

**LAJU DEKOMPOSISI KARBON PADA SAMPAH ORGANIK PADA
PERENCANAAN PENUTUPAN TEMPAT PEMROSESAN
AKHIR (TPA) KOTA BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

MUHAMMAD MEFAN JUANSAH

NIM. 150702062

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM -BANDA ACEH
2020 M / 1441 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

LAJU DEKOMPOSISI KARBON PADA SAMPAH ORGANIK PADA PERENCANAAN PENUTUPAN TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) KOTA BANDA ACEH

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

MUHAMMAD MEFAN JUANSAH

NIM. 150702062

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi

Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui oleh:

Pembimbing I.



(Yeggi Darnas, S.T., M.T.)

NIDN. 2020067905

Pembimbing II.



(Febrina Arfi, M.sc)

NIDN. 2021028601

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh



(Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.)

NIDN. 2016067801

**LAJU DEKOMPOSISI KARBON PADA SAMPAH ORGANIK
PADA PERENCANAAN PENUTUPAN TEMPAT
PEMROSESAN AKHIR (TPA) KOTA BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan dinyatakan Lulus
Serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal : Rabu, 25 Agustus 2020
7 Muharram 1442 H

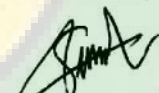
Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,



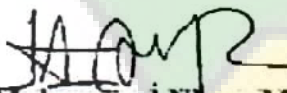
Yeggi Darnas, S.T., M.T
NIDN. 2020067905

Sekretaris,




Febrina Arfi, M.sc
NIDN. 20210286

Penguji I,



Dr. Muhammad Nizar, M.T
NIDN. 012257502

Penguji II,



Arief Rahman, S.T., M.T
NIDN. 2010038901

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Azhar Amsal, M.Pd
NIDN. 2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Muhammad Mefan Juansah
NIM : 150702062
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Laju Dekomposisi Karbon Pada Sampah Organik Pada
Perencanaan Penutupan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)
Kota Banda Aceh

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan Skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 25 Agustus 2020
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Mefan Juansah

ABSTRAK

Nama : Muhammad Mefan Juansah
NIM : 150702062
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Laju Dekomposisi Karbon Pada Sampah Organik Pada Perencanaan Penutupan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kota Banda Aceh.
Tebal Skripsi : 53 Halaman
Pembimbing I : Yeggi Darnas, S.T., M.T.
Pembimbing II : Febrina Arfi, M.Sc.
Kata Kunci : Laju reaksi karbon, degradasi volume, sampah organik, lahan urug.

TPA Kota Banda Aceh telah menjadi tempat penampungan sampah sejak tahun 2008 sampai 2019. Hal ini menyebabkan sampah sudah mengalami *overload*, sehingga diperlukan perencanaan penutupan TPA. Sebagaimana yang telah diatur pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03/PRT/M/2013 dalam pasal 66 menjelaskan beberapa persiapan yang harus dilakukan untuk penutupan TPA sehingga diperlukan kajian awal seperti laju dekomposisi sampah. Sebagian besar sampah yang masuk kedalam TPA merupakan sampah organik yang mencapai 68,50% dari total sampah yang masuk. Sampah organik yang terurug seiring berjalannya waktu mengalami dekomposisi, dimana dekomposisi tersebut mempengaruhi volume sampah dan jumlah karbon yang tereaksikan. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui laju reaksi karbon dan waktu yang diperlukan untuk sampah organik terdegradasi dengan pengolahan data sampah TPA dari tahun 2008 sampai tahun 2019. Adapun jenis penelitian berdasarkan bentuk dan metode pelaksanaan pada penelitian ini adalah survei langsung ke lokasi TPA dengan teknik pengumpulan data meliputi observasi, wawancara, dan studi literatur. Sampel berupa data jumlah sampah organik yang telah diurug dan dihitung laju reaksi karbon berdasarkan rumus laju reaksi heterogen atas dasar satuan massa zat padat. Laju reaksi karbon terjadi secara fluktuatif pada sampah organik yang terurug setiap tahunnya diakibatkan oleh jumlah sampah yang terurug pada setiap tahunnya berbeda-beda. Rata-rata laju reaksi karbon yang terjadi adalah 0,00969 mol/ton dengan jumlah karbon dalam sampah organik sebesar 32,953%. Dekomposisi yang terjadi menyebabkan adanya degradasi bobot dan volume sampah organik sebesar 0,267% dari bobot total sampah yang masuk perharinya. Jumlah sampah organik yang terurug dari tahun 2008 sampai 2019 mengalami degradasi volume terhitung sampai tahun 2030 dengan jumlah volume akhir sampah organik 0,59 m³.

ABSTRACT

Name : Muhammad Mefan Juansah
NIM : 150702062
Study Program : Environmental Engineering
Title : *The Rate of Carbon Decomposition in Organic Waste in The Planning for Closure of The Final Processing Site (TPA) in Banda Aceh.*
Thesis Thickness : 53 pages
Advisor I : Yeggi Darnas, S.T., M.T.
Advisor II : Febrina Arfi, M.Sc.,
Keywords : *Reaction rate carbon, volume degradation, organic waste, Landfill.*

The Banda Aceh City TPA has been a place for garbage collection from 2008 to 2019. This has caused the waste to be overloaded, so planning for the closure of the TPA is needed. As regulated in the Regulation of the Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Number 03/PRT/M/2013 in article 66, it describes several preparations that must be made for the closure of the landfill so that an initial study is needed such as the rate of waste decomposition. Most of the waste that goes into the TPA is organic waste which reaches 68.50% of the total incoming waste. Organic waste that is buried over time undergoes decomposition, where the decomposition affects the volume of waste and the amount of carbon that is reacted. The purpose of this study was to determine the rate of carbon reaction and the time required for organic waste to be degraded by processing TPA waste data from 2008 to 2019. The type of research based on the form and method of implementation in this research is a direct survey to the TPA location with data collection techniques including observation, interviews, and literature studies. The sample is in the form of data on the amount of organic waste that has been backfilled and the carbon reaction rate is calculated based on the heterogeneous reaction rate formula based on the unit mass of solids. The rate of carbon reactions fluctuates in the organic waste that is deposited every year due to the different amount of waste that is deposited each year. The average rate of carbon reaction that occurs is 0.00969 mol/ton with the amount of carbon in the organic waste is 32.953%. The decomposition that occurs causes a degradation of the weight and volume of organic waste by 0.267% of the total weight of incoming waste per day. The amount of organic waste that was piled up from 2008 to 2019 experienced volume degradation from 2030 with a final volume of 0.59 m³ of organic waste.

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT, Dia-lah yang telah menganugerahkan al-Qur'an sebagai *Hudan Lin Naas* (petunjuk bagi seluruh manusia) dan *Rahmatan Lil'alamin* (Rahmat bagi segenap alam). Dia-lah yang Maha Mengetahui makna dan maksud kandungan al-Qur'an. Serta salawat dan salam kepada Rasulullah Muhammad *Sallallahu'alaihiwasallam* yang merupakan *Rahmatan Lil'alamin* (rahmat bagi seluruh alam).

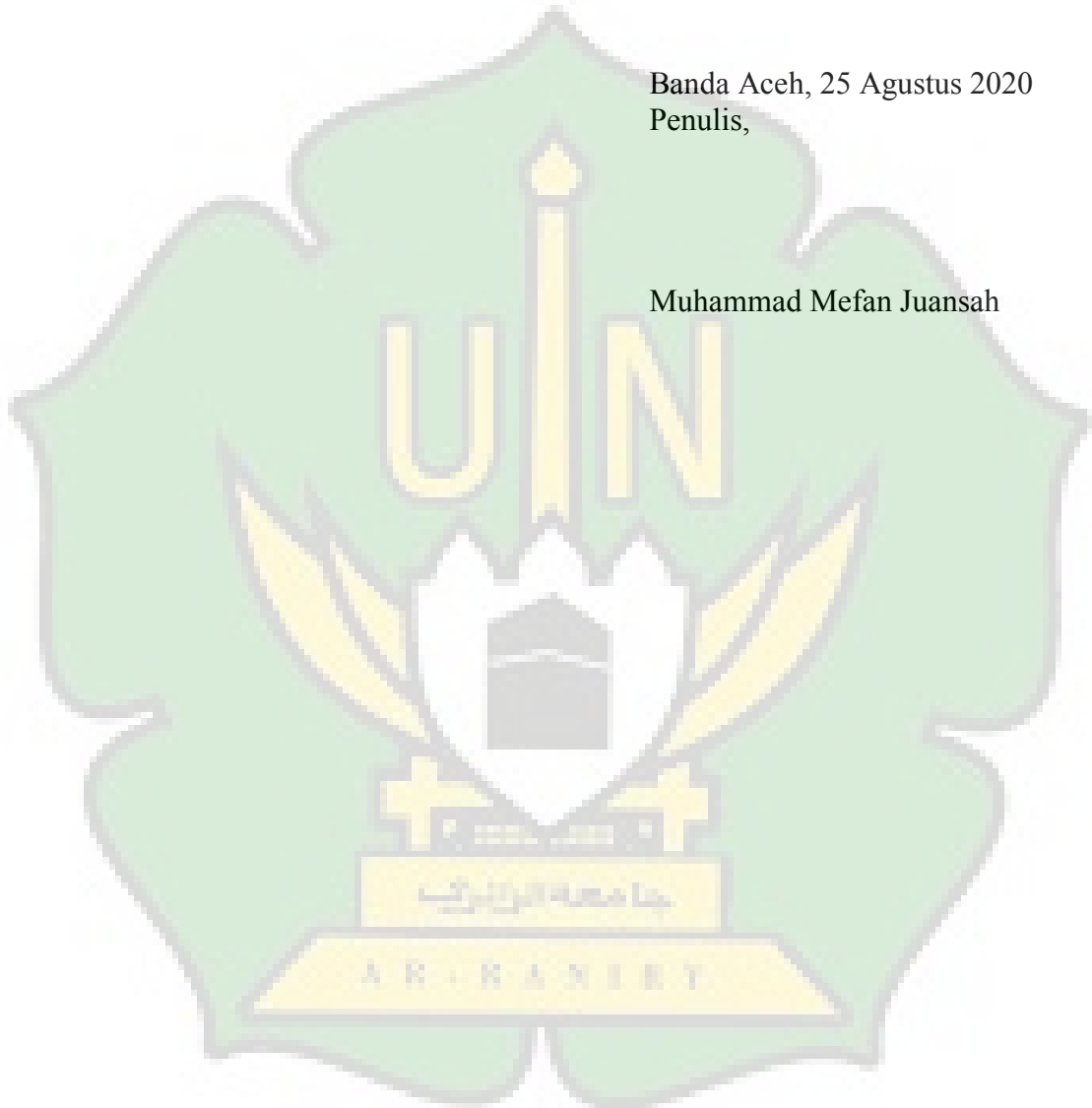
Dengan pertolongan dan hidayah-Nya penulis dapat melaksanakan penulisan Tugas Akhir yang berjudul "Laju Dekomposisi Karbon Pada Sampah Organik Pada Perencanaan Penutupan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kota Banda Aceh". Selama persiapan dan pelaksanaan penulisan ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis tak lupa mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak DR. Azhar Amsal, S.Pd., M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Ibu Yeggi Darnas, S.T. M.T., selaku Sekretaris Program studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry dan selaku pembimbing 1 penulisan proposal.
4. Ibu Febrina Arfi, M.Sc., selaku pembimbing 2 penulisan proposal.
5. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan dukungan dan untaian do'a nya selama ini.
6. Teman-teman yang telah membantu penulis dalam mempersiapkan penulisan Tugas Akhir dan membantu memberikan referensi penulisan dan referensi teori dalam penulisan.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT., berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penelitian yang akan dilanjutkan oleh penulis. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Banda Aceh, 25 Agustus 2020
Penulis,

Muhammad Mefan Juansah



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian sampah.....	4
2.2 Sumber dan Klasifikasi Sampah.....	4
2.3 Timbulan Sampah.....	5
2.4 Aspek Pengelolaan Sampah.....	6
2.5 Pewadahan.....	8
2.6 Pengumpulan.....	8
2.7 Pemindahan.....	9
2.8 Pengangkutan.....	9
2.9 Pengolahan.....	9
2.10Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).....	10
2.11Laju Dekomposisi.....	11
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2 Metode Penelitian.....	20
3.3 Tahapan Umum Penelitian.....	21
3.4 Studi Literatur.....	21
3.5 Pengumpulan Data.....	22
3.6 Pengolahan Data.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Kondisi Lokasi Eksisting Lahan Urug TPA Kota Banda Aceh.....	26
4.2 Laju Dekomposisi Sampah Organik pada Lahan Urug TPA Kota Banda Aceh.....	32
4.3 Waktu Dekomposisi Sampah Organik pada Lahan Urug TPA Kota Banda Aceh.....	37

BAB V PENUTUP	42
4.1. Kesimpulan.....	42
4.2. Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Besaran Timbunan Sampah Berdasarkan Komponen Sumber Sampah.....	5
Tabel 2. 2 Besaran Timbunan Sampah Berdasarkan Klasifikasi Kota.	5
Tabel 2. 3 Pengaruh Temperatur Terhadap Daya Tahan Hidup Bakteri.....	16
Tabel 4. 1 Jumlah Sampah Yang Masuk ke TPA dari Tahun 2008-2019.....	29
Tabel 4. 2 Jumlah Pengurangan Sampah Kota Banda Aceh	30
Tabel 4. 3 Berat dan Volume Sampah yang Masuk kedalam Lahan Urug Setelah Reduksi	31
Tabel 4. 4 Komposisi Sampah Kota Banda Aceh	31
Tabel 4. 5 Total Sampah Organik yang Masuk Kedalam Lahan Urug	32
Tabel 4. 6 Laju Reaksi Karbon Sampah Organik TPA Kota Banda Aceh...	34
Tabel 4. 7 Persamaan Laju Reaksi Karbon Sampah Organik yang Terjadi .	36
Tabel 4. 8 Perhitungan Degradasi dan Waktu Dekomposisi Sampah Organik yang dibutuhkan pada Lahan Urug TPA Kota Banda Aceh	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram Operasional Pengolahan Sampah.....	8
Gambar 2. 2	Tahapan dekomposisi anaerob	13
Gambar 2. 3	Gambar Fase Dekomposisi Pada Lahan Urug	14
Gambar 2. 4	Skema Reprerentasi Dekomposisi <i>Anerobic</i>	15
Gambar 3. 1	Peta Kawasan Penelitian	19
Gambar 3. 2	Peta Lahan Urug TPA Kota Banda Aceh.....	20
Gambar 3. 3	Tahapan Perencanaan Penelitian Tugas Akhir.....	21
Gambar 4. 1	Kontur TPA Kota Banda Aceh	26
Gambar 4. 2	Pengukuran Kemiringan Lahan Urug	27
Gambar 4. 3	Pengukuran Volume lahan Urug.....	27
Gambar 4. 4	Sumber-sumber yang Melakukan Reduksi Sampah Kota Banda Aceh	30
Gambar 4. 5	Grafik Laju Reaksi Karbon Sampah Organik TPA Kota Banda Aceh.....	35
Gambar 4. 6	Grafik Degradasi dan Waktu Dekomposisi Sampah Organik pada TPA Kota Banda Aceh	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan Derjat Kemiringan Lahan Urug.....	56
Lampiran 2	Laju Reaksi Karbon.....	56
Lampiran 3	Dokumentasi Lahan Urug TPA.....	62



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Banda Aceh memiliki jumlah penduduk sebesar 259.913 jiwa pada tahun 2019 yang menempati sembilan kecamatan. Perkembangan penduduk, industri, urbanisasi dan pertumbuhan ekonomi, berbanding lurus dengan peningkatan yang signifikan dari jumlah limbah padat perkotaan (Prajati, 2015). Pengurangan volume sampah dari sumber dan pengolahan sampah di TPA yang tidak optimal menyebabkan kebutuhan akan lahan urug TPA yang ada cepat penuh (Santoso, 2018). Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Kebersihan dan Keindahan Kota (DLHK3) Banda Aceh, TPA Kota Banda Aceh menampung sampah sejak tahun 1994 hingga tahun 2018 dengan luas awal lahan TPA sebesar 12 Ha. Tahun 2018 pemerintah Kota Banda Aceh berencana mempersiapkan rencana penutupan TPA tersebut. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03/PRT/M/2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.

Pasal 61 menjelaskan “Penutupan TPA dapat dilakukan jika memenuhi kriteria. Pertama, TPA telah penuh dan tidak dapat diperluas. Kedua, keberadaan TPA sudah tidak sesuai lagi dengan RTRW/RTRK kota/kabupaten. Ketiga, dioperasikan dengan cara penimbunan terbuka. Selanjutnya pada Pasal 66 menjelaskan, kegiatan pelaksanaan penutupan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 61 yaitu, penyiapan stabilitas tumpukan sampah dengan cara pembentukan kontur, pemberian lapisan tanah penutup akhir, pembuatan tanggul pengaman untuk mencegah kelongsoran sampah, penataan saluran drainase, pengendalian lindi, pengendalian gas, pengendalian pencemaran air, kontrol terhadap kebakaran dan bau, pencegahan pembuangan ilegal, penghijauan, zona penyangga, rencana aksi pemindahan pemulung, keamanan TPA.”

Suatu *landfill* memiliki prinsip seperti bioreaktor dan sampah organik yang terurug di TPA dapat menyebabkan permasalahan terhadap kebutuhan

lahan di tempat pemrosesan akhir (Ditria, 2018). Dekomposisi sampah organik dalam lahan urug akan menyebabkan bobot dan volume sampah organik berkurang. Salah satu kandungan sampah organik adalah karbon, Karbon merupakan sumber energi dekomposisi bagi mikroba dalam menghasilkan beberapa produk (Muhammad,2015). Selanjutnya proses dekomposisi materi sampah organik dan cairan yang merembes melalui tumpukan sampah akan menghasilkan air lindi (*leachate*) dengan membawa materi terlarut (Sari dan Afdal, 2017). Air lindi yang bersumber dari sampah domestik menurut Ali (2011) umumnya mempunyai kandungan akan bahan organik, anorganik, mikroorganisme dan logam berat yang cukup tinggi. Selain menghasilkan air lindi, dekomposisi materi organik yang bervariasi pada TPA secara biokimia akan membentuk gas yang terdiri dari metana, karbon dioksida dan nitrogen selama pengoperasian TPA dan setelah pegurukan (Anggraini, 2017).

Berdasarkan latar belakang tersebut dibutuhkan pengkajian mengenai laju dekomposisi karbon dan degradasi sampah organik yang sudah diurug dengan metode studi literatur. Hal ini diperlukan untuk mengetahui laju dekomposisi karbon sampah organik dan waktu yang dibutuhkan dari sampah organik untuk terdegradasi. Sehingga perencanaan penutupan TPA Kota Banda Aceh dan perancangan ulang yang dimaksud dalam pasal 66 yang disebutkan diatas dapat terlaksana secara maksimal dan efesiensi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana laju dekomposisi sampah organik yang masuk kedalam lahan urug TPA Kota Banda Aceh?
2. Berapa lama waktu dekomposisi sampah organik yang terurug di lahan urug TPA Kota Banda?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui laju dekomposisi karbon sampah organik yang masuk ke dalam lahan urug TPA Kota Banda Aceh.
2. Mengetahui waktu degradasi sampah organik yang telah diurug di lahan urug TPA Kota Banda Aceh.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Menjadi salah satu studi terhadap pelaksanaan kegiatan perencanaan penutupan TPA Kota Banda Aceh bagi pemerintah Kota Banda Aceh.
2. Menjadi salah satu rekomendasi referensi bagi kalangan akademik untuk mempeluas pemahaman tentang pengukuran laju dekomposisi karbon dan degradasi sampah organik TPA Kota Banda Aceh.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Volume sampah organik yang telah diurug di lahan urug TPA Kota Banda Aceh dari tahun 2008 sampai tahun 2019.
2. Perhitungan laju dekomposisi karbon dan waktu degradasi sampah organik yang masuk kedalam lahan urug TPA Kota Banda Aceh dengan metode studi literatur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian sampah

Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat. Jumlah atau volume sampah sebanding dengan tingkat konsumsi manusia terhadap barang atau material yang digunakan sehari-hari, sehingga pengelolaan sampah tidak terlepas dari pengelolaan gaya hidup masyarakat. Sampai saat ini permasalahan sampah belum tertangani dengan baik terutama di perkotaan. Sampah telah menjadi permasalahan nasional sehingga pengelolannya perlu dilakukan secara komprehensif dan terpadu dari hulu sampai ke hilir agar dapat memberikan manfaat secara ekonomi, sehat bagi masyarakat, aman bagi lingkungan, serta dapat mengubah perilaku masyarakat (UU-18/2008).

2.2 Sumber dan Klasifikasi Sampah

Sampah bersumber dari domestik *Refuse* biasanya berupa sisa makanan, bahan padat, kertas, kain bekas, kaleng dan lain-lain. Berikutnya *Comercial Refuse* adalah sampah yang bersumber dari tempat-tempat perdagangan. *Industrial Refuse* merupakan sampah yang bersumber dari kegiatan industri, kualitas dan kuantitasnya dipengaruhi oleh banyaknya jenis dan bahan yang diolah dari suatu industri (Bahar, 1986).

Sampah secara umum terbagi menjadi dua golongan, yaitu sampah terdekomposisi dan yang tidak mudah atau tidak dapat terdekomposisi. Sampah basah yang mudah terdekomposisi secara alami melalui proses fisik, kimiawi maupun biologis disebut sampah *Degradable Refuse* dan bersumber dari bahan-bahan organik, seperti sisa makanan, kertas, bangkai binatang dan lain-lain yang dapat digunakan menjadi bahan kompos. Sampah yang tidak mampu terdekomposisi secara alami molekul-molekul yang lebih sederhana dengan proses fisik, kimia dan biologi menjadi disebut *Nondegradable Refuse* dan bersumber dari bahan anorganik, sintesis, metal, kaca, plastik yang dapat diolah menjadi produk-produk baru (Bahar, 1986).

2.3 Timbulan Sampah

Timbulan sampah adalah banyaknya sampah yang timbul dari masyarakat dalam satuan volume maupun perkapita perhari, atau perluas bangunan, atau perpanjang jalan. Data timbulan sampah diperlukan untuk menentukan fasilitas setiap unit pengelolaan sampah serta untuk mengetahui desain sistem pengelolaan sampah, jenis/tipe peralatan untuk transportasi sampah, rute pengangkutan, luas dan desain TPA (SNI 19-2454-2002).

Untuk setiap besaran timbulan sampah berdasarkan komponen sumber sampah dapat dilihat pada Tabel 2.1, sementara untuk besaran timbulan sampah berdasarkan klasifikasi kota dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Komponen Sumber Sampah.

No	Komponen Sumber Sampah	Satuan	Volume (L)	Berat (kg)
1	Rumah Permanen	orang/hari	2,25 – 2,50	0,35 – 0,40
2	Rumah Semi Permanen	orang/hari	2,00 – 2,25	0,30 – 0,35
3	Rumah Non Permanen	orang/hari	1,75 – 0,20	0,25 – 0,30
4	Kantor	pegawai/hari	0,50 – 0,75	0,025 – 0,10
5	Toko/Ruko	petugas/hari	2,50 – 3,00	0,15 – 0,35
6	Sekolah	murid/hari	0,10 – 0,15	0,01 – 0,02
7	Jalan Arteri Sekunder	Per meter/hari	0,10 – 0,15	0,02 – 0,10
8	Jalan Kolektor Sekunder	Per meter/hari	0,10 – 0,15	0,01 – 0,05
9	Jalan Lokal	Per meter/hari	0,05 – 0,1	0,005 – 0,025
10	Pasar	Per meter ² /hari	0,20 – 0,60	0,1 – 0,3

(Sumber : SNI 19-3983-1995)

Tabel 2. 2 Besaran Timbulan Sampah Berdasarkan Klasifikasi Kota.

No	Klasifikasi Kota	Volume (liter/orang/hari)	Berat (kg/orang/hari)
1	Kota Sedang (100.000 – 500.000 jiwa)	2,75 – 3,25	0,70 – 0,80
2	Kota Kecil (20.000 – 100.000 jiwa)	2,5 – 2,75	0,625 – 0,70

(Sumber : SNI 19-3983-1995)

Metode menghitung timbulan sampah yaitu (Hasibuan, 2019):

1) Persentase Jumlah Volume Sampah per Tahun

Perhitungan jumlah volume sampah yang masuk ke TPA setiap tahunnya dihitung dengan menggunakan sebagai berikut:

$$= \frac{\text{Jumlah sampah tahun ke n2-jumlah sampah tahun ke n1}}{\text{Jumlah sampah tahun ke n1}} \times 100\% \quad (2.1)$$

2) Menghitung Prediksi Jumlah Sampah

Untuk memprediksikan jumlah sampah dapat menggunakan rumus Geometrik sebagai berikut:

$$P_n = P_a (1 + r)^n \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

P_n = volume sampah pada tahun n proyeksi

P_a = volume sampah pada tahun awal proyeksi

r = rata-rata sampah per tahun

n = selang waktu proyeksi (tahun)

2.4 Aspek Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah menurut UU-18/2008 Adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Aspek teknis operasional:

1). Komposisi Sampah

Komposisi sampah merupakan persentase dari komponen pembentuk sampah yang dibedakan menjadi sampah organik, kertas, plastik, logam dan lain-lain. Komposisi sampah digunakan sebagai pertimbangan untuk menentukan manajemen pengolahan sampah seperti daur ulang, pembuatan kompos, penggunaan gas *Landfill* menjadi energi alternatif.

2). Karakteristik Sampah

Karakteristik sampah dapat dilakukan dengan analisa di laboratorium. Karakteristik sampah berkaitan dengan komposisi fisik, apabila komposisi organik tinggi maka kandungan air akan tinggi, nilai kalor menjadi rendah, kadar abu rendah dan berat jenis akan tinggi.

3). Sumber Sampah

Ada beberapa kategori sumber sampah menurut (Sejati, 2009) diantaranya sebagai berikut:

a. Sampah Daerah Perumahan

Sumber sampah di daerah perumahan dibagi atas:

1. Perumahan masyarakat berpenghasilan tinggi (*High Income*)
2. Perumahan masyarakat berpenghasilan menengah (*Middle Income*)
3. Perumahan masyarakat berpenghasilan rendah / daerah kumuh (*Low Income / Slum Area*)

b. Sampah Daerah Komersial

Daerah komersial merupakan kawasan perniagaan, hiburan dan lain-lain seperti pasar, pertokoan, hotel, restoran, bioskop, salon kecantikan, industri dan lain-lain.

c. Sampah Fasilitas Umum

Fasilitas umum merupakan sarana/prasarana yang berfungsi untuk kepentingan umum seperti perkantoran, sekolah, rumah sakit, apotik, gedung olah raga, museum, taman, jalan, saluran/sungai dan lain-lain.

d. Sampah Fasilitas Sosial

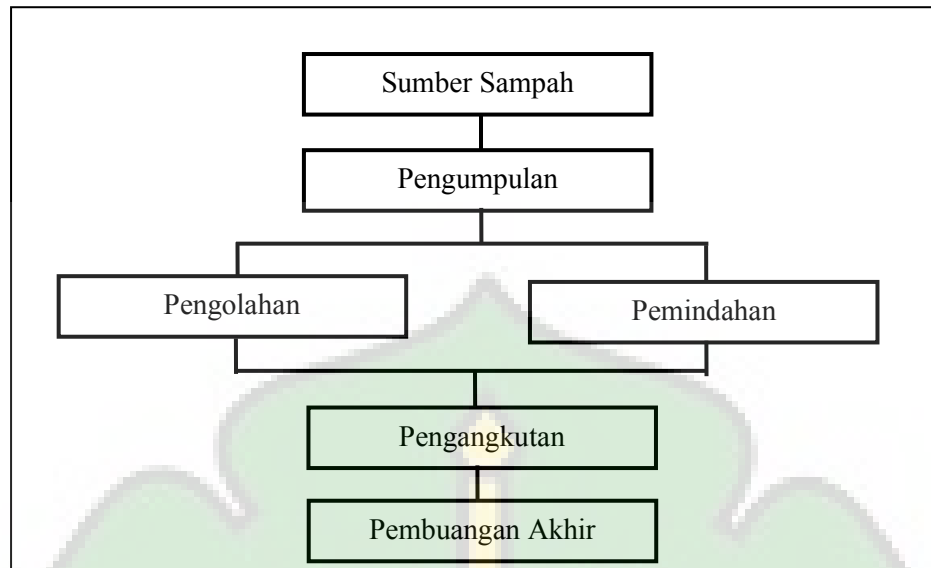
Fasilitas sosial merupakan sarana prasarana yang berfungsi untuk kepentingan sosial dan bersifat sosial seperti panti-panti sosial dan tempat-tempat ibadah.

e. Sumber lain

Sumber-sumber sampah dari klasifikasi tersebut dapat dikembangkan menjadi jenis sumber-sumber sampah lainnya yang disesuaikan dengan peruntukan tata guna lahan dan kondisi kota. Contohnya sampah yang bersumber dari tempat pemotongan hewan, limbah pertanian, buangan dari instalasi pengolahan air limbah (*Sludge*), dengan syarat sampah tersebut bukan kategori limbah B3.

4). Pola Operasional

Pola operasional penanganan sampah dari sumber sampai TPA dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pengumpulan, pemindahan, pengolahan, pengangkutan dan pembuangan akhir dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Diagram Operasional Pengolahan Sampah
(Sumber: Sejati, 2009)

2.5 Pewadahan

Menurut Nugraha (2010), pewadahan terbagi menjadi 2, yaitu:

1. Wadah sampah individual merupakan wadah yang disediakan oleh setiap sumber penghasil sampah itu sendiri. Waktu pengosongan wadah individual dilakukan paling lama 2 hari sekali.
2. Wadah komunal merupakan wadah yang disediakan oleh suatu pengelola. Spesifikasi wadah harus memudahkan sistem operasional, higienis, pemisahan sampah organik dan anorganik. Serta waktu pengosongan wadah komunal dilakukan setiap hari.

2.6 Pengumpulan

Menurut Nugraha (2010), pengumpulan adalah proses mengumpulkan sampah dari sumber yang dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Secara langsung pengumpulan dapat menggunakan alat angkut seperti kendaraan bermotor untuk sumber sampah yang memiliki jumlah yang besar atau daerah yang memiliki kemiringan lahan cukup yang relatif tinggi. Sedangkan secara tidak langsung dengan menggunakan bantuan alat seperti gerobak yang digunakan untuk daerah yang teratur dan untuk daerah tidak

teratur dapat dilakukan secara komunal oleh masyarakat sendiri. Untuk daerah pusat kota diperlukan penyapuan jalan pada ruas jalan protokol, pusat perdagangan, taman kota dan lain-lain.

2.7 Pemindahan

Menurut Nugraha (2010), pemindahan merupakan proses pemindahan sampah yang dilakukan di *Transfer depo* atau *Container* yang berasal dari alat pengumpul ke alat angkut (truk) guna meningkatkan efisiensi proses pengangkutan. Lokasi pemindahan berdekatan dengan daerah pelayanan dan memiliki jarak dengan radius ± 500 m. Bila jarak ke lokasi TPA lebih dari 25 km maka pemindahan dengan skala perkotaan diperlukan stasiun transfer.

2.8 Pengangkutan

Nugraha (2010) pengangkutan dari setiap sumber secara langsung harus dibatasi pada daerah pelayanan dengan pertimbangan keamanan dan estetika serta memperhitungkan biaya operasi yang akan dibayar oleh pengguna jasa. *Survey Time Motion Study* harus dilakukan untuk penetapan rute pengangkutan sampah untuk mendapatkan jalur yang efisien untuk pengangkutan. Jenis kendaraan pengangkut yang digunakan minimal berjenis *Dump Truck* berkemampuan melaukan pembongkar muatan secara hidrolis, efisien dan cepat dan penggunaan jenis *Arm Roll Truck* dan *Compactor Truck* berdasarkan kemampuan perawatan yang dapat dilakukan.

2.9 Pengolahan

Pengolahan yang dimaksudkan yaitu untuk mengurangi volume sampah yang akan masuk ke TPA dan meningkatkan efisiensi terhadap pengadaan prasarana dan sarana dalam pengelolaan persampahan disuatu daerah seperti teknologi pengolahan sampah melalui pembuatan kompos, pembakaran sampah tanpa menghasilkan senyawa CO_x, SO_x, NO_x dan dioxin, pemanfaatan gas metana. Skala pengolahan sampah harus dimulai dari individual, komunal, kota dan skala regional serta penggunaan teknologi

pengolahan harus memperhatikan aspek lingkungan, dana, SDM dan efisien (Nugraha, 2010).

2.10 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

1. Pemilihan lokasi TPA harus mengacu pada SNI 03-3241-1994 tentang Tata Cara Pemilihan Lokasi TPA. Agar keberadaan TPA tidak mencemari lingkungan, maka jarak TPA ke badan air penerima $> 100\text{m}$, ke perumahan terdekat $> 500\text{ m}$, ke *airport* 1500 m (untuk pesawat propeler) dan 3000 m (untuk pesawat jet). Selain itu muka air tanah harus $> 4\text{ m}$, jenis tanah lempung dengan nilai $K < 10^{-6}\text{ cm/det}$.
2. Metode pembuangan akhir minimal harus dilakukan dengan *Controlled Landfill* (untuk kota sedang dan kecil) dan *Sanitary Landfill* (untuk kota besar dan metropolitan) dengan “sistem sel”
3. Prasarana dasar minimal yang harus disediakan adalah jalan masuk, drainase keliling dan pagar pengaman (dapat berfungsi sebagai *Buffer Zone*)
4. Fasilitas perlindungan lingkungan yang harus disediakan meliputi lapisan dasar kedap air, jaringan pengumpul lindi, pengolahan lindi dan ventilasi gas/*Flaring* atau *Landfill gas Extraction* untuk mengurangi emisi gas.
5. Fasilitas operasional yang harus disediakan berupa alat berat (*Buldozer, Excavator, Loader* dan atau *Landfill Compactor*) dan stok tanah penutup. Penutupan tanah harus dilakukan secara harian atau minimal secara berkala dengan ketebalan $20 - 30\text{ cm}$.
6. Penyemprotan insektisida harus dilakukan apabila penutupan sampah tidak dapat dilakukan secara harian.
7. Penutupan tanah akhir harus dilakukan sesuai dengan peruntukan lahan bekas TPA.
8. Kegiatan pemantauan lingkungan harus tetap dilakukan meskipun TPA telah ditutup terutama untuk gas dan *Efluen Leachate*, karena proses dekomposisi sampah menjadi gas dan *leachate* masih terus terjadi sampai 25 tahun setelah penutupan TPA.
9. Manajemen pengelolaan TPA perlu dikendalikan secara cermat dan membutuhkan tenaga terdidik yang memadai.

10. Lahan bekas TPA direkomendasikan untuk digunakan sebagai lahan terbuka hijau.

2.11 Laju Dekomposisi

Laju dekomposisi merupakan rangkaian proses penguraian secara metabolik bahan organik yang menghasilkan produk sampingan berupa energi dan materi anorganik sederhana (Lusthia, 2017). Selanjutnya Supriadi (2004) menambahkan, proses ini dilakukan oleh berbagai mikroba tanah (fungi, bakteri, cendawan dan aktinomisetes). Laju dekomposisi dipengaruhi oleh sifat atau keadaan residu serta kondisi lokasi berlangsungnya dekomposisi tersebut didalam lahan urug. Densitas sampah pada saat pemadatan adalah $0,56 \text{ ton/m}^3$ (Lesmana, 2017). Ali (2011) menyebutkan, 3 fase aktivitas biologis yang berlangsung didalam lahan urug, yaitu:

1. Dekomposisi *Aerobic*, pemanfaatan oksigen yang terdapat dalam lahan urug.
2. Dekomposisi *Anaerobic*, proses yang dilakukan oleh organisme *Anaerobic* dan fakultatif untuk menghasilkan komponen sederhana yang dapat larut.
3. Bakteri *Methanogenic*, penguraian komponen yang sederhana sehingga menghasilkan gas metana dan CO_2 .

Hasil dari dekomposisi bahan organik akan melepaskan unsur hara makro maupun hara mikro yang akan diserap oleh tanaman. Ketersediaan C, N, P dan K, temperatur, pH, aerasi, kelembaban tanah, jenis dan ukuran partikel bahan organik, jenis dan jumlah mikroorganisme merupakan faktor utama yang mempengaruhi laju dekomposisi bahan organik. Pelapukan bahan organik bisa terjadi secara alami di lingkungan terbuka dalam keadaan basah dan lembab dengan kerja sama antara mikroorganisme tanah atau rumen pada kotoran ternak (Agung, 2000). Proses dekomposisi bahan organik secara aerobik adalah penguraian selulosa, hemiselulosa, lemak, lilin serta lainnya menjadi karbondioksida (CO_2), air, humus, unsur hara dan energi. produk dekomposisi materi organik, akan menghasilkan gas NO_3 , SO_4 , CH_4 , dan H_2S , tergantung bahan organik yang terdekomposisi. Dekomposisi karbohidrat bertanggung dengan skema berikut (Agung, 2000):

Karbohidrat → gula sederhana → asam organik → CO₂.....(2.3)

Faktor penting yang berpengaruh terhadap keberhasilan pengomposan materi organik, yaitu nisbah C/N bahan baku, ukuran atau potongan bahan, perbandingan bahan, aerasi, kelembaban, suhu, mikroorganisme dan penggunaan inokulum (Agung, 2000). Selanjutnya Manurung (2004) menambahkan, reaksi senyawa organik sederhana secara anaerob sebagai berikut:

Bahan organik $\xrightarrow[\text{Mikroorganisme}]{\text{anaerob}}$ CH₄ + CO₂ + H₂ + N₂ + H₂O.....(2.4)

Penguraian senyawa organik karbohidrat, lemak dan protein pada proses *anaerobic* menghasilkan biogas antara lain gas metan 50-70%, gas CO₂ 25-45% dan sejumlah gas nitrogen, gas hidrogen dan gas hidrogen sulfida. Proses anaerobik mempunyai reaksi kompleks dan secara umum dapat disederhanakan penguraiannya menjadi 2 tahap:

1. Tahap *Acidogenesis*.

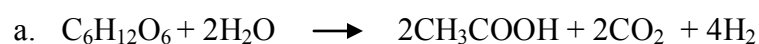
Tahap awal pembentukan asam yaitu hidrolisa senyawa organik yang terlarut dan tersuspensi dari polimer menjadi monomer oleh bantuan enzim ekstraseluler. Pembentukan asam dari senyawa organik sederhana dilakukan oleh bantuan bakteri penghasil asam (*Acids Farming Bacteria* dan *Acetogenic Bacteria*). Asam propionat dan butirrat diuraikan oleh bantuan bakteri *Acetogenic Bacteria* menjadi asam asetat.

2. Tahap *Metanogenesis*.

Pembentukan metana dilakukan oleh bakteri *Acetocalstic Methane Bacteria* yang menguraikan asam asetat menjadi metana dan karbon dioksida. Karbon dioksida dan hidrogen yang terbentuk dari reaksi penguraian, disintesa oleh bakteri menjadi metana dan air. Tahapan dekomposisi secara *Anaerob* adalah sebagai berikut atau dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Manurung, 2005):

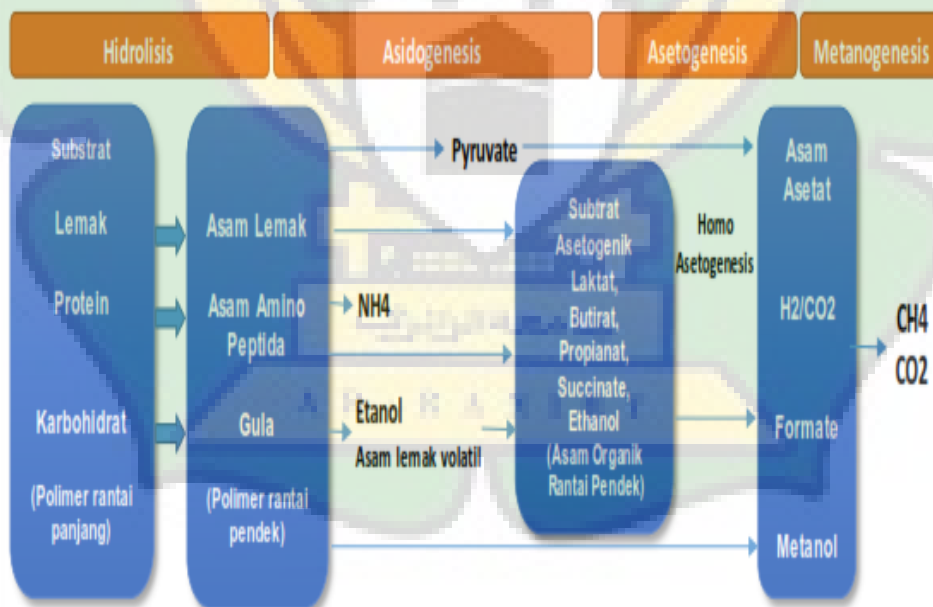
1. *Hydrolysis* penguraian lignoselulosa oleh mikroorganisme

2. *Acid Forming Bacteria* menguraikan senyawa glukosa menjadi:



(as. Asetat)

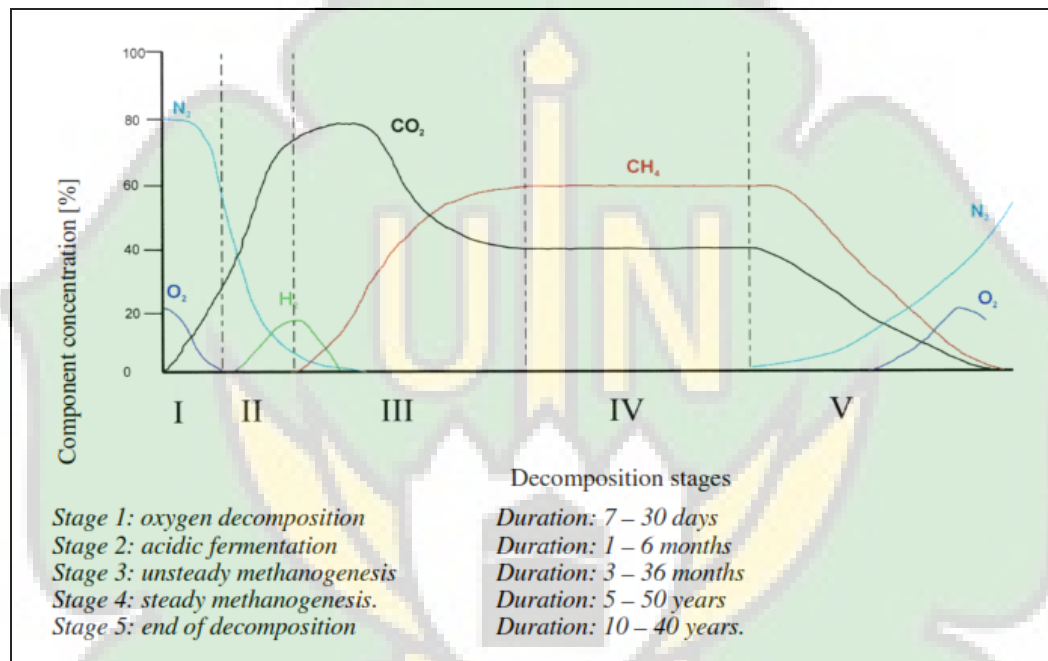
- b. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2 + 2H_2$
(as. Butirat)
- c. $C_6H_{12}O_6 + 2H_2 \rightarrow 2CH_3CH_2COOH + 2H_2O$
(as. Propionate)
3. *Acetogenic Bacteria* menguraikan asam propionate dan asam butirat menjadi:
- d. $CH_3CH_2COOH \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + 3H_2$
(as. Asetat)
- e. $CH_3CH_2CH_2COOH \rightarrow 2CH_3COOH + 2H_2$
(as. Asetat)
4. *Acetoclastic Methane* menguraikan asam asetat menjadi:
- f. $CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$
(metana)
5. *Methane Bacteria* mensitesa *Hydrogen* dan karbondioksida menjadi:
- g. $2H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$
(metana)



Gambar 2. 2 Tahapan dekomposisi anaerob
(Sumber: Anggraini, 2017)

Dekomposisi sampah tidak langsung terjadi setelah sampah dibuang. Gas emisi CH_4 produk dari dekomposisi sampah terjadi dalam periode waktu yang lama

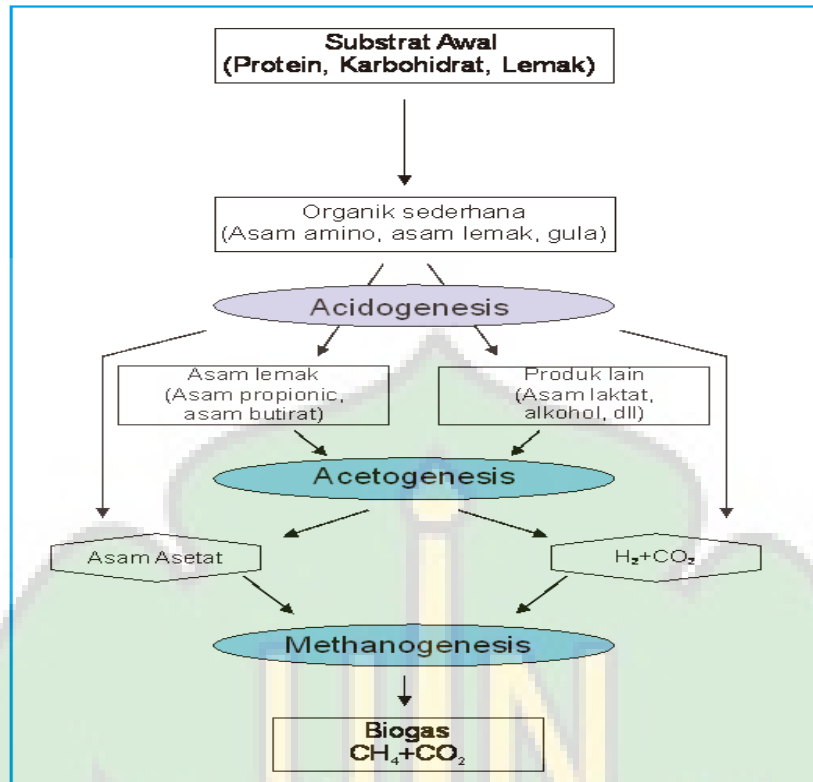
(perkiraan 50 tahun) setelah sampah ditimbun dalam lahan urug. Model dekomposisi terdiri dari lima tahap proses kimiawi dan biokimiawi yang menghasilkan gas dilahan urug. Diagram dekomposisi organik menunjukkan komponen bervariasi dari gas dilahan urug. Diagram dasar membedakan antara 5 fase dekomposisi substansi organik, termasuk dekomposisi aerobik, dekomposisi anaerobik (fermentasi asam, unsteady dan steady methanogenesis), dan akhir dari produksi metana. Diagram tahap kelima menunjukkan akhir dari dekomposisi anaerobik dan produksi metana meluruh secara bertahap (Anggraini, 2017).



Gambar 2.3 Gambar Fase Dekomposisi Pada Lahan Urug
(Sumber: Anggraini, 2017)

Fase I berlangsung secara singkat dalam beberapa minggu. fase ini tidak terlalu penting dalam proses stabilisasi sampah, akan tetapi aktivitas biologi pada fase ini sering menyebabkan kenaikan suhu yang signifikan di dalam lahan urug.

Fase II berlangsung proses *Anaerobic* pada tahun awal. Suhu di dalam lahan urug menurun secara berangsur-angsur. Fase ini air lindi yang dihasilkan pada proses tersebut mengandung pH rendah, berbau, BOD meninggi, rasio BOD/COD yang tinggi dan asam lemak yang tinggi. Serta air lindi akan memiliki konsentrasi amoniak, N-organik, Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K, Cl dan logam berat yang cukup tinggi pula (lihat gambar 2.4).



Gambar 2. 4 Skema Reprerentasi Dekomposisi *Anerobic*
(Sumber: BPPT Pusat Teknologi Sumberdaya Energi dan Industri Kimia)

Fase III dimana komponen organik terlarut dari air lindi akan dihasilkan dari proses penguraian oleh bakteri *Methanogenic*, kondisi asam disebabkan dari asam karboksilat, bau dan BOD yang tinggi. Pada fase ini kondisi cenderung lambat, akan berlangsung selama bertahun-tahun. pH netral sampai basa Air lindi pada fase ini akan terjadi. Selanjutnya konsentrasi asam lemak, BOD, COD, amoniak dan logam berat lebih rendah. Serta rasio BOD/COD akan lebih rendah, tetapi konsentrasi garam terlarut seperti tetap dalam keadaan tinggi (Ali, 2011).

Faktor yang mempengaruhi dekomposisi *Anaerob*:

1. Suhu (T)

Suhu sangat mempengaruhi dari kinerja bakteri. Suhu optimum dapat menghasilkan enzim yang lebih banyak pada bakteri. Adapun jenis-jenis bakteri yang mampu bertahan pada rentang temperatur tertentu dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut (Manurung, 2004):

Tabel 2. 3 Pengaruh Temperatur Terhadap Daya Tahan Hidup Bakteri

Jenis Bakteri	Rentang Temperatur °C	Temperatur Optimum °C
<i>Cryophilic</i>	2 – 30	12 – 18
<i>Mesophilic</i>	20 – 45	25 – 40
<i>Thermophilic</i>	45 – 75	55 - 65

(Sumber: Anggraini, 2017)

Proses pembentukan metana terjadi rentang suhu 30-40°C dan juga terjadi pada suhu rendah yaitu 4°C. Mikroorganisme *thermophilic* lebih sensitif terhadap perubahan suhu dari pada *mesophilic* (Manurung, 2004).

2. Kadar Air

Muhammad (2012) kadar air menjadi faktor utama dalam cepatnya waktu pengomposan. Ketersediaan air menentukan laju dekomposisi material organik. Nilai Kadar air optimal pada sampah yaitu 45% s.d 55% jika kadar air lebih dari 60% akan menyebabkan kurangnya volume udara serta menimbulkan bau dikarena menjadi kondisi anaerobik dan dekomposisi menjadi lebih lambat. Perbedaan signifikan parameter suhu dan *volatile solid* dalam keadaan kadar air 40%, 50%, 60% dan 70%.

3. Karbon Organik (C)

Karbon merupakan sumber energi dekomposisi mikroba. Mikroorganisme melakukan proses dekomposisi *Water Soluble Organic carbon*. *Water Soluble Organic Carbon* merupakan dekomposisi sebagian karbon organik dan dapat terjadi dalam kondisi kadar air yang cukup (Muhammad, 2012). Dua sumber utama sel karbon yang diperlukan mikroorganisme adalah karbon dioksida dan bahan-bahan organik. Jika mikroorganisme memanfaatkan sel karbon dari karbon dioksida disebut autotropik dan jika memanfaatkan organik karbon disebut heterotropik. Energi juga diperlukan dalam proses sintesis untuk membentuk sel-sel baru. Organisme autotropik memperoleh energi dari matahari melalui proses yang disebut sebagai fotosintesis dan dari reaksi oksidasi reduksi anorganiknya yang disebut sebagai autotropik kemosintesis. Untuk organism heterotropik, energi yang

diperlukan untuk proses sintesis diperoleh dari hasil oksidasi dan fermentasi bahan-bahan organik (Dewi, 2005).

4. pH

Pengomposan dapat berlangsung secara efektif pada keadaan pH optimum. 6,5 dan 7,5 merupakan nilai pH optimum pada mikroorganisme dalam pengomposan, nilai 6,0 dan 7,5 pH optimum bagi bakteri dan 5,5 dan 8,5 bagi fungi. Perubahan besar dalam material dan pH seperti pelepasan asam organik, untuk sementara atau secara lokal, membuat pH menjadi rendah (peningkatan keasaman), peningkatan produksi amonia dari senyawa-senyawa nitrogen sebanding dengan peningkatkan pH atau meningkatnya alkalinitas pada tahap awal proses pengomposan. pH mendekati netral dan stabil merupakan hasil akhir proses dekomposisi kompos. Dalam menguraikan polisakarida dan selulosa mikroorganisme akan menghasilkan asam organik sehingga pH menjadi 4,5-5. kandungan nitrogen yang stabil ditandai dengan keadaan pH yang berkisaran 5-5,5 pada tumpukan kompos (Muhammad, 2012).

Selanjutnya selanjutnya peningkatan populasi mikroba akan meningkatkan nilai pH menjadi 8 ke 9. Pembentukan ammonia terjadi akibat berlangsungnya dekomposisi nitrogen oleh bakteri dan asam organik berfungsi sebagai substrat. Nitrogen organik dan inorganik hasil sintesa protein oleh mikroorganisme akan mempengaruhi pH hal tersebut dipengaruhi juga oleh kadar air (Muhammad, 2012). Sedangkan menurut Dewi (2005), pH 6.5-pH 7.5 merupakan keadaan optimal untuk berlangsungnya proses anaerobik. Fermentasi pertama akan membentuk asam organik pada sistem anaerobik. Proses pembentukan oksidasi asam organik yang lambat akan mempengaruhi pH (pH turun).

5. Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya hantar listrik merupakan kemampuan larutan cair dalam menghantarkan arus listrik. Kemampuan ini sangat bergantung pada keberadaan ion, total konsentrasi ion, valensi konsentrasi relatif ion dan suhu saat pengukuran dilakukan. Kesuburan perairan, mikroorganisme dapat hidup dengan baik, banyaknya bahan organik dan mineral yang terkandung dalam perairan

merupakan salah satu indikator besarnya nilai daya hantar listrik. Perairan memiliki nilai DHL berkisar antara 20 - 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dalam keadaan normal. Alat yang digunakan untuk pengukuran daya hantar listrik adalah konduktivimeter maupun multiparameter. Pengukuran DHL dilakukan menggunakan konduktivimeter dengan satuan $\mu\text{mhos}/\text{cm}$. Alat ini bekerja dengan perhitungan banyaknya ion yang terlarut dalam larutan sampel yang berbanding lurus dengan DHL (Mukarromah, 2016).



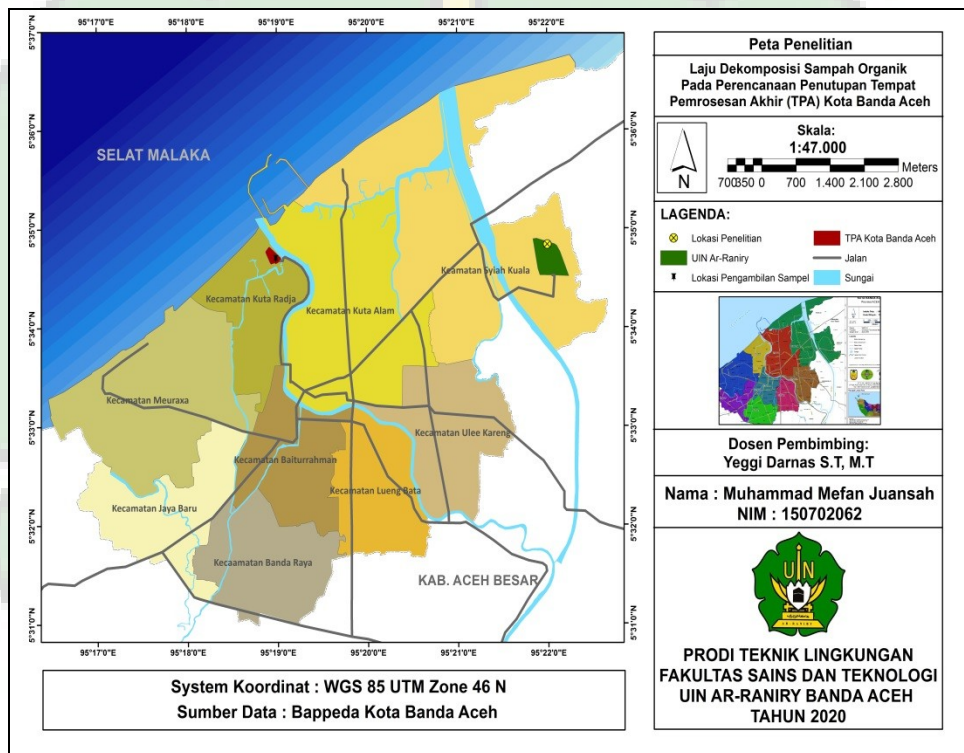
BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

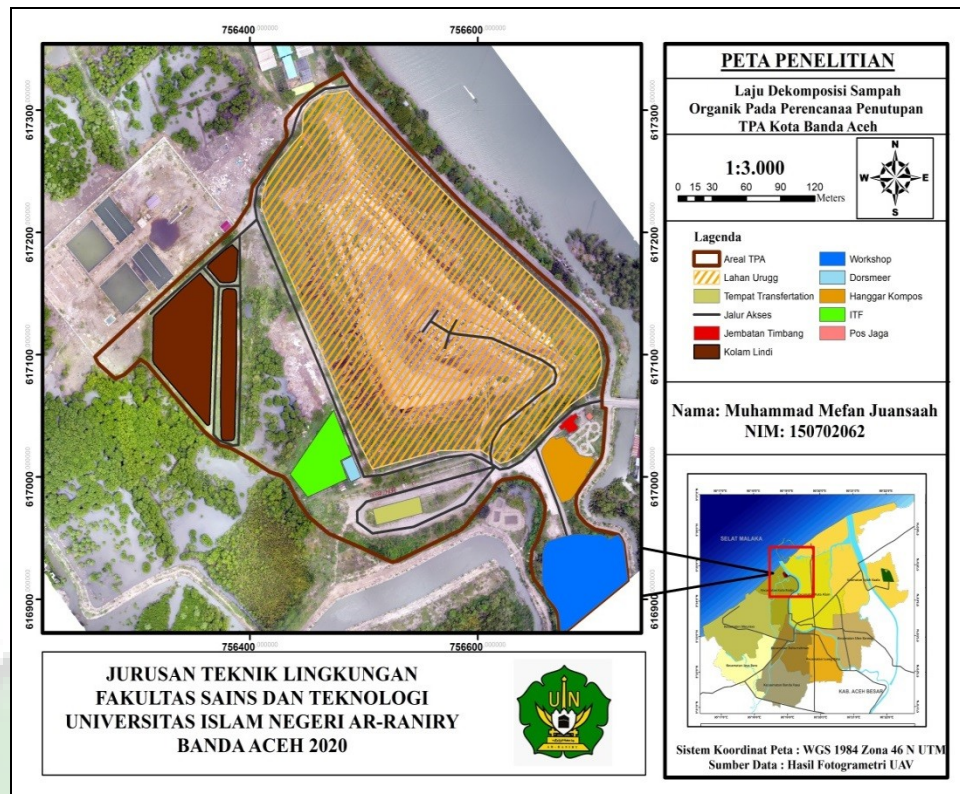
3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian berlokasi di TPA Kota Banda Aceh. Secara geografis, TPA Kota Banda Aceh ini berada di antara $112^{\circ}37'58$ BT - $112^{\circ}38'01$ BT dan $7^{\circ}13'02$ LS - $7^{\circ}13'19$ LS, yang secara geologis berada di dekat muara sungai Krueng Aceh (Gambar 3.1).



Gambar 3. 1 Peta Kawasan Penelitian

Pengukuran tinggi, volume dan kemiringan lahan urug dilakukan pada lahan urug TPA Kota Banda Aceh (Gambar 3.2). Pengambilan data sekunder berupa jumlah sampah dan komposisi sampah yang masuk kedalam TPA Kota Banda Aceh dilakukan di DLHK3 Banda Aceh.



Gambar 3. 2 Peta Lahan Urug TPA Kota Banda Aceh

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 sampai Juli 2020. Terhitung sejak penyusunan proposal sampai dengan penyelesaian laporan akhir Tugas Akhir ini.

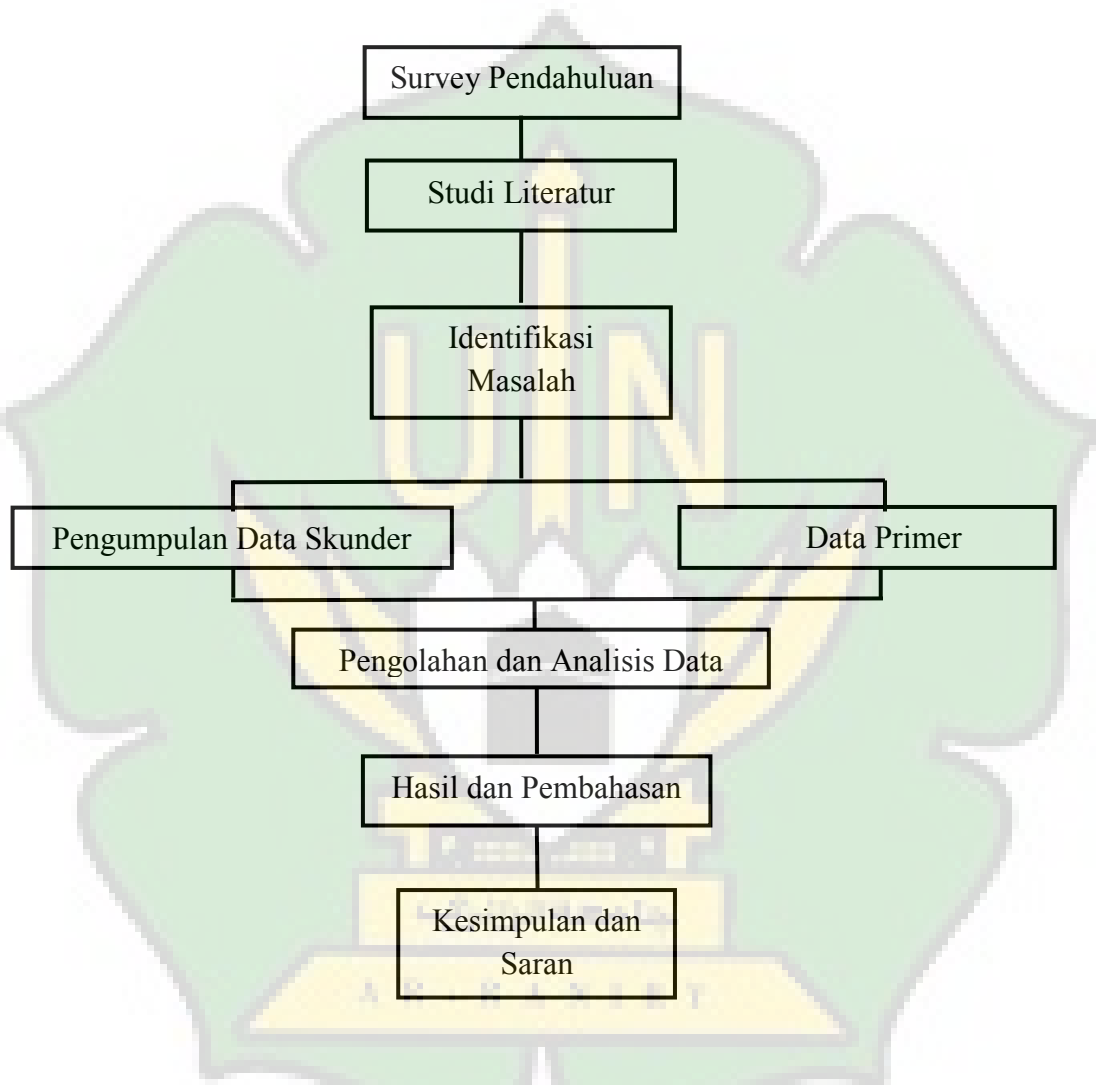
3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan *mix method* penggabungan antara metode kualitatif dan kuantitatif. Penelitian dengan menggunakan metode kuantitatif adalah penelitian yang bersifat sistematis, mengembangkan dan menggunakan model matematis, menghubungkan keterkaitan antara teori dengan pengamatan di lapangan. Sedangkan Penelitian dengan metode kualitatif adalah penelitian yang terdiri dari tiga model, yaitu format deskriptif, format verifikasi dan format *gronded research* (Suryana, 2010). Penelitian ini akan didapatkan data yang terdiri dari angka-angka maka diperlukan pendekatan kuantitatif seperti memperlihatkan jumlah sampah

yang masuk ke TPA Kota Banda Aceh dan perhitungan laju dekomposisi sampah organik pada TPA Kota Banda Aceh.

3.3 Tahapan Umum Penelitian

Tahapan umum penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 diagram alir pengerjaan tugas akhir ini:



Gambar 3. 3 Tahapan Perencanaan Penelitian Tugas Akhir

3.4 Studi Literatur

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dari studi literatur yang berkaitan dengan penelitian-penelitian terdahulu serta referensi teori yang dijadikan dasar teori untuk penelitian ini.

3.5 Pengumpulan Data

Terdapat dua jenis data yang dikumpulkan, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil observasi langsung di lapangan. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait, tulisan ilmiah dan sumber-sumber lainnya yang relevan.

3.5.1 Data Primer

Untuk memperoleh data primer yang diperlukan berupa pengambilan data kondisi eksisting TPA Kota Banda Aceh, meliputi pengukuran luas, ketinggian, volume dan kemiringan lahan urug. Pengukuran tersebut dilakukan menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografi (SIG) yaitu *ArcGIS* dan *Global Mapper*.

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini, meliputi data kondisi eksisting TPA Kota Banda Aceh, data jumlah sampah yang masuk ke TPA dari tahun 2008 sampai 2019, timbulan dan komposisi sampah Kota Banda Aceh diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kebersihan dan Keindahan Kota Banda Aceh. Berikut data sekunder yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Data kondisi eksisting TPA Kota Banda Aceh.
2. Data jumlah sampah yang masuk ke TPA Kota Banda Aceh dari tahun 2008 sampai dengan 2019.
3. Kapasitas pengelolaan sampah di TPA Kota Banda Aceh per hari.
4. Komposisi sampah Kota Banda Aceh dan sampah yang masuk ke dalam TPA Kota Banda Aceh.
5. Data literatur laju dekomposisi karbon berdasarkan penelitian Mujaddidah, dkk (2017) dan degradasi volume sampah organik berdasarkan penelitian yang dilakukan Pribadi (2018).

3.6 Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dan penyusunan pelaporan penelitian ini meliputi:

1. Melakukan pengukuran luas, tinggi, kemiringan dan volume lahan urug TPA kota Banda Aceh dan pembuatan peta lokasi penelitian menggunakan perangkat lunak *ArcGIS* dan *Global Mapper*.
2. Untuk menghitung laju reaksi karbon yang terjadi pada sampah organik yang terurug setiap tahunnya dapat menggunakan rumus laju reaksi heterogen atas dasar satuan massa zat padat untuk sistem padatan (Annisa, 2019) :

$$r_i = \frac{\text{Mol } i \text{ yang terbentuk}}{(\text{massa padatan})(\text{waktu})} \dots\dots\dots(3.1)$$

3. Melakukan pengolahan data terkait laju dekomposisi, data skunder yang diperoleh dan perhitungan laju dekomposisi pada lahan urug TPA Kota Banda Aceh. Selanjutnya sampah organik yang masuk kedalam sampah TPA Kota Banda Aceh dihitung laju dekomposisi dengan menggunakan rumus persamaan laju dekomposisi. Menurut Muhammad (2012), perhitungan laju dekomposisi dilakukan dengan pendekatan:

$$W = \frac{W_o - W_t}{W_o} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.2)$$

$$D = \frac{W}{\text{hari}} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

- W_o = Bobot awal
- W_t = Bobot akhir
- W = Penurunan bobot (0,267% / hari)
- D = Durasi (laju dekomposisi)

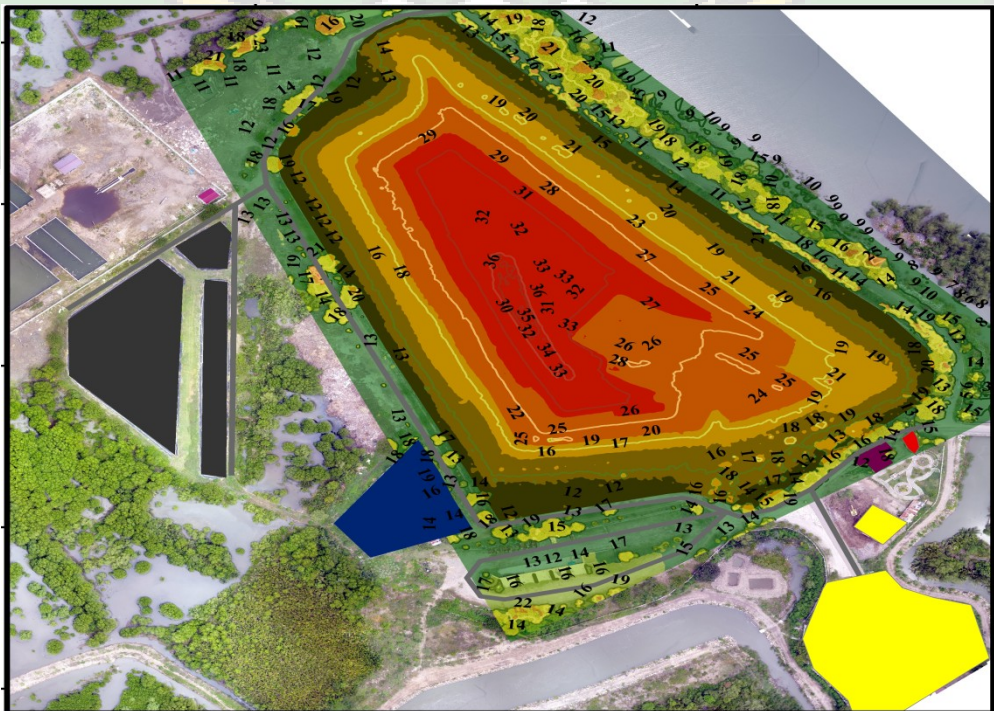
4. Proses pengolahan data yang berupa angka menggunakan perangkat lunak Ms.Exel.
5. Proses penyusunan laporan akhir menggunakan perangkat lunak Ms.Word.

BAB IV

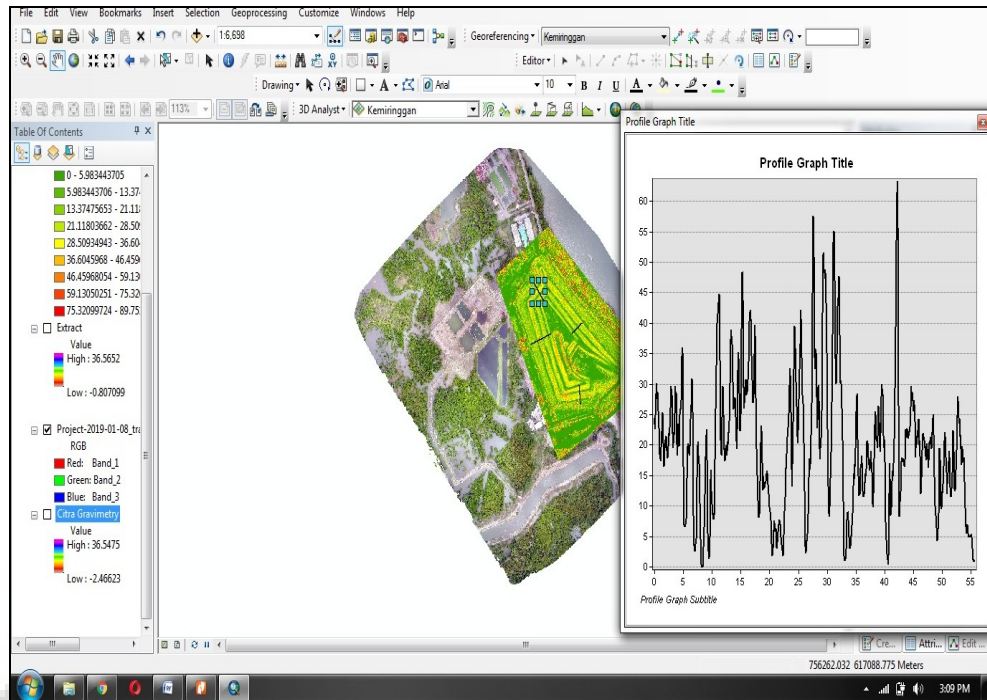
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lokasi Eksisting Lahan Urug TPA Kota Banda Aceh

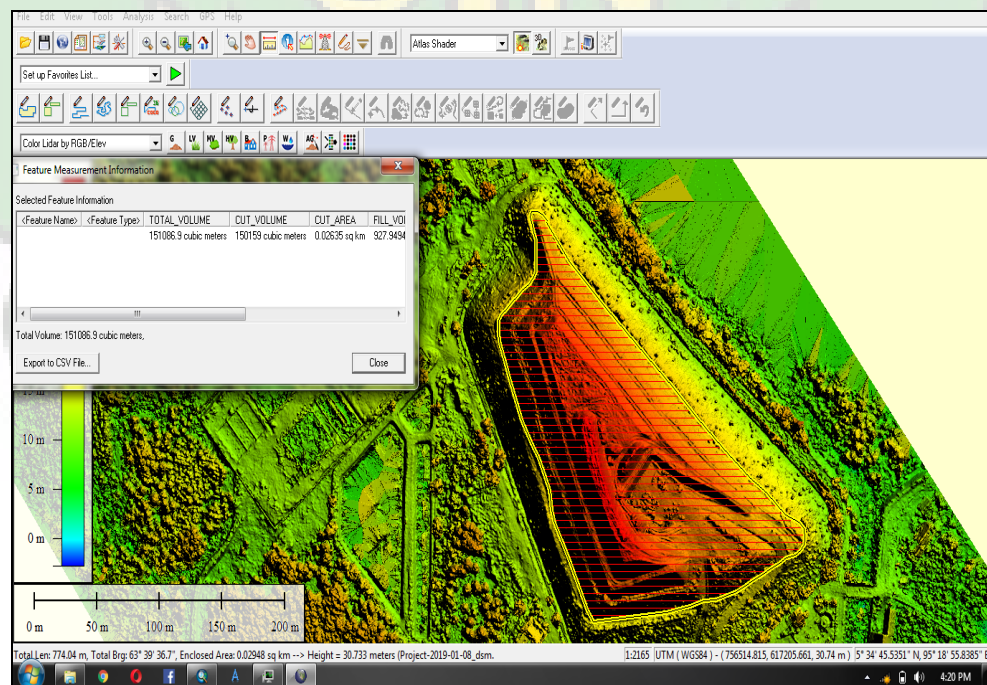
TPA Kota Banda Aceh memiliki luas lahan secara keseluruhan sebesar 21 ha dengan lahan 5,24 ha digunakan sebagai lahan urug dengan untuk umur perencanaan pemakaian TPA selama 25 tahun dan daya tampung perencanaan sebesar 366.000 m³. Berat sampah yang masuk ke TPA rata-rata setiap harinya adalah 147,62 ton/hari. Berdasarkan pengukuran kondisi eksisting lahan urug TPA Kota Banda Aceh dengan cara menganalisis bentuk topografi dari lahan urug menggunakan bantuan aplikasi ArcGIS 10.3 dan Global Mapper dengan memanfaatkan citra Fotogrametri UAV, didapatkan data berupa ketinggian lahan urug yang mencapai 36,5 Mdpl, volume total sebesar 151.086,9 m³ dan kemiringan lereng lahan urug pada sisi Utara 28,17⁰, Selatan 40,10⁰, Barat 31,42⁰ dan Timur 43,21⁰ atau dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4. 1 Kontur TPA Kota Banda Aceh



Gambar 4. 2 Pengukuran Kemiringan Lahan Urug



Gambar 4. 3 Pengukuran Volume lahan Urug

Ketinggian lahan urug yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 sudah mencapai 36,5 Mdpl. Perencanaan awal ketinggian lahan urug yang direncanakan yaitu 30 Mdpl oleh DLHK3 Banda Aceh. Artinya sudah melewati batas ketinggian akhir perencanaan. Sehingga hal ini akan

mempengaruhi dari kelabilan tanah pada lereng lahan urug dan tanah penutup, ketahanan membran dan instalasi penyaluran air lindi yang berada didalam lahan urug. Upaya saat ini yang dilakukan oleh DLHK3 Banda Aceh adalah dengan melakukan pengurangan sampah yang akan ditimbun dan dikelola di TPA Gampong Jawa, dari 147,62 ton/hari sampah yang masuk ke TPA. DLHK3 melakukan pengangkutan kembali untuk dilakukan pembuangan ke TPA yang berada di Kecamatan Blang Bintang Kabupaten Aceh Besar yang dikelola oleh UPTD Balai Penanganan Sampah Regional (BPSR) dibawah naungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Aceh. Sampah yang diangkut ke TPA UPTD BPSR dilakukan dengan menggunakan 6 (enam) armada truk yang berkapasitas masing-masing 4 (empat) truk bermuatan 9 ton dan 2 (dua) truk bermuatan 5 ton. Masing-masing truk tersebut dalam melakukan pengangkutan sampah ke TPA UPTD BPSR, masing-masing truk melakukan pengangkutan 4 trip dalam sehari.

Sampah organik yang mengalami degradasi massa dan volume akan mempengaruhi dari kesabilan lahan urug TPA. Pengukuran kemiringan dari ke empat sisi lahan urug dibutuhkan untuk mengetahui kondisi lereng lahan urug untuk mengantisipasi terjadinya longsor. Hal ini diperkuat oleh penelitian Mujaddidah, dkk (2017) yang menyatakan adanya perubahan densitas sampah organik didalam lahan urug TPA, mengakibatkan kemiringan lereng lahan urug menjadi tidak stabil dan pergeseran sementara dari lahan urug, selanjutnya tingkat kekuatan tegangan dilahan urug akan mengalami penurunan dengan terjadinya pengairan dan perubahan tekanan pori air. Selain itu akibat dekomposisi yang terjadi didalam lahan urug tentu saja merubah kemiringan, kestabilan dan sifat lahan urug. Dari pengukuran kemiringan lahan urug TPA Kota Banda Aceh, sisi yang memiliki kemiringan lereng yang paling besar yaitu sisi timur sebesar $43,21^{\circ}$ dan selatan $40,10^{\circ}$. Secara letak geografis TPA (lihat Gambar 3.2) sisi timur lahan urug menghadap ke jalan yang sering dilalui masyarakat untuk ke pantai Gampong Jawa dan sebelah selatan menghadap kejalan operasional TPA yang menghubungkan ke ITF dan kolam lindi.

4.1.1 Jumlah Sampah yang Masuk ke TPA Kota Banda Aceh

Jumlah sampah yang masuk ke TPA Kota Banda Aceh setiap harinya diketahui berdasarkan jumlah sampah yang masuk ke dalam TPA yang ditimbang pada jembatan timbang per setiap armada pengangkut sampah. Jumlah sampah yang masuk ke TPA Gampong Jawa dari tahun 2008-2019 mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan dalam tiap tahunnya tingkat pertumbuhan penduduk, kebutuhan dan konsumtif masyarakat mengalami peningkatan. Jumlah sampah yang masuk ke TPA dari tahun 2008–2019 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

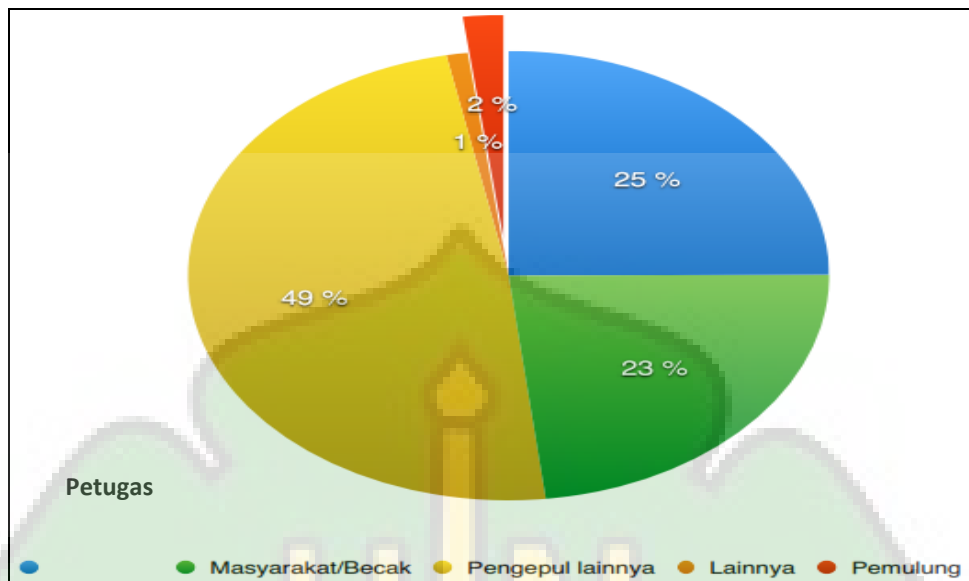
Tabel 4. 1 Jumlah Sampah Yang Masuk ke TPA dari Tahun 2008-2019

No	Tahun	Sampah Masuk (ton/tahun)	Berat Rata-rata Perhari (ton/hari)	Volume Sampah (m ³ /tahun)	Volume Rata-rata Perhari (m ³ /hari)
1	2008	32.333,50	88,58	57.738,39	158,19
2	2009	42.999,00	117,81	76.783,93	210,37
3	2010	43.859,00	120,16	78.319,64	214,57
4	2011	43.991,00	120,52	78.555,36	215,22
5	2012	53.935,00	147,77	96.312,50	263,87
6	2013	54.765,00	150,04	97.794,64	267,93
7	2014	54.250,00	148,63	96.875,00	265,41
8	2015	54.928,00	150,49	98.085,71	268,73
9	2016	68.982,00	188,99	123.182,14	337,49
10	2017	56.790,25	155,59	101.411,16	277,84
11	2018	72.719,68	199,23	129.856,57	355,77
12	2019	67.021,56	183,62	119.681,36	327,89
Total		646.573,99	Σ=147,62	1.154.596,41	Σ=263,61

(Sumber : DLHK3 Banda Aceh dan Data Pribadi)

Jumlah sampah yang masuk kedalam TPA berbeda dengan jumlah sampah yang terurug, hal ini disebabkan oleh adanya reduksi yang dilakukan disumber, DLHK3 dan di TPA. DLHK3 mengatakan reduksi yang terjadi sebesar 11% dari volume sampah keseluruhan untuk setiap tahunnya. Reduksi sampah tersebut berasal dari hilangnya bobot dan volume sampah disumber, kehilangan yang disebabkan oleh pihak kedua yaitu pemulung disekitaran TPA Kota Banda Aceh, petugas dan *Treatment* yang dilakukan oleh pihak pengelola TPA Kota Banda Aceh atau dapat dilihat Gambar 4.5 dan Tabel 4.3. Berdasarkan reduksi sampah

tersebut akan didapatkan sisa volume sampah yang akan diurug kedalam lahan urug.



Gambar 4. 4 Sumber-sumber yang Melakukan Reduksi Sampah Kota Banda Aceh

(Sumber: DLHK3 Kota Banda Aceh)

Tabel 4. 2 Jumlah Pengurangan Sampah Kota Banda Aceh

NO	Jenis Pengolahan Sampah	Jumlah Sampah yang Diolah (ton/bulan)
1	Hanggar Kompos	68,5
2	ITF	20,58
3	Kompos Gp. Ilie	1,5
4	Kompos Rumah Tangga	8,918
5	Sub Total	99,498
6	Bank Sampah Gampong	4,75
7	Bank Sampah Sekolah	2,7
8	Usaha PBB	517
9	Sub Total	524,45
Total		623,948

(Sumber: DLHK3 Kota Banda Aceh)

Untuk reduksi sampah yang masuk kedalam TPA Kota Banda Aceh berasal dari hanggar kompos, ITF dan pemulung perbulannya. Sampah yang mengalami reduksi pada TPA sebagian besar merupakan sampah organik, sehingga nantinya mempengaruhi dari jumlah sampah organik yang terurug dan mempengaruhi perhitungan terhadap laju dekomposisi sampah organik (lihat Tabel 4.5).

Tabel 4. 3 Berat dan Volume Sampah yang Masuk kedalam Lahan Urug Setelah Reduksi

No	Tahun	Berat Sampah ton/thn	Berat Sampah Tereeduksi yang Masuk kedalam TPA ton/thn	Vol Sampah yang masuk kedalam lahan Urug m3/tahun	Kumulatif
1	2008	32.333,50	30.617,87	54.674,77	54.674,77
2	2009	42.999,00	41.070,06	73.339,39	128.014,16
3	2010	43.859,00	41.912,86	74.844,39	202.858,55
4	2011	43.991,00	42.042,22	75.075,39	277.933,95
5	2012	53.935,00	51.787,34	92.477,39	370.411,34
6	2013	54.765,00	52.600,74	93.929,89	464.341,23
7	2014	54.250,00	52.096,04	93.028,64	557.369,88
8	2015	54.928,00	52.760,48	94.215,14	651.585,02
9	2016	68.982,00	66.533,40	118.809,64	770.394,66
10	2017	56.790,25	54.585,49	97.474,08	867.868,74
11	2018	72.719,68	70.196,33	125.350,58	993.219,32
12	2019	67.021,56	64.612,17	115.378,87	1.108.598,20
Total					6.447.269,82

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Jumlah total sampah yang masuk kedalam TPA tahun 2008 yaitu 32.333,50 ton atau 57.738,39 m³ (Lihat Tabel 4.2) setelah mengalami pengurangan dari kegiatan reduksi sampah yang dilakukan pada ITF, hanggar kompos dan pemulung, jumlah total sampah yang terurug pada tahun 2008 adalah 30.617,87 ton atau 54.674,77 m³ dan pada tahun-tahun selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.3. Data komposisi sampah Kota Banda Aceh yang diperoleh di DLHK3 dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 4 Komposisi Sampah Kota Banda Aceh

No	Jenis	Total Komposisi Sampah (%)
1	Kayu, Ranting dan Daun	2,74%
2	Sisa Makanan	49,72%
3	Kertas	16,04%
4	Plastik	25,33%
5	Logam	0,38%
6	Kain (tekstil)	2,72%
7	Karet dan Kulit	0,76%
8	Kaca	1,46%
9	Lainnya	0,82%

(Sumber: DLHK3 Banda Aceh, 2017)

Berdasarkan tabel di atas, sampah organik kota Banda Aceh diketahui sebesar 68,50% dari total sampah. Kapasitas pengolahan sampah organik pada TPA Kota Banda Aceh yang mampu mengolah sebesar 89,08 ton/bln. Dari data tersebut didapatkan total sampah organik yang terurug pada lahan urug TPA Kota Banda Aceh (Lihat Tabel 4.5). Sampah organik yang terurug akan dihitung laju reaksi karbon yang terjadi selama proses dari awal pengurukan dan waktu terdekomposisi sampah organik.

Tabel 4.5 Total Sampah Organik yang Masuk Kedalam Lahan Urug

No	Tahun	Jumlah Total Sampah (ton/thn)	Jumlah Sampah Organik (68,50%) dari Total Komposisi Sampah Kota Banda Aceh (ton/thn)	Berat Komposisi Sampah Organik yang Terurug (ton/thn)	Vol Komposisi Sampah Organik yang Terurug (m ³ /thn)	Volume Kumulatif	Vol Rata-Rata perhari (m ³ /h)
1	2008	32.333,50	22.148,45	21.079,49	11.804,51	11.805	32,34
2	2009	42.999,00	29.454,32	28.385,36	15.895,80	27.700	43,55
3	2010	43.859,00	30.043,42	28.974,46	16.225,69	43.926	44,45
4	2011	43.991,00	30.133,84	29.064,88	16.276,33	60.202	44,59
5	2012	53.935,00	36.945,48	35.876,52	20.090,85	80.293	55,04
6	2013	54.765,00	37.514,03	36.445,07	20.409,24	100.702	55,92
7	2014	54.250,00	37.161,25	36.092,29	20.211,68	120.914	55,37
8	2015	54.928,00	37.625,68	36.556,72	20.471,76	141.386	56,09
9	2016	68.982,00	47.252,67	46.183,71	25.862,88	167.249	70,86
10	2017	56.790,25	38.901,32	37.832,36	21.186,12	188.435	58,04
11	2018	72.719,68	49.812,98	48.744,02	27.296,65	215.732	74,79
12	2019	67.021,56	45.909,77	44.840,81	25.110,85	240.842	68,80
Total						1.399.186	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2 Laju Dekomposisi Sampah Organik pada Lahan Urug TPA Kota Banda Aceh

Laju dekomposisi sampah organik perkotaan yang masuk kedalam lahan urug dapat dihitung berdasarkan pendekatan studi literatur. Beberapa

literatur melakukan pengujian laju dekomposisi sampah organik dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan reaktor anaerob untuk mendapati laju dekomposisi karbon, *Volatile Solid*, dan degradasi dari bobot sampah organik. Mujaddidah, dkk (2017) menyatakan Jumlah karbon pada sampah organik sebesar 32,953% dan *Volatile Organic Compound* (VOC) 97,70% dihitung berdasarkan kesetimbangan karbon organik pada lindi yang dihasilkan sampah pada TPA. Proses degradasi sampah secara anaerobik di landfill memiliki pengaruh terhadap keheterogenan sampah yang mempengaruhi distribusi karbon pada fase gas dan cair. Distribusi perubahan konsentrasi C-organik bersifat fluktuatif. Fenomena serupa terjadi pada distribusi VOC dan lindi.

Laju reaksi karbon berhubungan dengan ketersediaan nutrisi yang ada didalam sampah organik. Nutrisi yang digunakan mikroorganisme untuk melakukan metabolisme akan menentukan jumlah produk yang dihasilkan. Sehingga cepat lambatnya laju dekomposisi yang terjadi akan sangat berpengaruh. Selain karakteristik kimia, faktor lain seperti pH, kelembapan, DHL dan suhu juga mempengaruhi dekomposisi yang terjadi. Diketahui massa karbon sampah organik TPA sebesar 32,953% dari jumlah sampel sampah yang dimasukkan keladan reaktor anaerob berkapasitas 12 kg. Maka perhitungan sebagai berikut:

- Tahun 2008

$$\begin{aligned}
 \text{Massa karbon} &= \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr} \\
 &= 3.954,36 \text{ gr} \\
 \text{Mol karbon} &= \frac{\text{gr}}{\text{Mr}} \\
 &= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}} \\
 &= 329,53 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung laju reaksi karbon dihitung menggunakan rumus:

$$r_i = \frac{\text{Mol } i \text{ Yang terbentuk}}{(\text{Massa padatan})(\text{Waktu})}$$

$$r_i = \frac{329,53 \text{ mol}}{(21.079,49 \text{ ton})(1 \text{ tahun})}$$

$$= 0,01563 \text{ mol/ton pertahun}$$

Tabel 4. 6 Laju Reaksi Karbon Sampah Organik TPA Kota Banda Aceh

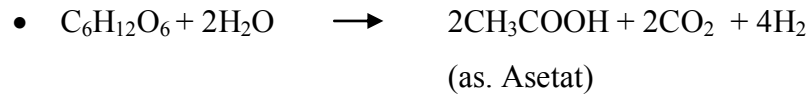
No	Tahun	Massa Sampah Organik yang ter Urug/Tahun (ton)	Massa Karbon (gr)	Mol Karbon (mol)	Laju Reaksi/Tahun (mol/ton)
1	2008	21.079,49	3954,36	329,53	0,01563
2	2009	28.385,36	3954,36	329,53	0,01161
3	2010	28.974,46	3954,36	329,53	0,01137
4	2011	29.064,88	3954,36	329,53	0,01134
5	2012	35.876,52	3954,36	329,53	0,00919
6	2013	36.445,07	3954,36	329,53	0,00904
7	2014	36.092,29	3954,36	329,53	0,00913
8	2015	36.556,72	3954,36	329,53	0,00901
9	2016	46.183,71	3954,36	329,53	0,00714
10	2017	37.832,36	3954,36	329,53	0,00871
11	2018	48.744,02	3954,36	329,53	0,00676
12	2019	44.840,81	3954,36	329,53	0,00735
Rata-rata laju reaksi yang terjadi					0,00969

(Sumber: Hasil Perhitungan)

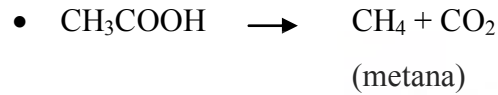
Rata-rata laju reaksi karbon yang terjadi pada sampah organik TPA Kota Banda Aceh yaitu 0,00969 mol/ton. Laju reaksi yang terjadi secara lambat dapat dipengaruhi oleh proses yang terjadi secara *Anaerob*. Menurut Pribadi (2018), dekomposisi sampah organik secara *Anaerob* dan memanfaatkan mikroba, terjadi 4 tahap penguraian, yaitu Hidrolisis, Asidogenesis, Asetogenesis, dan Metanogenesis. Proses ini mencakup pemecahan material organik oleh kelompok mikroorganisme yang berbeda pada setiap tahapnya. Adapun tahapan dekomposisi yang terjadi sebagai berikut:

1. *Hydrolisis* penguraian lignoselulosa oleh mikroorganisme.

2. *Acid Forming Bacteria* menguraikan senyawa glukosa menjadi:



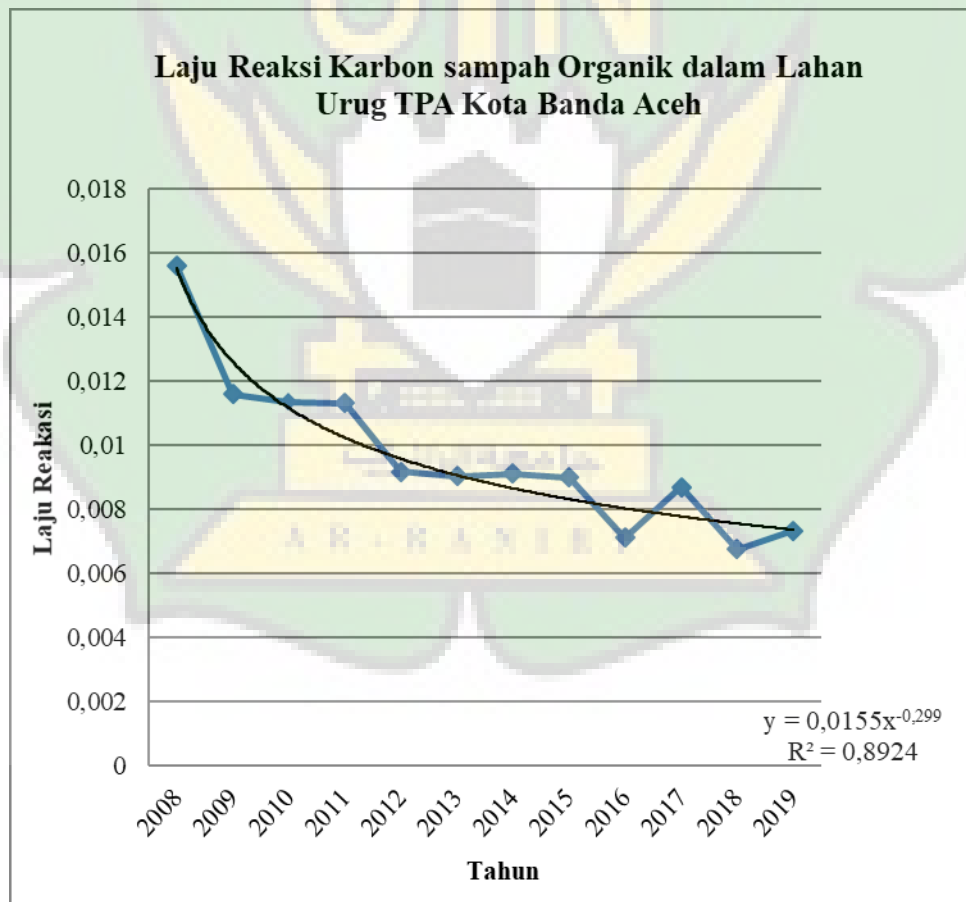
3. *Acetoclastic Methane* menguraikan asam asetat menjadi:



4. *Methane Bacteria* mensitesa *Hydrogen* dan karbondioksida menjadi:



Dari ke empat penguraian diatas membutuhkan waktu yang lama untuk sampah organik terdekomposisi menjadi produk. Menurut Anggraini (2017) waktu yang dibutuhkan sampah organik yang terurug didalam lahan urug TPA diperkirakan selama 50 tahun. Perkiraan laju reaksi karbon yang terjadi selanjutnya dapat dihitung dengan persamaan regresi linier yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.



Gambar 4. 5 Grafik Laju Reaksi Karbon Sampah Organik TPA Kota Banda Aceh

Tabel 4. 7 Persamaan Laju Reaksi Karbon Sampah Organik yang Terjadi

No	Tahun	Tahun Ke (X)	Laju Reaksi (Y)	(X.Y)	X ²	Y'
1	2008	1	0,01563	0,015633	1	-0,3101
2	2009	2	0,01161	0,023218	4	-0,2519
3	2010	3	0,01137	0,034119	9	-0,1938
4	2011	4	0,01134	0,045351	16	-0,1357
5	2012	5	0,00919	0,045926	25	-0,0775
6	2013	6	0,00904	0,054251	36	-0,0194
7	2014	7	0,00913	0,063911	49	0,0388
8	2015	8	0,00901	0,072114	64	0,0969
9	2016	9	0,00714	0,064217	81	0,1550
10	2017	10	0,00871	0,087103	100	0,2132
11	2018	11	0,00676	0,074365	121	0,2713
12	2019	12	0,00735	0,088187	144	0,3295
	Jumlah	78	0,116278884	9,069753	650	0,1163

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Adapun perhitungan dari Tabel 4.7 adalah sebagai berikut:

$$Y = m x + c$$

Mencari gradien m:

$$m = \frac{n (\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$m = \frac{12 (9,069753) - (78)(0,116278884)}{12 (650) - (78)^2}$$

$$= 0,0581$$

Mencari konstanta c:

$$c = \frac{(\sum xy)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$c = \frac{(0,116278884)(650) - (78)(9,069753)}{12(650) - (78)^2}$$

$$= -0,3683$$

$$Y = m x + c$$

$$= 0,0581 x + -0,3683$$

$$Y_{2030} = m x + c$$

$$= (0,0581 \times 23) + (-0,3683)$$

$$= 0,968990702 \text{ mol/tahun}$$

Gambar 4.5 dan Tabel 4.7 memperlihatkan laju reaksi karbon pada sampah organik yang diurug terjadi secara fluktuatif. Hal tersebut dipengaruhi oleh jumlah jumlah sampah organik yang diurug pada setiap tahunnya berbeda-beda. Berdasarkan pendekatan dengan persamaan regresi linier dapat diambil persamaan terdekat dalam menentukan laju reaksi karbon pada tahun-tahun berikutnya.

4.3 Waktu Dekomposisi Sampah Organik pada Lahan Urug TPA Kota Banda Aceh

Mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Pribadi (2018) mengenai degradasi yang terjadi pada sampah organik TPA didapatkan hasil degradasi massa atau volume sampah organik rata-rata perharinya terjadi sebesar 12% selama 45 hari atau 0,267%/hari, dengan bobot awal sampah organik didalam reaktor 50 kg dan bobot akhir 44 kg . Degradasi tersebut terjadi pada kondisi kadar air sampah organik berkisar 40% - 60% dan suhu 29 °C-50,05 °C. Menurut Mujaddidah (2017), degradasi sampah organik yang terjadi mengakibatkan penurunan volume dan massa sampah. Berdasarkan jumlah rata-rata perhari sampah organik yang diurug pada lahan urug TPA Kota Banda Aceh pada tahun 2008-2019 (Lihat Tabel 4.5), dihitung waktu

untuk terdegradasi volume sampah organik yang telah diurug dari jumlah total volume sampah organik yang diurug pada setiap harinya adalah sebagai berikut:

$$W = \frac{W_o - W_t}{W_o} \times 100 \%$$

$$= \frac{(50 \text{ kg} - 44 \text{ kg})}{(50 \text{ kg})} \times 100 \%$$

$$= 12\%$$

$$D = \frac{W}{\text{hari}}$$

$$= \frac{12\%}{45 \text{ hari}}$$

$$= 0,283 \%$$

Selanjutnya waktu yang diperlukan sampah organik untuk terdegradasi dihitung perharinya dari volume rata-rata sampah yang terurug selama satu hari (Lihat Tabel 4.5) dan diakumulasikan dengan sampah organik yang terurug pada hari selanjutnya:

- Tahun 2008
 - Hari Ke 1 (1 Januari 2008)

Volume yang terdegradasi:

$$= \frac{0.267}{100} \times \text{Vol sampah organik yang diurug/hari (m}^3\text{)}$$

$$= \frac{0.267}{100} \times 32,34 \text{ m}^3$$

$$= 0,09 \text{ m}^3$$

Sisa Sampah Organik yang belum Terdegradasi:

$$= 0,09 - 32,34 \text{ m}^3$$

$$= 32,25 \text{ m}^3$$

- Hari Ke 2 (2 Januari 2008)

Volume yang terdegradasi:

$$= \frac{0.267}{100} \times \text{Vol sampah organik yang diurug/hari} + \text{Sisa hari ke 1}$$

$$= \frac{0.267}{100} \times 32,34 \text{ m}^3 + 32,25 \text{ m}^3$$

$$= 0,00267 \times 64,59 \text{ m}^3$$

$$= 0,17 \text{ m}^3$$

Sisa sampah organik yang belum terdegradasi:

$$= 0,17 - 64,59 \text{ m}^3$$

$$= 64,42 \text{ m}^3$$

Berdasarkan hasil yang didapatkan, diketahui lamanya sampah organik yang terdegradasi pada setiap rata-rata sampah organik yang masuk kedalam TPA Kota Banda Aceh perharinya pada tahun pertama yakni 2008 sampai tahun 2019 adalah selama 11 tahun, yaitu sampai tahun 2030. Perhitungan berdasarkan degradasi sampah organik perkotaan yang rata-rata perhari terjadi sebesar 0,267% dari volume total. Dari volume tersebut dikonversikan untuk diketahui penambahan dan pengurangan volume akibat adanya penambahan sampah pada hari selanjutnya dan degradasi sampah organik didalam lahan urug.

Tabel 4. 8 Perhitungan Degradasi dan Waktu Dekomposisi Sampah Organik yang dibutuhkan pada Lahan Urug TPA Kota Banda Aceh

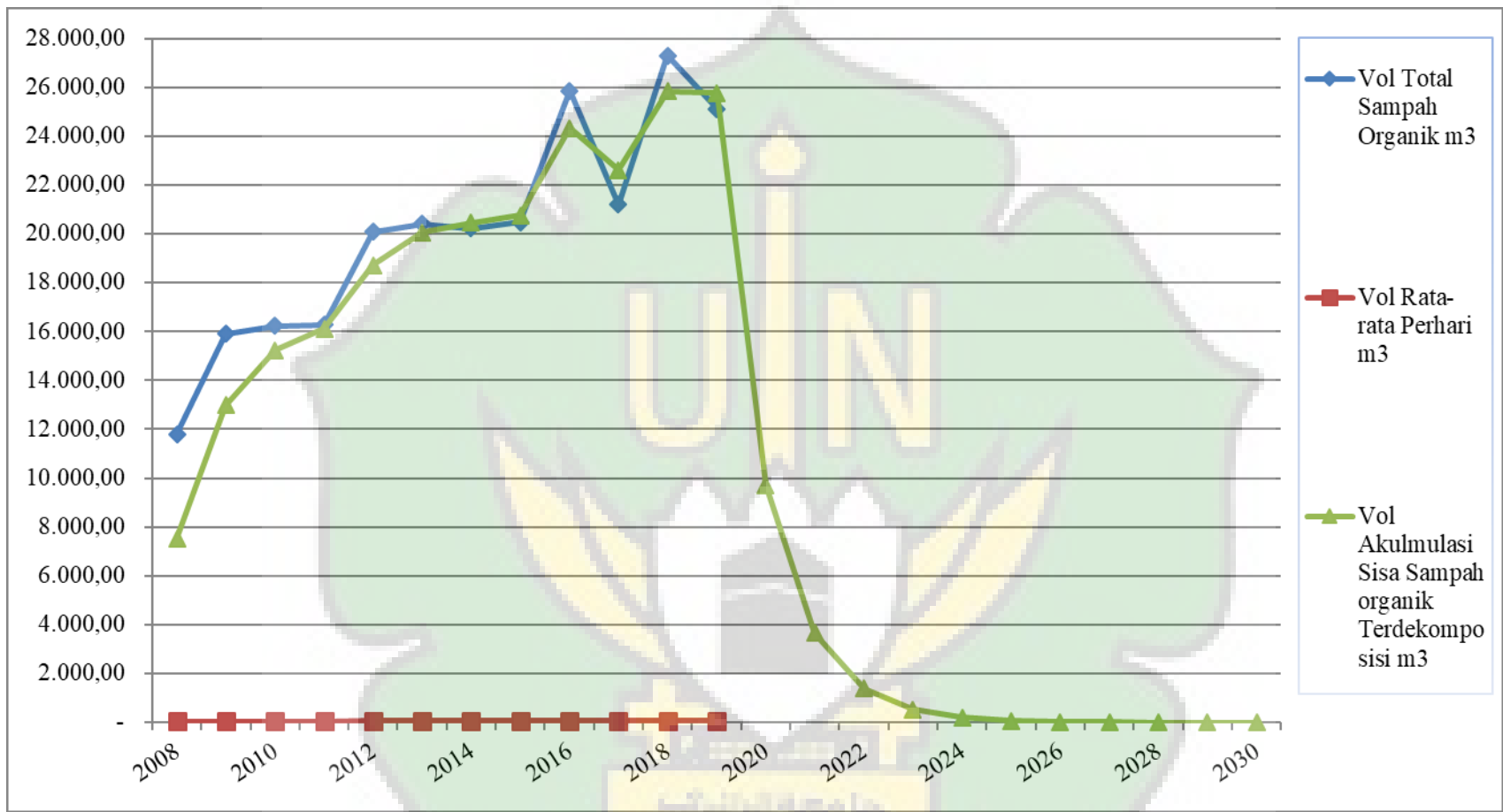
No	Tahun	Volume Total Sampah Organik (m ³ /thn)	Volume Rata-Rata sampah Organik yang Terurug Perhari (m ³ /hari)	Volume Akumulatif Sampah yang Tidak Terdegradasi (m ³ /tahun)
1	2008	11.804,51	32,34	7.527,42
2	2009	15.895,80	43,55	12.973,50
3	2010	16.225,69	44,45	15.236,22
4	2011	16.276,33	44,59	16.117,84
5	2012	20.090,85	55,04	18.712,77
6	2013	20.409,24	55,92	20.068,16
7	2014	20.211,68	55,37	20.450,95
8	2015	20.471,76	56,09	20.762,38
9	2016	25.862,88	70,86	24.318,01
10	2017	21.186,12	58,04	22.617,65
11	2018	27.296,65	74,79	25.841,60
12	2019	25.110,85	68,80	25.752,73
13	2020	-	-	9.705,45
14	2021	-	-	3.657,70
15	2022	-	-	1.378,48
16	2023	-	-	519,51

Lanjutan Tabel 4.8

17	2024	-	-	195,79
18	2025	-	-	73,79
19	2026	-	-	27,81
20	2027	-	-	10,48
21	2028	-	-	3,95
22	2029	-	-	1,49
23	2030	-	-	0,56

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan perhitungan tersebut bisa dilihat pada Gambar 4.6. degradasi volume sampah organik yang telah diurug pada lahan urug TPA Kota Banda Aceh dari tahun 2008-2019 tidak mengalami penurunan yang terlalu signifikan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah sampah yang diurug dan terakumulasikan. Setelah tahun 2019 degradasi volume sampah yang dapat dilihat pada grafik Gambar 4.6, terjadi sangat signifikan dikarenakan tidak ada lagi sampah yang diurug kedalam lahan urug. Berdasarkan perhitungan, waktu degradasi yang dibutuhkan untuk sampah organik terdegradasi adalah 11 tahun atau berakhir pada tahun 2030 dengan laju degradasi volume sebesar 0,267% perharinya.



Gambar 4. 6 Grafik Degradasi dan Waktu Degradasi Sampah Organik pada TPA Kota Banda Aceh

BAB V

PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan tugas akhir ini adalah

1. Laju dekomposisi karbon pada TPA terjadi dalam waktu yang lama disebabkan karena dekomposisi terjadi dalam keadaan anaerob. Laju reaksi karbon pada sampah organik terjadi secara fluktuatif pertahunnya dikarenakan jumlah sampah setiap tahunnya berbeda-beda. Rata-rata laju reaksi karbon yang terjadi pada TPA Kota Banda Aceh adalah 0,00969 mol/ton. Dari pendekatan dengan menggunakan persamaan regresi linier didapatkan $Y = 0,0581 x + -0,3683$.
2. Total sampah yang masuk kedalam TPA Kota Banda Aceh 1.154.596,41 m³ dan mengalami reduksi 11%. Komposisi sampah organik Kota Banda Aceh adalah 68,50% dari total komposisi sampah. Total sampah organik yang terurug didalam lahan urug sebesar 1.399.186 m³. Laju degradasi sampah organik perharinya terjadi sebesar 0,267%. Tahun 2008 total sampah organik yang terurug 11.804,51m³ atau rata-rata perhari sebesar 32,34 m³ dan pada akhir tahun 2008 setelah terjadi degradasi, sampah organik yang tersisa sebesar 7.527,42 m³. Tahun 2019 total sampah organik yang terurug 25.110,85 m³ dengan rata-rata perhari sebesar 68,80 m³. Setelah terjadi dekomposisi, sisa sampah organik yang tersisa sebesar 25.752,73 m³ dari akumulasi sampah organik dari tahun 2008 sampai 2019.
3. Lama waktu dekomposisi sampah organik yang telah terurug di lahan urug TPA Kota Banda Aceh adalah selama 11 Tahun dari total akumulasi sisa sampah organik yang terdekomposisi pada tahun 2008 sampai 2019 atau berakhir pada tahun 2030 dengan sisa 0,59 m³.

4.2. Saran

1. Untuk mengetahui laju dekomposisi sampah pada lahan urug sebaiknya dilakukan pada semua jenis atau komposisi sampah secara keseluruhan yang terurug didalam lahan urug.

2. Sebaiknya melakukan penelitian secara pendekatan laboratorium atau pendekatan eksperimen mengenai laju dekomposisi sampah organik serta menguji kandungan organik maupun anorganik yang terkandung didalam sampah yang terurug.
3. Sebaiknya melakukan pengujian suhu dan kelembapan langsung yang berada didalam lahan urug TPA Kota Banda Aceh sehingga diketahui tingkat kenaikan suhu berdasarkan kedalaman sampah yang sudah terurug selama 12 tahun.
4. Untuk pelaksanaan penutupan seharusnya fasilitas *transfertation* segera difungsikan dan armada pengangkut sampah Kota Banda Aceh menuju UPTD Balai Penanganan Sampah Regional (BPSR) diperbanyak. Sehingga tidak ada lagi sampah yang tertinggal dilahan urug TPA Kota Banda Aceh yang sudah mengalami kelebihan kapasitas.
5. Untuk penelitian mengenai persiapan penutupan TPA Kota Banda Aceh harus diperbanyak dari berbagai aspek lainya seperti ketahanan membran, drainase sekitar lahan urug, saluran dan kolam lindi, fasilitas penangkap gas, tanaman penyangga, kelabilan lereng lahan urug dan fasilitas penunjang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A. 2000. Aktivitas Proses Dekomposisi Berbagai Bahan Organik Dengan Aktivator Alami Dan Buatan. *Jurnal Agronomi UMY Yogyakarta*.
- Anggraini, N.A. 2017. Pemanfaatan Gas Metana Sampah Sebagai Energi Terbarukan (Studi Kasus Tpa Puwatu Kendari). *Thesis Universitas Hasanuddin Makassar*.
- Ali, M. 2011. Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan Dan Kesehatan. *Monograf*. ISBN 978-602-9372-44-1.
- Bahar, Yul Harry. 1986. *Teknologi Penangan dan Pemanfaatan Sampah*. Jakarta: PT. Wacana Utama Pramesti.
- Dewi, S.R.S. 2005. Evaluasi Penurunan Kadar Amoniak Dan Fospat Pada Instalasi Pengolahan Limbah Cair Tipe Horizontal Gravel Filter Di Rumah Sakit Panti Baktiningsih Klepu Jogjakarta. *Tugas Akhir Teknik Lingkungan UII Yogyakarta*.
- Ditria, V. 2018. Degradasi Sampah Organik Pasar dan TPA Menggunakan Reaktor Anaerob. *Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Trisakti*. ISSN (P): : 2460 – 8696.
- Direktorat PLP Dirjen Cipta Karya Departemen PU Tahun 2003.
- Fadhli, S. 2012. The Subsurface Resistivity Studies In Gampong Jawa Waste Disposal Banda Aceh. *Jurnal Natural*. Vol,12. No,1.
- M. Hasibuan A. A. 2019. Pengendalian Air Lindi Pada Proses Penutupan Tpa Gampong Jawa, Kota Banda Aceh Terhadap Kualitas Air Sumur. *SKRIPSI Fakultas Sains dan teknologi Jurusan Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry*.
- Lesmana, R. Y. 2017. Estimasi Laju Timbulan Sampah dan Kebutuhan Landfill Periode 2018-2027 (Studi Kasus Kec. Mentawa Baru Ketapang, Kab. Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah). *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol, 2. No,2.
- Lusthia, W. A. 2017. Analisis Laju Dekomposisi Serasah Tanaman Belimbing (*Averrho Acarambola L.*) Terhadap Keanekaragaman Fauna Tanah Sebagai Sumber Belajar Biologi. *Prosiding Seminar Nasional III Tahun 2017*.
- Manurung, R. 2004. Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Untuk Mengolah Limbah Sawit. *e-USU Repository*.
- Muhammad, A. R. 2012. Pengaruh Variasi Kadar Air Terhadap Laju Dekomposisi Sampah Organik Di Kota Depok. *THESIS Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia*.

- Mujaddidah, F. R, dkk. 2017. Fenomena Degradasi Sampah Organik Terhadap Stabilitas Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol, 23. No 1. Hal 69 – 77.
- Mukarromah, R. 2016. Analisis Sifat Fisis Dalam Studi Kualitas Air Di Mata Air Sumber Asem Dusun Kalijeruk, Desa Siwuran, Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo. *Skripsi FMIPA Fisika UNNES*.
- Nugraha, A. R. 2010. *Menyelamatkan Lingkungan Hidup dengan Pengelolaan Sampah*. Jakarta: PT. Cahaya Pustaka Raga.
- Nugroho, H. 2011. *Aplikasi Hidrologi*. Yogyakarta: Yogya Mediautama.
- Prajati. G. 2015. Pengaruh Faktor-Faktor Ekonomi Dan Kependudukan Terhadap Timbulan Sampah Di Ibu Kota Provinsi Jawa Dan Sumatera. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol, 21. No,1. Hal 39-47.
- Pribadi, V. D, dkk. 2018. Degradasi Sampah Organik Pasar dan TPA Menggunakan Reaktor Anaerob. *Jurnal Seminar Nasional Cendekiawan ke 4*. ISSN (P) : 2460-8696
- Santoso, G. D. 2018. Kajian Umur Pakai Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Tamangapa Kota Makassar. *Tugas Akhir Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin Makassar*.
- Sari, R.N dan Afdal. 2017. Karakteristik Air Lindi (Leachate) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 6, No, 1. ISSN 2302-8491.
- Sejati, K. 2009. *Pengolahan Sampah Terpadu*. Yogyakarta: Kanisius.
- SNI 03-3242-1994 tentang Tata Cara Pengelolaan Sampah Permukiman.
- SNI 19-3964-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah.
- SNI 19-2454-2002 tentang Tata Cara Pengelolaan Teknik Sampah Perkotaan.
- SNI S-04-1992-03 tentang Spesifikasi Timbulan Sampah Kota Sedang dan Kota Kecil.
- Supriyadi. 2004. Pengaruh Pengkayaan Kompos Sampah Kota Dengan Bakteri Penambat N-Bebas, Bakteri Pelarut Fosfat dan EM-4 Terhadap Laju Dekomposisi dan Kualitas Pupuk. *Jurnal Sains Tanah*. Vol.4 No.1 ISSN 1412-3606.
- Suryana. 2010. *Metode Penelitian Model Praktis Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*. Buku Ajar Perkuliahan. Jakarta: UI.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Derjat Kemiringan Lahan Urug

- Utara

Derjat kemiringan Lereng :

$$\text{Tan } \alpha = 30/56$$

$$\alpha = \tan^{-1}(30/56)$$

$$= 28,17^{\circ}$$

- Selatan

Derjat kemiringan Lereng :

$$\text{Tan } \alpha = 32/38$$

$$\alpha = \tan^{-1}(32/38)$$

$$= 40,10^{\circ}$$

- Barat

Derjat kemiringan Lereng :

$$\text{Tan } \alpha = 33/54$$

$$\alpha = \tan^{-1}(33/54)$$

$$= 31,42^{\circ}$$

- Timur

Derjat kemiringan Lereng :

$$\text{Tan } \alpha = 31/33$$

$$\alpha = \tan^{-1}(31/33)$$

$$= 43,21^{\circ}$$

Lampiran 2 Laju Reaksi Karbon

• Tahun 2008

$$\text{Massa karbon} = \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr}$$

$$= 3.954,36 \text{ gr}$$

$$\text{Mol karbon} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}}$$

$$= 329,53 \text{ mol}$$

Laju reaksi karbon:

$$r_i = \frac{329,53 \text{ mol}}{(21.079,49 \text{ ton})(1 \text{ tahun})}$$

$$= 0,01563 \text{ mol/ton pertahun}$$

• Tahun 2009

$$\text{Massa karbon} = \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr}$$

$$= 3.954,36 \text{ gr}$$

$$\text{Mol karbon} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}}$$

$$= 329,53 \text{ mol}$$

Laju reaksi karbon:

$$r_i = \frac{329,53 \text{ mol}}{(28.385,36 \text{ ton})(1 \text{ tahun})}$$

$$= 0,01161 \text{ mol/ton pertahun}$$

• Tahun 2010

$$\text{Massa karbon} = \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr}$$

$$= 3.954,36 \text{ gr}$$

$$\text{Mol karbon} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}}$$

$$= 329,53 \text{ mol}$$

Laju reaksi karbon:

$$r_i = \frac{329,53 \text{ mol}}{(28.974,46 \text{ ton})(1 \text{ tahun})}$$

$$= 0,01137 \text{ mol/ton pertahun}$$

• Tahun 2011

$$\text{Massa karbon} = \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr}$$

$$= 3.954,36 \text{ gr}$$

$$\text{Mol karbon} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}}$$

$$= 329,53 \text{ mol}$$

Laju reaksi karbon:

$$r_i = \frac{329,53 \text{ mol}}{(29,064,88 \text{ ton})(1 \text{ tahun})}$$

$$= 0,01134 \text{ mol/ton pertahun}$$

- Tahun 2012

$$\text{Massa karbon} = \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr}$$

$$= 3.954,36 \text{ gr}$$

$$\text{Mol karbon} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}}$$

$$= 329,53 \text{ mol}$$

Laju reaksi karbon:

$$r_i = \frac{329,53 \text{ mol}}{(35,876,52 \text{ ton})(1 \text{ tahun})}$$

$$= 0,00919 \text{ mol/ton pertahun}$$

- Tahun 2013

$$\text{Massa karbon} = \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr}$$

$$= 3.954,36 \text{ gr}$$

$$\text{Mol karbon} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}}$$

$$= 329,53 \text{ mol}$$

Laju reaksi karbon:

$$r_i = \frac{329,53 \text{ mol}}{(36.445,07 \text{ ton})(1 \text{ tahun})}$$

$$= 0,00904 \text{ mol/ton pertahun}$$

• Tahun 2014

$$\text{Massa karbon} = \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr}$$

$$= 3.954,36 \text{ gr}$$

$$\text{Mol karbon} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}}$$

$$= 329,53 \text{ mol}$$

Laju reaksi karbon:

$$r_i = \frac{329,53 \text{ mol}}{(36.092,29 \text{ ton})(1 \text{ tahun})}$$

$$= 0,00913 \text{ mol/ton pertahun}$$

• Tahun 2015

$$\text{Massa karbon} = \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr}$$

$$= 3.954,36 \text{ gr}$$

$$\text{Mol karbon} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}}$$

$$= 329,53 \text{ mol}$$

Laju reaksi karbon:

$$r_i = \frac{329,53 \text{ mol}}{(36.556,72 \text{ ton})(1 \text{ tahun})}$$

$$= 0,00901 \text{ mol/ton pertahun}$$

• Tahun 2016

$$\text{Massa karbon} = \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr}$$

$$= 3.954,36 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol karbon} &= \frac{\text{gr}}{\text{Mr}} \\ &= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}} \\ &= 329,53 \text{ mol} \end{aligned}$$

Laju reaksi karbon:

$$\begin{aligned} r_i &= \frac{329,53 \text{ mol}}{(46.183,71 \text{ ton})(1 \text{ tahun})} \\ &= 0,00714 \text{ mol/ton pertahun} \end{aligned}$$

• Tahun 2017

$$\begin{aligned} \text{Massa karbon} &= \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr} \\ &= 3.954,36 \text{ gr} \\ \text{Mol karbon} &= \frac{\text{gr}}{\text{Mr}} \\ &= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}} \\ &= 329,53 \text{ mol} \end{aligned}$$

Laju reaksi karbon:

$$\begin{aligned} r_i &= \frac{329,53 \text{ mol}}{(37.832,36 \text{ ton})(1 \text{ tahun})} \\ &= 0,00871 \text{ mol/ton pertahun} \end{aligned}$$

• Tahun 2018

$$\begin{aligned} \text{Massa karbon} &= \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr} \\ &= 3.954,36 \text{ gr} \\ \text{Mol karbon} &= \frac{\text{gr}}{\text{Mr}} \\ &= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}} \\ &= 329,53 \text{ mol} \end{aligned}$$

Laju reaksi karbon:

$$r_i = \frac{329,53 \text{ mol}}{(48.744,02 \text{ ton})(1 \text{ tahun})}$$

$$=0,00676 \text{ mol/ton pertahun}$$

- Tahun 2019

$$\begin{aligned} \text{Massa karbon} &= \frac{32,953}{100} \times 12.000 \text{ gr} \\ &= 3.954,36 \text{ gr} \end{aligned}$$

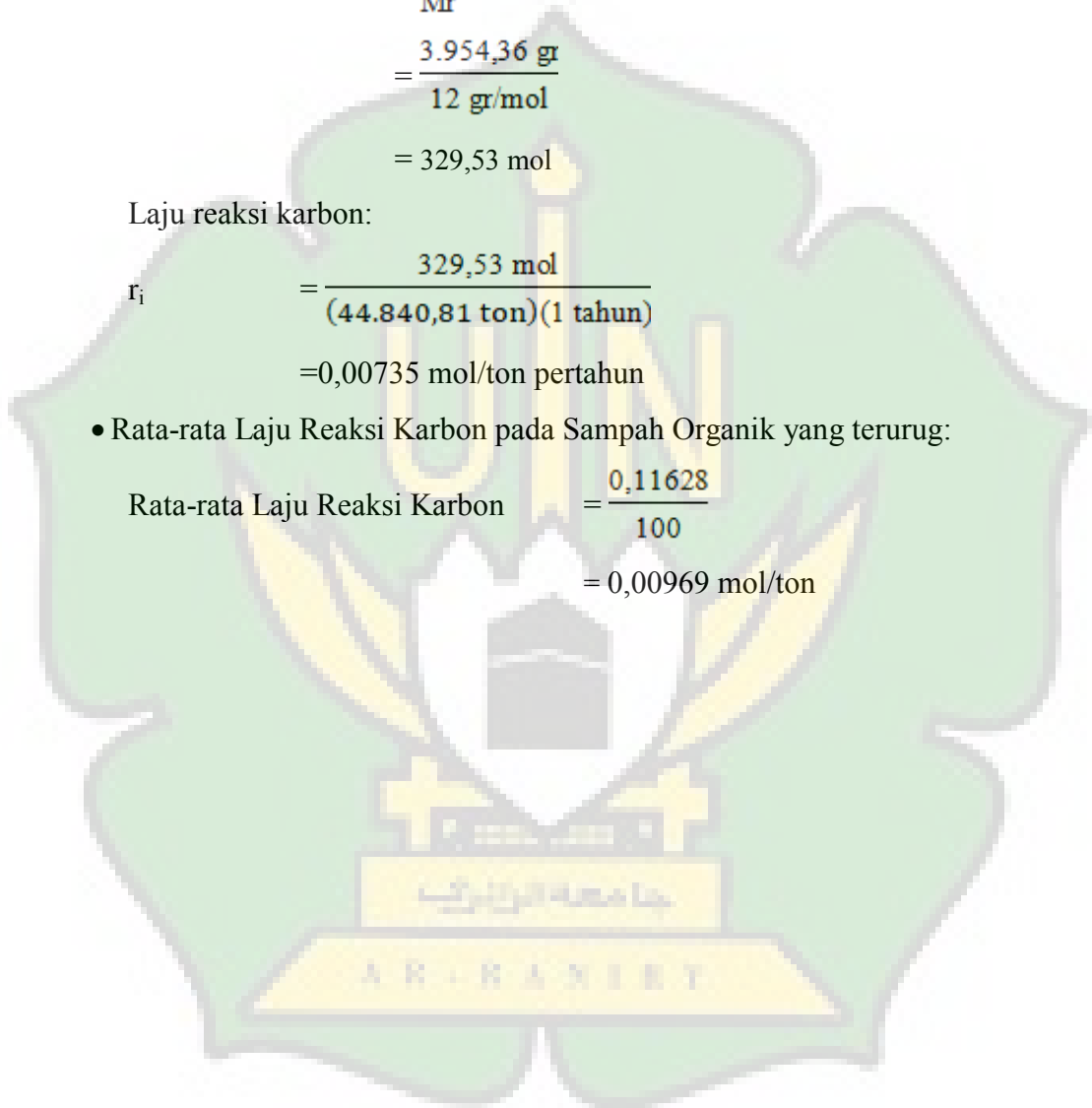
$$\begin{aligned} \text{Mol karbon} &= \frac{\text{gr}}{M_r} \\ &= \frac{3.954,36 \text{ gr}}{12 \text{ gr/mol}} \\ &= 329,53 \text{ mol} \end{aligned}$$

Laju reaksi karbon:

$$\begin{aligned} r_i &= \frac{329,53 \text{ mol}}{(44.840,81 \text{ ton})(1 \text{ tahun})} \\ &= 0,00735 \text{ mol/ton pertahun} \end{aligned}$$

- Rata-rata Laju Reaksi Karbon pada Sampah Organik yang terurug:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Laju Reaksi Karbon} &= \frac{0,11628}{100} \\ &= 0,00969 \text{ mol/ton} \end{aligned}$$



Lampiran 3 Dokumentasi Lahan Urug TPA

1. Ketinggian Timbunan Sampah di TPA



2. Tempat Penimbunan Sampah

