalah sampah organik. Melihat besarnya sampah organik yang dihasilkan oleh masyarakat, terlihat potensi untuk mengolah sampah organik menjadi pupuk organik demi kelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat (Rohendi, 2005).

Aliran udara yang kurang baik selama komposting akan menyebabkan mikroba jenis lain (yang tidak baik untuk komposting) yang lebih banyak hidup, sehingga timbul bau menyengat dan pembentukan kompos tidak terjadi. Oleh karena itu, wadah yang berlubang ataupun, pembalikan dan pengadukan secara teratur sangat penting dalam komposting. (Rohendi, 2005)

2.4 Prinsip Pengomposan

Prinsip pengomposan adalah menurunkan C/N ratio bahan organik hingga sama dengan C/N tanah (<20). Rasio C/N adalah perbandingan antara kandungan C (karbon) dan N (Nitrogen) dalam tanah, yang selalu berubah dalam skala waktu. Tabel berikut bisa menggambarkan hubungan antara kandungan karbon (C) dan Nitrogen (N) serta rasio C/N dalam tanah. (Ilham 2013)

Tabel 2.3 Hubungan lama proses pengomposan dengan kandungan karbon (C) dan Nitrogen (N) serta rasio C/N dalam tanah

Waktu Pengambilan Sampel	N (%)	C (%)	C/N
Hari Ke-1	0.6	48	80
Hari Ke-7	2.2	44	20
Hari Ke-14	3	39	13

Sumber : Ilham zen 2013

Dalam kondisi pengomposan yang optimal, kandungan senyawa organik (dalam hal ini berupa karbon karena 44% senyawa organik tersusun dari unsur karbon) akan menurun akibat terjadi proses mineralisasi, yaitu proses perubahan senyawa organik menjadi mineral (utamanya nitrogen). Kondisi ini

mengakibatkan penurunan nisbah C/N kompos mendekati kisaran C/N tanah yaitu antara 10 – 15 (Ilham 2013)

Waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan C/N tersebut dalam keadaan alami adalah berkisar antara 3 bulan hingga tahunan, namun dengan proses pengomposan yang berlangsung secara artificial, waktu pengomposan dapat dipersingkat dalam hitungan hari.

Proses pengomposan terjadi secara aerob (dengan udara) dan anaerob (tanpa udara). Dalam sistem aerob, kurang lebih 2/3 unsur Karbon (C) menguap (menjadi CO₂) dan sisanya 1/3 bagian bereaksi dengan nitrogen dalam sel hidup. Selama proses pengomposan aerob tidak timbul bau busuk. Sedang dalam sistem anaerob, bakteri fakultatif penghasil asam menguraikan bahan organik menjadi asam lemak, aldehida, dll. Kemudian bakteri kelompok lain mengubah asam lemak menjadi metan, amoniak dan hidrogen.

Proses pengomposan aerob secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan. Selama tahap awal proses, oksigen dan senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat. Demikian pula akan diikuti dengan peningkatan pH kompos. Suhu akan meningkat hingga diatas 50°C - 70°C. Suhu akan tetap tinggi selama waktu tertentu. Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba termofilik, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi. Pada saat ini terjadi dekomposisi atau penguraian bahan organik yang sangat aktif. Mikroba - mikroba didalam kompos dengan menggunakan oksigen akan menguraikan bahan organik menjadi CO₂, uap air dan panas. (Ilham 2013)

Setelah sebagian besar bahan telah terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan. Pada saat ini terjadi pematangan kompos tingkat lanjut, yaitu pembentukan kompleks liat humus. Selama proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30 – 40% dari volume atau bobot awal bahan. (Ilham 2013)

Kompos merupakan hasil penguraian bahan-bahan organik yang dapat dipercepat dengan meningkatkan populasi berbagai mikroorganisme, cacing atau jamur dalam kondisi lingkungan yang hangat dan lembab. secara teknis, istilah

kompos merujuk pada pupuk organik buatan manusia yang diuat dari proses dekomposisi sisa-sisa buangan makhluk hidup (tanaman maupun hewan). Kompos memiliki karakteristik umum seperti :

1. Mengandung unsur hara dalam jenis dan jumlah bervariasi tergantung bahan asal.
2. Menyediakan unsur hara secara lambat dan dalam jumlah terbatas.
Kandungan hara kompos terlalu rendah untuk digunakan sebagai pupuk. namun, hara yang terkandung dalam kompos terikat secara organik. akibatnya, kompos jauh lebih baik rentan terhadap pencucian hara. nutrisi dalam kompos akan secara perlahan dilepaskan dari waktu ke waktu sehingga meningkatkan kesempatan tanaman untuk mengambil nutrisi tersebut dan mengurangi masalah pencemaran air.
3. Mempunyai fungsi utama memperbaiki kesuburan dan kesehatan tanah.

Kompos tercatat mengandung bahan organik dan hara-hara mineral esensial yang siap diserap akar tanaman. Bahan organik yang terdapat dalam kompos mampu mengikat partikel tanah. Ikatan partikel tanah ini dapat meningkatkan penyerapan akar tanaman terhadap air, mempermudah penetrasi akar pada tanah, dan memperbaiki pertukaran udara dalam tanah sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman (Srhartini dan Salm, 2010).

Aktivitas mikroorganisme tanah yang bermanfaat bagi tanaman juga akan meningkat dengan penambahan kompos. Aktivitas mikroorganisme ini membantu tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah, menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman dan membantu tanaman menghadapi serangan penyakit. perbedaan kompos dan pupuk anorganik secara ringkas tersaji

Tabel 2.4

Tabel 2.4. Peredaan kompos dan pupuk anorganik (Indriani, 2003)

No	Kompos	Pupuk Anorganik
1	Mengandung unsur hara makro dan mikro yang lengkap	Hanya mengandung beberapa unsur hara
2	Kadar hara kecil	Kadar hara besar

No	Kompos	Pupuk Anorganik
3	Menggemburkan tanah dan meningkatkan bahan organik	Pemakaian jangka pajang akan mengeraskan tanah
4	Menambah daya setiap air	Tidak dapat menambah daya serap air
5	Memperbaiki kehidupan mikroorganisme dalam tanah	Tidak dapat memperbaiki kehidupann mikroorganisme dalam tanah
6	Daat dibuat sendiri	Hanya dapat dibuat oleh pabrik

Komponen kompos yang paling berpengaruh terhadap sifat kimia tanah adalah kadungan humusnya. Humus adalah materia organik yang berasal dari degradasi atau pelapukan daun-daunan dan ranting-ranting tanaman yang membusuk (mengalami dekomposisi). Ia merupakan kompos alami yang terdapat di alam. proses yang terjadi daam pembentukan humus tidak terkendali sehingga memerlukan waktu lama

Temperatur termofilik dapat berfungsi untuk mematikan bakteri atau bibit penyakit baik patogen maupun bibit vektor penyakit seperti lalat, mematikan bibit gulma menunjukkan suhu dan waktu yang dibutuhkan untuk mematikan beberapa organisme patogen dan parasit. Kondisi termofilik, kemudian berangsur-angsur akan menurun mendekati tingkat ambien^oC akan terjadi dan segera diikuti oleh temperatur termofilik antara 50 – 65° Proses biokimia dalam proses pengomposan menghasilkan panas yang sangat penting bagi mengoptimumkan laju penguraian dan dalam menghasilkan produk yang secara mikroorganisme aman digunakan. Pola perubahan temperatur dalam tumpukan sampah bervariasi sesuai dengan tipe dan jenis mikroorganisme. Pada awal pengomposan, temperatur mesofilik, yaitu antara 25 – 45

Parameter nutrien yang paling penting dalam proses pembuatan kompos adalah unsur karbon dan nitrogen. Dalam proses pengurai terjadi reaksi antara karbon dan oksigen sehingga menimbulkan panas (CO₂). Nitrogen akan ditangkap oleh mikroorganisme sebagai sumber makanan. Apabila mikroorganisme tersebut mati, maka nitrogen akan tetap tinggal dalam kompos sebagai sumber nutrisi bagi makanan (Wawan 2009).

2.5 Manfaat Kompos

Peranan kompos sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Kompos tidak hanya menambah unsur hara, tetapi menjaga fungsi tanah sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Secara detail, keunggulan-kenggulan kompos dibandingkan pupuk kimia dari segi pertanian meliputi antara lain :

Tabel 2.5. Kandunga rata-rata unsur hara pada kompos (Perwitasai, 2010)

Komponen	Kandungan (%)
Kadar air	41-43
C-organi	4,83-8
N	0,10-0,51
P ₂ O ₅	0,35-1,12
K ₂ O	0,32-8
Ca	1-2,09
Mg	0,1-0,19
Fe	0,5-0,92
Al	0,5-0,92
Mn	0,02-0,04

Kompos ibarat multivitamin bagi tanah dan tanaman mengemukakan bahwa dengan pupuk organik sifat fisik, kimia dan biologi tanah menjadi lebih baik. Selain itu, kompos memiliki banyak manfaat yang ditinjau dari beberapa aspek . (Masnellyarti 2012) :

1. Aspek ekonomi
 - a. Menghemat biaya untuk transportasi dan penimbunan limbah.
 - b. Mengurangi volume atau ukuran limbah.
 - c. Memiliki nilai jual yang lebih tinggi dari pada bahan asalnya.
2. Aspek lingkungan
 - a. Mengurangi polusi udara karena pembakaran limbah dan pelepasan gas metana dari sampah organik yang membusuk akibat bakteri metanogen di tempat pembuangan sampah.
 - b. Mengurangi kebutuhan lahan untuk penimbunan.
3. Aspek bagi tanah atau tanaman

- a. Meningkatkan kesuburan tanah.
- b. Memperbaiki struktur dan karakteristik tanah.
- c. Meningkatkan kapasitas penyerapan air oleh tanah.
- d. Meningkatkan aktivitas mikroba tanah.
- e. Meningkatkan kualitas hasil panen (rasa, nilai gizi, dan jumlah panen).
- f. Menyediakan hormon dan vitamin bagi tanaman
- g. Menekan pertumbuhan atau serangan penyakit tanaman
- h. Meningkatkan retensi atau ketersediaan hara.

2.6 Sistem *Open Windrow*

Ada beberapa macam metode pembuatan kompos yang metode dan bahan dasarnya disesuaikan dengan kondisi setempat. Berdasarkan kajian yang telah dilakukan oleh Tim Teknologi Kompos BPPT didapatkan kesimpulan bahwa dalam teknologi pembuatan kompos secara aerobik, sistem *open windrow* yang paling tepat untuk diterapkan di Indonesia. (BPPT 2004)

Pemilihan sistem tersebut berdasarkan konsepsi yang dapat dipertanggungjawabkan secara teknis, sosiologis dan ekonomis. Dengan sistem *open windrow* secara teknis tidak diperlukan sarana dan prasarana yang lengkap dan modern sehingga dapat diterapkan dengan mudah dan tepat guna. Demikian pula jumlah modal, biaya operasional dan biaya pemeliharaan tempat pengkomposan relatif lebih rendah dibandingkan dengan semua sistem pengkomposan lainnya. Sedangkan prosesnya sangat cocok dengan iklim tropika dimana kelembaban dan temperatur udaranya cukup tinggi dan stabil 25 sampai 30°C. (BPPT 2004)

Sistem *open windrow* adalah proses pembuatan kompos yang paling sederhana dan paling murah. Bahan baku kompos ditumpuk memanjang, tinggi tumpukan 0,6 sampai 1 meter, lebar 2 - 5 meter. Sementara itu panjangnya dapat mencapai 40 - 50 meter. Sistem ini memanfaatkan sirkulasi udara secara alami. Optimalisasi lebar, tinggi dan panjangnya tumpukan sangat dipengaruhi oleh keadaan bahan baku, kelembaban, ruang pori, dan sirkulasi udara untuk mencapai badan tengah tumpukan bahan baku, idealnya adalah tumpukan bahan baku ini

harusnya dapat melepaskan panas , untuk mengimbangi pengeluaran panas yang ditimbulkan sebagai proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba, *sistem open windrow* ini merupakan proses komposting yang baik yang telah dilakukan di banyak tempat untuk memproses pupuk kandang, sampah kebun lumpur selokan , sampah kota dll. Untuk mengatur suhu , kelembaban dan oksigen pada *windrow* sistem ini, maka dilakukan proses pembalikan secara periodik inilah secara prinsip yang membedakannya dari sistem pembuatan kompos yang lain. Kelemahan dari sistem *open windrow* ini adalah memerlukan areal lahan yang cukup luas dapat dilihat pada (Gambar 2.1.).



Gambar: 2.1. Sistem *Open Windrow*

Sumber: BPPT

Menurut Tchobanoglous et al, 1993 metode *windrow composting* dapat dilakukan dengan membentuk material organik menjadi *windrow* dengan tinggi 8 - 10 ft atau 2,43 - 3,48m dan dengan lebar 20 - 25 ft atau 6,96 - 7,62m pada dasarnya. sebelum *windrow* dibentuk, organik material diproses dengan *shredding* dan *screening* sampai 1-3 in atau 2,54 - 7,62cm dan kadar air disesuaikan 50 - 60%. Sampah organik diletakkan pada *windrow* dilahan terbuka.

Pengadukan dilakukan untuk mendapatkan suplai udara yang berfungsi dalam pengaturan temperatur dan kelembaban. pengadukan juga dapat mencegah timbulnya bau karena kemungkinan terjadinya proses anaerobik pada tumpukan kompos, tumpukan dibalik sekali atau dua kali perminggu untuk *pride composting* 4-5 minggu. selama waktu itu bagian zat organik limbah padat yang *biodegradable* diuraikan oleh berbagai mikroorganisme, yang memanfaatkan zat organik sebagai sumber karbon, metabolisme ini mengubah zat komposisi kimia zat organik awal, mereduksi volume dan berat limbah, dan meningkatkan suhu

material yang akan dijadikan kompos. saat jumlah material organik yang membusuk semakin menipis mengakibatkan aktivitas bakteri berkurang, dan proses pengomposan stabil. pembalikan *windrow* biasanya disertai dengan pelepasan bau, masalah bau dapat menjadi permasalahan dalam metode ini (Techobanoglous et al, 1993).

Produktivitas dan daya dukung tanah tergantung pada aktivitas mikroba tersebut. Sebagian besar mikroba tanah memiliki peranan yang menguntungkan bagi pertanian, yaitu berperan dalam menghancurkan limbah organik, *recycle* hara tanaman, fiksasi biologis nitrogen, pelarutan fosfat, merangsang pertumbuhan, biokontrol patogen dan membantu penyerapan unsur hara (BBPT Jakarta 2004).

Hasil kajian BPPT (Badan Penelitian Pengembangan Teknologi) terhadap teknologi pengomposan yang paling tepat untuk Indonesia berdasarkan kondisi iklim ekonomi dan sosial budaya adalah sistem terbuka *open window* atau modifikasinya, Parameter yang mempengaruhi proses pembuatan kompos adalah C/N ratio, kadar air, konsentrasi oksigen, suhu, pH, dan lain - lain dari bahan baku yang akan dijadikan kompos. Perbandingan antara Karbon dan Nitrogen C/N ratio ideal adalah antara 20 sampai 40 : 1 atau 30 : 1 yang merupakan ratio terbaik. Sampah kota memiliki C/N ratio 30 sampai 40 banding 1, sehingga cukup optimal untuk mendukung proses pembuatan pengkomposan dapat berjalan baik.

Mutu kompos dipengaruhi oleh tipe dan mutu dari bahan dasarnya, serta mutu dari proses pengomposannya. Proses pengomposan dipengaruhi oleh beberapa parameter, seperti ukuran partikel, kandungan air, skrening, formasi timbunan, aerasi, dan sebagainya mutu kompos yang sudah siap dipakai sangat tergantung kepada tingkat kontaminan dari bahan pembentuknya. Bahan organik dapat tercemar melalui air yang tercemar, sumber bahan organik, dan residu pestisida. Sumber logam berat yang mencemari kompos tersebut antara lain: baterai (merkuri, kadmium, plumbum, dan seng), kulit (kromium), cat (kromium, plumbum, dan kadmium), plastik (kadmium, plumbum, dan nikel), pelapis cahaya (plumbum), kertas (plumbum), elektronik (plumbum dan kadmium), keramik (plumbum dan kadmium), kosmetika (kadmium dan seng), dan debu. (Djamaludin, 2006)

Pengaruh buruk paling utama pada produksi kompos adalah hadirnya logam atau bahan beracun yang berbahaya, tidak baik untuk kesehatan manusia maupun untuk pertumbuhan tanaman. Bahan dasar kompos yang paling banyak digunakan adalah sampah kota dan *sewage*. Bahan tersebut dapat mengandung logam berat yang cukup tinggi seperti arsen (As), kadmium (Cd), timah (Pb) dan merkuri (Hg). Unsur - unsur ini akan terserap oleh tanaman dan termakan oleh manusia dan akhirnya akan mengkontaminasi seluruh rantai makanan. (Djamaludin, 2006).

2.7 Mikroorganisme

Mikroorganisme yaitu makhluk hidup berukuran mikro sangat kecil yang hanya dapat dilihat melalui mikroskop, misalnya bakteri dan jamur dapat dilihat pada (Gambar. 2.2). Mikroba inilah yang 'memakan' sampah dan hasil pencernaannya adalah kompos. Semakin banyak jumlah mikroba maka semakin baik proses komposting. Mikroba ini dapat diperoleh dari kompos yang sudah jadi ataupun dari lapisan atas tanah yang gembur humus. (Cecep 2014)

Ilmu yang mempelajari mikroorganisme disebut mikrobiologi. Sedangkan seseorang yang bekerja dibidang ini dinamakan mikrobiolog. Mikroorganisme mencakup seperti *prokariota*, *protista*, dan *alga renik*. Fungsi yang berukuran kecil dan tidak membentuk *hifa* dapat dikatakan sebagai mikroorganisme. Sel mikroorganisme tidak dapat hidup bebas dalam namun tetapi sebagai bagian dari struktur multiseluler yang mampu membentuk jaringan, organ dan sistem organ. Namun, sebagian dari mikroorganisme dapat menjalankan proses kehidupan dengan mandiri, dan mampu menghasilkan energi sendiri, dan mampu mereproduksi secara independen tanpa bantuan sel lainnya.

Komponen mikrobiologis kompos terdiri dari bakteri dan jamur. Karena sifat mereka yang unik, *aktinomisetes* dibahas disini sebagai komponen mikrobiologi ketiga, meskipun dalam kenyataannya *aktinomisetes* adalah jenis tertentu dari bakteri. Mayoritas mikroorganisme yang bertanggung jawab untuk pembentukan kompos adalah aerob dalam bahwa mereka membutuhkan atau bekerja terbaik dengan adanya oksigen. (Sri Muniati 2006).

2.8 Bakteri

Bakteri (dari kata Latin *bacterium*; jamak: *bacteria*) adalah kelompok organisme yang tidak memiliki membran inti sel. Organisme ini termasuk ke dalam *domain prokariota* dan berukuran sangat kecil dan hanya dapat dilihat dengan mikroskopik (Dwidjoseputro, 1998), serta memiliki peran besar dalam kehidupan di bumi. Beberapa kelompok bakteri dikenal sebagai agen penyebab infeksi dan penyakit, sedangkan kelompok lainnya dapat memberikan manfaat dibidang pangan, pengobatan, dan industri. Struktur sel bakteri relatif sederhana, tanpa nukleus atau tanpa inti sel, kerangka sel, dan organel - organel lain seperti *mitokondria* dan *kloroplas*.

Hal inilah yang menjadi dasar perbedaan antara sel *prokariot* dengan sel *eukariot* yang lebih kompleks. Bakteri dapat ditemukan di hampir semua tempat: di tanah, air, udara, dalam simbiosis dengan organisme lain maupun sebagai agen parasit (patogen), bahkan dalam tubuh manusia.

Menurut Juanda, (2011) E.Coli Satu strain yang sangat buruk dari E.Coli ditemukan pada bayam segar pada tahun 2006 dan beberapa hamburger cepat saji pada tahun 1993, E.Coli dengan strain tertentu ini menimbulkan gejala diare dan mencret bila makanan yang digunakan tidak sesuai HACCP, karena bakteri ini sering menginfeksi ternak dan tumbuhan

Pada umumnya, bakteri berukuran 0,5-5 μ m, tetapi ada bakteri tertentu yang dapat berdiameter hingga 700 μ m, yaitu *Thiomargarita*. Mereka umumnya memiliki dinding sel, seperti sel tumbuhan dan jamur, tetapi dengan bahan pembentuk sangat berbeda (*peptidoglikan*). Beberapa jenis bakteri bersifat motil (mampu bergerak) dan mobilitasnya ini disebabkan oleh flagel.

Beberapa jenis mikroba dapat hidup pada daerah temperatur yang luas sedang jenis lainnya pada daerah yang terbatas. Pada umumnya batas daerah temperatur bagi kehidupan mikroba terletak antara 0 – 90° C, dan kita kenal ada temperatur minimum, optimum, dan maksimum. Temperatur minimum adalah nilai paling rendah dimana kegiatan mikroba masih dapat berlangsung. Temperatur maksimum adalah temperatur tertinggi yang masih dapat digunakan untuk aktivitas mikroba, tetapi pada tingkatan kegiatan fisiologi yang paling

minimal. Sedangkan temperatur yang paling baik bagi kegiatan hidup dinamakan temperatur optimum

2.9 Cara Kerja mikroorganisme pada prses pengomposan

Suhu optnum pengomposan adalah 50-60⁰C dan terus meningkat, suhu dapat dibiarkan sampai 70⁰C untuk menjamin eliminasi patogen (Haug, 1993). Fase temperatur pada kompos menyatakan aktivitas dari populasi mikroorganisme melakukan degradasi dari material organik.

Kemudian aktivitas mikroorganisme akan berjalan dalam empat fase yaitu mesofilik, termofilik, pendinginan, dan matang. Hubungan diantara keempat fase tersebut sebagai berikut

1. Mesofilik

Populasi dari bakteri, fungsi fase ini adalah mendegradasi nutrisi yang ada aktivitas bakteri dan fungsi ini menghasilkan peningkatan temperatur hingga 45⁰C (Epstein, 1997).

2. Termofilik.

Kelompok termofilik adalah bakteri yang dapat hidup sampai 55-65⁰C, pada suhu ini bakteri akan mati aibat kanaikan temperatur di atas 55⁰C selama 15 hari.

3. Pendingin

Tahap ketiga adalah fae tanpa perubahan suhu yang signifikan karena panas ang diproduksi mikroba da pembuangan panas. jika temperatur maksimum sudah tercapai serta hampir seluruh kehidupan didalamnya mengalami penurunan, maka temperatur akan turun kembali hingga mencapai kisaran temperatur asal.

4. Pematangan

Ditandai dengan penurunan suhu bertahap, pada fase matang, dimana kompos mencapai kematangan dan akhirnya terbentuklah kompos yang siap digunakan (Eptein, 1997).

2.10 Sterilisasi Mikroorganisme

Salah satu bagian yang penting dalam mikrobiologi adalah pengetahuan tentang cara - cara mematikan, menyingkirkan, dan menghambat pertumbuhan organisme. Cara yang digunakan untuk menghancurkan, menghambat pertumbuhan dan menyingkirkan mikroorganisme berbeda - beda untuk tergantung pada spesies yang dihadapi. Selain itu lingkungan dan tempat mikroba ini pun berbeda - beda misalnya dalam darah, makanan, air, sampah, *riol*, dan tanah. Hal tersebut juga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan cara untuk menghancurkan mikroorganisme yang digunakan tergantung pada pengetahuan, keterampilan dan tujuan dari yang melaksanakannya, sebab situasi yang dihadapi merupakan kenyataan - kenyataan dasar yang dapat menuntun pada cara atau prosedur yang harus dilakukan.

Tujuan utama mematikan, menyingkirkan, atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme adalah sebagai berikut (Agnes 2015) :

1. Untuk mencegah infeksi pada manusia, hewan piaraan, dan pertumbuhan.
2. Untuk mencegah makanan dan lain - lain komoditi menjadi rusak.
3. Untuk mencegah gangguan kontaminasi terhadap mikroorganisme yang digunakan dalam industri, hasilnya tergantung pada kemurnian penggunaan biakan murni.
4. Untuk mencegah kontaminasi bahan - bahan yang dipakai dalam pengerjaan biakan murni dilaboratorium (diagnosis, penelitian, industri), sehingga pengamatan tentang pertumbuhan satu organisme pada medium pembiakan khusus atau pada hewan percobaan membingungkan karena adanya organisme lain yang tumbuh.

Steril adalah suatu keadaan dimana suatu zat terbebas dari mikroba hidup, baik yang patogen maupun non patogen, baik dalam bentuk negatif ataupun dalam bentuk spora dalam keadaan statis, tidak dapat berkembang biak, tetapi melindungi diri dengan lapisan pelindung yang kuat Menurut (Robert Koch, 1876) dalam buku (Sri Agnes 2015).

Sterilisasi merupakan suatu proses yang bertujuan untuk menghilangkan dan membebaskan semua alat dan media dari gangguan organisme mikroba,

termasuk virus, bakteri dan spora dan fungi beserta sporanya. Sterilisasi merupakan suatu metode atau cara yang digunakan untuk mengeliminasi semua mikroorganisme. Semua bahan dan alat dalam media kultur maupun dalam kegiatan praktikum harus dalam keadaan steril (Haug 1993). Termasuk dengan media yang penting dalam kultur dan juga alat - alat yang menunjang seperti pipet, tabung, jarum *inokulasi* dan peralatan lainnya serta area kerja .

Pada prinsipnya sterilisasi dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu :

A. Sterilisasi secara fisik

Cara membunuh mikroba ini dengan memakai panas (*thermal kill*). Panas tersebut akan mendenaturasi protein, terutama enzim - enzim dan membran sel. Panas kering membunuh bakteri karena oksidasi komponen - komponen sel. Daya bunuh panas kering tidak sebaik panas basah. Hal ini dibuktikan dengan memasukkan biakan mikroba dalam air mendidih akan cepat mati dari pada di panasi secara kering.

1. Pemanasan basah

a. Otoklaf

Alat ini serupa tangki minyak yang dapat di isi dengan uap air. Dalam otoklaf, yang mensterilkannya adalah panas basah, bukan tekanannya. Oleh karena itu setelah air didalam tangki mendidih dan mulai terbentuk uap air, maka uap air ini akan mengalir ke ruang pensteril guna mendesak keluar semua udara di dalamnya. Pada tekanan uap 2 atmosfer di mana suhu yang dicapai 120°C, lama pemanasannya cukup selama 10 - 20 menit. Dengan cara ini, baik bentuk vegetatif maupun spora akan mati, sehingga mencapai steril sempurna.

b. Tyndalisasi

Metode ini berupa mendidikan medium dengan uap beberapa menit saja. Setelah didiamkan satu hari, selama itu spora - spora tumbuh menjadi bakteri vegetatif, maka medium tersebut dididihkan lagi selama beberapa menit. Akhirnya pada hari ketiga, medium tersebut dididihkan sekali lagi. Dengan jalan demikian diperoleh medium steril, dan zat - zat organik yang terkandung didalamnya tidak mengalami perubahan.

c. *Pasteurisasi*

Pasteurisasi adalah suatu cara desinfeksi dengan pemanasan yang pertama kalinya dilakukan oleh *Pasteur* dengan maksud untuk mengurangi jumlah mikroorganisme pembusuk (perusak) didalam anggur tanpa merusak anggur tersebut. Suhu yang dipergunakan adalah sekitar 69°C, dan waktu yang digunakan adalah 30 menit.

2. Pemanasan Kering

a. Oven

Sterilisasi ini menggunakan udara panas. Alat - alat yang disterilkan ditempatkan dalam oven dimana suhunya dapat mencapai 160 -180°C. Caranya adalah dengan memanaskan udara dalam oven tersebut dengan gas atau listrik. Oleh karena daya penetrasi panas kering tidak sebaik panas basah, maka waktu yang diperlukan pada sterilisasi cara ini lebih lama yakni selama 1- 2 jam. Sterilisasi cara ini baik dipergunakan untuk mensterilkan alat-alat gelas seperti cawan petri, pipet, tabung reaksi, labu, dan sebagainya.

b. Pembakaran (*incineration*)

Pembakaran merupakan cara sterilisasi yang 100% efektif, tetapi ini terbatas penggunaannya. Cara ini biasa dipergunakan untuk mensterilkan alat penanam kuman (jarum ose atau sengkeli), yakni dengan membakarnya sampai pijar. Dengan cara ini semua bentuk hidup akan dimatikan. Pembakaran juga dilakukan untuk bangkai binatang percobaan yang mati.

c. Penyinaran dengan sinar gelombang pendek

Mikroorganisme diudara dapat dibunuh dengan penyinaran memakai sinar ultraviolet. Panjang gelombang yang dapat membunuh mikroorganisme adalah 220 - 290nm. Radiasi yang paling efektif adalah 253,7nm. Untuk memperoleh hasil yang baik, maka bahan - bahan yang disterilkan, baik yang berupa cairan, gas, atau *aerosol* harus dilewatkan (dialirkan) atau ditempatkan langsung dibawah sinar ultra ungu dalam lapisan - lapisan yang tipis.

3. Sterilisasi secara kimia

Antiseptik kimia biasanya dipergunakan dan dibiarkan menguap seperti halnya alkohol. Umumnya *isopropil* alkohol 70 - 90% adalah yang termurah

namun merupakan antiseptik yang sangat efisien dan efektif. Penambahan yodium pada alkohol akan meningkatkan daya desinfeksi. Dengan atau tanpa yodium, isopropil tidak efektif terhadap spora. Solusi terbaik untuk membunuh spora adalah campuran *formaldehid* dengan alkohol, tetapi solusi ini tidak terlalu *toksik* untuk dipakai sebagai antiseptik. Zat-zat kimia yang dapat dipakai untuk sterilisasi antara lain adalah *halogen* (senyawa klorin, yodium), alkohol, fenol, hidrogen peroksida, Zat warna ungu kristal, derivat akridin, rosanalin, deterjen, logam - logam berat (Hg, Ag, As, aldehida, gas ETO (oksida etilen), uap formaldehid, beta - propiklanton.

4. Sterilisasi secara mekanik

Beberapa bahan yang akibat pemanasan tinggi atau tekanan tinggi akan mengalami perubahan atau penguraian, maka sterilisasi yang dilakukan adalah dengan cara mekanik, misalnya dengan saringan. Dalam mikrobiologi, penyaringan secara fisik yang paling banyak digunakan adalah dengan penggunaan filter khusus, misalnya filter *berkefeld*, filter *chamberland* dan filter *seitz*. Jenis filter yang dipakai atau yang akan digunakan tergantung pada tujuan penyaringan dan benda yang akan disaring. Filter - filter ini mempunyai pori - pori yang sangat halus (0,1 - 0,2 μ) sehingga filtratnya bebas dari bakteri.

5. Menyaring cairan

Hal ini dapat dilakukan dengan berbagai filter seperti saringan seitz yang menggunakan saringan asbestos sebagai alat penyaringan, saringan berkefeld yang menggunakan filter yang terbuat dari tanah diatom, saringan chamberland yang menggunakan filter yang terbuat dari porselen dan *fritted glas filter*, yang menggunakan filter yang terbuat dari serbuk gelas.

6. Menyaring udara

Untuk menjaga suatu alat yang sudah steril agar tidak tercemar oleh mikroba atau untuk menjaga agar suatu biakan kuman tidak tercemar oleh kuman yang lain, maka alat-alat tersebut harus ditutup dengan kapas, karena kapas mudah ditembus udara tetapi dapat menahan mikroorganisme. Harus dijaga agar kapas tidak menjadi basah, oleh karena kapas yang basah memungkinkan kuman menembus kedalam. Untuk mencegah pencemaran oleh kuman - kuman udara

pada waktu menuang perbenihan, dapat digunakan suatu alat yang disebut *Laminar flow* dimana udara yang masuk kedalamnya disaring lebih dahulu dengan suatu saringan khusus. Saringan ini ada batas waktu pemakaiannya.

2.11 Desinfektan Mikroorganisme

Desinfeksi adalah membunuh mikroorganisme penyebab penyakit dengan bahan kimia atau secara fisik, hal ini dapat mengurangi kemungkinan terjadi infeksi dengan jalan membunuh mikroorganisme patogen (Fardiaz, 1992). Sebelum dilakukan desinfeksi, penting untuk membersihkan alat-alat tersebut dari *debris organik* dan bahan - bahan berminyak karena dapat menghambat proses desinfeksi. Desinfektan dapat membunuh mikroorganisme patogen pada benda mati. Desinfektan dibedakan menurut kemampuannya membunuh beberapa kelompok mikroorganisme, desinfektan "tingkat tinggi" dapat membunuh virus seperti virus influenza dan herpes, tetapi tidak dapat membunuh virus polio, hepatitis B atau *M. tuberculosis*. Untuk mendesinfeksi permukaan dapat dipakai salah satu dari tiga desinfektan seperti *iodophor*, *derivat fenol* atau *sodium hipokrit*. Untuk mendesinfeksi permukaan, umumnya dapat dipakai satu dari tiga desinfektan diatas. Tiap desinfektan tersebut memiliki efektifitas "tingkat menengah" bila permukaan tersebut dibiarkan basah untuk waktu 10 menit.

Kriteria desinfektan yang ideal:

1. Bekerja dengan cepat untuk mengidnktivasi mikroorganisme pada suhu kamar
2. Aktivasinya tidak dipengaruhi oleh bahan organik, pH, temperatur dan kelembaban
3. Tidak toksik pada hewan dan manusia
4. Tidak bersifat korosif
5. Tidak berwarna dan meninggalkan noda
6. Tidak berbau atau baunya disenangi
7. Bersifat biodegradable atau mudah diurai
8. Larutan stabil
9. Mudah digunakan dan ekonomis

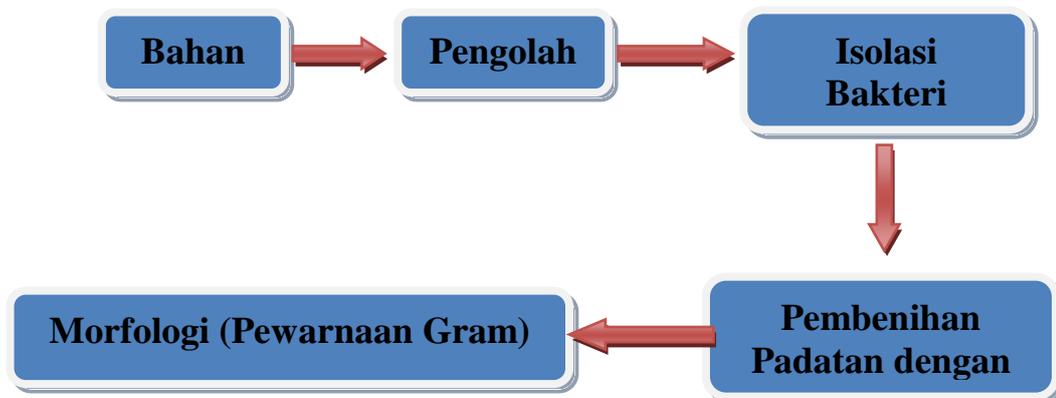
10. Aktivitas berspektrum luas

Disinfektan yang tidak berbahaya bagi permukaan tubuh dapat digunakan dan bahan ini dinamakan antiseptik. Antiseptik adalah zat yang dapat menghambat atau menghancurkan mikroorganisme pada jaringan hidup, sedang desinfeksi digunakan pada benda mati. Disinfektan dapat pula digunakan sebagai antiseptik atau sebaliknya tergantung dari toksisitasnya.

2.12 Proses Pembiakan Bakteri

Bakteri (dari kata Latin *bacterium*, jamak, *bacteria*) adalah kelompok organisme yang tidak memiliki membran inti sel. Organisme ini termasuk kedalam domain prokariota dan berukuran sangat kecil (mikroskopik), serta memiliki peran besar dalam kehidupan di bumi dan lihat pada (Gambr 2.2) berikut ini proses pembiakan bakteri secara kimia.

Dalam teknik biakan murni tidak saja diperlukan bagaimana memperoleh suatu biakan yang murni, tetapi juga bagaimana memelihara serta mencegah pencemaran dari luar. Media untuk membiakkan bakteri haruslah steril sebelum digunakan. Pencemaran terutama berasal dari udara yang mengandung banyak mikroorganisme. Pemindahan biakan mikroba yang dibiakkan harus sangat hati-hati dan mematuhi prosedur laboratorium agar tidak terjadi kontaminasi. Oleh karena itu, diperlukan teknik-teknik dalam pembiakan mikroorganisme yang disebut dengan teknik inokulasi biakan (Dwijoseputro, 1998).



Gambar 2.2 Proses Pembiakaan Bakteri

Sumber: Dokumen Penulis

2.13 Bahan

Menurut Hadioetomo (1993), jumlah koloni yang muncul pada cawan merupakan suatu indeks bagi jumlah organisme yang dapat hidup yang terkandung dalam sampel. Untuk memenuhi persyaratan statistik, cawan yang dipilih untuk perhitungan koloni adalah yang mengandung antara 30 - 300 koloni. Karena jumlah mikroorganisme dalam sampel tidak diketahui sebelumnya, maka untuk memperoleh sekurang - kurangnya satu cawan yang mengandung koloni dalam jumlah yang memenuhi syarat tersebut harus dilakukan sederetan pengenceran dan pencawanan

Media pertumbuhan mikroorganisme adalah suatu bahan yang terdiri dari campuran zat - zat makanan (nutrisi) yang diperlukan mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Mikroorganisme memanfaatkan nutrisi media berupa molekul - molekul kecil yang dirakit untuk menyusun komponen sel. Dengan media pertumbuhan dapat dilakukan isolat mikroorganisme menjadi kultur murni dan juga memanipulasi komposisi media pertumbuhannya.

Bahan - bahan media pertumbuhan untuk bakteri :

A. Bahan dasar (Machmud, 2008):

1. Air (H_2O) sebagai pelarut
2. Agar (dari rumput laut) yang berfungsi untuk pematat media. Agar sulit didegradasi oleh mikroorganisme pada umumnya dan mencair pada suhu $45\text{ }^{\circ}C$.
3. Gelatin juga memiliki fungsi yang sama seperti agar. Gelatin adalah polimer asam amino yang diproduksi dari kolagen. Kekurangannya adalah lebih banyak jenis mikroba yang mampu menguraikannya dibanding agar. (Machmud, 2008).
4. *Silica gel*, yaitu bahan yang mengandung natrium silikat. Fungsinya juga sebagai pematat media. Silica gel khusus digunakan untuk memadatkan media bagi mikroorganisme *autotrof obligat*.

B. Nutrisi atau zat makanan (Machmud, 2008):

Media harus mengandung unsur - unsur yang diperlukan untuk metabolisme sel yaitu berupa unsur makro seperti C, H, O, N, P; unsur mikro

seperti Fe, Mg dan unsur pelikan atau *trace element*. Sumber karbon dan energi yang dapat diperoleh berupa senyawa organik atau anorganik sesuai dengan sifat mikrobanya. Jasad *heterotrof* memerlukan sumber karbon organik antara lain dari karbohidrat, lemak, protein dan asam organik. Sumber nitrogen mencakup asam amino, protein atau senyawa bernitrogen lain. Sejumlah mikroba dapat menggunakan sumber N anorganik seperti urea.

C. Bahan tambahan

Bahan - bahan tambahan yaitu bahan yang ditambahkan ke medium dengan tujuan tertentu, misalnya *phenol red* (indikator asam basa) ditambahkan untuk indikator perubahan pH akibat produksi asam organik hasil metabolisme. Antibiotik ditambahkan untuk menghambat pertumbuhan mikroba non - target atau kontaminan.

2.14 Pembenihan padatan dengan media selektif

Media selektif (*selective medium*) atau media penghambat adalah suatu media yang ditambah zat kimia tertentu yang bersifat selektif untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme lain sehingga dapat mengisolasi mikroorganisme tertentu, dalam pengaplikasiannya media selektif digunakan agar didapatkan mikroorganisme yang diinginkan atau yang dibutuhkan sipeneliti, misalnya media yang mengandung kristal violet pada kadar tertentu, yang dapat mencegah pertumbuhan bakteri gram positif tanpa mempengaruhi bakteri gram negatif.

Media ini selain mengandung nutrisi juga ditambah suatu zat tertentu sehingga media tersebut dapat menekan pertumbuhan mikroba lain dan merangsang mikroba yang diinginkan. Contohnya adalah *Luria Bertani* medium yang ditambah *Amphisilin* untuk merangsang *E.coli* resisten antibiotik dan menghambat kontaminan yang peka, *Ampiciline Salt broth* yang ditambah NaCl 4% untuk membunuh *Streptococcus agalactiae* yang toleran terhadap garam. media ini dipakai untuk menyeleksi mikroorganisme sesuai dengan yang diinginkan, jadi hanya satu jenis mikroorganisme saja yang dapat tumbuh dalam media ini atau hanya satu kelompok tertentu saja. (Machmud, 2008).

2.15 Logam Berat

Logam digolongkan kedalam dua katagori, yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat ialah logam yang mempunyai berat 5 g atau lebih untuk setiap cm³, dengan sendirinya logam yang beratnya kurang dari 5 g setiap cm³ termasuk logam ringan (Darmono, 1995).

Keberadaan logam berat dalam siklus tumbuhan dan makanan akan dapat membahayakan kesehatan makhluk hidup. akumulasi logam berat pada jaringan tubuh hingga melebihi batas toleransi dapat menimbulkan keracunan bagi manusia, hewan dan tumbuhan. logam berat tidak dapat dihancurkan oleh mikroorganisme, ia akan terakumulasi dalam komponen - komponen lingkungan (Storm dalam buku moenir, 2010). Kontaminasi logam berat pada tanah tersebut juga selanjutnya dapat terakumulasi dalam rantai makanan yang pada akhirnya dapat membahayakan kehidupan manusia, penyakit tidak menular atau keracunan dapat ditimbulkan oleh air dan tumbuhan yang tercemar oleh senyawa anorganik atau ion logam, jika logam berat mengalir kesungai, danau atau sawah maka tanah yang teraliri akan terkontaminasi bahan-bahan kimia.

Kandungan logam dalam tanah sangat berpengaruh terhadap kandungan logam dalam tanaman yang tumbuh diatas tanah, sehingga kandungan logam dalam yang kurang atau berlebihan dalam jaringan tanaman akan mencerminkan kandungan logam dalam tanah.

Logam dalam tanah asam, jika terjadi penurunan pH, maka unsur kation dari logam akan menghilang karena proses pelarutan, yang dipengaruhi oleh adanya deposit asam dalam atmosfer, pengaruh presipitasi asam dalam anion dalam tanah, juga pertukaran kation dalam tanah dan tanaman, pada waktu terjadinya basah dengan air, rembesan kation dari tanah ini akan diserap tanaman, pada saat itu unsur logam akan meresap lebih dalam. (Darmono 1995).

Bahan dasar kompos yang paling banyak digunakan adalah sampah kota dan sewage. Bahan tersebut dapat mengandung logam berat yang cukup tinggi seperti Merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan timah (Pb). Unsur-unsur ini akan

terserap oleh tanaman dan termakan oleh manusia dan akhirnya akan mengkontaminasi seluruh rantai makanan. Tiap negara mempunyai peraturan yang berbeda untuk nilai logam berat yang diperbolehkan berada dalam kompos yang dihasilkan. Di Florida maksimum Cd dan Pb dalam kompos adalah masing-masing 15 mg kg⁻¹ dan 500 mg kg⁻¹. Canada 3 mg kg⁻¹ dan 150 mg kg⁻¹. Korea 5 mg kg⁻¹ dan 150 mg kg⁻¹ (Setyorini dan Prihatini, 2003).

Kontaminasi logam berat berlebihan dalam kompos yang diproduksi berdampak tidak baik. Hal ini terjadi bila pemilahan tidak dilaksanakan sebelumnya sehingga bahan baku masih tercampur dengan sampah yang mengandung logam berat. Aktivitas pemilahan sampah sebelum pengomposan dilaksanakan sangat penting untuk dilakukan dan lebih baik lagi bila pemilahan telah dilakukan di sumber sampah (Wawan 2009).

Petunjuk atau peraturan ini merupakan bentuk pengamanan terhadap kualitas kompos yang harus diikuti dengan cara monitoring secara teratur yang dilakukan oleh pihak produsen juga oleh pemerintah. Di Korea telah dibuat suatu peraturan mengenai kriteria kandungan logam berat dalam bahan dasar kompos yang akan digunakan, yaitu: dalam mg kg⁻¹ As (<50), Hg (<2), Pb (<150), Cd (<5), Cu (<500), Cr (<300), Zn (<900), dan Ni (<50) (Myung and Youn Lee, 2001 dalam Setyorini dan Prihatini, 2003). Seleksi ini penting dilakukan terutama untuk material kompos yang berasal dari sampah kota, industri makanan, tekstil, pembuatan oli, aki, dan lain-lain. Hasil yang dicapai dengan adanya peraturan ini sangat signifikan, karena saat itu banyak produsen pupuk organik yang ingin mencari keuntungan maksimal dengan menggunakan bahan dasar kompos yang kurang baik. Dengan adanya peraturan tersebut, maka pemalsuan pupuk organik dapat dikendalikan.

Logam berat berfungsi sebagai antimikroba oleh karena dapat memprespitasikan enzim-enzim atau protein esensial dalam sel. Logam-logam yang sering dipakai adalah Hg, Ag, As, Zn, dan Cu. Daya antimikroba dari logam berat, dimana pada konsentrasi yang kecil saja dapat membunuh mikroba

dinamakan daya oligodinamik. Tetapi garam dari logam berat ini mudah merusak kulit.

2.16 Pengertian Merkuri (Hg)

Merkuri (Hg) adalah logam berat berbentuk cair, berwarna putih perak, serta mudah menguap pada suhu ruangan. Merkuri (Hg) dapat larut dalam asam sulfat atau asam nitrit, tetapi tahan terhadap basa. Hg memiliki titik didih 356,6°C. Hg muda membentuk alloy amalgama dengan logam lainnya, seperti emas (Au), perak (Ag), platinum (Pt), dan tin (Sn). Garam merkuri yang penting antara lain HgCl₂ yang bersifat sangat toksik. Hg₂Cl₂ digunakan dalam bidang kesehatan, Hg(ONC)₂ digunakan sebagai bahan detonator yang eksplosif, sedangkan HgS digunakan pigmen cat berwarna merah terang dan bahan antiseptik (Widowati *et al*, 2008).

Manusia telah menggunakan mercury oksida (HgO) dan mercury sulfida (HgS) sebagai zat pewarna dan bahan kosmetik (kream pemutih) diantaranya adalah bola lampu, penambal gigi, dan termometer. Hg di gunakan dalam kegiatan penambang emas, produksi gas klor dan soda kaustik, serta dalam industri pulp, kertas dan baterai. Merkuri dengan klor, belerang, atau oksigen akan membentuk garam yang digunakan dalam pembuatan krim pemutih dan krim antiseptik. Logam tersebut digunakan secara luas untuk mengekstrak emas (Au) dari bijihnya. Ketika Hg dicampur dengan bijih emas, Hg akan membentuk amalgama dengan emas (Au) dan perak (Ag). Amalgama tersebut harus dibakar untuk menguapkan merkuri guna menangkap dan memisahkan butir - butir emas dari butir - butir batuan. Hg bersifat sangat toksik sehingga penggunaan Hg dalam berbagai industri sebaiknya dikurangi, termasuk dalam industri farmasai, kedokteran gigi, industri pertanian, industri baterai, dan lampu fluorecence (Widowati *et al*, 2008).

Merkuri (Hg) atau air raksa adalah logam yang ada secara alami, merupakan satu-satunya logam yang pada suhu kamar berwujud cair. Logam murninya berwarna keperakan atau putih keabuan - abuan, cairan tak berbau, dan mengkilap. Bila dipanaskan sampai suhu 3570C, Hg akan menguap. Walaupun

Hg hanya terdapat dalam konsentrasi 0,08 mg/kg kerak bumi, logam ini banyak tertimbun didaerah penambangan. Hg lebih banyak digunakan dalam bentuk logam murni dan organik daripada bentuk anorganik. Logam Hg dapat berada pada berbagai senyawa. Bila bergabung dengan klor, belerang, atau oksigen, Hg akan membentuk garam yang biasanya berwujud padatan putih. Merkuri (Hg) terdapat diudara dari deposit mineral dan dari area industri. Logam Hg yang ada diair dan tanah terutama berasal dari deposit alam, buangan limbah, dan akitivitas vulkanik. Logam Hg dapat pula bersenyawa dengan karbon membentuk senyawa Hg organik.

Kandungan logam dalam tanah sangat berpengaruh terhadap kandungan logam dalam tanaman yang tumbuh diatas tanah, sehingga kandungan logam dalam yang kurang atau berlebihan dalam jaringan tanaman akan mencerminkan kandungan logam dalam tanah.

Logam dalam tanah asam, jika terjadi penurunan pH, maka unsur kation dari logam akan menghilang karena proses pelarutan, yang dipengaruhi oleh adanya deposit asam dalam atmosfer, pengaruh presipitasi asam dalam anion dalam tanah, juga pertukaran kation dalam tanah dan tanaman, pada waktu terjadinya basah dengan air, rembesan kation dari tanah ini akan diserap tanaman, pada saat itu unsur logam akan meresap lebih dalam.(Darmono 1995).

Tanah yang asam akan menaikkan pembebasan logam dalam tanah, termasuk logam toksik, derajat keasaman yang tinggi mempengaruhi penyerapan logam dalam tanah, naiknya ketersediaan logam dalam tanah dapat meningkatkan kandungan logam dalam tanaman, Akumulasi logam dalam tanaman tidak hanya tergantung pada kandungannya dalam tanah, tetapi juga pada unsur kimia tanah, jenis logam dan spesies tanaman.

Tanaman memerlukan unsur mineral dari dalam tanah sebagai unsur nutrisi dalam jumlah yang sedikit, Tanah yang bersifat asam akan meningkatkan pelarutan dan ketersediaan logam berat yang berlebihan dalam tanah.(Darmono 1995).

2.17 Sifat merkuri (Hg)

merkuri organik, yang paling toksik dan berbahaya pada bentuk organik ini ialah bentuk alkil-merkuri yaitu metil dan etil-merkuri, kedua bentuk senyawa merkuri organik ini telah banyak berada dalam bidang pertanian, alkil-merkuri ini biasanya diserap secara sempurna pada dinding saluran pencernaan dan terikat dalam sel dara merah,(Darmono 1995).

2.18 Pengertian Timbal (Pb)

Timbal (Pb) Merupakan logam yang sangat populer dan banyak dikenal oleh masyarakat awam. Hal ini disebabkan oleh banyaknya Pb yang digunakan di industri nonpangan dan paling banyak menimbulkan keracunan pada makhluk hidup. Pb adalah sejenis logam yang lunak dan berwarna cokelat kehitaman, serta mudah dimurnikan dari pertambangan.

Dalam pertambangan, logam ini berbentuk sulfida logam (PbS), yang sering disebut galena. Senyawa ini banyak ditemukan dalam pertambangan diseluruh dunia. Bahaya yang ditimbulkan oleh penggunaan Pb ini adalah sering menyebabkan keracunan. Menurut Darmono (1995), Pb mempunyai sifat bertitik lebur rendah, mudah dibentuk, mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan. Bila dicampur dengan logam lain, membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya, mempunyai kepadatan melebihi logam lain.

Dewasa ini pelepasan Pb ke atmosfer meningkat tajam akibat pembakaran minyak dan gas bumi yang turut menyumbang pembuangan Pb ke atmosfer. Selanjutnya Pb tersebut jatuh ke laut mengikuti air hujan. Dengan kejadian tersebut maka banyak negara didunia mengurangi tetraetil Pb pada minyak bumi dan gas alam untuk mengurangi pencemaran Pb di atmosfer.

Timbal (Pb) merupakan logam berat golongan IV-A dengan nomor atom 82 ,massa atom 207,2 dan massa jenis 11,34. Logam ini sangat populer dan banyak dikenal disebabkan banyaknya timbal yang digunakan dipabrik dan paling banyak menimbulkan keracunan pada makhluk hidup (Simanungkalit, 2015).

Timbal (Pb) Pada Tanaman:

Kerusakan karena pencemaran dapat terjadi karena adanya akumulasi bahan toksik dalam tubuh-tumbuhan, perubahan pH, peningkatan atau penurunan aktivitas enzim, rendahnya kandungan asam askorbat didaun, tertekannya fotosintesis, peningkatan respirasi, produksi bahan kering rendah, perubahan permeabilitas, terganggunya keseimbangan air dan penurunan kesuburannya dalam waktu yang lama. Gangguan metabolisme berkembang menjadi kerusakan kronis dengan konsekuensi tak beraturan. Tumbuhan akan berkurang produktivitasnya dan kualitas hasilnya juga rendah (Sitompul dan Guritno, 1995).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pencemaran mengakibatkan menurunnya pertumbuhan dan produksi tanaman serta diikuti dengan gejala yang tampak visible symptoms. Kerusakan tanaman karena pencemaran berawal dari tingkat biokimia gangguan proses fotosintesis, respirasi, serta biosintesis protein dan lemak, selanjutnya tingkat ultrastruktural disorganisasi sel membran, kemudian tingkat sel dinding sel, mesofil, pecahnya inti sel dan diakhiri dengan terlihatnya gejala pada jaringan daun seperti klorosis dan nekrosis.

Timbal (Pb), yang diserap oleh tanaman akan memberikan efek buruk apabila kepekatannya berlebihan. Pengaruh yang ditimbulkan antara lain dengan adanya penurunan pertumbuhan dan produktivitas tanaman serta kematian. Penurunan pertumbuhan dan produktivitas pada banyak kasus menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan klorosis. Kepekaan logam berat pada daun memperlihatkan batas toksisitas terhadap tanaman yang berbeda - beda.

Sifat-Sifat fisik logam Pb dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 2.6 Sifat-Sifat logam Pb.

Nomor Atom	82
Berat Atom	207,21
Berat Jenis	11,29 g/cm ³
Titik Lelah	327,4 ⁰ C
Titik didih pada tekanan atmosfer	1620 ⁰ C

Timbal (Pb) punya kemampuan sangat tinggi untuk menahan sinar x dan sinar gama, sehingga lempengan Pb banyak dipakai sebagai pelindung bahan radioaktif. dalam industri cat, senyawa Pb banyak digunakan sebagai pewarna.

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut kedalam tubuh. proses masuknya Pb kedalam tubuh dapat melalui beberapa jalur, yaitu melalui makanan dan minuman, melalui udara atau melalui perembesan atau penetrasi pada selaput atau lapisan kulit.

Keracunan yang disebabkan oleh keberadaan logam dalam tubuh akan mempengaruhi banyak jaringan dan organ tubuh. Organ-Organ tubuh yang banyak menjadi sasaran dari peristiwa keracunan logam Pb adalah sistem syaraf, sistem ginjal, sistem reproduksi, sistem endokrin dan jantung. Setiap bagian yang diserang oleh racun Pb akan memperlihatkan efek yang berbeda-beda.

2.19 Prinsip dasar Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri serapan atom adalah suatu metode yang digunakan untuk mendeteksi atom-atom logam dalam fase gas. Metode ini seringkali mengandalkan nyala untuk mengubah logam dalam larutan sampel menjadi atom-atom logam berbentuk gas yang digunakan untuk analisis kuantitatif dari logam dalam sampel (Rohman, 2007).

Analisis Kuantitatif :

Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada pada sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari: Hukum Lambert: bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi. Hukum Beer: Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad (1)$$

Dimana: ε = absortivitas molar

b = panjang medium

c = konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar

A = absorbansi

Dari persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day & Underwood, 1989)

2.20 SNI 19-7030-2004.

Standar Nasional Indonesia (SNI) “Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik” disusun dalam rangka pengaturan mutu produk kompos sehingga dapat melindungi konsumen dan mencegah pencemaran lingkungan. Standar ini dapat digunakan sebagai acuan bagi produsen kompos dalam memproduksi kompos.

SNI ini mengacu pada standar kualitas kompos internasional seperti British Columbia Class I Compost Regulation dan National Standard Of Canada (CAN/BNQ 0413 - 200) terutama untuk kualitas unsur mikro berupa logam berat dengan nilai maksimal yang diperbolehkan, dan juga mengacu pada produk kompos yang dihasilkan dari berbagai produsen pengomposan di Indonesia .

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis Konstruksi dan Bangunan (21S) dan telah telah dibahas dalam konsensus pada tanggal 14 November 2001 di Bandung.

Dengan tersusunnya SNI Spesifikasi kompos dari sampah domestik ini diharapkan dapat memberi manfaat yang sebesar-besarnya bagi masyarakat.

Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik

1. Ruang Lingkup

Spesifikasi kompos yang berasal dari sampah domestik ini memuat ruang lingkup, acuan, istilah dan definisi, persyaratan kandungan kimia, fisik dan bakteri

yang harus dicapai dari hasil olahan sampah organik domestik menjadi kompos. Karakteristik dan spesifikasi kualitas kompos dari sampah organik domestik.

2. Acuan Normatif

Standar ini menggunakan acuan :

CAN/BNQ 0413 – 200; A national Canadian standard for the composting industry
Agriculture And Agri-Food Canada (AAFC), Criteria Trade Memorandum T-4-
93 ; The Maximum Trace Element Concentrations Within Product

3. Istilah dan definisi

3.1 Kompos

Sentuk akhir dari bahan-bahan organik sampah domestik setelah mengalami dekomposisi

3.2 Dekomposisi

Perubahan komposisi bahan organik sampah domestik akibat penguraian oleh mikroorganisma pada suhu tertentu menjadi senyawa organik yang lebih sederhana

3.3 Kadar air

Jumlah kandungan air yang terdapat di dalam sampah dan kompos

3.4 Unsur mikro

Unsur kimia yang terdapat didalam kompos dengan konsentrasi yang sangat kecil

3.5 Bahan asing

Bahan yang terdapat di dalam kompos yang memberikan pengaruh negatif pada pengguna dan industri pengomposan

3.6 Pencemar organik

Pencemar yang berasal dari senyawa golongan pestisida dan sejenisnya

3.7 Sampah organik domestik

Sampah yang berasal dari aktivitas permukiman antara lain sisa makanan, daun, buah-buahan, sisa sayuran

3.8 C/N-rasio

Nilai yang menunjukkan perbandingan kadar karbon terhadap nitrogen

3.9 Organisma patogen

Mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit bagi makhluk hidup

3.10 Nilai agronomi

Nilai yang dapat meningkatkan daya pertumbuhan

3.11 Suhu air tanah

Suhu yang ada di dalam air tanah yang dapat diserap oleh akar tumbuhan dalam suasana aerob dan tidak lebih dari 30 °C

4. Persyaratan

4.1 Kematangan kompos

Kematangan kompos ditunjukkan oleh hal-hal berikut :

- 1) C/N - rasio mempunyai nilai (10 - 20) : 1
- 2) Suhu sesuai dengan dengan suhu air tanah
- 3) Bewarna kehitaman dan tekstur seperti tanah
- 4) Berbau tanah

4.2 Tidak mengandung bahan asing

Tidak mengandung bahan asing seperti berikut :

- 1) Semua bahan pengotor organik atau anorganik seperti logam, gelas, plastik dan karet
- 2) Pencemar lingkungan seperti senyawa logam berat, B3 dan kimia organik seperti pestisida .

4.3 Unsur mikro

Unsur mikro nilai-nilai ini dikeluarkan berdasarkan:

- 1) Konsentrasi unsur-unsur mikro yang penting untuk pertumbuhan tanaman (khususnya Cu, Mo, Zn)
- 2) Logam berat yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan tergantung pada konsentrasi maksimum yang diperbolehkan dalam tanah, seperti dalam Tabel 1 Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik.

4.4 Organisme patogen

Organisme pathogen tidak melampaui batas berikut :

- 1) Fecal Coli 1000 MPN/gr total solid dalam keadaan kering
- 2) Salmonella sp. 3 MPN / 4 gr total solid dalam keadaan kering.

Hal tersebut dapat dicapai dengan menjaga kondisi operasi pengomposan pada temperatur 55 °C.

4.5 Pencemar organik

Kompos yang dibuat tidak mengandung bahan aktif pestisida yang dilarang sesuai dengan KEPMEN PERTANIAN No 434.1/KPTS/TP.270/7/2001 tentang Syarat dan Tata Cara Pendaftaran Pestisida pada Pasal 6 mengenai Jenis-jenis Pestisida yang mengandung bahan aktif yang telah dilarang seperti dalam Lampiran A.

5. Karakteristik lainnya

Karakteristik lain yang dapat dievaluasi dengan nilai agronomi .

5.1 Bahan organik

Kandungan bahan organik dalam kompos minimal 27% .

5.2 Kadar air

Kadar air yang diperbolehkan dalam kompos maksimal 50 %

5.3 Parameter sebagai indikator nilai agronomis

Parameter sebagai indikator nilai agronomis kompos yaitu :

- 1) pH, pH dari kompos harus netral;
- 2) Konsentrasi N, P₂O₅ dan K₂O, konsentrasi unsur humus utama dalam kompos N, P₂O₅ dan K₂O dari masing-masing tipe kompos tergantung dari penggunaan;
- 3) Kemampuan pengikat air, kemampuan kompos dalam mengikat air untuk menetapkan dalam mengevaluasi kualitas kompos.

6. Spesifikasi kualitas kompos dari sampah organik domestik

Spesifikasi kualitas kompos yang berasal dari sampah organik adalah sebagai berikut :

Tabel 2.7 Standar kualitas kompos

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar Air	%	-	50
2	Temperatur	°C		suhu air tanah
3	Warna			kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH		6,80	7,49
8	Bahan asing	%	*	1,5
Unsur makro				
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	-
11	Karbon	%	9,80	32
12	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0.10	-
13	C/N-rasio		10	20
14	Kalium (K ₂ O)	%	0,20	*
Unsur mikro				
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17	Kobal (Co)	mg/kg	*	34

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
18	Kromium (Cr)	mg/kg	*	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20	Merkuri (Hg)	mg/kg	*	0,8
21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
Unsur lain				
25	Kalsium	%	*	25.50
No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
26	Magnesium (Mg)	%	*	0.60
27	Besi (Fe)	%	*	2.00
28	Aluminium (Al)	%	*	2.20
29	Mangan (Mn)	%	*	0.10
Bakteri				
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3
Keterangan : * Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum				

BAB III

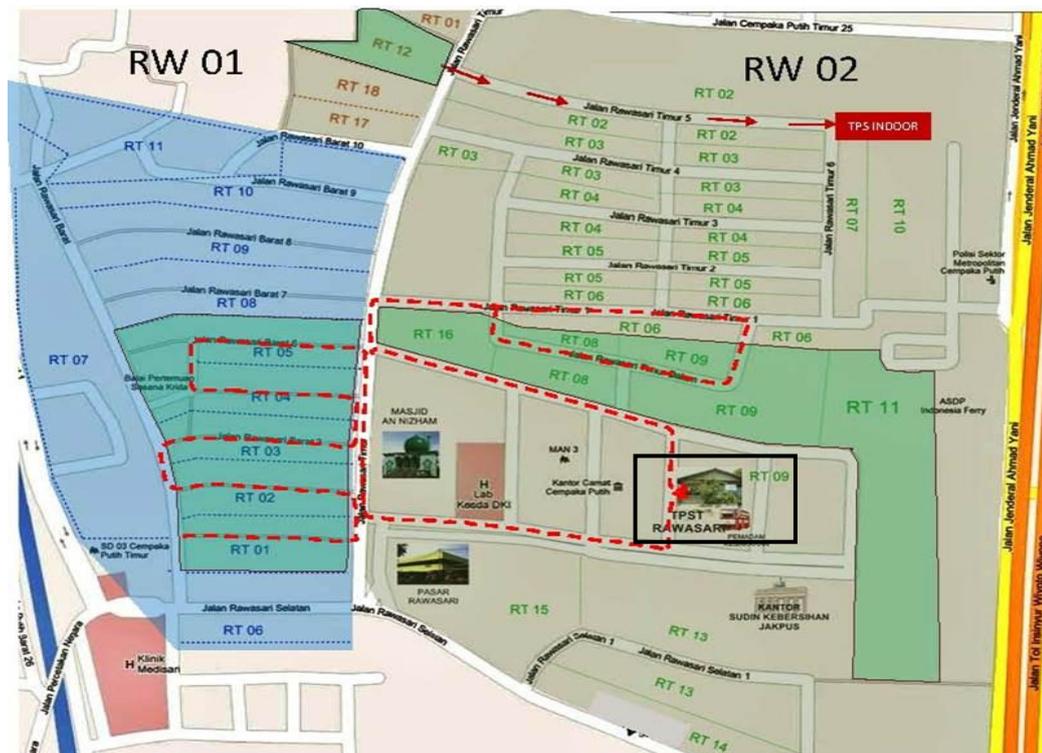
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah berbentuk data primer yang bersifat kuantitatif yang didapat dari pemeriksaan laboratorium dan lapangan, Analisa yang diukur dalam menentukan kualitas kompos mengacu pada SNI:19-7030-2004 Tentang Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik. Dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh penulis. Dari sudut pandang aplikasinya merupakan penelitian eksperimen.

3.2 Lokasi Penelitian

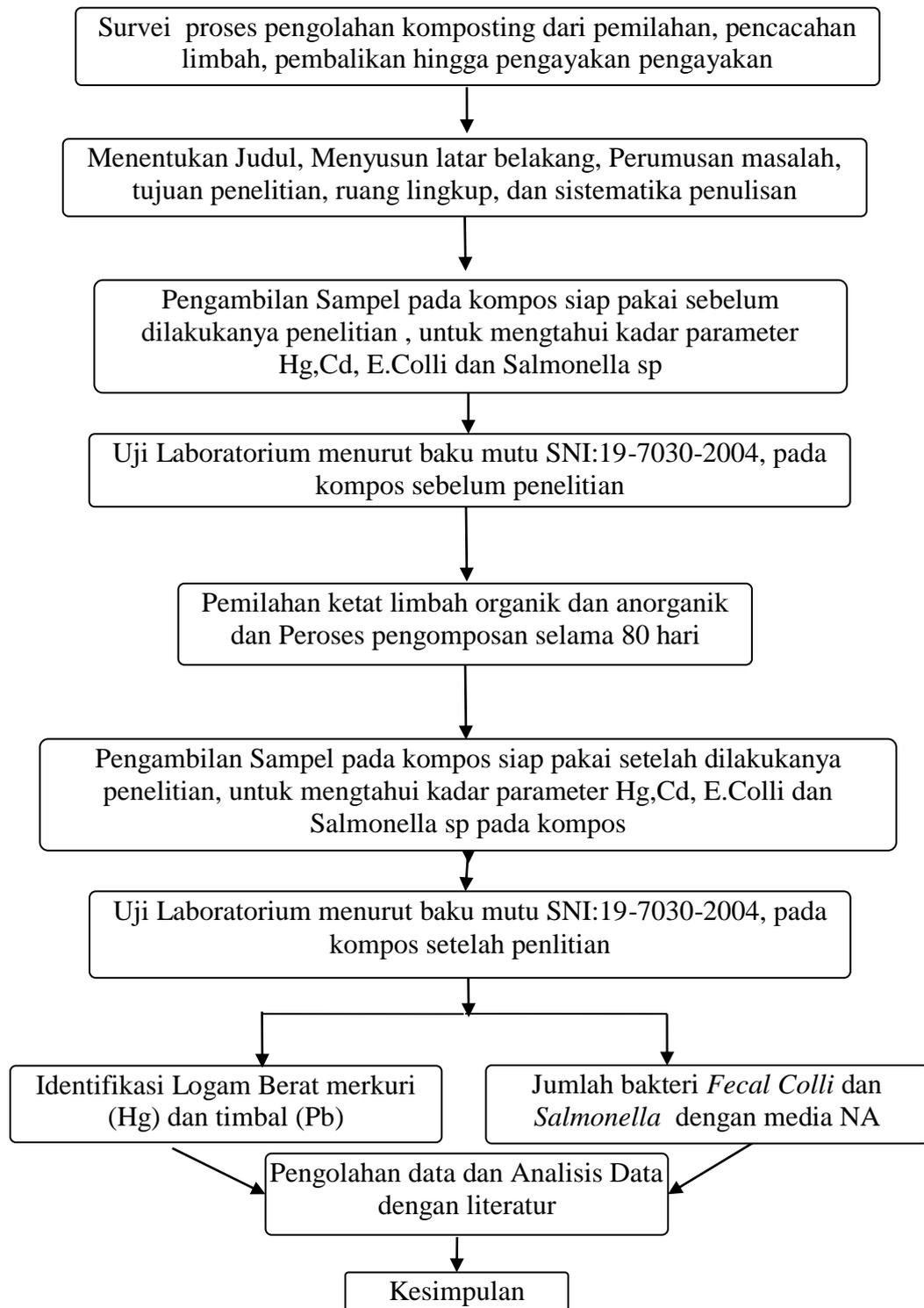
lokasi yang dipilih penulis untuk dijadikan tempat penelitian ini adalah pada TPST 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) Rawasari Selatan, kel, Cempaka Putih Timur Kec, Cempaka Putih Jakarta Pusat.



Gambar 3.1 TPST Rawasari Jakarta Pusat

Sumber : TPST Rawasari

3.3 Bagan alur penelitian



Gambar 3.2 Bagan alur penelitian

Sumber : Dokmen Penulis

Keterangan :

Penelitian ini dilakukan dengan survei lapangan pada TPST Rawasari bertujuan untuk mencari pengetahuan tentang masalah yang diteliti, apakah yang paling mencemaskan dalam hal komposting dari pemilahan, pencacahan, pembalikan sampai pengayakan bahkan sampai pengemasan.

Setelah itu penulis mengidentifikasi masalah pada sistem pengolahan komposting dan menentukan permasalahan yang akan diteliti, kemudian peneliti menentukan judul penelitian yang berkaitan dengan masalah yang pada kompos.

Selanjutnya peneliti melakukan pengambilan sampel pada kompos siap konsumsi untuk dilakukannya eksperimen sebelum penelitian dengan pengujian melalui uji laboratorium untuk memperoleh data yang akurat dan hasil laboratorium tersebut akan menjadi dengan perbandingan literatur yang digunakan yaitu SNI : 19-70-30-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik.

Peneliti mulai mencari teori - teori yang relevan melandasi penelitian teori tersebut didapat dari buku - buku, majalah ilmiah dan internet untuk mengembangkan pemahaman dan wawasan yang menyeluruh tentang penelitian ini yang sebelumnya pernah dilakukan dalam satu topik dan dijabarkan menjadi variabel - variabel penelitian untuk membantu menafsirkan data penelitian.

Kemudian penelitian pengomposan selama 80 hari untuk fermentasi (Perlakuan) pemilahan sampah ketat tanpa ada limbah anorganik ikut dalam proses penumpukan sistem *open windrow*, hasil dari pengomposan ini yang akan menentukan nilai ambang batas baku mutu.

Selanjutnya peneliti melakukan pengambilan sampel pada kompos siap konsumsi untuk dilakukannya eksperimen dengan pengujian melalui uji laboratorium untuk memperoleh data yang akurat dan hasil laboratorium tersebut akan menjadi bahan baku dalam mengambil keputusan dengan perbandingan baku mutu yang digunakan yaitu SNI : 19-70-30-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik.

3.4 Analisis Data

Analisis penelitian ini menggunakan uji laboratorium untuk mengidentifikasi jumlah bakteri E.Coli, Samonella dan logam berat Merkuri (Hg), Timbal (Pb), pengukuran dilakukan dengan cara mengukur masing - masing parameter dengan rumus.

$$\text{Jumlah CFU/ml} = \frac{\text{jumlah rata-rata koloni yg tumbuh}}{\text{volume inokulum (ml)} \times \text{faktor pengenceran}}$$

Hasil yang didapat adalah tingkat kualitas dengan uji laboratorium dengan media NA yang dinyatakan dalam bentuk presentase.

Dan rumus logam berat:

Kurva kalibrasi dibuat dengan menyalurkan konsentrasi larutan standar sebagai sumbu x diplot terhadap absorbansinya sebagai sumbu y. Sehingga persamaan regresi linier diketahui dengan rumus:

$$y = bx + a$$

Dimana:

y = nilai absorbansi

b = kemiringan lereng

x = konsentrasi larutan sampel

a = intersep

Untuk mencari nilai x, yaitu :

$y = bx + a$

$bx = y - a$

$x = (y - a) / b$

Sehingga akan diperoleh konsentrasi larutan sampel.

Konsentrasi larutan sampel ditentukan dengan mensubtitusikan nilai absorbansi sampel pada persamaan regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi yakni variabel y.

Hasil dari perumusan tersebut dalam bentuk tabel dengan bentuk susunan baris dan kolom - kolom yang saling berhubungan.

Tabel 3.1 Hasil analisis laboratorium logam berat dan merkuri

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Merkuri (Hg)	Mg/kg		
2	Timbal (Pb)	Mg/kg		
3	E.Colli	MPN/gr		
4	Salmonella sp.	MPN/4 gr		

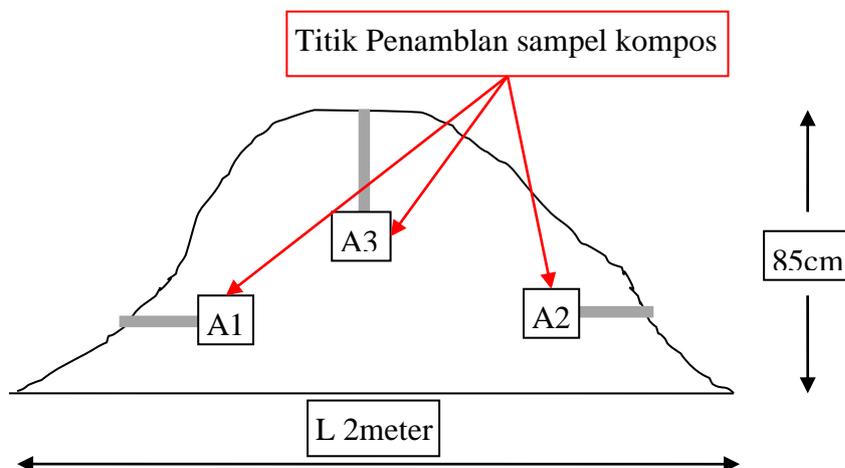
3.5 Populasi dan sampel

3.5.1 Populasi penelitian

Populasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kompos TPST Rawasari yang terletak di jl. Rawa Kerbau No.5A - Rawasari Selatan, kel, Cempaka Putih Timur Kec, Cempaka Putih Jakarta Pusat.

3.5.2 Sampel penelitian

Sampel adalah bagian atau wakil populasi yang diteliti. Untuk itu sampel yang diambil dalam penelitian ini adalah kompos hasil kegiatan pengolahan limbah domestik TPST Rawasari yang diambil pada kompos siap dikonsumsi atau kompos matang dalam tumpukan dan kompos setelah penelitian, sampel diambil langsung dari tumpukan sebanyak 1kg untuk pengujian logam (Hg) Merkuri, (Pb) Timbal dan 1kg untuk pengujian Mikroba E.Coli, Salmonella sp. Menurut Clift et al., (2000) Permodelan LCA terbagi menjadi 4 tahap metodologi yang saling berhubungan dalam membandingkan skenario dalam pengolahan sampah. Tahapan pertama dimulai dari tujuan atau *goal*, selanjutnya ruang lingkup *scope*, khusus dengan sistem *windrow composting* yang banyak dikembangkan dilakukan pengambilan sampling secara langsung ditumpukan kompos, Pengambilan sampling pada tiga titik yaitu A1, A2 dan A3 dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 3.3 Pengambilan sampel kompos pada *Windrow Composting*

Sumber : ISBN

3.6 Tahapan Penelitian

Analisis Data yang dimaksud adalah langkah - langkah kerja pengujian laboratorium bertujuan untuk mengetahui jumlah bakteri E.Coli dan Samonella pada kompos. Dan kandungan logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb) pada kompos, berikut adalah langkah kerja uji laboratorium bakteri dan logam berat.

3.6.1 Uji laboratorium bakteri

1. Pembuatan Media Agar

A. Sterilisasi Cawan Petri

Masukan cawan petri bersih dan kering ke dalam petri *dish sterilizing box*, lalu sterilkan dalam oven pada suhu 250 °C selama 2 jam.

B. Pembuatan Media Agar

Ditimbang 40 gram TSA, lalu larutkan dalam 1000 ml Aquades. Panaskan sambil diaduk sampai larut sempurna. Sterilkan di autoklaf pada suhu 121 °C selama 3 jam.

C. Pembuatan Media Agar dalam cawan petri

a) Bawa cawan petri dan TSA steril kedalam LAF

b) Dinginkan media steril sampai 50°C, lalu tuangkan secara *aseptis* kedalam cawan petri sebanyak 15 - 20ml, biarkan membeku

c) Pemeriksaan Sterilitas Media : inkubasikan media pada suhu 30 - 35°C selama 24 jam. Media diamati secara visual apakah ada pertumbuhan koloni atau tidak. Hanya media steril yang digunakan untuk penelitian

2. Pemantauan Lingkungan

A. Pemantauan dengan metoda cawan papir terhadap lingkungan produksi steril dilakukan pada setiap *batch* produksi . Pemantauan dilakukan pada ruangan *filling* dan *closing*.

B. Setiap cawan diberi label identitas.

C. Letakan media yang terdapat didalam cawan petri di dalam ruangan *filling* dan ruangan *closing* dan biarkan media dipaparkan selama 4 jam.

D. Setelah 4 jam, segera tutup kembali media dan bawa ke lab Mikrobiologi.

E. Inkubasikan media pada suhu 20 - 30°C selama 72 jam, lalu inkubasikan lagi pada suhu 30 - 35°C selama 48 jam

3. Pembuatan Media Selektif

A. Pembuatan Media *Pseudomonas Centrimide Agar*

Ditimbang 9,06 gram media PCA, lalu larutkan dalam 200ml Aquades. Panaskan sambil diaduk sampai larut sempurna Sterilkan diautoklaf pada suhu 121°C selama 1 jam.

B. Pembuatan Media *Manitol Salt Agar*

Ditimbang 22,2 gram media MSA, lalu larutkan dalam 200ml Aquades. Panaskan sambil diaduk sampai larut sempurna . Sterilkan diautoklaf pada suhu 121°C selama 1 jam.

C. Pemindahan media agar ke cawan petri

- a) Bawa cawan petri kosong dan media selektif steril kedalam LAF.
- b) Dinginkan media steril sampai 50°C, lalu tuangkan secara aseptis kedalam cawan petri sebanyak 15 - 20ml, biarkan membeku.
- c) Pemeriksaan Sterilitas Media : inkubasikan media pada suhu 30 - 35°C selama 24 jam. Media diamati secara visual apakah ada pertumbuhan koloni atau tidak. Hanya media steril yang digunakan untuk penelitian.

D. Pemindahan *Inokulum* ke media steril

- a) Bawa cawan petri yang telah ditumbuhi bakteri dan cawan petri yang berisi media selektif kedalam LAF.
- b) Pindahkan bakteri dengan jarum ose kedalam cawan petri yang berisi media selektif dengan cara menggosokkan di atas media selektif.
- c) Inkubasikan Media selektif pada suhu 30 - 35°C selama 2x24 jam.
- d) Diamati pertumbuhan yang terjadi.

4. Pewarnaan Gram

A. Dibuat sediaan pada objek gelas, keringkan, kemudian rekatkan (fiksasi) 3x diatas api lampu spritus.

B. Dituangi dengan larutan kristal violet (sesudah sediaan dingin), biarkan selama 5 menit.

- C. Zat warna dibuang dan bubuhi dengan larutan mordant (lugol), diamkan selama kira - kira 1 - 3 menit.
- D. Lugol dibuang dan preparat dicelupkan kedalam alkohol 96%, sampai warna kristal violet lepas (sampai kristal violet tidak ada luntur lagi).
- E. Cuci dengan air keran sampai bersih, kemudian bubuhi dengan cat - penutup larutan safarin, biarkan kira - kira 1 - 2 menit.
- F. Cuci dengan air kran, keringkan dalam temperatur kamar,
- G. Dilihat dengan mikroskop memakai lensa rendam minyak.

Keterangan:

Gram positif = ungu. Gram negatif = merah.

5. Alat penelitian

- A. Cawan Petri
- B. Inkubator
- C. Autoklaf
- D. Hot Plate
- E. LAF (Laminer Air Flow)
- F. Oven
- G. Mikroskop
- H. Timbangan
- I. Lampu Spirtus
- J. Jarum Ose
- K. Timbangan

6. Bahan penelitian

- A. Media TSA (*Trypticase Soy Agar*)
- B. Aquades
- C. Media Selektif
- D. Reagen Pewarnaan Gram
- E. Alkohol

3.6.2 Uji Laboratorium Logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb).

1. Alat dan bahan uji kandungan (Hg) merkuri:

- A. Rapid test kit untuk merkuri
- B. *Spektrometri Serapan Atom (SSA) Buck Scientific 205,*
- C. Lumpang alu
- D. Sampel kompos 1Kg
- E. Pipet mohr 5 mL; 10 mL; dan 20 mL
- F. Labu ukur 100 dan 250 mL
- G. Pipet tetes
- H. Corong gelas
- I. *Shaker,*
- J. Botol semprot,
- K. Gelas ukur 100 mL
- L. *Beaker glass 500 mL,*
- M. Timba plastik,
- N. *Erlenmeyer 250 mL,*
- O. Asam nitrat (HNO_3) 65% p.a (Merck),

2. Alat dan bahan uji kandungan (Pb) timbal:

- A. Rapid test kit untuk Lead/ Pb
- B. Cat kayu warna putih “ Avian” untuk rekayasa timbal
- C. *Spektrometri Serapan Atom (SSA) Buck Scientific 205,*
- D. Lumpang alu
- E. Sampel kompos 1Kg
- F. Pipet mohr 5 mL; 10 mL; dan 20 mL
- G. Labu ukur 100 dan 250 mL
- H. Pipet tetes
- I. Corong gelas
- J. *Shaker,*
- K. Botol semprot,
- L. Gelas ukur 100 mL
- M. *Beaker glass 500 mL,*

N. Timba plastik,

O. *Erlenmeyer* 250 mL,

P. Asam nitrat (HNO_3) 65% p.a (Merck),

3. Langkah pengujian untuk uji kandungan (Hg) merkuri

Larutan standar merkuri (Hg) 10 ppm dibuat dengan cara memipet 2,5 mL larutan standar merkuri (Hg) 1000 ppm p.a (Merck) ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Kemudian memipet 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, dan 10 mL larutan standar merkuri (Hg) 10 ppm ke dalam labu ukur 100 mL dan masing-masing larutan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Sehingga akan diperoleh larutan standar merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 0,8 ppm; dan 1 ppm.

4. Langkah Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb)

Larutan standar timbal (Pb) 10 ppm dibuat dengan cara memipet 2,5 mL larutan standar timbal (Pb) 1000 ppm p.a (Merck) ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Kemudian memipet 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL, dan 50 mL larutan standar timbal (Pb) 10 ppm ke dalam labu ukur 100 mL dan masing - masing larutan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Sehingga akan diperoleh larutan standar timbal (Pb) dengan konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm.

5. Pengukuran Absorbansi Larutan Standar merkuri (Hg) dan timbal (Pb) dengan *Spektrometri Serapan Atom* (SSA)

Alat SSA dioperasikan sesuai petunjuk penggunaan alat. Kemudian dilakukan pengukuran absorbansi masing-masing larutan standar merkuri (Hg) dan timbal (Pb) telah dibuat pada panjang gelombang masing - masing logam. Setelah itu dibuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi. Kurva kalibrasi dibuat dengan menyalurkan konsentrasi larutan standar sebagai sumbu x diplot terhadap absorbansinya sebagai sumbu y. Sehingga persamaan regresi linier diketahui dengan rumus:

$$y = bx + a$$

Dimana:

y = nilai absorbansi

b = kemiringan lereng

x = konsentrasi larutan sampel

a = intersep

Untuk mencari nilai x, yaitu :

$$y = bx + a$$

$$bx = y - a$$

$$x = (y - a) / b$$

Sehingga akan diperoleh konsentrasi larutan sampel.

Setelah dilakukan pengukuran absorbansi larutan standar merkuri (Hg) dan timbal (Pb) maka selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi larutan sampel dengan SSA untuk masing - masing logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb) yang dikandung pada sampel. Konsentrasi larutan sampel ditentukan dengan mensubstitusikan nilai absorbansi sampel pada persamaan regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi yakni variabel y.

3.7 Waktu penelitian

waktu dalam kegiatan penelitian ini dilakukan pada bulan juni - Desember tahun 2016 sebagai berikut :

Tabel 3.2. Jadwal Kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Waktu																Keterangan		
		Agustus		September				Oktober				November				Desember				
		Minggu		Minggu				Minggu				Minggu				Minggu				
		1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2		3	4
1	Merumuskan judul dan rumusan masalah																			Usahid dan TPST
2	Mengurus perijinan tempat penelitian di TPST Rawasari																			Usahid dan TPST
3	Pengambilan sampel dan uji Labororium																			TPST dan lab ACTAVIS
4	Mencari literatur dari buku - buku, majalah ilmiah dan internet demi menunjang penyusunan skripsi.																			Menyesuaikan
5	Pengomposan dan pengamatan																			TPST Rawasari
6	Pengambilan sampel dan Hasil Labororium																			Lab ACTAVIS dan USahid
7	Pengolahan data																			Menyesuaikan
8	Analisis data sekripsi																			Menyesuaikan
9	Sidang Skripsi																			Usahid

BAB VI

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Sampah Eksisting di TPST Rawasari

TPST 3R Rawasari merupakan salah satu upaya untuk menangani dan mengurangi timbulan sampah yang dibuang ke TPA Bantar Gebang, dengan adanya TPST 3R Rawasari ini sebesar 65% timbulan sampah dari sumber dapat direduksi, Analisis teknik pengolahan sampah di TPST Rawasari meliputi seluruh kegiatan pengolahan persampaan di RW 01 dan RW 02 Kelurahan Cempaka Putih timur sebagai wilayah yang dilayani oleh TPST 3R Rawasari,

1. Pengangkutan dilakukan oleh petugas sebanyak 2 petugas, pengangkutan sampah ini dilakukan pada pagi hari hingga siang hari, gerobak sampah yang digunakan dalam pengangkutan gerobak sampah konvensional tanpa kompartemen pemisah sehingga sampah tercampur kembali.
2. Pemilahan dilakukan pada petugas TPST sebanyak 1 petugas pemilah, sampah yang datang ke TPST Rawasari perharinya bisa mencapai 2-3 ton data tersebut bisa dilihat pada (Tabel 4.1), dalam 1 bulan sampah yang dikomposkan sebanyak 57610 kg, komposisi sampah tersebut terdiri sampah organik dan anorganik. pemilahan yang dilakukan hanya sebatas kasat mata, sehingga masih banyak selain limbah anorganik yang ikut ke dalam fermentasi.
3. Penumpukan dilakukan setelah sampah memalui pemilahan, penumpukan mempunyai umur tumpukan yang berbeda dan panjang lebar tergantung pada umur tumpukan tersebut, kemudian tumpukan disiram dengan air selama 1 kali sehari dilakukan pada sore hari, tumpukan pertama akan pindahkan bila tumpukan sudah mencapai 1 bulan. kemudian sampah dibalik dan diaduk karena proses fermentasi.
4. Pengayakan dilaksanakan oleh petugas TPST sebanyak 1 petugas, pengayakan merupakan tahap akhir dari pengolahan kompos sistem *open windrow*, Proses ini dilakukan agar bagian kompos yang masih kasar atau besar dapat dipisahkan dengan yang halus.

Tabel 4.1 Volume sampah yang ditampung TPST bulan September 2016

Tanggal	Volume Sampah Masuk 1 Hari	Komposisi Sampah Diteliti 1 Gerobak	Kompos Dihasilkan 1 Minggu
	Gerobak	(Kg)	(Kg)
1	2	2255	
2	2	2410	
3	4	4665	150 Kg
4	2	2705	
5	2	2505	
6	2	2110	
7	2	2335	
8	2	2420	
9	2	2165	
10	12	14240	450 Kg
11	2	2485	
12	2	2070	
13	2	2405	
14	-	-	
15	2	2570	
16	2	1435	
17	10	10965	350 Kg
18	2	2435	
19	2	2245	
20	2	2525	
21	2	2255	
22	2	2210	
23	2	2270	
24	12	13940	450 Kg
25	3	2530	
26	2	2425	
27	2	2335	
28	2	2385	
29	2	2172	
30	2	1953	
31	13	9675	350 Kg
Jumlah	51	57610	1750 Kg

Sumber : TPST Rawasari

Untuk mendukung analisis tersebut dilakukan uji laboratorium pada hasil pengomposan produksi TPST Rawasari, Pengujian laboratorium bertujuan untuk mendukung analisis kerja pengolahan TPST dan membandingkan kelayakan kompos dengan baku mutu yang sudah ditetapkan karena kompos tersebut berpengaruh terhadap makhluk hidup terutama tumbuhan, Baku mutu yang ditetapkan pada uji laboratorium ini mengacu pada SNI 19-7030-2004. Komposisi sampah TPST Rawasari terdiri dari sampah dapat dilihat pada (Tabel 4.2).

Table 4.2 Komposisi sampah kawasan RW 01 dan RW 02 Kelurahan Cempaka Putih timur

NO.	Jenis sampah	Keterangan
1	Sisa makanan	Roti, nasi, tulang, makanan basi, dan sebagainya
2	Dedaunan rumput	Daun Angsana, Daun Jambu, Daun Mangga
3	Sayuran	Sawi, Kangkung, dan sebagainya
4	Buah - Buanhan	Pepaya, Jeruk, pisang dan sebagainya
5	Ranting pohon	Ranting pohon berukuran seragam dengan panjang <50 cm dan diameter <2 cm (sebelum sudah dipotong oleh pembuangan)
6	Kaleng minum dan susu	Minuman kaleng, susu kental manis
7	Botol kaca, kaca	Botol kecap, saus, sambal, pecahan gelas, piring, lampu pilar, neon.
8	Botol dan gelas plastik	Botol, gelas minuman, botol racun serangga, botol parfum dan sebagainya
9	Kardus, Kertas	Kardus boks, Kotak besek, kotak susu, kertas atau koran dan sebagainya
10	Kantong plastik, kresek, sedotan, kemasan plastik produk	Plastik HOPE, plastik kiloan (¼, ½, 1, 2 kg), bungkus mie instan, kopi, minuman, makanan, produk lain dan sebagainya
11	Popok bayi, pembalut wanita	
12	Batu Batrai	-

NO.	Jenis sampah	Keterangan
13	Kain	Serbet, lap, majun, perca dan sebagainya
14	Terpal	-
15	Karpet	Ukuran kecil
16	Bantal, guling, kasur	-
17	Sterofoam	-
18	Potongan Kayu, triplek	Kaos, balok, papan dengan ukuran <1 meter
19	Karung	Plastik, goni
20	Dan sebagainya	-

Sumber : TPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu) Rawasari

4.2 Hasil laboratorium Loam berat Hg, Pb dan Bakteri E.Colli, Salmonella sp pada kompos produksi TPST Rawasari kondisi eksisting

Pengujian yang dilakukan di laboratorium ACTAVIS INDONESIA, Menggunakan metode pengujian *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), *Pour Plate* (SNI 19-2897-1992), APM (SNI 2973-2011). Sampel yang diambil analisis yaitu kompos matang siap konsumsi.

Bedasarkan hasil laboratorium terhadap kompos matang siap konsumsi dapat diketahui bahwa terjadinya peningkatan parameter unsur logam berat (Hg), (Pb) dan bakteri E.Colli, Salmonella sp pada kompos dapat dilihat pada (Tabel 4.3), Menurut Arsentina, (2008) Jika berlebihan akan menimbulkan toksik pada tubuh, Logam yang termasuk elemen mikro merupakan kelompok logam berat yang tidak mempunyai fungsi sama sekali dalam tubuh. Logam tersebut bahkan sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksik) pada manusia yaitu: timbal (Pb), merkuri (Hg).

Tabel 4.3 Hasil Uji laboratorium kompos matang siap konsumsi eksisting

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum	Metode
1	Pb (Timbal)	Mg/kg	235	150	Spectrofotometry AAS
2	Hg (Merkuri)	Mg/kg	1,2	0,8	Spectrofotometry AAS
3	E-Colli	Mpn/g	1400	1000	Pour Plate (SNI 19-2897-1992)
4	Salmonela sp	Mpn/g	5	3	APM (SNI 2973-2011)

Hasil uji laboratorium diatas dapat dijelaskan bahwa kompos mengandung logam berat merkuri dan timbal melebihi ambang baku mutu yang ditentukan SNI 19-7030-2004 dan dijelaskan bahwa:

4.2.1 Logam Merkuri (Hg)

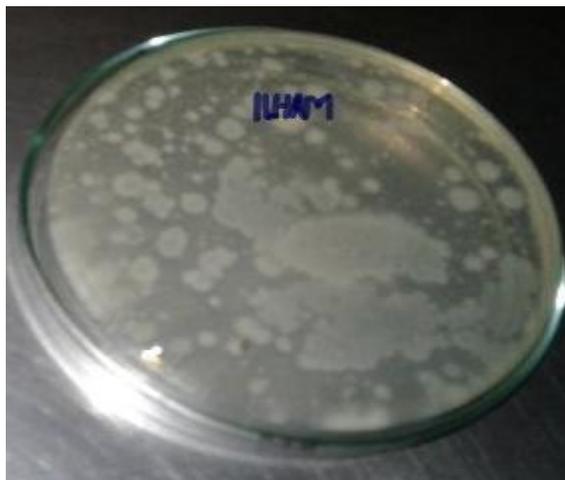
Logam (Hg) merkuri sebanyak 1,2 Mg/Kg pada kompos, menurut baku mutu SNI 19-7030-2004 menetapkan kelayakan logam (Hg) Merkuri pada kompos organik 0,8 Mg/Kg, Menurut Darmono (1995) merkuri organik, yang paling toksik dan berbahaya pada bentuk organik ini ialah bentuk alkil-merkuri yaitu metil dan etil-merkuri, kedua bentuk senyawaa merkuri organik ini telah banyak berada dalam bidang pertanian, alkil-merkuri ini biasanya diserap secara sempurna pada dinding saluran pencernaan dan terikat dalam sel darah merah).

4.2.2 Logam Timbal (Pb)

Logam (Pb) timbal pada kompos mencapai 235 Mg/Kg dan baku mutu menetapkan ambang atas logam (Pb) Timbal 150 Mg/kg, Timbal (Pb), yang diserap oleh tanaman akan memberikan efek buruk apabila kepekatannya berlebihan. Pengaruh yang ditimbulkan antara lain dengan adanya penurunan pertumbuhan dan produktivitas tanaman serta kematian (Sitompul dan Guritno, 1995).

4.2.3 Bakteri E.Colli

E.Colli pada kompos sebanyak 1400 Mpn/g dapat dilihat pada (Gambar 4.1) dan baku mutu yang ditentukan SNI 19-7030-2004 sebanyak 1000 Mpn/g, Hasil tersebut menunjukkan bahwa kompos melebihi ambang batas baku mutu, Menurut Agus Juanda, (2011) E.Coli Satu strain yang sangat buruk dari E.Coli ditemukan pada bayam segar pada tahun 2006 dan beberapa hamburger cepat saji pada tahun 1993, E.Coli dengan strain tertentu ini menimbulkan gejala diare dan mencret bila makanan yang digunakan tidak sesuai HACCP, karena bakteri ini sering menginfeksi ternak dan tumbuhan.



Gambar 4.1 Hasil Uji Laboratorium Bakteri E.Colli Media Kompos Produksi TPST Rawasari

Sumber : Dokumen Penulis

4.2.4 Bakteri Salmonella sp

Salmonella sp pada kompos mencapai 5Mpn/g sedangkan baku mutu kelayakan menentukan kadar bakteri salmonela sp sebanyak 3Mpn/g hasil tersebut menyebutkan bahwa bakteri tersebut sudah melampaui batas baku mutu yang ditetapkan, Menurut M. Ayyub (2013), Salmonella sp. bersifat patogen pada tumbuhan dan merupakan sumber infeksi bagi manusia dan binatang. Binatang itu antara lain tikus, ternak, kucing, di alam bebas salmonella dapat tahan hidup lama dalam air, tanah atau pada bahan makanan dan tumbuhan. Pada manusia Salmonella sp menimbulkan penyakit Typhus abdominalis Penderita sangat lemah

dan apatis, beberapa penderita mengalami diare, tetapi umumnya mengalami konstipasi atau tidak bisa buang air besar bakterinya masuk kedalam aliran darah pada penyakit yang berat dapat terjadi perforasi usus dan peritonitis. Angka kematian kurang lebih 25%.



Gambar 4.2 Hasil Uji Laboratorium Bakteri Salmonella sp Media Kompos
Produksi TPST Rawasari

Sumber : Dokumen Penulis

4.3 Komposting dengan perlakuan proses pemilahan 4 orang dalam sistem *windrow*

Proses pengomposan yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan sistem *open window* hanya yang membedakan proses pemilahannya yang lebih ketat sehingga tidak ada sampah anorganik masuk dalam penomposan. Sampah yang berasal dari kompleks pemukiman dibawa dengan gerobak sampah ke TPST Rawasari, Secara umum sampah di TPST Rawasari sudah dilakukan pemilahan di sumber sampah tetapi dengan 1(petugas) sehingga tidak higienis untuk pengomposan.

Kondisi demikian menyebabkan proses awal pembuatan kompos sampah kota harus dilakukan dari proses pemilahan lebih ketat atau higienis untuk memisahkan sampah organik dan anorganik agar tidak ikut dalam tumpukan.

Yang dilanjutkan dengan pembuatan tumpukan sampah organik yang umumnya berukuran tinggi 85cm lebar 3m dan panjang sesuai dengan jumlah sampah yang akan dikomposkan.

Dalam hal ini kemampuan rata-rata 4 orang tenaga kerja membuat tumpukan yang diawali dengan pemilahan adalah 4 m³ per hari. Dengan pemilahan awal yang dilakukan secara cepat yaitu mengambil bahan-bahan yang anorganik dan bahan berbahaya (B3) bagi proses pengomposan dan membuka atau mengeluarkan bahan - bahan yang dibungkus dengan kantong plastik besar atau karung, maka proses pembuatan tumpukannya mencapai 1 m³ perorang per hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan proses pemilahan cepat maka terjadi efisiensi tenaga kerja dan waktu yaitu meningkatkan hasil pembuatan tumpukan sebesar tiga kali lipat dan lebih cepat dalam produksinya.

Setelah sampah diturunkan dari gerobak selanjutnya sampah dipilah oleh petugas sebanyak 4(empat) orang, pemilahan berjalan 2(dua) kali dalam sehari yaitu pada pagi hari jam 8 dan siang hari jam 14 berfungsi untuk memisahkan limbah anorganik seperti (Kaleng minum, Botol kaca, kaca, Botol dan gelas pelastik, Kantong plastik, kresek, sedotan, kemasan plastik produk, Batu Batrai, Kain, Terpal, Sterofoam) pada tumpukan kompos, Setiap waktu tersebut mempunyai volume sampah yang berbeda pada pagi hari sampah sebanyak 1970kg dan pada siang hari sebanyak 925kg dalam 1(satu) hari dapat dilihat pada (Tabel 4.4) data tersebut diambil dari volume yang tertinggi.

Tabel 4.4 Volume sampah di TPST Rawasari bulan oktober sampai desember 2016

Tanggal	Komposisi Sampah Diteliti 1 Gerobak Organik		Komposisi sampah An-Organik dari jumlah sampah Pagi dan Siang	Volume Sampah Masuk 1 Hari	Kompos Dihasilkan
	Pagi	Siang			
	(Kg)	(Kg)			
12	1480	775	580	2	
13	1560	850	480	2	
14	1680	825	450	2	

Tanggal	Komposisi Sampah Diteliti 1 Gerobak Organik		Komposisi sampah An-Organik dari jumlah sampah Pagi dan Siang	Volume Sampah Masuk 1 Hari	Kompos Dihasilkan
	Pagi	Siang			
	(Kg)	(Kg)			
15	1780	925	410	2	
16	6500	3375	1920	4	280 Kg
17	1360	750	340	2	
18	1460	875	610	3	
19	1620	800	645	3	
20	1440	725	670	2	
21	1320	750	430	2	
22	1640	610	540	2	
23	8840	4510	3235	12	450 Kg
24	1580	625	490	2	
25	-	-	-	-	
26	1720	650	600	3	
27	1860	575	640	3	
28	1420	525	470	2	
29	1560	675	530	2	
30	8140	3050	2730	12	350 Kg
31	1680	645	480	3	
1	1480	575	430	3	
2	1360	650	450	2	
3	1520	750	640	3	
4	1580	745	470	2	
5	1660	770	480	2	
6	9280	4135	2950	15	450 Kg
7	1460	575	540	2	
8	1560	525	700	2	
9	1450	625	670	2	
10	1730	450	610	2	

Tanggal	Komposisi Sampah Diteliti 1 Gerobak Organik		Komposisi sampah An-Organik dari jumlah sampah Pagi dan Siang	Volume Sampah Masuk 1 Hari	Kompos Dihasilkan
	Pagi	Siang			
	(Kg)	(Kg)			
11	1520	575	520	2	
12	1570	400	390	2	
13	9290	3150	3430	14	485 Kg
14	1640	605	500	2	
15	1410	780	680	2	
16	1680	585	325	2	
17	1480	590	470	2	
18	1360	450	480	2	
19	1520	510	530	2	
20	9090	3520	2985	14	510 Kg
21	1680	620	330	2	
22	1360	710	580	2	
23	1460	475	410	2	
24	1460	525	530	2	
25	1660	680	450	2	
26	1560	405	575	2	
27	9180	3415	2875	14	430 Kg
28	1580	485	310	2	
29	1460	325	530	2	
30	1560	470	480	2	
1	1640	480	560	2	
2	1320	530	540	2	
3	1640	685	330	2	
4	9200	2975	2220	14	500 Kg
5	1580	720	635	2	
6	1360	330	410	2	
7	1680	580	615	2	

Tanggal	Komposisi Sampah Diteliti 1 Gerobak Organik		Komposisi sampah An-Organik dari jumlah sampah Pagi dan Siang	Volume Sampah Masuk 1 Hari	Kompos Dihasilkan
	Pagi	Siang			
	(Kg)	(Kg)			
8	1890	410	730	2	
9	1660	530	345	2	
10	1560	470	460	2	
11	9730	3040	2785	14	540 Kg
12	1780	640	450	2	
13	1520	430	525	2	
14	1560	440	575	2	
15	1720	570	325	2	
16	1460	425	470	2	
17	1580	405	325	2	
18	8100	2910	2670	14	360 Kg
19	1560	450	480	2	
20	1580	675	325	2	
21	1460	650	680	2	
22	1560	450	450	2	
23	1860	525	480	2	
24	1910	575	450	2	
25	9930	3325	2865	14	550 Kg
26	1680	645	480	2	
28	1970	625	580	2	
29	1650	415	575	2	
30	1560	550	525	2	
31	6860	2235	2160	8	180 Kg
Jumlah	104.140	39640	32825	149	5085 Kg

Sumber : TPST Rawasari

Kemudian sampah tersebut setelah dipilah menghasilkan sampah anorganik seperti (Sayuran, buah-buahan, umput, daun, ranting, kotoran hewan, nasi, tulang ikan, tulang ayam, dll yang mudah terurai) sebanyak 1277kg dalam 1(satu) hari. Kemudian sampah organik yang sudah dipilah, disusun dengan metode *windrow composting*, sampah ditumpukan dengan berukuran tinggi 85cm lebar 3m dan panjang 6,50cm selanjutnya tumpukan di oven selama 80 hari dengan sistem penyiraman 1(satu) hari sekali pada sore hari kemudian kompos dibalik perminggu sekali selama komposting berlangsung 80 hari.

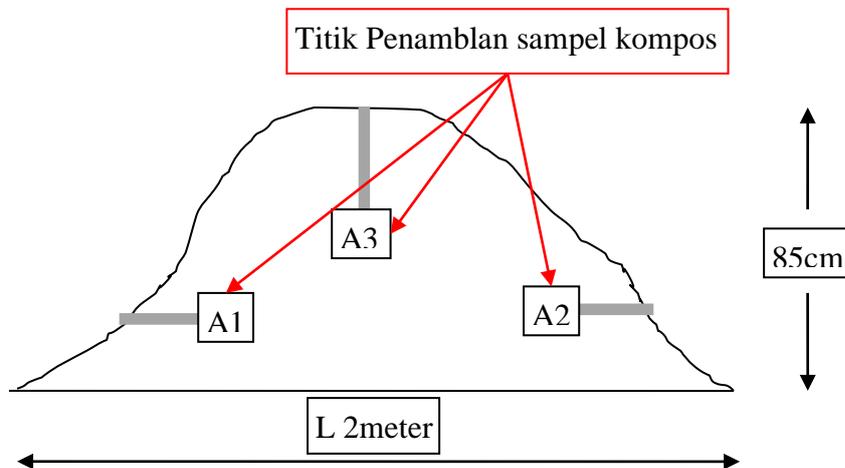
Menurut Tchobanoglous et al, (1993) metode *windrow composting* dapat dilakukan dengan membentuk material organik menjadi *windrow* dengan tinggi 8 - 10 ft atau 2,43 - 3,48m dan dengan lebar 20 - 25 ft atau 6,96 - 7,62m pada dasarnya. sebelum *windrow* dibentuk, organik material diproses dengan *shredding* dan *screening* sampai 1-3 in atau 2,54 - 7,62cm dan kadar air disesuaikan 50 - 60%. Sampah organik diletakan pada *windrow* dilahan terbuka. Pengadukan dilakukan untuk mendapatkan suplai udara yang berfungsi dalam pengaturan temperatur dan kelembaban, Pengadukan juga dapat mencegah timbulnya bau karena kemungkinan terjadinya proses anaerobik pada tumpukan kompos, tumpukan dibalik sekali atau dua kali perminggu untuk *pride composting* 3 sampai 4 bulan. Selama waktu itu bagian zat organik limbah padat yang *biodegredeble* diuraikan oleh berbagai mikroorganisme, yang memafaatkan zat organik sebagai sumber karbon, metabolisme ini mengubah zat komposisi kimia zat organik awal, mereduksi volume dan berat limbah, dan meningkatkan suhu material yang akan dijadikan kompos. saat jumlah material organik yang membusuk semakin menipis mengakibatkan aktivias bakteri berkurang, dan proses pengomposan stabil. pembalikan *windrow* biasanya disertai dengan pelepasan bau (Tchobanoglous et al, 1993).

Kemudian kompos yang dihasilkan selama 80hari dengan sistem *windrow* menghasilkan tingkat kehalusan yang relatif baik sehingga tidak perlu dilakukan pengayakan, sehingga dapat mengoptimalkan petugas dan efisiensi waktu lebih cepat, Untuk mengetahui kualitas fisik dan kimia produk kompos hasil penelitian, maka telah dilakukan analisa dilaboratorium ACTAVIS INDONESIA,

Menggunakan metode pengujian *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), *Pour Plate* (SNI 19-2897-1992), APM (SNI 2973-2011).

Kemudian dilakukan pengambilan sampel untuk uji laboratorium pada kompos matang sebanyak 1kg untuk pengujian (Hg) Merkuri, (Pb) Timbal dan Mikroba E.Coli, Salmonella sebanyak 1kg, Untuk pengambilan sampel dilakukan secara langsung pada tumpukan kompos matang.

Menurut Clift et al., (2000) Permodelan LCA terbagi menjadi 4 tahap metodologi yang saling berhubungan dalam membandingkan skenario dalam pengolahan sampah. Tahapan pertama dimulai dari tujuan atau *goal*, selanjutnya ruang lingkup *scope*, khusus dengan sistem *windrow composting* yang banyak dikembangkan dilakukan pengambilan sampling secara langsung ditumpukan kompos, Pengambilan sampling pada tiga titik yaitu A1, A2 dan A3 dapat dilihat pada (gambar 4.2).



Gambar 4.2 Pengambilan sampel kompos pada *Windrow Composting*

Sumber : ISBN

4.4 Hasil laboratorium logam berat dan bakteri pada kompos setelah perlakuan

Dalam pemanfaatannya sebagai kompos, terdapat beberapa kendala yang kurang menguntungkan hasil uji laboratorium kompos sebelumnya. Salah satu permasalahan tersebut adalah adanya keterlampaian ambang batas parameter dari baku mutu logam berat (Hg) Merkuri, (Pb) Timbal dan Mikroba E.Coli, Salmonella

sp, pada kompos produksi TPST Rawasari, Menurut Storm dalam moenir, (2010) Keberadaan logam berat dalam siklus tumbuhan dan makanan akan dapat membahayakan kesehatan makhluk hidup. akumulasi logam berat pada jaringan tubuh hingga melebihi batas toleransi dapat menimbulkan keracunan bagi manusia, hewan dan tumbuhan. logam berat tidak dapat dihancurkan oleh mikroorganisme, ia akan terakumulasi dalam komponen - komponen lingkungan.

Permasalahan tersebut diatas melatar belakangi penelitian ini dapat disimpulkan karena kurangnya pemilahan sampah anorganik dan organik sehingga tidak higienis, anorganik dan B3 yang dapat dijadikan bahan pengomposan dari bahan organik disumber sampahnya. Sedangkan bahan anorganik seperti plastik sisa berbagai produk, serpihan kaca, serpihan bohlam, kain potongan baju, kertas, baterai, keramik, kosmetika, debu yang sangat banyak ikut dalam proses pengomposan diasumsikan dapat mempengaruhi proses pengomposan sehingga dapat menurunkan kualitas kompos yang di hasilkan. Melalui penelitian ini diharapkan proses pemilihan awal dapat dilakukan secara jauh lebih baik dan ketat.

Untuk itu dalam proses pembuatan kompos dari sampah kota tersebut harus dilakukan pemilahan bahan-bahan tersebut secara ketat. Menurut, (2010) Permasalahan yang muncul dalam proses pemilahan sampah kota sebagai bahan kompos adalah diperlukan tenaga kerja yang sangat banyak. Secara rata-rata untuk 1 orang tenaga kerja selama 1 hari hanya bisa memilah 1M³ sampah

. Berdasarkan data pada tabel 4.5 terlihat bahwa produk kompos hasil penelitian berkualitas baik karena memenuhi sebagian nilai ambang batas yang dipersyaratkan oleh SNI 19-7030-2004 2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. berbeda dengan produksi kompos TPST Rawasari sebelumnya yang dilakukan proses pemilahan dengan petugas 1 (satu) orang.

Tabel 4.5 Hasil Analisis logam berat dan mikroba produk kompos

No.	Parameter	Satuan	Nilai		Kadar Maksimum	Metode
			Normal	Penelitian		
1	Pb (Timbal)	Mg/kg	235	85	150	Spectrofotometry AAS
2	Hg (Merkuri)	Mg/kg	1,2	0,6	0,8	Spectrofotometry AAS
3	E-Colli	Mpn/g	1400	800	1000	Pour Plate (SNI 19-2897-1992)
4	Salmonela sp	Mpn/g	5	2	3	APM (SNI 2973-2011)

Hasil uji laboratorium diatas dapat dijelaskan bahwa kompos dalam penelitian mengandung logam berat merkuri dan timbal memenuhi nilai ambang baku mutu yang ditentukan SNI 19-7030-2004 dan dapat di jelaskan bahwa :

4.4.1 Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb)

Pada Logam (Hg) merkuri pupuk penelitian sebanyak 0,6 Mg/Kg, Kemudian pada kompos produksi TPST Rawasari menunjukkan bahwa nilai logam (Hg) merkuri sebanyak 1,2 Mg/Kg. Maka perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa pada pupuk dalam penelitian dapat dikatakan aman bagi tumbuhan, karna nilai (Hg) merkuri tidak melebihi ambang batas baku mutu SNI 19-7030-2004.

Nilai logam berat (Pb) timbal 85 Mg/Kg dan untuk kompos normal memiliki Nilai 235 Mg/Kg. menurut (Baku mutu SNI 19-7030-2004) Unsur mikro nilai-nilai ini dikeluarkan berdasarkan:

1. konsentrasi unsur-unsur mikro yang penting untuk pertumbuhan tanaman (khususnya Cu, Mo, Zn)
2. logam berat yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan tergantung pada konsentrasi maksimum yang diperbolehkan dalam tanah, seperti dalam Tabel Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik.

Peran (Pb) sebagai hara tumbuhan juga belum diketahui lebih pasti, Unsur ini merupakan pencemar kimiawi utama terhadap lingkungan dan sangat beracun bagi tumbuhan, hewan bahkan manusia (Mengel dan Kirkby 1987).

Peroses penurunan logam tersebut di karnakan berkurangnya limbah anorganik masuk ke dalam pengolahan kompos atau fermentasi, yang dapat meningkatkan suhu dan PH pada tumpukan, limbah anorganik yang dimaksud dalam tumpukan melainkan plastik, kain, batu batrai, pechan sterofom, bohlam dan botol. Limbah anorganik tersebut dapat terurai melalui media air yang disiramkan kepada tumpukan kemudian menjadi lindih, lindih tersebut yang akan terserap pada limbah organik Menurut Saeni (1997), Sampah plastik dibuat dari bahan sintesis, umumnya menggunakan minyak bumi sebagai bahan dasar, ditambah bahan-bahan tambahan yang umumnya merupakan logam berat (kadmium, timbal, nikel) atau bahan beracun lainnya seperti *Chlor*. Racun dari plastik ini terlepas pada saat terurai atau lembab. Penguraian plastik akan melepaskan berbagai jenis logam berat dan bahan kimia lain yang dikandungnya. Bahan kimia ini terlarut dalam air atau terikat di tanah.

Menurut Wilda (2009) Temperatur merupakan salah satu faktor yang penting di dalam kehidupan mikroba. Beberapa jenis mikroba dapat hidup pada daerah temperatur yang luas sedang jenis lainnya pada daerah yang terbatas. Pada umumnya batas daerah temperatur bagi kehidupan mikroba terletak antara 0 – 90° C, dan kita kenal ada temperatur minimum, optimum, dan maksimum. Temperatur minimum adalah nilai paling rendah dimana kegiatan mikroba masih dapat dapat berlangsung. Temperatur maksimum adalah temperatur tertinggi yang masih dapat digunakan untuk aktivitas mikrobe, tetapi pada tingkatan kegiatan fisiologi yang paling minimal. Sedangkan temperatur yang paling baik bagi kegiatan hidup dinamakan temperatur optimum

4.4.2 Bakteri E.Colli dan Salmonella sp

Keberadaan bakteri E.Colli dalam kompos penelitian sebanyak 800Mpn/g dapat dilihat pada (Gambar 4.3) dan pada kompos produksi TPST Rawasari sebanyak 1400 Mpn/g.



Gambar 4.3 Hasil Uji Laboratorium Bakteri Salmonella sp Media Kompos Penelitian

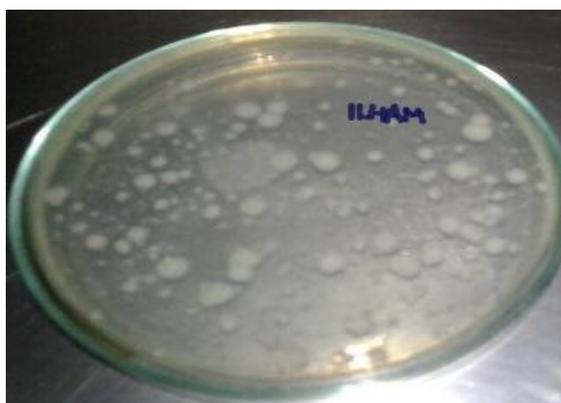
Sumber : Dokumen Penulis.

Bakteri Salmonella sp dalam hasil penelitian menunjukkan sebanyak 2Mpn/g dapat dilihat pada (Gambar 4.4) dan pada kompos produksi sebelumnya sebanyak 5 Mpn/g maka menurut Baku mutu (SNI 19-7030-2004) Organisme pathogen tidak melampaui batas berikut :

1. Fecal Coli 1000 MPN/gr total solid dalam keadaan kering
2. Salmonella sp. 3 MPN / 4 gr total solid dalam keadaan kering.

Hal tersebut dapat dicapai dengan menjaga kondisi operasi pengomposan pada temperatur 55 °C.

Nilai logam dan mikroba tersebut juga didukung oleh sifat fisik kompos Strukturnya sudah halus, berbau seperti tanah dan bewarna coklat kehitaman.



Gambar 4.4 Hasil Uji Laboratorium Bakteri E.Colli Media Kompos Penelitian

Sumber : Dokumen Penulis

Kenaikan dan penurunan bakteri tersebut disebabkan karena pencemaran limbah anorganik pada tumpukan kompos, limbah anorganik yang sebagian besar berasal dari bahan berbagai senyawa polietilen, polistiren, dan polivinil klorida. Bahan-bahan tersebut bersifat inert dan rekalsitran, sebagai karsinogen yang memengaruhi kehidupan mikroba walaupun dalam konsentrasi rendah. Zat anorganik baik yang terlarut maupun tersuspensi dapat menjadi penghambat ataupun racun bagi pertumbuhan mikroorganisme jika terdapat pada konsentrasi yang tinggi. Menurut Wawan (2009) Kontaminasi logam berat berlebihan dalam kompos yang diproduksi berdampak tidak baik Hal ini terjadi bila pemilahan tidak dilaksanakan sebelumnya sehingga bahan baku masih tercampur dengan sampah yang mengandung logam berat. Aktivitas pemilahan sampah sebelum pengomposan dilaksanakan sangat penting untuk dilakukan dan lebih baik lagi bila pemilahan telah dilakukan di sumber sampah.

Dalam menjaga agar mikroba tersebut dapat hidup dalam suhu yang di perlukan mikroba maka dilakukan pembersihan limbah anorganik yang masuk kedalam proses tumpukan, pada dasarnya limbah organik sudah memiliki kandungan kimia dan logam dalam konsentrasi kecil selain itu suhu di dapat dari proses penyiraman dan pembalihan sehingga cukup untuk kehidupan bakteri, senyawa - senyawa kimia dan logam pada limbah organik, tahap demi tahap diuraikan menjadi berbagai macam senyawa yang lebih sederhana lagi, sampai akhirnya senyawa tersebut yang menjadi makanan mikroba berangsur - angsur menjadi terbatas, sejalan dengan menipisnya ketersediaan makanan, pertumbuhan dan perkembangan mikroba menurun, dengan begitu suhu akan turun perlahan - lahan menjadi sekitar 40°C, kemudian koalisi mikroba yang hidup di dalamnya dominasinya digantikan oleh kelompok mikroba mesofil, yaitu mikroba yang hidup pada suhu dibawah 45°C selanjutnya suhu akan menurun menuju suhu udara yaitu 30 - 32°C

Menurut Wawan (2009). Temperatur termofilik dapat berfungsi untuk mematikan bakteri atau bibit penyakit baik patogen maupun bibit vektor penyakit seperti lalat, mematikan bibit gulma menunjukkan suhu dan waktu yang dibutuhkan untuk mematikan beberapa organisme patogen dan parasit. Kondisi

termofilik, kemudian berangsur-angsur akan menurun mendekati tingkat ambien°C akan terjadi dan segera diikuti oleh temperatur termofilik antara 50 – 65° Proses biokimia dalam proses pengomposan menghasilkan panas yang sangat penting bagi mengoptimumkan laju penguraian dan dalam menghasilkan produk yang secara mikroorganisme aman digunakan. Pola perubahan temperatur dalam tumpukan sampah bervariasi sesuai dengan tipe dan jenis mikroorganisme. Pada awal pengomposan, temperatur mesofilik, yaitu antara 25 – 45

Parameter nutrisi yang paling penting dalam proses pembuatan kompos adalah unsur karbon dan nitrogen. Dalam proses pengurai terjadi reaksi antara karbon dan oksigen sehingga menimbulkan panas (CO_2). Nitrogen akan ditangkap oleh mikroorganisme sebagai sumber makanan. Apabila mikroorganisme tersebut mati, maka nitrogen akan tetap tinggal dalam kompos sebagai sumber nutrisi bagi makanan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proses komposting *Open Windrow* TPST Rawasari sudah baik untuk mengurangi timbulan sampah yang akan dibuang ke TPA Bantar gebang akan tetapi dalam proses pemilahannya kurang efektif, ada limbah anorganik yang ikut masuk dalam proses tumpukan sehingga mengotori tumpukan.
2. Pada kompos produksi TPST Rawasari positif mengandung bakteri E.Colli dan Salmonella sp bakteri tersebut dalam kompos sangat signifikan jumlahnya yaitu 1400 Mpn/g bakteri E.Colli SNI yang di tentukan sebanyak 1000 Mpn/g bakteri E.Colli dan pada bakteri Salmonella sp sebanyak 5 Mpn/g SNI yang di tentukan sebanyak 2 Mpn/g, dua bakteri tersebut telah melampaui ambang batas yang ditentukan oleh SNI 19-7030-2004.
3. Dalam *composting windrow* TPST Rawasari mengandung unsure makro logam berat merkuri (Hg) sebanyak 1,2 Mg/Kg sedangkan SNI yang di tentukan sebanyak 0,8 Mg/k dan timbal (Pb) 235 Mg/Kg SNI yang di tentukan sebanyak 150 Mg/k, dua unsur makro tersebut telah melampaui ambang batas yang ditentukan oleh SNI 19-7030-2004 maka kompos kurang baik untuk dikonsumsi tumbuhan.

5.2 Saran

1. metode *windrow* harus di lakukan pemilahan ketat untuk memisahkan limbah organik, anorganik dan B3 agar meningkatkan kualitas kompos menjadi lebih baik dengan berkurangnya nilai logam berat Merkuri (Hg),

(Pb) Timbal dan Mikroba E.Coli, Salmonella sp, sehingga memenuhi standar baku mutu dan tumpukan kompos menjadi bersih.

2. Perlu dilakukan penelitian Kompos lanjutan pada parameter lainnya yang di tentukan baku mutu
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui jangka waktu pertumbuhan pada tanaman.
4. Perlu dilakukan pemantauan proses komposting secara rutin terutama pada saat proses pemilahan, penumpukan dan penyiraman kemungkinan besar dari ke tiga proses tersebut yang dapat mengakibatkan beban pencemar terakumulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- B. Guritno dan Sitompul. (1995). Analisis Pertumbuhan Tanaman. Gadjah Mada University Press. (Yogyakarta)
- Badan Standarlisasi Nasional (2004) "Standar kualitas kompos SNI: 19-7030-2004", (Jakarta, 2004)
- BPPT (Badan Penelitian Pengembangan Teknologi) (2004) "Pelatihan Teknologi Pengolahan sampah kota secara terpadu menuju *zero waste*", (Jakarta 2004)
- Cecep dani sucipto, (2014) "Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah" (Pontianak, 2014)
- Clift, R., Doig, A., dan Finnveden, G. (2000). The Application of Life Cycle Assessment to Integrated Solid Waste Management. Waste Management 78, Part B.
- Darmono (1995). "Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup", UI Press, Jakarta
- Dwidjoesepuro. (1998). "Dasar - dasar mikrobiologi". Penerbit Djambatan, (Jakarta, 1998)
- Djamaludin Sri Muniati, (2006) " Pengomposan Sampah Skala Rumah Tangga" (Jakarta, juli 2006)
- Dr Agus Juanda, (2011) Bakteri E.Coli Dan Kesehatan [Http://Www.Kesehatankerja .Com/Bakteri%20e.Coli.Html](http://www.kesehatankerja.com/bakteri%20e.coli.html)
- Fardiaz, S. (1992). "Analisa Mikrobiologi Pangan". IPB-Institut Pertanian Bogor. (Bogor 1992)
- Hadioetomo, R.S. (1993) "Mikrobiologi Dasar Dalam Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium". Penerbit Gramedia Pustaka Utama (Jakarta, 1993)
- Hadisuwito Sukamto "Membuat pupuk Kompos cair" (Jagakarsa -Jakarta Selatan) Panggabean Arsentina,2008. "Logam Berat Pb (t Timbal) Pada Jeroan Sapi", Prosiding PPI Standardisasi
- Hilman Masnellyarti, (2012) "Implementasi 3R (Reduce, Reuse, Recycle) Melalui Bank Sampah" Deputi Bidang Pengolahan B3, Limbah B3 dan Sampah, Asisten Deputi Urusan Pengolahan Sampah, Jl. Panjaitan Kav.24 Gedung C Lt.2, (Jakarta 2012)
- Harti Agnes Sri (2015) "MIKROBIOLOGI KESEHATAN : Peran Mikrobiologi Dalam Bidang Kesehatan " Penerbit CV. ANDI OFFSET (Yogyakarta 2015)
- M. Ayyub (2013), Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Pertumbuhan Bakteri Eschericia coli, Staphilococcus aureus, Salmonella

thypihttp://ayyub2201.blogspot.co.uk/2013/12/pengaruh-faktor-lingkungan-terhadap.html

- Raden Mas Wawan (2009) "Mekanisme komposting dan permasalahannya" <https://radenwawan.wordpress.com/2009/03/20/kompos/>
- Rosmarkam Afandie Nasih Widya Yuwono (2002) "Ilmu Kesuburan Tanah" Penerbit Kanisius (Yogyakarta 2002).
- Rogert Haug, T. (1993) *The Practical Handbook of Compost Engineering* (New York : Lewish Publisher)
- Rohendi, (2005) "Pembuatan Pupuk Kompos Organik" <http://biologiumumii.blogspot.co.uk/2012/09/pembuatan-pupuk-kompos-organik.html>. (10 November 2016)
- Rohman Abdul. (2007). "Kimia Farmasi Analisis". Pustaka Pelajar (Yogyakarta 2007)
- Tchobanoglous et al, Theisen H., dan Vigil S.A. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. McGraw-Hill International Editions, Singapore
- T Panggabean Arsentina (2008), Nurul Mardhiyah dan Evi Mardiasuty Silalahi. Logam Berat Pb (Timbal) Pada Jeroan Sapi. Prosiding PPI Standarisasi. Laboratorium Kesmavet DKI Jakarta;.
- Susanto Rachma (2004) "Pertanian organik menuju pertanian alternatif berkelanjutan" (Yogyakarta 2004)
- Saeni., (1997). Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat Dengan Analisis Rambut. Orasi Ilmiah. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB. Bogor.
- Underwood dan Day, R.A. (2001). "*Analisis Kimia Kuantitas*". Erlangga (Jakarta 2001)
- Wahyu Widowati et al. (2008). "Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran". Penerbit Andi. (Yogyakarta 2008)
- Wilda Chusnia. (2009) "Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Pertumbuhan Mikroba" <http://wildablog.blogspot.co.uk/2009/11/pengaruh-faktor-lingkungan-terhadap.html>,
- Zen Ilham 2013 "Definisi Pengomposan Dan Prinsip Pengomposan" <https://freelearningji.wordpress.com/2013/03/20/kompos/> (10 November 2016)