

**TESIS**

**ANALISIS KELAYAKAN TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA)  
SAMPAH DI PULAU BUNAKEN KOTA MANADO  
MENGUNAKAN PERMODELAN SPASIAL**

**FEASIBILITY ANALYSIS OF WASTE FINAL DISPOSAL  
LANDFILL IN BUNAKEN ISLAND, MANADO CITY  
USING SPATIAL MODEL**

**Disusun dan diajukan oleh**

**Steven R Silalahi**



**PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**ANALISIS KELAYAKAN TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA)  
SAMPAH DI PULAU BUNAKEN KOTA MANADO  
MENGUNAKAN PERMODELAN SPASIAL**

**Tesis**

Sebagai Salah Satu Syarat Mencapai Gelar Magister

**Program Studi  
Ilmu Kesehatan Masyarakat**

Disusun dan diajukan oleh  
**Steven R Silalahi**

**kepada**

**PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KELAYAKAN TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA)  
SAMPAH DI PULAU BUNAKEN KOTA MANADO  
MENGUNAKAN PERMODELAN SPASIAL

Disusun dan diajukan oleh

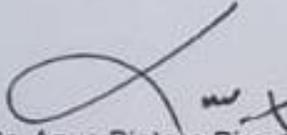
STEVEN R SILALAH  
K012211007

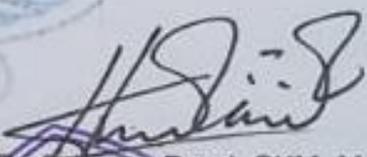
Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 10 Maret 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping

  
Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel., M.Kes  
NIP. 19820803 200812 1 003

  
Prof. Anwar Daud, SKM., M.Kes  
NIP. 19661002 199303 1 002

  
Dekan Fakultas  
Kesehatan Masyarakat

  
Ketua Program Studi S2  
Ilmu Kesehatan Masyarakat

  
Prof. Sukri Palutturi, SKM., M.Kes., M.Sc., Ph.D  
NIP. 19720529 200112 1 001

  
Prof. Dr. Masni, Apt., MSPH.  
NIP. 19590605 198601 2 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : STEVEN R SILALAH  
NIM : K012211007  
Program studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

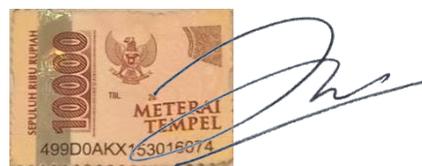
### **ANALISIS KELAYAKAN TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) SAMPAH DI PULAU BUNAKEN KOTA MANADO MENGGUNAKAN PERMODELAN SPASIAL**

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Maret 2023.

Yang menyatakan



**Steven R Silalahi**

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan izin dan kuasa-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “Analisis Kelayakan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah di Pulau Bunaken Kota Manado Menggunakan Permodelan Spasial”. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Magister Kesehatan Masyarakat (M.K.M pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin). Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini sangat sederhana dan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun agar tesis ini dapat bermanfaat.

Dan ucapan syukur yang tak terhingga teruntuk kedua orang tua, Papa Alm. Hadamean Baik Silalahi, Mama tercinta Paulina Tambengi, terutama istri tercinta Meylan Wungkana, SH beserta anak – anak Miguel jr Silalahi dan Theresia R Silalahi yang telah memberikan doa, motivasi, cinta dan kasih sayang, selama penulis menempuh pendidikan.

Bimbingan, doa serta dorongan semangat dari berbagai pihak yang penulis dapatkan merupakan salah satu berkah yang tidak ternilai harganya. Untuk itu melalui kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya atas bantuan, bimbingan, saran, dan motivasi kepada bapak Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel.,M.Kes, sebagai Ketua Komisi Penasehat dan Bapak Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes, sebagai pembimbing atas segala bimbingan dan arahan kepada penulis selama menjadi dosen pembimbing sehingga penulis bisa ketahap ini. Begitu pula kepada penguji Ibu Dr. Erniwati Ibrahim, SKM.,M.Kes, Ibu Dr. Suriah, SKM.,M.Kes dan bapak Dr. Healty Hidayanty, SKM.,M.Kes., yang telah memberikan saran dan masukan dalam perbaikan tesis ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya.

Dengan segala kerendahan hati penulis juga mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Prof. Dr Masni, Apt.,MSPH selaku ketua program studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
2. Seluruh Dosen beserta staf program studi magister Ilmu Kesehatan Masyarakat terkhusus untuk Dosen dibidang Kesehatan Lingkungan yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat berguna kepada penulis selama menempuh pendidikan Magister.
3. Bapak Abd. Rahman K, ST selaku admin prodi magister Ilmu Kesehatan Masyarakat atas segala bantuannya dalam proses pengurusan berkas.
4. Rekan-rekan Mahasiswa Program Pascasarjana Ilmu Kesehatan Masyarakat jurusan Kesehatan Lingkungan angkatan 2021 atas dukungannya.

Makassar,      Maret 2023



**Steven R Silalahi**

## ABSTRAK

**Steven R Silalahi**, *Analisis Kelayakan Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Sampah Di Pulau Bunaken Kota Manado Menggunakan Permodelan Spasial* (di bimbing oleh **Agus Bintara Birawida** dan **Anwar Daud**)

Penumpukan sampah di pulau-pulau negara berkembang telah menjadi masalah umum karena kurangnya sistem pengolahan limbah standart. Wilayah pesisir rentan terhadap perubahan alam dan fisik yang menyebabkan degradasi lingkungan, salah satunya adalah adanya pencemaran limbah di wilayah pesisir. Tujuan penelitian ini untuk melakukan analisis kelayakan dalam penentuan Lokasi TPA Sampah di pulau Bunaken Kota Manado.

Pengumpulan data dimulai dari Agustus hingga Oktober 2022 dari berbagai sumber primer dan sekunder dengan menggunakan teknik berikut: peta dan data kependudukan dari instansi terkait, artikel, undang-undang dan jurnal. Analisis regional dengan metode Boolean dan mengintegrasikan Geographic Information System (GIS) untuk mendapatkan area yang sesuai. Analisis penyisih dengan metode WLC. Observasi lapangan dan penyebaran kuesioner kepada responden anonim sebanyak 178 sampel dengan metode purposive sampling untuk melihat potensi gangguan kesehatan menggunakan uji univariat.

Hasil analisis kelayakan regional ada 9 lokasi zona layak dan digeneralisasi menjadi 2 rekomendasi zona layak TPA dengan luas lokasi 1 (3,40 Ha) dan 2 (0,45 Ha), hasil analisa kelayakan penyisih diberi skor 168 dengan predikat rendah, jumlah pertumbuhan penduduk Kelurahan Bunaken (0,011734973 %), Alung Bana (-0,010994934 %) sepanjang tahun 2022 – 2031, sampah yang dihasilkan selama 10 tahun sebesar 4.277.893 kg sehingga luas TPA yang dibutuhkan zona inti 192,505 m<sup>2</sup> atau 0,0193 Ha dengan luas zona penyangga 48,126 m<sup>2</sup> atau 0,0048 Ha, untuk kepemilikan tempat sampah semi permanen (50,56%) dan lubang di halaman (49,44%), kejadian penyakit diare (8,43%) dan tanggapan positif tentang keberadaan TPA (52,25%). Kesimpulan untuk mengatasi permasalahan sampah dengan adanya 2 rekomendasi zona layak dengan luas bervariasi, menerapkan pemanfaatan sampah lokal dan sampah laut baik itu organik dan anorganik dari sumber sampah dengan cara 3R sebelum dibawa ke TPA.

**Kata Kunci** : *Spasial, TPA, Sampah dan Gangguan Kesehatan*



## ABSTRACT

**Steven R Silalahi**, *Feasibility Analysis Of Waste Final Disposal (Tpa) In Bunaken Island, Manado City Using Spatial Model (Supervised by Agus Bintara Birawida and Anwar Daud)*

*Islands in developing countries usually lack access to adequate waste management services, leading to the accumulation of trash in public areas. Coastal environments are susceptible to natural and physical changes that cause environmental degradation, including the presence of waste pollution. The aims of this research was to conduct a feasibility analysis to determine the site of a landfill on Bunaken Island in Manado City.*

*Data will be obtained between August and October 2022 from a range of primary and secondary sources, including maps and population statistics from relevant organizations, books, articles, and laws to choose an appropriate deletion range, regional study integrates geographic information systems (GIS) with Boolean logic. The WLC approach is used for sideline analysis. Field observation and questionnaire dissemination to anonymous respondents with a sample technique of 178 employing purposive sampling to detect probable health problems using univariate tests.*

*The elimination feasibility analysis produces a score of 168 with low predicates, the total population growth of Bunaken Village (0.011734973%), Alung Banua (-0.010994934%) throughout 2022-2031, and the waste generated for 10 years totaled 4,277,893 kg. The regional feasibility analysis produces 9 feasible zone locations, which are generalized into 2 recommendations for landfill feasible zones with a location area of 1 (3.40 ha) and 2 (0.45 ha), for ownership of semi-permanent waste bins (50.56%), holes in the yard (49.44%), incidence of diarrheal diseases (8.43%), and favorable reactions to the presence of a landfill (52.25%). By adopting the utilization of local trash and marine garbage, both organic and inorganic, by recycling from the source of waste and increasing reuse before sending it to landfills, we may move in the correct way to solve this waste problem.*

**Keywords: Spatial, Garbage Dump, Landfill, and Health Problems**



## DAFTAR ISI

|  | Halaman     |
|--|-------------|
| <b>SAMPUL DEPAN</b> .....  | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PENGAJUAN JUDUL</b> .....                                   | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....   | <b>iii</b>  |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....                                       | <b>iv</b>   |
| <b>PRAKATA</b> .....   | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRAK</b> .....   | <b>vii</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....   | <b>xiv</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....   | <b>xvi</b>  |
| <b>DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN</b> .....                              | <b>xvii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>   |             |
| A. Latar Belakang.....   | 1           |
| B. Perumusan Masalah .....   | 8           |
| C. Tujuan Penelitian .....   | 9           |
| D. Manfaat Penelitian .....  | 10          |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>   |             |
| A. Tinjauan Umum tentang Sampah.....                                   | 11          |
| B. Tinjauan Umum tentang Pengolahan Sampah .....                       | 16          |
| C. Tinjauan Umum tentang Dampak Pencemaran Di lokasi TPA.25            |             |
| D. Tinjauan Umum tentang Gangguan Kesehatan Akibat Sampah.<br>.....    | 28          |
| E. Tinjauan Umum tentang Proyeksi Penduduk dan Densitas<br>Sampah..... | 32          |
| F. Tinjauan Umum tentang Tempat Pembuangan Akhir (TPA)....             | 35          |
| G. Tinjauan Umum tentang Analisis Kelayakan Lokasi TPA<br>Sampah.....  | 44          |
| H. Tinjauaan Umum tentang Analisis Spasial .....                       | 48          |
| I. Tinjauan Umum tentang Wilayah Pesisir dan Kepulauan .....           | 52          |
| J. Kerangka Teor .....   | 54          |

|                                    |  |     |
|------------------------------------|--|-----|
| K.                                 | Kerangka Konsep .....                            | 56  |
| L.                                 | Definisi Operasional dan Kriteria Objektif ..... | 58  |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>   |  |     |
| A.                                 | Jenis Penelitian .....                           | 70  |
| B.                                 | Lokasi dan Waktu Penelitian .....                | 70  |
| C.                                 | Populasi dan Sampel .....                        | 72  |
| D.                                 | Pengumpulan Data .....                           | 75  |
| E.                                 | Alur Penelitian .....                            | 77  |
| F.                                 | Pengolahan Data .....                            | 79  |
| G.                                 | Teknik Analisis Data .....                       | 82  |
| H.                                 | Penyajian Data .....                             | 85  |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> |  |     |
| A.                                 | HASIL .....                                      | 86  |
| B.                                 | PEMBAHASAN .....                                 | 142 |
| <b>BAB V PENUTUP</b>               |  |     |
| A.                                 | KESIMPULAN .....                                 | 168 |
| B.                                 | SARAN .....                                      | 170 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>              |  |     |
| <b>LAMPIRAN</b>                    |  |     |

## DAFTAR TABEL

| Nomor     | Halaman   |
|-----------|---|
| Tabel 1.  | Definisi Operasional dan Kriteria Objektif .....58  |
| Tabel 2.  | Sintesa Artikel Terkait .....65   |
| Tabel 3.  | Distribusi Sampel Penelitian Kelurahan Bunaken.....74   |
| Tabel 4.  | Distribusi Sampel Penelitian Kelurahan Alung Banua .....75  |
| Tabel 5.  | Kebutuhan Data Sekunder .....76   |
| Tabel 6.  | Data Kependudukan Kelurahan Bunaken dan Alung Banua Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Tahun 2022 ...86      |
| Tabel 7.  | Jumlah Jiwa dan Kepala Keluarga per Lingkungan Kelurahan Bunaken Tahun 2022 .....87                               |
| Tabel 8.  | Jumlah Jiwa dan Kepala Keluarga per Lingkungan Kelurahan Alung Banua Tahun 2022 .....87                           |
| Tabel 9.  | Data Geologi Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan .....90  |
| Tabel 10. | Data Kelerengan Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan.....92  |
| Tabel 11. | Data Analisis Bufer Kawasan Pemukiman Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Manado .....93                    |
| Tabel 12. | Data Kawasan Lindung dan Budidaya Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan.....95                                |
| Tabel 13. | Data Bencana Rawan Banjir Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan.....96  |
| Tabel 14. | Data Sempadan Pantai Pulau BunakenKecamatan Bunaken Kepulauan.....97  |
| Tabel 15. | Data Kawasan Pertanian Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan.....98   |
| Tabel 16. | Data Jaringan Jalan Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan.....99  |
| Tabel 17. | Nilai Zona Layak TPA kondisi Geologi Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan.....100                                  |
| Tabel 18. | Nilai Zona Layak TPA kondisi Hidrogeologi/Buffer sungai Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan .....100              |
| Tabel 19. | Nilai Zona Layak TPA kemiringan lereng Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan.....101                                |
| Tabel 20. | Nilai Zona Layak TPA Jauh Dari Fasilitas Publik/Pemukiman Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan .....101            |
| Tabel 21. | Nilai Zona Layak TPA Bukan Kawasan Lindung Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan .....102                           |
| Tabel 22. | Nilai Zona Layak TPA Bukan Daerah Banjir Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan.....103                              |
| Tabel 23. | Nilai Zona Layak TPA Tidak Berada Dekat Dengan Garis Sempadan Pantai Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan .....103 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Tabel 24. | Nilai Zona Layak TPA Bukan Di Kawasan Budidaya Pertanian Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan .....   | 104 |
| Tabel 25. | Nilai Zona Layak TPA Berada Pada Jalur Jauh Dari Laulintas/Jaringan Jalan Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan.....   | 104 |
| Tabel 26. | Nilai Zona Layak TPA Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan .....   | 105 |
| Tabel 27. | Generalisasi Zona Layak TPA Di Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado.....  | 106 |
| Tabel 28. | Data Hidrogeologi Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan.....   | 110 |
| Tabel 29. | Hasil Penilaian Kelayakan Penyisih .....   | 115 |
| Tabel 30  | Jumlah Penduduk Kelurahan Bunaken dan Alung Banua Tahun 2012 - 2021 .....  | 116 |
| Tabel 31  | Prediksi Jumlah Penduduk Tahun 2022 – 2031 Kelurahan Bunaken dan Alung Banua.....  | 119 |
| Tabel 32. | Proyeksi Penduduk dan Jumlah Sampah yang Dihasilkan 2022 – 2031 di Kelurahan Bunaken .....   | 121 |
| Tabel 33. | Proyeksi Penduduk dan Jumlah Sampah yang Dihasilkan 2022 – 2031 di Kelurahan Alung Banua .....   | 122 |
| Tabel 34. | Distribusi Karakteristik Responden di Kelurahan Bunaken dan Kelurahan Alung Banua Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado.....   | 128 |
| Tabel 35. | Distribusi Responden Menurut Kepemilikan dan Jenis Tempat Sampah serta Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Kelurahan Bunaken dan Kelurahan Alung Banua di Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Tahun 2022..... | 130 |
| Tabel 36. | Distribusi Kondisi Sampah di lingkungan rumah Kelurahan Bunaken Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Tahun 2022. ....   | 132 |
| Tabel 37. | Rekapitulasi Penyakit yang Berhubungan dengan Sampah 6 Bulan Terakhir di Puskesmas Kepulauan Bunaken Tahun 2022 .....  | 133 |
| Tabel 38. | Distribusi Responden Menurut Jumlah Kasus Penyakit Akibat Sampah 6 Bulan Terakhir di Kelurahan Bunaken Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Tahun 2022 .  | 134 |
| Tabel 39. | Distribusi Penderita Penyakit Akibat Sampah 6 bulan Terakhir Berdasarkan Kategori Umur di Kelurahan Bunaken Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Tahun 2022.....  | 135 |
| Tabel 40. | Distribusi Responden Menurut Jumlah Kasus Penyakit Akibat Sampah 6 Bulan Terakhir di Kelurahan Alung BanuaPulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Tahun 2022.....  | 136 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Tabel 41. | Distribusi Penderita Penyakit Akibat Sampah 6 bulan Terakhir Berdasarkan Kategori Umur di Kelurahan Alung Banua Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Tahun 2022..... | 137 |
| Tabel 42. | Distribusi Kasus Penyakit Akibat Sampah di Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Tahun 2022 .   | 138 |
| Tabel 43. | Keberadaan TPA Sampah Menurut Responden di Kelurahan Bunaken Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Tahun 2022 .....   | 139 |
| Tabel 44. | Pendapat positif masyarakat Kelurahan Bunaken tentang keberadaan TPA di Pulau Bunaken .....   | 140 |
| Tabel 45. | Keberadaan TPA Sampah Menurut Responden di Kelurahan Alung Banua Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Tahun 2022.....  | 140 |
| Tabel 46. | Pendapat positif masyarakat Kelurahan Alung Banua tentang keberadaan TPA di Pulau Bunaken. ....   | 141 |

## DAFTAR GAMBAR

| <b>Nomor</b> |  | <b>Halaman</b> |
|--------------|--|----------------|
| Gambar 1.    | Pengelolaan Sampah Dinas Lingkungan Hidup Kulon Progo (Sumber : DLH Kulon Progo, 2016) .....   | 18             |
| Gambar 2.    | Skema teknis operasional pengelolaan persampahan (Sumber : Pandebesias, 2005) .....  | 21             |
| Gambar 3.    | Penetapan Kawasan Sekitar TPA Sampah pada TPA sampah dengan sistem Pengelolaan LUT (Sumber : Permen PU, 2012) .....                          | 38             |
| Gambar 4.    | Penetapan Kawasan Sekitar TPA Sampah pada TPA sampah dengan sistem Pengelolaan LUS (Sumber : Permen PU, 2012) .....                          | 39             |
| Gambar 5.    | Pertimbangan Penentuan Jarak Subzona di Kawasan Sekitar TPA Sampah (Sumber : Permen PU, 2012).....   | 43             |
| Gambar 6.    | Lokasi penelitian pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado .....  | 71             |
| Gambar 7.    | Flow Chart/Diagram alir analisis data di aplikasi QGIS Sumber : UPTD Pengolahan Data dan Informasi Geospasial Bapelitbangda Kota Manado..... | 78             |
| Gambar 8.    | Peta Administrasi Wilayah Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado .....  | 89             |
| Gambar 9.    | Peta Geologi Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado .....   | 90             |
| Gambar 10.   | Peta Buffer Sungai Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado .....   | 91             |
| Gambar 11.   | Peta Kemiringan Lereng Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Mnanado.....  | 92             |
| Gambar 12.   | Peta Analisis Buffer Kawasan Pemukiman Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado.....  | 94             |
| Gambar 13.   | Peta Kawasan Lindung Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado .....   | 95             |
| Gambar 14.   | Peta Kerawanan Banjir Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado .....  | 96             |
| Gambar 15.   | Peta Sempadan Pantai Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado .....   | 97             |
| Gambar 16.   | Peta Kawasan Pertanian Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado .....   | 98             |
| Gambar 17.   | Peta Analisis Buffer Jalan Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado .....   | 99             |
| Gambar 18.   | Peta Zona Layak TPA Pulau Bunaken Kecamatan Kepulauan Kota Manado .....  | 105            |
| Gambar 19.   | Peta Generalisasi Zona Layak TPA Di Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado.....   | 107            |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Gambar 20. | Peta Rekomendasi Zona Layak TPA di Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado.....                   | 108 |
| Gambar 21. | Peta Hidrologi Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado .....                                      | 110 |
| Gambar 22. | Peta Curah Hujan Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado .....                                    | 111 |
| Gambar 23. | Peta pembagian zona sekitar rencana TPA di Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Lokasi 1 ..... | 126 |
| Gambar 24. | Peta pembagian zona sekitar rencana TPA di Pulau Bunaken Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado Lokasi 2 ..... | 127 |
| Gambar 25. | Peta sebaran penyakit diare di kelurahan Bunaken .....  | 136 |
| Gambar 26. | Pete sebaran penyakit diare di Kelurahan Alung Banua Kecamatan Bunaken Kepulauan Kota Manado.....               | 138 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                             | <b>Lampiran</b> |
|-----------------------------|-----------------|
| Lembar Penjelasan Untuk     |                 |
| Responden.....              | 1               |
| Kuesioner.....              | 2               |
| Izin Penelitian.....        | 3               |
| Etik Penelitian.....        | 4               |
| Rekomendasi Penelitian..... | 5               |
| Analisis Penelitian.....    | 6               |
| Dokumentasi.....            | 7               |
| Curriculum Vitae.....       | 8               |

## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

| Istilah/Singkatan    | Kepanjangan/Pengertian                    |
|----------------------|---|
| AHP                  | <i>Analytical Hierarchy Process</i>       |
| F-AHP                | <i>Fuzzy Analytical Hierarchy Process</i> |
| GIS                  | <i>Geografis Information System</i>       |
| Ha                   | Hektar                                    |
| kg                   | Kilogram                                  |
| LTPA                 | Luas Tempat Pembuangan Akhir              |
| L Penyangga          | Luas zona penyangga                       |
| M                    | Meter                                     |
| M <sup>3</sup>       | Meter kubik                               |
| M <sup>2</sup>       | Meter persegi                             |
| <i>P<sub>t</sub></i> | Jumlah penduduk tahun t                   |
| <i>P<sub>o</sub></i> | Jumlah penduduk tahun dasar               |
| <i>r</i>             | Laju pertambahan penduduk                 |
| SHP                  | <i>Shape File</i>                         |
| SNI                  | <i>Standart Nasional Indonesia</i>        |
| SC                   | <i>Soil Cover</i>                         |
| TPA                  | Tempat Pembuangan Akhir                   |
| TPS                  | Tempat Pembuangan Sementara               |
| T                    | Tinggi penimbunan                         |
| t                    | Jangka waktu (selisih)                    |
| V                    | Volume sampah                             |
| WLC                  | <i>Weighted Liar Combination</i>          |
| WHO                  | <i>World Health Organization</i>          |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Sejalan dengan meningkatnya laju pembangunan disemua sektor pada kondisi saat ini dan tahun - tahun yang akan datang di daerah perkotaan, telah memicu terjadinya peningkatan laju urbanisasi. Konsekuensi logis dari semua ini adalah tumbuhnya aktivitas perkotaan di berbagai sektor, termasuk pembangunan perumahan, industri, pariwisata, perdagangan, dan industri lainnya. Salah satu akibat dari kegiatan ini adalah limbah padat atau sampah (Sudarwin, 2008). Sampah didefinisikan sebagai benda yang tidak digunakan, tidak diinginkan dan dibuang, atau sesuatu yang tidak digunakan, tidak disukai, atau dibuang, yang terjadi sebagai akibat ulah manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya (Birawida, 2017)

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pariwisata, beberapa isu lingkungan dan pariwisata telah menjadi ancaman bagi pembangunan berkelanjutan wilayah pulau kecil. Salah satunya adalah limbah padat yang tidak hanya menjadi isu utama pengelolaan, tetapi juga isu lingkungan dan lingkungan yang utama (Abdulhasan et al., 2019). Sampah laut, didefinisikan oleh Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNEP) sebagai padatan dan bahan apa pun yang persisten, diproduksi atau diproses, yang dibuang atau ditinggalkan di lautan dan wilayah pesisir. (UNEP, 2009)

Menurut *ScienceMag*, jumlah sampah plastik yang diproduksi di dunia dari tahun 1950 hingga 2015 terus meningkat. Produksi sampah dunia pada tahun 1950 adalah 2 juta ton per tahun, dan sejak 2015, produksi sampah telah meningkat menjadi 381 ton per tahun. Jumlahnya meningkat 190 kali lipat. Sebuah studi yang diterbitkan dalam jurnal *Science* menemukan bahwa antara 24 hingga 34 juta ton polusi plastik masuk ke lingkungan laut setiap tahun. Ini mewakili sekitar 11% dari total sampah plastik dunia. (Widyaningrum, 2020).

Banyaknya sampah juga disebabkan oleh pertumbuhan penduduk menurut data KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan) Pada tahun 2019, pertumbuhan sampah Indonesia mencapai 175.000 ton per hari atau 64 juta ton per tahun. Dengan asumsi jumlah sampah yang dihasilkan per orang per hari adalah 0,7 kg/orang/hari setiap tahun (Baqiroh, 2022). Data Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Manado tahun 2021, data timbulan sampah tahunan kota Manado dengan jumlah penduduk 485.557 jiwa dan timbulan sampah 339.889 ton per tahun .

Penelitian yang dilakukan oleh Aliyah & Surianto (2018) di Kabupaten Konawe Kepulauan jumlah sampah semakin meningkat jumlah penduduk Pada tahun 2017, jumlah produksi sampah meningkat 140,39 m<sup>3</sup>/hari. Uji keeratan hubungan diperoleh nilai phi = 0,720 yang artinya ada hubungan kuat antara pengetahuan dengan pengelolaan sampah di Desa Langgara Bajo Kecamatan Wawonii Barat Kabupaten Konawe Kepulauan (Aliyah & Surianto, 2018).

Temuan Studi Darwati (2019) Pengelolaan sampah di wilayah pesisir ini masih merupakan wilayah abu-abu. Hasil pengambilan sampel sampah di Untung Jawa adalah 5,06 m<sup>3</sup>/hari pada hari kerja dan 5,79 m<sup>3</sup>/hari pada akhir pekan. Sementara itu, timbulan sampah laut rata-rata adalah 7,67 m<sup>3</sup>/hari. Di antara sampah yang ada di bumi, sampah organik mendominasi (47-66%). sedangkan sampah bawaan biasanya didominasi oleh anorganik 64,74% (Darwati, 2019). Hasil penelitian Manik menunjukkan jenis sampah di Pulau Bunaken, sampah yang dihasilkan di Desa Alung Banua terdiri dari 21% sampah organik, 63% anorganik dan 10% sampah lainnya. Sampah yang dihasilkan di Kecamatan Bunaken adalah 45% organik, 50% anorganik dan 5% sampah lainnya (Manik et al., 2016).

Sampah, terutama yang lembap, Bisa menjadi tempat bersarang dan berkembang biaknya patogen. Lalat dan kecoa merupakan pembawa penyakit pada saluran pencernaan (lambung), seperti disentri basiler, disentri amoeba, kolera, diare yang disebabkan oleh bakteri, dan sebagainya. Nyamuk adalah pembawa demam berdarah, kaki gajah, malaria, dan tikus adalah pembawa penyakit pes. Selain itu, sampah juga menjadi penyebab kecacingan, karena tumpukan sampah terkadang mengandung telur cacing. (Birawida, 2017).

Penyakit diare salah satunya diakibatkan oleh pajanan pada sampah pada padat misalnya melalui pengambilan sampah atau akumulasi sampah di lingkungan, pada tahun 2008, 15% dari kematian anak dibawah 5 tahun disebabkan oleh penyakit diare (Birawida et al., 2018). Sejalan dengan

penelitian Hasneli et al (2015). Pengelolaan sampah: 50,7 % sampah dikumpul ke tempat pembuangan sampah, 34,6 % dibakar, 15,5% dibuang ke lubang dan tidak ditutup dengan tanah, 2,1 % di buang ke lahan kosong. Anggota keluarga terkena Diare 1 bulan terakhir 19,3 %. Diare masih sering terjadi, hal ini berkaitan dengan kepemilikan sanitasi dasar (Hasneli et al., 2015).

Penelitian yang di lakukan oleh Hehy (2013) Prevalensi kecacingan pada anak SD di Kelurahan Bunaken kota Manado sebesar 1,33%. Status gizi pada anak SD di Kelurahan Bunaken berdasarkan indeks IMT/U didapatkan 10,7% anak yang kurus dan selebihnya 89,3% berstatus gizi normal (Hehy et al., 2013). Data dari puskesmas Bunaken Kepulauan tahun 2021 untuk penyakit diare berjumlah 59 kasus dengan dengan jumlah kasus 27 orang dewasa dan 32 kasus pada balita, dan kasus penyakit demam berdarah 1 kasus.

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah, berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, adalah tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan. TPA di Indonesia banyak yang masih menjadi tempat untuk sekedar membuang sampah secara terbuka (*open dumping*) (Manurung & Santoso, 2020).

TPA yang memenuhi syarat kesehatan mengacu pada Permen PU 2012, harus mempunyai Subzona penyangga dengan tujuan mencegah dampak lindih terhadap kesehatan masyarakat, mencegah binatang vektor

yang merambah Kawasan pemukiman, menyaring debu yang berterbangan. Kegiatan pengelolaan sampah meliputi penanganan sampah dari sumber, penyimpanan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan akhir (Susangka et al., 2009).

Hasil penelitian Subechanet, proyeksi jumlah penduduk Kota Pekanbaru pada tahun 2024 sebanyak 2.022.948 jiwa menghasilkan 6,68 ha sampah per tahun untuk pembuangan sampah. Berdasarkan SNI 03 3241 1994 diperoleh skor situs 627, setelah itu dianggap memungkinkan (Subechan et al., 2017)

Penelitian yang dilakukan Pattiasina pengolahan data spasial dalam penentuan lokasi TPA dianalisis menggunakan GIS di mana data-data spasial diolah dengan metode *Buffering*, dan *Overlay* (dengan pendekatan kuantitatif Binary) (Pattiasina et al., 2018). Penelitian Mizwar (2012) Analisis SIG digunakan untuk mengevaluasi masing-masing kriteria evaluasi secara spasial dalam penentuan TPA (Mizwar, 2012). Dalam penelitian Wijayakusuma (2020) penentuan lokasi TPA dengan metode Analisa AHP (*Analytical Hierarchy Proses*) dan metode *Weighted Overlay* pada GIS .(Wijayakusuma & Satiawan, 2020)

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Sumompo merupakan tempat pemrosesan akhir sampah utama yang disediakan bagi penduduk kota Manado. Letak TPA sampah Sumompo ini di Kecamatan Tuminting, Manado Sulawesi Utara. Menurut Robby Bawole (2017) selaku pegawai Badan lingkungan Hidup (BLH), menjelaskan awal dibangunnya TPA

Sumompo ini sejak tahun 1971 dalam kondisi lokasi yang berjurang dan terbuka, adapun penggunaan alat sewaktu itu secara manualisasi. Operasi sistem pengelolaan sampah yang telah terealisasi yaitu sistem *open dumping* dengan luas lahan yang tersedia berjumlah 6 hektar, Sejak tahun 2008 penambahan luas lahan TPA Sumompo berjumlah 4 hektar dengan sistem pengelolaan sampah TPA telah beralih ke sistem *sanitary landfill* (Maria Insiana Su et al., 2017).

Secara administratif wilayah Kepulauan Bunaken merupakan wilayah pemerintahan Kota Manado yang ditetapkan dengan Peraturan Daerah Kota Manado Nomor 2 Tahun 2012. Wilayah Kepulauan Bunaken terletak antara 1°35' - 1°40' Lintang Utara dan 124° - 124° 46' Bujur Timur (Badan Pusat Statistik Kota Manado, 2021).

Pulau Bunaken dalam pengelolaan sampah dari hasil wawancara dengan Sekretaris Kecamatan Nouferro Takaendengan pada tanggal 25 Juni 2022 tidak memiliki TPA, untuk pengolahan timbulan sampah pulau Bunaken, sampah telah dipilah-pilah terlebih dahulu kemudian dikumpul, angkut dan dibawa ke TPS kemudian sampah yang mudah terurai atau sampah *organik* diolah dengan menggunakan *Incenerator* dengan pembakaran 75 kg/hari dan sampah tidak mudah terurai atau *anorganik* dikumpul dan dibawa ke TPA Sumompo melalui transport laut menggunakan perahu sampah milik pemerintah Kecamatan Kepulauan Bunaken. Hal ini sejalan dengan penelitian Sri Darwati di pulau Untung Kepulauan Jawa (Darwati, 2019).

Menggunakan SNI 19-3964-1994 Perhitungan Jumlah Timbulan Sampah, nilai berikut dapat digunakan untuk satuan timbulan sampah perkotaan menengah/kecil = 1,5 – 2 Liter/orang/hari, atau 0,3 – 0,4 kg/orang/hari (Badan Standarisasi Nasional, 1994). Sampah yang dihasilkan khususnya di pulau Bunaken dengan jumlah penduduk 3.843 jiwa yang terbagi dua kelurahan yaitu kelurahan Bunaken dan Alung Banua sebanyak 6 m<sup>3</sup> atau 6000 liter/hari dapat dihitung produksi sampah = 1,56 liter/orang/hari atau 0,3 kg/orang/hari.

Pada tahun 2021 sampah *anorganik* setiap hari dikirim ke TPA Sumompo tetapi pada tahun 2022 karena terbatasnya alokasi anggaran yang disediakan oleh Pemerintah Kota Manado di Kecamatan Bunaken Kepulauan maka pengiriman sampah *anorganik* ke TPA Sumompo dilakukan sebanyak 3 kali dalam seminggu untuk mengoptimalkan anggaran yang tersedia dengan jumlah 4 m<sup>3</sup> atau 4000 kg sekali angkut. Perlunya ketersediaan TPA di pulau Bunaken Kota Manado untuk mengatasi permasalahan tersebut baik dari segi kesehatan dan segi ekonomi, juga salah satu pencegahan jika terjadi kecelakaan laut dalam pengiriman sampah ke TPA Sumompo.

Studi permodelan spasial mengidentifikasi TPA sampah ini diharapkan dapat menemukan lokasi yang layak untuk dijadikan bahan pertimbangan oleh pemerintah untuk membuat TPA sampah dan menjadi salah satu solusi untuk melakukan penanganan sampah di pulau dengan

pembuatan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah dengan kriteria-kriteria.

Permodelan adalah ilustrasi atau penggambaran, pederhanaan miniatur, kreasi, prediksi dan inovatif adalah suatu metode yang di gunakan dalam penentuan TPA sedangkan Analisis spasial merupakan suatu metode pemetaan dengan bantuan program SIG untuk menentukan titik lokasi dengan metode *binary* dan *overlay* terhadap variabel kriteria Regional dan Kriteria Penyisih.

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, maka penelitian ini akan menganalisis kelayakan penentuan tempat pembuangan akhir sampah (TPA) di pulau Bunaken Kota Manado menggunakan permodelan spasial

## **B. Perumusan Masalah**

Peningkatan jumlah penduduk di suatu tempat diikuti dengan peningkatan jumlah sampah yang dihasilkan, dan beberapa masalah kesehatan telah menjadi ancaman bagi pembangunan berkelanjutan wilayah pulau kecil. Minimnya TPA serta daur ulang limbah yang membutuhkan anggaran besar juga menjadi masalah di wilayah pulau kecil, sehingga susunan kata dalam penelitian ini adalah studi kelayakan penempatan TPA di Pulau Bunaken Kota Manado. merupakan salah satu solusi dari permasalahan diatas.

## **C. Tujuan Penelitian**

### **Tujuan Umum**

Melakukan analisis kelayakan dalam penentuan Lokasi TPA Sampah di pulau Bunaken Kota Manado.

### **Tujuan Khusus**

1. Menganalisis lokasi dengan kriteria regional dalam penentuan TPA sampah di pulau Bunaken Kota Manado.
2. Menganalisis lokasi dengan kriteria penyisih dalam penentuan TPA sampah di pulau Bunaken Kota Manado.
3. Menghitung jumlah proyeksi pertumbuhan penduduk dan timbulan sampah di pulau Bunaken Kota Manado.
4. Menentukan besar luas lahan untuk oprasional lokasi TPA sampah dan timbulan sampah di pulau Bunaken Kota Manado.
5. Untuk mengetahui gambaran kepemilikan tempat sampah, jenis tempat sampah, pengelolaan sampah dan kondisi sampah di pulau Bunaken Kota Manado
6. Untuk mengetahui gambaran potensi gangguan kesehatan akibat sampah di pulau Bunaken Kota Manado
7. Untuk mengetahui keberadaan TPA sampah di pulau Bunaken Kota Manado.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat kepada :

1. Bagi Instansi
  - a) Memberikan informasi kepada pengambilan keputusan kelembagaan/Institusi dalam menetapkan kebijakan penentuan lokasi TPA di pulau Bunaken Kota Manado
  - b) Memberikan informasi kepada pemerintah cara penanganan timbulan sampah yang lebih aman di pulau Bunaken dalam penentuan lokasi TPA di pulau Bunaken.
2. Bagi peneliti dan perguruan tinggi
  - a) Meningkatkan pengetahuan peneliti dan memberikan informasi ke perguruan tinggi tentang penentuan lokasi TPA dengan permodelan spasial.
  - b) Dapat menjadi bahan kajian bagi penelitian selanjutnya.
3. Bagi masyarakat, memberikan pengetahuan bagi masyarakat tentang lokasi yang aman dan memberikan rekomendasi dalam penentuan lokasi TPA di pulau Bunaken.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum tentang Sampah**

Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau alam yang berbentuk padat. Adapun sampah rumah tangga adalah sampah yang bersumber dari kegiatan sehari-hari dari rumah tangga tetapi tidak termasuk tinja dan sampah spesifik (Permen No 33 Tahun 2010). Sampah spesifik yang dimaksud yaitu sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun, sampah yang mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun, sampah yang timbul akibat bencana, puing bongkaran bangunan, sampah yang secara teknologi belum dapat diolah dan/atau sampah yang timbul secara tidak periodik (UU RI Nomor 18 tahun 2008).

Menurut Asosiasi Kesehatan Masyarakat Amerika (*APHA*), limbah adalah sesuatu yang tidak dapat digunakan, tidak digunakan, tidak disukai, atau terbuang, yang merupakan hasil ulah manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya (Pandebesnia, 2005). Mengabaikan masalah pembuangan limbah mengurangi kualitas lingkungan dan tidak memberikan kehidupan yang nyaman. Ini menurunkan kualitas masyarakat. Sampah adalah beban bagi planet ini (Hadi, 2001).

Sumber-Sumber Sampah Yang ada:

1. Sampah yang berasal dari pemukiman (*domestic waste*)

Sampah ini terdiri dari bahan-bahan padat sebagai hasil kegiatan rumah tangga yang sudah dipakai dan dibuang, seperti: sisa-sisa makanan baik yang sudah dimasak atau belum, bekas pembungkus kertas, plastik, daun dan sebagainya, pakaian-pakaian bekas, bahan-bahan bacaan, perabot rumah tangga, daun-daunan dari kebun atau taman.

2. Sampah yang berasal dari tempat-tempat umum.

Sampah ini berasal dari tempat-tempat umum, seperti pasar, tempat-tempat hiburan, terminal bus, stasiun kereta api, dan sebagainya. Sampah ini berupa kertas, plastik, botol, daun dan sebagainya.

3. Sampah yang berasal dari perkantoran

Sampah ini dari perkantoran baik perkantoran Pendidikan, departement, perusahaan, dan sebagainya. Sampah ini berupa kertas-kertas, plastik, karbon, klip, dan sebagainya. Umumnya sampah ini mudah terbakar (*rubbish*).

4. Sampah yang berasal dari jalan raya

Sampah ini berasal dari pembersihan jalan, yang umumnya terdiri dari: kertas-kertas, kardus-kardus, debu, batu-batuan, pasir, sobekan ban, onderdil-onderdil kendaraan yang jatuh, daun-daunan, plastik dan sebagainya.

5. Sampah yang berasal dari industri (*industrial waste*)

Limbah ini berasal dari kawasan industri, termasuk limbah hasil pembangunan industri dan semua limbah yang dihasilkan selama proses produksi seperti limbah kemasan, logam, plastik, kayu, limbah tekstil, kaleng dan sebagainya.

6. Sampah yang berasal dari pertanian/perkebunan

Sampah ini sebagai hasil perkebunan atau pertanian misalnya: Jerami, sisa sayur-mayur, batang padi, batang jagung, ranting kayu yang patah dan sebagainya.

7. Sampah yang berasal dari pertambangan

Sampah ini berasal dari daerah pertambangan, dan jenisnya tergantung dari jenis usaha pertambangan itu sendiri, misalnya: batu-batuan, tanah/cadas, pasir, sisa-sisa pembakaran (arang) dan sebagainya.

8. Sampah yang berasal dari peternakan dan perikanan

Sampah yang berasal dari peternakan dan perikanan ini, berupa: kotoran-kotoran ternak, sisa-sisa makanan, bangkai binatang dan sebagainya.

Jenis-Jenis Sampah Padat, Sampah padat dapat dibagi menjadi berbagai jenis, sebagai berikut

1. Berdasarkan zat kimia

a) Sampah *anorganik* adalah sampah yang umumnya tidak dapat membusuk, misalnya logam/besi, pecahan gelas, plastik dan sebagainya.

- b) Sampah *organik* adalah sampah yang pada umumnya dapat membusuk, misalnya sisa-sisa makanan, daun-daunan, buah-buahan, dan sebagainya.
2. Berdasarkan dapat dan tidaknya dibakar yaitu:
- a) Sampah yang mudah terbakar, misalnya kertas, karet, kayu, plastik, kain bekas dan sebagainya.
  - b) Sampah yang tidak dapat terbakar, misalnya kaleng-kaleng bekas, besi/logam bekas, pecahan gelas, kaca dan sebagainya.

Sampah Berdasarkan Karakteristik :

1. *Garbage*, yaitu jenis sampah adalah sampah hasil pengolahan atau pembuatan makanan, yang umumnya membusuk dan berasal dari rumah tangga, restoran, hotel dan sebagainya.
2. *Rubbish*, yaitu sampah yang berasal dari perkantoran, perdagangan baik, yang mudah terbakar, seperti kertas, karton, plastik dan sebagainya, maupun yang tidak mudah terbakar, seperti kaleng bekas, klip, pecahan gelas dan sebagainya.
3. *Ashes* (abu), yaitu sisa pembakaran dari bahan-bahan mudah terbakar, termasuk abu rokok.
4. *Street sweeping* (sampah jalanan), yaitu sampah yang berasal dari pembersihan jalan, yaitu terdiri dari campuran bermacam-macam sampah, daun-daunan, kertas, plastik, pecahan kaca, besi, debu dan sebagainya.

5. Sampah industri, yaitu sampah berasal dari industri atau pabrik-pabrik.
6. *Dead animal* (bangkai binatang), yaitu bangkai binatang yang mati karena alam, ditabrak kendaraan, atau dibuang oleh orang.
7. *Abandoned vehicle* adalah bangkai mobil, sepeda motor dan sebagainya
8. *Construction waste* (Sampah Pembangunan), yaitu sampah dari proses pembangunan gedung, rumah, dan sebagainya, yang berupa puing-puing, potongan kayu, besi, beton, bamboo dan sebagainya (Birawida, 2017).

Di Indonesia, pengelolaan sampah diatur dengan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. UU No. 18/2008 menjelaskan pengelolaan sampah sebagai kegiatan yang sistematis, terpadu, dan berkelanjutan yang melibatkan pengurangan dan pengelolaan sampah. Daur ulang sampah adalah kegiatan yang bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah selain memanfaatkan nilai yang masih terkandung dalam sampah itu sendiri (bahan daur ulang, produk lain dan energi). Pembuangan limbah dapat berupa pengomposan, daur ulang dan pengolahan, insenerasi (pembakaran), dll (Undang Undang RI No 18 Tahun 2008 Tentang Pengolahan Sampah, 2008)

## B. Tinjauan Umum tentang Pengolahan Sampah

Menurut Notoatmojo (2003), Pengelolaan sampah meliputi pengumpulan, pengangkutan, pemusnahan atau daur ulang sampah dengan cara yang tidak membahayakan kesehatan masyarakat dan lingkungan.

### 1. Pengumpulan dan pengangkutan sampah

Pengumpulan sampah menjadi tanggungan jawab dari masing-masing rumah tangga atau institusi yang menghasilkan sampah. Oleh sebab itu, mereka harus membangun atau mengadakan tempat khusus untuk mengumpulkan sampah. Kemudian dari masing-masing tempat pengumpulan sampah tersebut diangkut ke tempat pembuangan sampah sementara (TPS) sampah, dan selanjutnya ke tempat penampungan akhir sampah (TPA)

### 2. Pemusnahan dan pengolahan

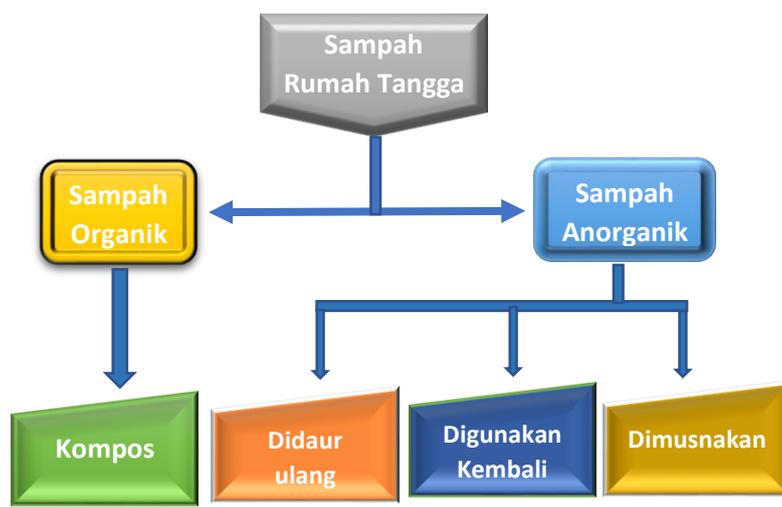
Pemusnahan dan atau pengolahan sampah padat ini dapat dilakukan melalui berbagai cara antara lain:

- a) Cara (*open dumping*) merupakan cara yang paling mudah dan murah dilakukan namun banyak menimbulkan dampak pencemaran. Setelah sampah di lokasi TPA sampah dibuang begitu saja. Dampak yang ditimbulkan dari cara ini antara lain bau yang tidak sedap, sampah berserakan, dan dimungkinkannya menjadi sarang bibit penyakit dan tempat berkembang biak vektor penyakit seperti kecoa, lalat dan tikus

- b) Ditanam (*Landfill*), yaitu pemusnahan sampah dengan membuat lubang ditanah kemudian sampah dimasukkan dan ditimbun dengan tanah.
- c) Dibakar (*Inceneration*) yaitu memusnakan sampah dengan jalan membakar dalam tungku pembakaran.
- d) Dijadikan pupuk (*Composting*) yaitu pengolahan sampah menjadi pupuk atau kompos, khususnya untuk sampah *organik* daun-daunan, sisa makanan, dan sampah lain yang mudah membusuk (Birawida, 2019).
- e) Metode daur ulang, sampah dikelompokkan menurut jenisnya, kemudian setiap kelompok sampah diolah sendiri menjadi produk/hasil yang berharga. Kertas bekas diolah lagi menjadi kertas baru. Hal ini dapat juga dilakukan terhadap jenis sampah logam, plastik, gelas. Jenis sampah dedaunan, sisa sayuran dan buah-buahan yang mudah busuk, oleh karena itu perlu penanganan yang khusus (Sudarwin, 2008).

Dari beberapa definisi di atas dapat disimpulkan bahwa pengelolaan sampah adalah kegiatan mengurangi, mengumpulkan, mengangkut, dan memusnahkan/mengolah sampah sehingga tidak mengganggu kesehatan masyarakat dan lingkungan. Sugesti biasanya mengacu pada limbah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dan biasanya digunakan untuk mengurangi dampaknya terhadap kesehatan, lingkungan atau keindahan (Patimah, 2020).

Pengolahan persampahan termasuk seluruh kegiatan administratif, pembiayaan/financial, hukum, perencanaan dan fungsi-fungsi teknis dalam mengatasi seluruh permasalahan persampahan.



**Gambar 1. Pengelolaan Sampah Dinas Lingkungan Hidup Kulon Progo (Sumber : DLH Kulon Progo, 2016)**

Aspek-Aspek Penanganan Masalah Persampahan. Penanganan permasalahan persampahan memerlukan berbagai pendekatan baik teknis maupun non teknis, yang meliputi beberapa aspek. Aspek-aspek tersebut adalah sebagai berikut :

#### 1. Aspek Institusi

Dalam sistem pengolahan persampahan, aspek institusi memegang peranan yang besar karena menyangkut masalah manajemen yang meliputi kejelasan tentang status institusi pengolahan persampahan, struktur persampahan, fungsi, tanggung jawab dan wewenang serta koordinasi vertikal maupun horizontal dari badan pengelola.

## 2. Aspek legal/hukum

Sistem pengolahan persampahan sangat ditentukan oleh peraturan-peraturan yang mendukung.

## 3. Aspek pembiayaan

Suatu sistem pengolahan persampahan membutuhkan sejumlah dana untuk membiayai operasional dan pemeliharaan, rehabilitasi serta perluasan daerah pelayanan sesuai dengan perencanaan.

## 4. Aspek teknis operasional

Aspek teknis operasional dalam sistem pengelolaan persampahan meliputi perhitungan produksi sampah, penentuan daerah pelayanan, penentuan cara pengumpulan dan pengangkutan sampah serta pembuangan akhir, termasuk dalamnya penentuan peralatan yang dibutuhkan.

## 5. Aspek peran serta masyarakat

Peran serta masyarakat di dalam pengelolaan persampahan sangat diperlukan, terutama dalam hal:

- a) Masyarakat turut memelihara kebersihan lingkungannya
- b) Masyarakat secara berkesinambungan membayar retribusi
- c) Masyarakat dalam suatu organisasi masyarakat (RT/RW, LKMD dll)

## 6. Aspek peran serta swasta

Dikota-kota besar, yang memerlukan peralatan sumber daya manusia dan biaya pengelolaan sampah yang besar, peran serta swasta sangat diperlukan, terutama dalam hal:

- a) Mendaur ulang sampah
- b) Pengangkutan sampah
- c) Atau penimbunan akhir sampah

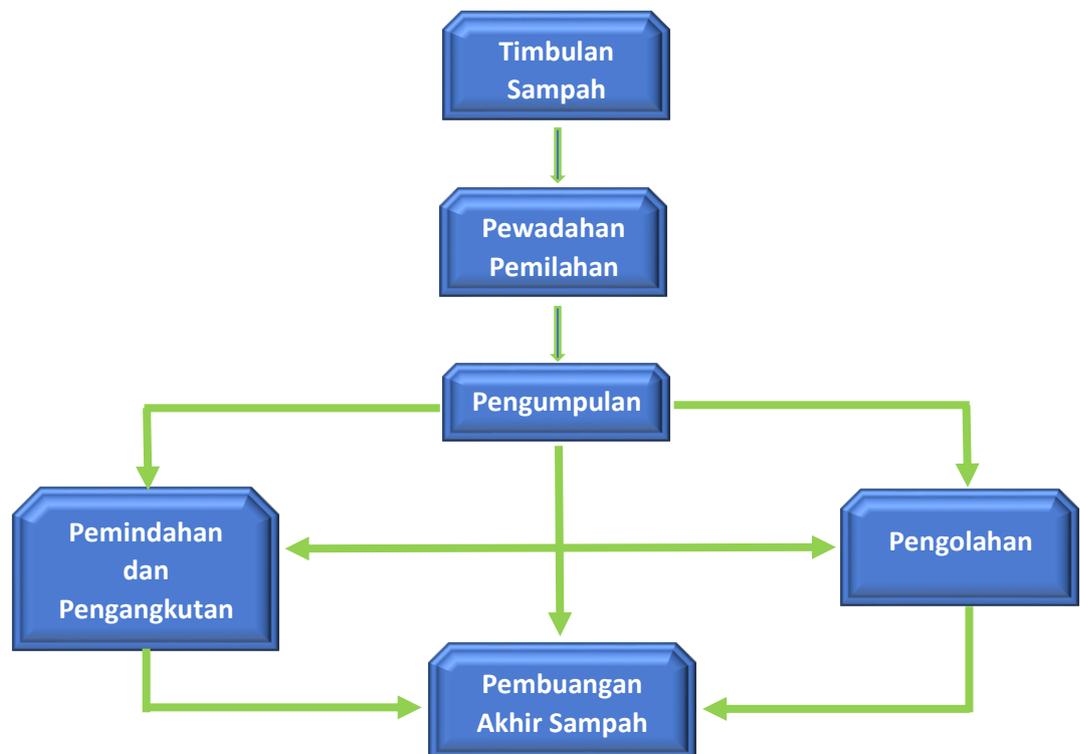
Aspek Teknis Operasional Sampah, Tata cara pengelolaan teknis sampah perkotaan meliputi dasar-dasar perencanaan untuk kegiatan :

1. Pewadahan sampah/pengolahan sampah di sumber sampah
2. Pengumpulan sampah
3. Pemindahan/pengolahan sampah di transfer depo
4. Pembuangan akhir

Teknik pengelolaan sampah perkotaan yang terdiri dari kegiatan pewadahan sampai pembuangan akhir harus bersifat terpadu. Skema teknik operasional pengelolaan sampah ini terdapat beberapa istilah yang berkaitan dengan dasar-dasar perencanaan untuk kegiatan yang di maksud dengan:

1. Sampah adalah limbah bersifat padat terdiri dari zat *organik* dan zat *anorganik* yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan.

2. Sampah perkotaan adalah sampah yang timbul dikota (tidak termasuk sampah yang berbahaya dan beracun).
3. Timbulnya sampah adalah banyaknya sampah yang dihasilkan perorang perhari dalam satuan volume atau berat.



Gambar 2. Skema teknis operasional pengelolaan persampahan (Sumber : Pandebesja, 2005)

4. Pewadahan sampah adalah cara penampungan sampah sementara di sumber baik komunal.
5. Pewadahan individual adalah cara penampungan sampah sementara di masing-masing sumber.
6. Pewadahan komunal adalah cara penampungan sampah sementara secara bersama-sama pada suatu tempat.

7. Pengumpulan sampah adalah proses penanganan sampah dengan cara mengumpulkan dari masing-masing sumber sampah untuk diangkut ke tempat pembuangan sementara atau langsung ke tempat pembuangan akhir tanpa melalui proses pemindahan.
8. Pola pengumpulan individual langsung adalah cara pengumpulan sampah dari rumah/sumber sampah dan diangkut langsung ke tempat pembuangan akhir tanpa melalui proses pemindahan.
9. Pola pengumpulan individual tidak langsung adalah cara pengumpulan sampah dari masing-masing sumber sampah dibawah kelokasi pemindahan (menggunakan gerobak) untuk kemudian diangkut ke tempat pembuangan akhir.
10. Pola pengumpulan komunal langsung adalah cara pengumpulan sampah dari masing-masing titik pewardahan komunal dan diangkut langsung ke tempat pembuangan akhir.
11. Pola pengumpulan komunal tidak langsung adalah cara pengumpulan sampah dari masing-masing titik pewardahan komunal dibawah kelokasi pemindahan (menggunakan gerobak) untuk kemudian diangkut ke tempat pembuangan akhir.
12. Pola penyapuan jalan adalah proses pengumpulan sampah hasil penyapuan jalan dengan menggunakan gerobak.
13. Pemindahan sampah adalah tahap pemindahan sampah hasil pengumpulan ke dalam alat pengangkut untuk dibawah tempat pembuangan akhir.

14. Pengangkutan sampah adalah pengangkutan sampah dari lokasi pemindahan atau langsung dari sumber sampah menuju langsung ketempat pembuangan akhir.
15. Daur ulang sampah adalah segala upaya untuk mengurangi jumlah sampah atau mengubahnya menjadi keuntungan melalui pembakaran, pengomposan, pemadatan, pencacahan, pengeringan, daur ulang, dan lain-lain.
16. Pengomposan adalah sistem pengolahan sampah *organik* dengan bantuan mikroorganisme sehingga terjadi pupuk organik.
17. Pembakaran sampah adalah suatu teknik pengolahan sampah dengan membakar sampah secara terkendali, sehingga terjadi perubahan bentuk/reduksi dari sampah padat menjadi abu, gas dan cairan.
18. Pemadatan adalah upaya mengurangi volume sampah dengan cara didapatkan secara manual maupun mekanis sehingga pengangkutan ketempat pembuangan akhir lebih efektif.
19. Daur ulang proses pengolahan sampah yang dapat menghasilkan produk yang dapat bermanfaat lagi.
20. Pembuangan akhir adalah tempat yang mengarantinakan (menyingkirkan) sampah kota sehingga aman (Pandebesia, 2005).

Dampak Negatif Sampah, Ada tiga dampak sampah terhadap manusia dan lingkungan:

1. Dampak terhadap kesehatan

Lokasi dan pengelolaan sampah yang kurang memadai (pembuangan sampah yang tidak terkontrol) merupakan tempat yang cocok bagi beberapa organisme dan menarik berbagai binatang seperti lalat dan anjing yang dapat menjangkit penyakit.

2. Dampak terhadap lingkungan

Cairan rembesan sampah yang masuk dalam drainase atau sungai akan mencemari air. Berbagai organisme termasuk ikan dapat mati sehingga beberapa spesies akan lenyap, hal ini mengakibatkan berubahnya ekosistem perairan biologis.

3. Dampak terhadap keadaan sosial dan ekonomi, dampak-dampak tersebut adalah sebagai berikut:

a) Pengelolaan sampah yang tidak memadai menyebabkan rendahnya tingkat kesehatan masyarakat. Hal penting disini adalah meningkatnya pembiayaan (untuk mengobati kerumah sakit).

b) Pengelolaan limbah yang buruk juga dapat mempengaruhi infrastruktur lainnya, seperti mahalnya biaya pengolahan air (Daniyal et al., 2107).

### C. Tinjauan Umum tentang Dampak Pencemaran Di Lokasi TPA

Sampah yang menumpuk akan menyebabkan masalah estetika (bau, kotor) dan menjadi sarang serangga pengganggu (lalat, nyamuk, lipas) dan tikus yang kesemuanya akan mengakibatkan gangguan kesehatan. potensial menimbulkan penyakit pada manusia antara lain penyakit perut, pes, tifus perut, leptospirosis yang disebabkan oleh lalat dan tikus, keracunan karena mencemari sumber air dan gangguan pernapasan/penglihatan karena asap akibat pembakaran sampah. (Birawida et al., 2018)

Sampah jika tidak ditangani dengan baik dapat menimbulkan gangguan dan ketidakseimbangan lingkungan, termasuk air, udara dan tanah.

#### 1. Pencemaran Udara

Sampah (organik dan padat) yang membusuk umumnya mengeluarkan gas seperti metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) serta senyawa lainnya. Secara global, gas-gas ini merupakan salah satu penyebab menurunnya kualitas lingkungan (udara) karena mempunyai efek rumah kaca (*green house effect*) yang menyebabkan peningkatan suhu, dan menyebabkan hujan asam.

Sampah yang busuk dalam jumlah besar akan mengakibatkan penyebaran bau yang tidak sedap yang membuat mual dan pusing karena mengandung gas hasil proses pembusukan diantaranya metana  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  dll. Sampah yang dibuang di TPA pun masih tetap berisiko

karena bila TPA ditutup atau ditimbun terutama dengan bangunan akan mengakibatkan gas metana tidak dapat keluar ke udara yang dapat menimbulkan ledakan. Selain itu apabila sampah dibakar akan menghasilkan asap yang mengganggu pernapasan dan penglihatan yang akan mengakibatkan efek sesak napas dan mata perih serta hasil pembakaran plastik berupa gas dioksin sangat berbahaya karena termasuk zat karsinogen yang dapat menyebabkan kanker (Imran Si Tobing, 2005)

## 2. Pencemaran Air

Timbulan sampah yang basah mengandung kadar air yang cukup besar dan cairan ini yang disebut leachate akan meresap ke dalam tanah dan masuk ke sumber air akan melarutkan beberapa zat organik maupun anorganik diantaranya gas metana, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> serta bahan lainnya termasuk warna kotor hasil pembusukan sampah. Apabila air dari sumber ini diminum akan menimbulkan masalah keracunan

### a) Bahan Buangan Organik

Bahan buangan organik pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga hal ini dapat mengakibatkan semakin berkembangnya mikroorganisme dan mikroba patogen ikut juga berkembang biak di mana hal ini dapat mengakibatkan berbagai macam penyakit

b) Bahan Buangan Anorganik.

Bahan buangan anorganik pada umumnya berupa limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Apabila bahan buangan anorganik ini masuk ke air lingkungan akan terjadi peningkatan jumlah ion logam di dalam air, sehingga hal ini dapat mengakibatkan air bersifat sadah karena mengandung ion kalium dan ion magnesium. Selain itu ion-ion tersebut dapat bersifat racun seperti timbal, arsen, dan air raksa yang sangat berbahaya bagi tubuh.

c) Bahan buangan zat kimia

Bahan buangan zat kimia banyak ragamnya seperti bahan pencemar air yang berupa sabun, bahan pemberantas hama, zat warna kimia, larutan penyamak kulit dan zat radioaktif. Zat kimia ini di air lingkungan merupakan racun yang mengganggu dan dapat mematikan hewan air, tanaman air dan manusia.

3. Pencemaran Tanah

Sebelum mencemari sumber air, sampah terlebih dahulu akan mencemari lapisan tanah dengan bahan pencemar yang sama. Timbulan sampah diatas tanah dapat mengganggu estetika karena bau busuk yang ditimbulkan serta ceceran sampah akibat dikorek-korek binatang menimbulkan pemandangan yang tidak sedap atau sangat mengurangi keindahan lingkungan. Banyaknya lalat beterbangan dan tikus berkeliaran disekitar sampah juga sangat mengganggu estetika.

Lalat menyukai tempat yang basah dan lembap, penuh nutrisi untuk makanannya, telur dan larva lalat hidup dan berkembang dengan baik di tempat yang demikian. Tikus menyukai tempat yang kering dan hangat untuk sarangnya serta menyukai tempat yang banyak makanannya, semua itu tersedia pada timbunan sampah. Penyakit yang ditimbulkan oleh sampah berkaitan dengan serangga sebagai vektor penyakit perut dan tikus sebagai host penyakit pes dan leptospirosis (Birawida et al., 2018)

#### **D. Tinjauan Umum tentang Gangguan Kesehatan Akibat Sampah**

Sampah merupakan sumber penyakit, baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung sampah merupakan tempat berkembangnya berbagai parasit, bakteri dan patogen sedangkan secara tak langsung sampah merupakan sarang berbagai vektor atau pembawa penyakit seperti tikus, kecoa, lalat dan nyamuk. Sampah yang membusuk, maupun kaleng, botol, plastik merupakan sarang patogen dan vektor penyakit. Berbagai penyakit yang dapat muncul karena sampah yang tidak dikelola antara lain adalah, diare, disentri, cacangan, malaria, kaki gajah dan demam berdarah. Penyakit-penyakit ini merupakan ancaman bagi manusia, yang dapat menimbulkan kematian (Imran SI Tobing, 2005).

##### **1. Diare dan Desentri**

Penyakit diare sebagian besar (75%) disebabkan oleh kuman seperti virus dan bakteri, gejala dan tanda diare adalah :

a) Gejala umum pada diare adalah :

- 1) Berak cair atau lembek dan sering adalah gejala khas diare.
- 2) Muntah, biasanya menyertai diare pada gastroenteritis akut.
- 3) Demam, dapat mendahului gejala diare.
- 4) Gejala dehidrasi, yaitu mata cekung, ketegangan kulit menurun, apatis, bahkan gelisah.

b) Gejala spesifik penderita diare yaitu:

- 1) *Vibrio cholera* yaitu diare hebat, warna tinja seperti cucian beras dan berbau amis.
- 2) Apabila tinja keluar melendir dan berdarah disebabkan oleh *disenteriform* yang menyebabkan penyakit disentri (Birawida, 2017).

## 2. Kecacingan

Infeksi cacing usus ditularkan melalui tanah yang tercemar telur cacing , tempat tinggal yang tidak sanitair dan pola hidup tidak bersih merupakan masala kesehatan masyarakat. Pada anak-anak, penyakit kecacingan ini menyebabkan menurunnya status gizi sehingga anak rentan terhadap infeksi lain. Dampak dari penyakit kecacingan pada anak usia dini (1-4 tahun) akan menimbulkan kekurangan gizi yang menetap (*persitent malnourish*) yang kemudian menyebabkan stunting pada anak.

Kecacingan merupakan penyakit yang disebabkan oleh parasit berupa cacing. Di mana dapat terjadi investasi ringan hingga investasi

berat. Infeksi kecacingan adalah penyakit yang ditularkan oleh makanan dan minuman atau melalui kulit di mana tanah sebagai media penularannya yang disebabkan oleh cacing gelang (*Ascaris Lumbricoides*), cacing cambuk (*Trichuris Trichiura*), cacing tambang (*Ancylostoma Duodenale* dan *Nector Americanus*). Infeksi cacingan banyak terdapat pada anak usia sekolah dasar, yang dalam usus anak terdapat satu atau beberapa jenis cacing yang merugikan pertumbuhan anak.

### 3. Malaria

Penyebab penyakit ini adalah parasit dari genus plasmodium. Ciri utama genus ini adalah siklus hidup terjadi dalam dua inang berbeda. Siklus seksual terjadi dalam tubuh nyamuk *Anopheles* betina, yang bertindak sebagai vektor perantara penyebaran parasit. Siklus aseksual terjadi dalam tubuh manusia. Penyebaran penyakit malaria dapat dikendalikan antara lain vaksinasi. Dengan vaksin, diharapkan lebih dari 2,4 juta jiwa dapat diselamatkan dari ancaman kematian malaria pada 2008-2015. Program pemberantasan malaria termasuk dalam program *Millenium Development Goals* (MDG) WHO dengan tujuan mengurangi setengah jumlah sampai 2015 dan mencegah penjangkitan malaria (Birawida, 2017).

### 4. Kaki Gajah (Filariasis)

Filariasis, atau yang lebih dikenal dengan kaki gajah, adalah penyakit parasit yang disebabkan oleh cacing filaria. Penyakit filariasis

adalah penyakit yang menimbulkan kerusakan pada sistem limfatik. Sebagian besar tidak menunjukkan gejala di awal perkembangan penyakit. Akan tetapi, ketika kondisinya sudah mencapai tahap kronis, limfedema (pembengkakan jaringan) bisa terjadi. Gejala ini disertai dengan penebalan kulit dan hidrokel (pembengkakan skrotum atau buah zakar). Seiring waktu, gejala tersebut akan menimbulkan kerusakan yang dapat menimbulkan cacat permanen. Tidak hanya cacat fisik, pasien juga bisa mengalami masalah mental, sosial, dan finansial akibat ketidakmampuannya untuk melakukan aktivitas normal. Penyebab kaki gajah adalah infeksi parasit yang masuk dalam klarifikasi nematoda (cacing gelang) dari famili Filarioididea (Candrasari & Naning, 2019)

#### 5. Demam Berdarah

Demam Berdarah Dengue (DBD) adalah penyakit demam akut yang disebabkan oleh virus *dengue*, yang masuk ke peredaran darah manusia melalui gigitan nyamuk dari genus *Aedes*, misalnya *Aedes aegypti* atau *Ades albopictus*. Terdapat empat jenis virus dengue berbeda, yang dapat menyebabkan penyakit demam berdarah. Virus dengue merupakan virus dari genus *Flaviviridae*, famili *flaviviridae*. Penyakit demam berdarah ditemukan di daerah tropis dan subtropics di berbagai belahan dunia terutama di musim hujan yang lembab. Organisasi kesehatan dunia memperkirakan setiap tahunnya terdapat 50-100 juta kasus infeksi virus dengue di seluruh dunia. Penyakit

demam berdarah akut yang disertai dengan adanya manifestasi pendarahan yang bertendensi mengakibatkan rejatan yang dapat menyebabkan kematian, penyakit ini berlangsung akut menyerang baik orang dewasa maupun anak-anak berusia di bawah 15 tahun (Birawida, 2017).

### **E. Tinjauan Umum tentang Proyeksi Penduduk dan Densitas Sampah**

Faktor penting dalam menghitung laju timbulan sampah adalah jumlah penduduk. Oleh karena itu sebelum jumlah timbulan sampah dapat dihitung, terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap proyeksi penduduk sampai pada tahun perencanaan. Ada beberapa metode proyeksi penduduk yang dapat digunakan, antara lain metode *least square*, *geometric* dan *eksponensial* di mana pemilihan metode yang digunakan sangat tergantung kecenderungan pertumbuhan penduduk dan karakteristik kota perencanaan.

#### **1. Metode *least square***

Metode least square ini merupakan metode yang berupa data deret berkala yang mana dalam melakukan prediksi dibutuhkan data masa lalu untuk dilakukan perhitungan dan menghasilkan informasi prediksi pada masa mendatang. metode *least square* atau metode kuadrat terkecil digunakan untuk mendapatkan penaksir koefisien regresi linier (Siagian, 2018)(Syafitri & Amri, 2019).

## 2. Metode *Geomatic*

Metode ini sering disebut juga dengan metode tingkat pertumbuhan penduduk (Growth Rates). Metode ini menyediakan estimasi dan proyeksi dari jumlah penduduk dengan menggunakan tingkat pertumbuhan penduduk atau untuk tingkat lanjutnya melalui fitting kurva yang menyajikan gambaran matematis dari perubahan jumlah penduduk seperti kurva logistik. Proyeksi penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan majemuk (Ananda & Tri, 2020).

## 3. Metode *Eksponensial*

Metode eksponensial ini yang paling sering digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk karena harus menghitung jumlah penduduk yang banyak dan terus menerus (*continue*), laju pertumbuhan penduduk eksponensial menggunakan asumsi bahwa pertumbuhan penduduk berlangsung terus-menerus akibat adanya kelahiran dan kematian di setiap waktu. Metode ini tepat digunakan kalau laju pertumbuhan di sebuah wilayah itu sudah mencapai sekitar 2% setiap tahunnya (Lestari, 2019).

Densitas sampah adalah berat sampah yang diukur dalam satuan kilogram dibandingkan dengan volume sampah yang diukur tersebut ( $\text{kg/m}^3$ ). Densitas sampah sangat penting dalam menentukan jumlah timbulan sampah. Disamping itu juga penting untuk menentukan luas lahan TPA yang diperlukan. Penentuan densitas sampah ini dilakukan dengan

cara menimbang sampah yang disampling dalam 1/5-1m<sup>3</sup> volume sampah. Densitas ini sangat tergantung sampel sampah yang diukur, apakah sampah lepas dari sumber sampah, sampah di gerobak yang mungkin telah mengalami sedikit pemadatan ataupun sampah yang diatas truck compacter yang memang telah dilakukan pemadatan.

Metode Pengukuran Jumlah Sampah. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur jumlah timbulan sampah, diuraikan sebagai berikut:

1. *Load-count analysis*/Analisis perhitungan beban

Jumlah masing-masing volume sampah yang masuk ke TPA dihitung dengan mencatat : volume, berat, jenis angkutan dan sumber sampah, kemudian dihitung jumlah timbulan sampah kota selama periode tertentu.

2. *Weight volume analysis*/Analisis berat volume

Jumlah masing-masing volume sampah yang masuk ke TPA dihitung dengan mencatat : volume dan berat sampah, kemudian dihitung jumlah timbulan sampah kota selama periode tertentu.

3. *Material balance analysis*/Analisis keseimbangan bahan

*Material balance* lebih baik menghasilkan data untuk sampah rumah tangga, institusi, industri, dll, dan *material balance* juga diperlukan untuk program daur ulang.

## F. Tinjauan Umum tentang Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

TPA yang dulu merupakan tempat pembuangan akhir, berdasarkan Undang-undang No 18 Tahun 2008 menjadi tempat pemrosesan akhir didefinisikan sebagai pemrosesan akhir sampah dan/atau *residu* hasil pengolahan sebelumnya ke media secara aman.

Tempat Pemrosesan Akhir yang selanjutnya disingkat TPA adalah tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan. Selain itu di lokasi pemrosesan akhir tidak hanya terdapat proses penimbunan sampah tetapi juga wajib terdapat 4 (empat) aktivitas utama penanganan sampah di lokasi TPA yang terdiri atas pemilahan sampah, daur-ulang sampah non-hayati (*anorganik*), pengomposan sampah hayati (*organik*) dan pengurangan/penimbunan sampah residu dari proses di atas di lokasi pengurangan atau penimbunan (Permen PU, 2013). Kawasan Sekitar TPA Sampah adalah kawasan yang berbatasan langsung dengan TPA Sampah dalam jarak tertentu yang terkena dampak dan berpotensi terkena dampak dari kegiatan TPA Sampah dan ikutannya (Permen PU, 2012).

Pembuangan akhir merupakan tempat yang disediakan untuk membuang sampah dari semua hasil pengangkutan sampah untuk diolah lebih lanjut. Prinsip pembuangan akhir sampah adalah memusnahkan sampah domestik di suatu lokasi pembuangan akhir. Jadi tempat pembuangan akhir merupakan tempat pengolahan sampah. Menurut SNI 19-2454-2002 tentang Teknik Operasional Pengelolaan Sampah

Perkotaan, secara umum teknologi pengolahan sampah dibedakan menjadi 3 metode yaitu:

1. Metode *Open Dumping*

Merupakan sistem pengolahan sampah dengan hanya membuang/menimbun sampah disuatu tempat tanpa ada perlakuan khusus atau pengolahan sehingga sistem ini sering menimbulkan gangguan pencemaran lingkungan.

2. Metode *Controlled Landfill* (Penimbunan terkendali)

*Controlled Landfill* adalah sistem *open dumping* yang diperbaiki yang merupakan sistem pengalihan *open dumping* dan *sanitary landfill* yaitu dengan penutupan sampah dengan lapisan tanah dilakukan setelah TPA penuh yang dipadatkan atau setelah mencapai periode tertentu.

3. Metode *Sanitary landfill* (Lahan Urug Saniter)

Sistem pembuangan akhir sampah yang dilakukan dengan cara sampah ditimbun dan dipadatkan, kemudian ditutup dengan tanah sebagai lapisan penutup. Pekerjaan pelapisan tanah penutup dilakukan setiap hari pada akhir jam operasi.

Beberapa macam system pengolahan sampah di TPA, antara lain (Birawida et al., 2018):

1. Pemadatan (*bail press*)

Sistem *bail press* atau bala press sebenarnya bukan merupakan sistem pengolahan langsung terhadap sampah,

melainkan lebih kepada tindakan persiapan yang dilakukan terhadap sampah untuk memudahkan proses selanjutnya. Teknologi utama pemrosesan sampah dengan cara ini adalah mesin yang berfungsi memadatkan dan membentuk sampah menjadi bola (*ball*).

## 2. Lahan urungan terbuka (*open dumping*)

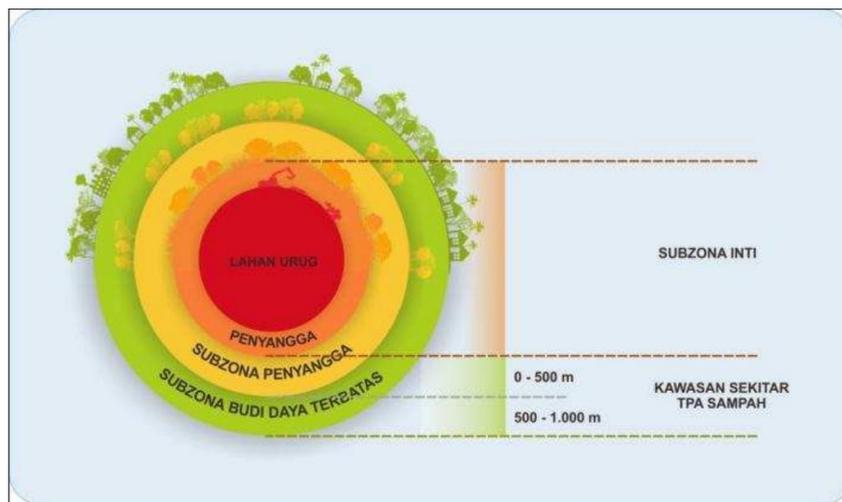
*Open dumping* adalah salah satu sistem penanganan sampah yang paling sederhana yaitu sampah ditimbun di area tertentu secara terus menerus tanpa ditimbun dengan tanah penutup (penimbunan secara terbuka). Pembuangan sistem *open dumping* sangat tidak dianjurkan karena dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan yaitu akan menimbulkan *leacheate* di dalam lapisan timbunan dan seterusnya akan merembes kelapisan tanah di bawahnya. *Leacheate* ini sangat merusak dan dapat menimbulkan bau tidak enak, selain itu dapat menjadi tempat pembiakan bibit penyakit seperti lalat dan tikus. Meskipun menimbulkan dampak negatif sistem ini masih banyak digunakan di kota-kota di Indonesia.

## 3. Lahan Urungan Terkendali

Sarana pengurangan sampah yang bersifat antara sebelum mampu melaksanakan operasi pengurangan berlapis bersih, di mana tempat sampah yang telah diurug dan dipadatkan setebal 60 cm di area pengurangan ditutup dengan tanah setebal 15-30 cm, sedikitnya satu kali setiap tujuh hari. Memerlukan subzona budi daya terbatas

karena masih terdapat potensi bahaya sampah di luar subzona penyangga.

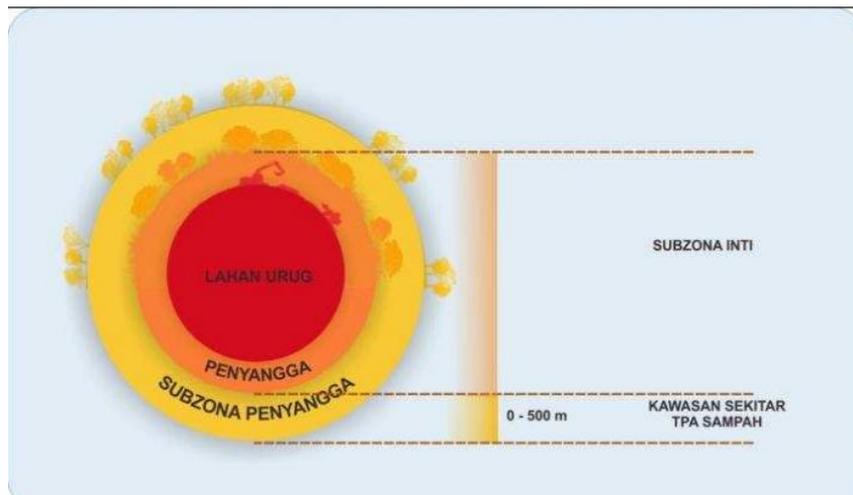
Untuk TPA sampah dengan sistem pengelolaan LUT, maka kawasan sekitar TPA sampah terdiri atas subzona penyangga dan subzona budi daya terbatas.



Gambar 3. Penetapan Kawasan Sekitar TPA Sampah pada TPA sampah dengan sistem Pengelolaan LUT (Sumber : Permen PU, 2012)

#### 4. Lahan urugan saniter (*sanitary landfill*)

Untuk TPA sampah dengan sistem pengelolaan LUS (Lahan Urug Saniter) atau sarana pengurangan sampah ke lingkungan yang disiapkan dan dioperasikan secara sistematis, dengan penyebaran dan pemadatan sampah pada area pengurangan, serta penutupan sampah setiap hari. Maka kawasan sekitar TPA sampahnya hanya berupa subzona penyangga, karena subzona budi daya terbatas tidak diperlukan (Permen PU, 2012).



Gambar 4. Penetapan Kawasan Sekitar TPA Sampah pada TPA sampah dengan sistem Pengelolaan LUS (Sumber : Permen PU, 2012)

Sistem ini ada 4 metode, yaitu:

a) Medan urungan penyehatan (*area fill*)

Metode ini sampah dibongkar lalu ditimbun dipermukaan tanah dan diratakan dengan buldoser, dipadatkan 5 kali jalan sampai membentuk satu lapisan sampah padat setebal 60 cm. Proses ini berlanjut sampai menghasilkan 4 lapisan sampah sehingga kita akan mendapatkan 240 cm (2,4 m) sampah yang terkompaksi (terpadatkan), baru kemudian diurung dengan tanah urung dan dipadatkan juga dengan buldoser sebanyak 5 kali jalan hingga mencapai tebal 15 cm. Lapisan tanah terkompaksi disebut dengan urungan harian atau *daily cover* dan timbunan sampah setebal 2,4 m tersebut disebut sel. Jika sudah mencapai operasi selama 3 bulan maka tebal lapisan urungan dibuat setebal 60 cm.

Untuk melepas gas-gas akibat proses dekomposisi anaerobik dari bahan-bahan organik yang ada dalam sel maka pada setiap jarak atau luas tertentu perlu diberikan fasilitas ventilasi dengan cara dari dasar penimbunan sel diletakkan pipa PVC dengan diameter lingkaran 20 cm dan diisi dengan koral/kerikil sehingga pada setiap tingkatan timbunan pipa diangkat dan batu koral akan tertinggal sebagai media porus untuk melepas gas. Akhirnya pada lapisan terasa perlu dibuat ventilasi seperti halnya septik tank. Gas yang keluar dari timbunan tersebut terdiri dari 50% gas metanae dan 50% lagi gas *carbon dioxide*. Gas buangan yang paling berbahaya adalah gas metana, gas ini dapat meledak jika bercampur dengan oxygen.

Selain gas dari timbunan akan menghasilkan air sampah yang disebut *leacheate*. Untuk mengatasi hal ini pada saat menimbun sampah kemiringan sampah sebaiknya diatur, agar air sampah dapat mengalir di saluran drainase yang menuju kolam oksidasi untuk menetralkan air sampah tersebut. Jika tidak dinetralkan air sampah tersebut sangat berbahaya sebab di dalam air sampah tersebut terkandung bahan-bahan berbahaya seperti metal, larutan kimia dan bahan-bahan lain yang dapat mengontaminasi air tanah (Johnson, 1979).

b) Lereng urung penyehatan (*slope/ramp fill*)

Prosesnya sama seperti *area fill*, bedanya proses pengurangan dan pelapisan dari bawah ke atas sehingga mencapai tinggi teratas.

c) Gali urung *trench fill*

Prinsipnya sama dengan *area fill*, bedanya sampah dimasukkan ke dalam galian/parit yang sudah disediakan terlebih dahulu. Metode ini diterapkan bila lapisan tanah relatif dalam.

d) *Canyon, rit, quarry fill*

Prinsipnya sama dengan *area fill*, bedanya untuk metode ini digali di suatu lembah.

Fungsi Subzona penyangga berfungsi sebagai:

1. Mencegah dampak lindi terhadap kesehatan masyarakat.
2. Mencegah binatang-binatang vektor, seperti lalat dan tikus yang merambah kawasan pemukiman.
3. Menyaring debu yang beterbangan karena tiupan angin .
4. Mencegah dampak kebisingan dan pencemaran udara oleh pembakaran dalam pengolahan sampah (Johnson, 1979).

Subzona budi daya terbatas berada di luar subzona penyangga. Subzona ini berfungsi untuk memberikan ruang untuk kegiatan budidaya terbatas, terutama kegiatan yang berkaitan dengan TPA sampah.

Penentuan Jarak Subzona di Kawasan TPA. Subzona penyangga atau penentuan jarak subzona penyangga ditentukan dengan

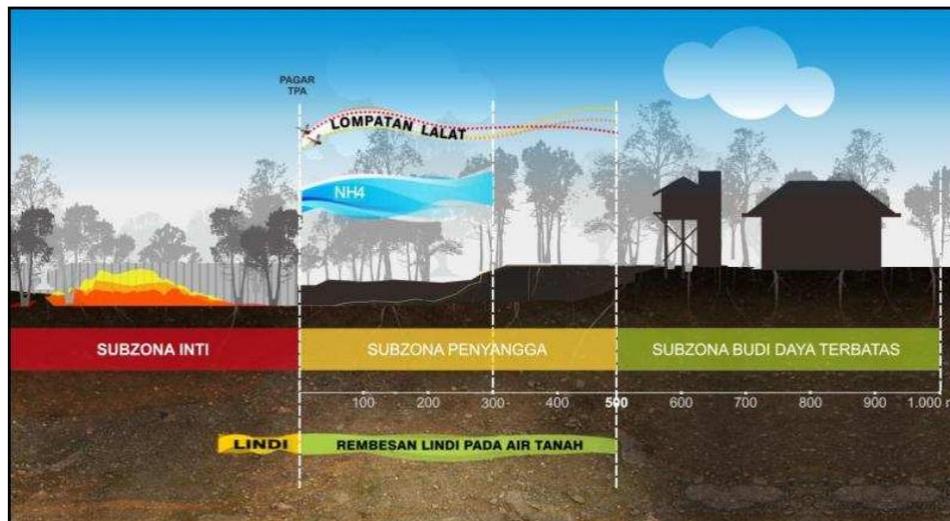
pertimbangan jarak yang telah aman dari pengaruh dampak TPA sampah yang berupa:

1. Bahaya meresapnya lindi dalam mata air dan badan air lainnya yang dipakai penduduk untuk kehidupan sehari-hari.
2. Bahaya ledakan gas metan.
3. Bahaya penyebaran penyakit melalui binatang vektor, misalnya lalat.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas maka subzona penyangga di tetapkan dengan radius 500 m dihitung dari batas terluar TPA. Subzona budi daya terbatas jarak subzona budi daya terbatas ditentukan dengan pertimbangan:

1. Sistem pengelolaan sampah, yaitu LUT atau LUS.
2. Mekanisme penimbunan sampah eksisting, yaitu melalui pemilahan atau tanpa pemilahan.
3. Karakteristik sampah yang masuk ke TPA sampah, yaitu *organik*, *nonorganik*, atau B3 (bahan berbahaya dan beracun).
4. Jarak rembesan lindi.
5. Kondisi gas dalam sampah, antara lain metana, dan amonia.
6. Jarak jangkauan binatang vektor.
7. Kondisi geologi, geohidrologi, dan jenis tanah.
8. Iklim mikro.
9. Pemanfaatan ruang yang telah ada di sekitar zona TPA sampah sesuai dengan peraturan zonasi.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas, maka subzona budi daya terbatas ditetapkan dengan radius 500 meter dihitung dari batas terluar subzona penyangga. Penentuan jarak subzona penyangga dan subzona budi daya terbatas dibedakan sesuai sistem pengelolaan sampah yang digunakan



Gambar 5. Pertimbangan Penentuan Jarak Subzona di Kawasan Sekitar TPA Sampah (Sumber : Permen PU, 2012)

1. Zona adalah kawasan atau area yang memiliki fungsi dan karakteristik spesifik.
2. Subzona adalah suatu bagian dari zona yang memiliki fungsi dan karakteristik tertentu yang merupakan pendetailan dari fungsi dan karakteristik pada zona yang bersangkutan.
3. Subzona Inti adalah subzona di dalam tapak TPA sampah yang terdiri atas lahan urug dan penyangga.
4. Subzona Penyangga adalah subzona di luar kawasan TPA sampah yang berfungsi untuk mengurangi dampak yang diakibatkan oleh kegiatan TPA sampah terhadap lingkungan di sekitarnya.

5. Subzona Budi Daya Terbatas adalah subzona yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan dengan batasan tertentu.
6. Penyangga adalah penahan yang berfungsi untuk mengurangi dampak yang diakibatkan oleh gangguan bau, kebisingan, estetika, dan sebagainya

#### **G. Tinjauan Umum tentang Analisis Kelayakan Lokasi TPA Sampah**

Persyaratan pemilihan lokasi TPA pada umumnya berdasarkan Keputusan Menteri Perkejaan Umum tentang pengesahan 21 standar konsep SNI bidang Pekerjaan Umum, Tata cara pemilihan Tempat Pembuangan Akhir Sampah berdasarkan kriteria regional, kriteria penyisih dan kriteria penetapan sesuai dengan SNI TPA 03-3241-1994. Kelayakan lokasi TPA ditentukan berdasarkan tiga tahapan ketetapan umum, sebagai berikut :

1. Kriteria regional yang merupakan tahapan untuk menghasilkan peta yang berisi daerah atau tempat dalam wilayah tersebut yang terbagi menjadi beberapa zona kelayakan.
2. Tahap penyisih yang merupakan tahapan untuk menghasilkan satu atau dua lokasi terbaik di antara beberapa lokasi yang dipilih dari zona-zona kelayakan tahap regional.

3. Tahap penetapan yang merupakan tahap menentukan lokasi terpilih oleh instansi yang berwenang.
4. Jika dalam suatu wilayah belum bisa memenuhi tahap regional, pemilihan TPA sampah ditentukan berdasarkan skema pemilihan lokasi TPA sampah. Kriteria pemilihan lokasi TPA sampah dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:
  - a) kriteria regional yaitu kriteria yang digunakan untuk menentukan zona layak atau tidak layak berdasarkan:
    - 1) Kondisi geologi tidak berlokasi di zona holocene fault dan tidak boleh di zona bahaya geologi
    - 2) Kondisi hidrogeologi tidak boleh mempunyai muka air tanah kurang dari 3 meter, tidak boleh kelulusan tanah lebih besar dari 10-6 cm/det. Jarak terhadap sumber air minum harus lebih besar dari 100 meter dihilir aliran dan dalam hal tidak ada zona yang memenuhi kriteria-kriteria tersebut diatas, maka harus diadakan masukan teknologi.
    - 2) Kemiringan zona harus kurang dari 20%
    - 3) Jarak dari lapangan terbang harus lebih besar dari 3.000 meter untuk penerbangan turbojet dan harus lebih besar dari 1.500 meter untuk jenis lain.
    - 4) Tidak boleh berada pada daerah lindung/cagar alam dan daerah banjir dengan periode ulang 25 tahun (Pokja PPAS, 2016).

b) Kriteria penyisihan

Kriteria penyisihan adalah merupakan batasan penilaian yang di gunakan untuk memilih lokasi terbaik dari beberapa lokasi untuk perencanaan TPA yang diusulkan pada tahap awal. Kriteria penyisihan meliputi:

- 1) Kriteria iklim yaitu intensitas hujan yang makin kecil dan arah angin dominan tidak menuju ke pemukiman
- 2) Utilitas yaitu tersedia lebih lengkap dinilai lebih baik
- 3) Lingkungan biologis yaitu habitat kurang variatif dan kurang menunjang kehidupan flora/fauna
- 4) Kondisi tanah, tidak produktif, dapat menampung lahan lebih banyak, punya tanah penutup, status tanah bervariasi
- 5) Demografi, kepadatan penduduk lebih rendah dinilai semakin baik
- 6) Kebisingan, semakin banyak zona penyangga dinilai semakin baik
- 7) Batas administrasi, dalam batas administrasi dinilai semakin baik
- 8) Estetika, semakin tidak terlihat dari luar dinilai semakin baik
- 9) Bau, semakin banyak zona penyangga dinilai semakin baik
- 10) Ekonomi, semakin kecil biaya satuan pengelolaan sampah (m<sup>3</sup>/ton) dinilai semakin baik (Pokja PPAS, 2016)

c) Kriteria penetapan

Kriteria penetapan adalah kriteria yang digunakan oleh instansi berwenang untuk menyetujui dan menetapkan lokasi terpilih sesuai dengan kebijaksanaan serta ketentuan yang berlaku di daerah studi. Kriteria tersebut diharapkan akan terdapat evaluasi paling akhir sebelum suatu daerah ditetapkan sebagai lokasi TPA (Pokja PPAS, 2016).

Penentuan lokasi TPA dilakukan melalui tiga tahap sebagai berikut (Mizwar, 2012):

1. Penilaian tahap pertama dilakukan dengan metode binary untuk menentukan zone layak atau tidak layak sebagai lokasi TPA berdasarkan kriteria penilaian kelayakan regional. Pada lahan yang memenuhi kriteria penilaian diberi nilai 1 dan lahan yang tidak memenuhi kriteria penilaian diberi nilai 0. Sehingga zona layak TPA ditetapkan apabila nilai lahan mencapai jumlah maksimal.
2. Penilaian tahap kedua dilakukan dengan metode *expert judgment* dan *Weighted Linear Combination* (WLC) untuk menentukan tingkat kesesuaian lahan dari beberapa alternatif lokasi yang telah diperoleh pada penilaian tahap pertama berdasarkan kriteria penilaian kelayakan penyisih. *expert judgment* digunakan untuk menentukan bobot dari nilai masing-masing kriteria penilaian, sedangkan WLC digunakan untuk operasi perhitungan nilai kesesuaian sebagai lokasi TPA.

3. Penilaian tahap ketiga (kelayakan rekomendasi) dilakukan dengan metode *overlay* untuk menetapkan lokasi terbaik dari beberapa alternatif lokasi yang telah diperoleh pada penilaian sebelumnya

#### **H. Tinjauan Umum tentang Analisis Spasial**

Analisis spasial adalah suatu teknik atau proses yang melibatkan sejumlah hitungan dan evaluasi logika (matematis) yang dilakukan dalam rangka mencari atau menemukan potensi hubungan atau pola-pola yang (mungkin) terdapat diantara unsur-unsur geografis yang tergantung dalam data digital dengan batas-batas wilayah studi tertentu. Analisis spasial adalah sekumpulan titik yang dapat digunakan dalam pengelolaan Sistem Informasi Geografis (GIS). Hasil analisis data spasial sangat bergantung pada lokasi objek yang bersangkutan (yang sedang dianalisis).

Analisis spasial adalah sekumpulan teknik yang dapat digunakan dalam pengolahan data Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil analisis data spasial sangat bergantung pada lokasi objek yang bersangkutan (yang sedang dianalisis). Analisis spasial juga dapat diartikan sebagai teknik-teknik yang digunakan untuk meneliti dan mengeksplorasi data dari perspektif keruangan. Semua teknik atau pendekatan perhitungan matematis yang terkait dengan data keruangan (*spasial*) dilakukan dengan fungsi analisis spasial tersebut (Birawida, 2017).

Data *spasial* adalah data yang berkaitan dengan lokasi berdasarkan geografi yang terdiri dari lintang-bujur dan wilayah. Analisis data spasial

tidak dapat dilakukan secara global, artinya setiap lokasi mempunyai karakteristik sendiri. Sebagian besar pendekatan analisisnya merupakan eksplorasi data yang disajikan dalam bentuk tematik. Peta tematik juga di sebut peta statistik atau peta tujuan khusus, menghasilkan gambaran penggunaan ruangan pada tempat-tempat tertentu sesuai dengan tema yang diinginkan. Peta-peta tematik menekankan kepada variasi penggunaan ruangan dari distribusi geografis. Distribusi geografis berupa bisa berupa fenomena fisik berupa iklim, kepadatan penduduk, atau permasalahan kesehatan.

Definisi *System informasi geografis* (GIS) merupakan suatu sistem berbasisi komputer untuk menangkap (*capture*) menyimpan (*store*), memanggil kembali (*retrieve*), menganalisis dan mendisplay data spasial, sehingga efektif dalam menangani permasalahan yang kompleks baik untuk kepentingan penelitian, perencanaan, pelaporan maupun pengolahan sumber daya dan lingkungan.

GIS dari tiga sudut pandang : kotak alat (*tool box*), database, dan organisasi. Dengan demikian, GIS merupakan suatu system pengelola data spasial yang handal (*power full*) dan sekaligus sebagai suatu sistem penunjang keputusan (*decision suport*).

*Geographic Information System* (GIS) berfungsi untuk memindahkan/mentransformasi peta konvensional (*analog*) ke bentuk digital (digital map), lebih jauh lagi sistem ini mempunyai kemampuan untuk mengolah dan menganalisis data yang mengacu pada lokasi geografis

menjadi informasi berharga. Sistem Informasi Geografi memiliki karakteristik utama yaitu kemampuan menganalisis sistem seperti analisa statistik dan overlay (pembobotan) yang disebut analisa spasial.

Sebagian besar data yang akan ditangani dalam SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referesinya dan mempunyai dua bagian yang penting yang membuatnya berbeda dengan data-data lain, yaitu informasi lokasi (*spasial*) dan informasi deskriptif (*atribute*) yang dijelaskan berikut ini:

1. Informasi lokasi (*spasial*), berkaitan dengan suatu koordinat baik koordinat geografis (lintang dan bujur) maupun koordinat Cartesian XYZ (absis, koordinat, dan ketinggian), termasuk diantaranya informasi dan sistem proyeksi.
2. Informasi deskriptif (*atribut*) atau informasi non spasial, suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan dengannya, contohnya: jenis vegetasi, populasi, luasan, kode pos, dan sebagainya . Informasi *atribut* seringkali digunakan pula untuk menyatakan kualitas dari lokasi (Birawida, 2017).

Pemrosesan atau manipulasi data spasial merupakan salah satu kemampuan GIS dalam menghasilkan informasi baru secara lebih cepat dan efisien. Penelitian ini mempunyai cakupan wilayah yang cukup luas sehingga dengan adanya software GIS yang digunakan yakni QGIS sangat membantu dalam melakukan fungsi analisis data. Beberapa fasilitas yang

ada yaitu *scoring* (pengharkatan), *overlay* (tumpang susun), *distance modelling* (*buffer*), transformasi, penyederhanaan (*dissolve*) dan generalisasi.

Data dasar yang dimasukkan dalam GIS diperoleh dari tiga sumber, yaitu data lapangan (teristris), data peta dan data penginderaan jauh

1. Data Lapangan (Teristris)

Data teristris adalah data yang diperoleh secara langsung melalui hasil pengamatan di lapangan, karena data ini tidak terekam dengan alat penginderaan jauh. Misalnya, batas administrasi, kepadatan penduduk, curah hujan, jenis tanah dan kemiringan lereng.

2. Data Peta

Data peta adalah data yang digunakan sebagai masukan dalam GIS yang diperoleh dari peta, kemudian diubah dalam bentuk digital.

3. Data Penginderaan Jarak jauh

Data ini merupakan data dalam bentuk citra dan foto udara. Citra adalah gambar permukaan bumi yang diambil melalui satelit. Sedangkan foto udara adalah gambar permukaan bumi yang diambil melalui pesawat udara. Informasi yang terekam pada citra penginderaan jauh yang berupa foto udara atau radar, diinterpretasi (ditafsirkan) dahulu sebelum diubah ke dalam bentuk digital. Sedangkan citra yang diperoleh dari satelit yang sudah dalam bentuk digital, langsung digunakan setelah diadakan koreksi seperlunya. Data penginderaan jauh dan data teristris dimasukkan ke dalam GIS,

kemudian disajikan ke dalam bentuk peta, grafik, tabel, gambar, bagan, atau hasil perhitungan (Birawida, 2017).

### **I. Tinjauan Umum tentang Wilayah Pesisir dan Kepulauan**

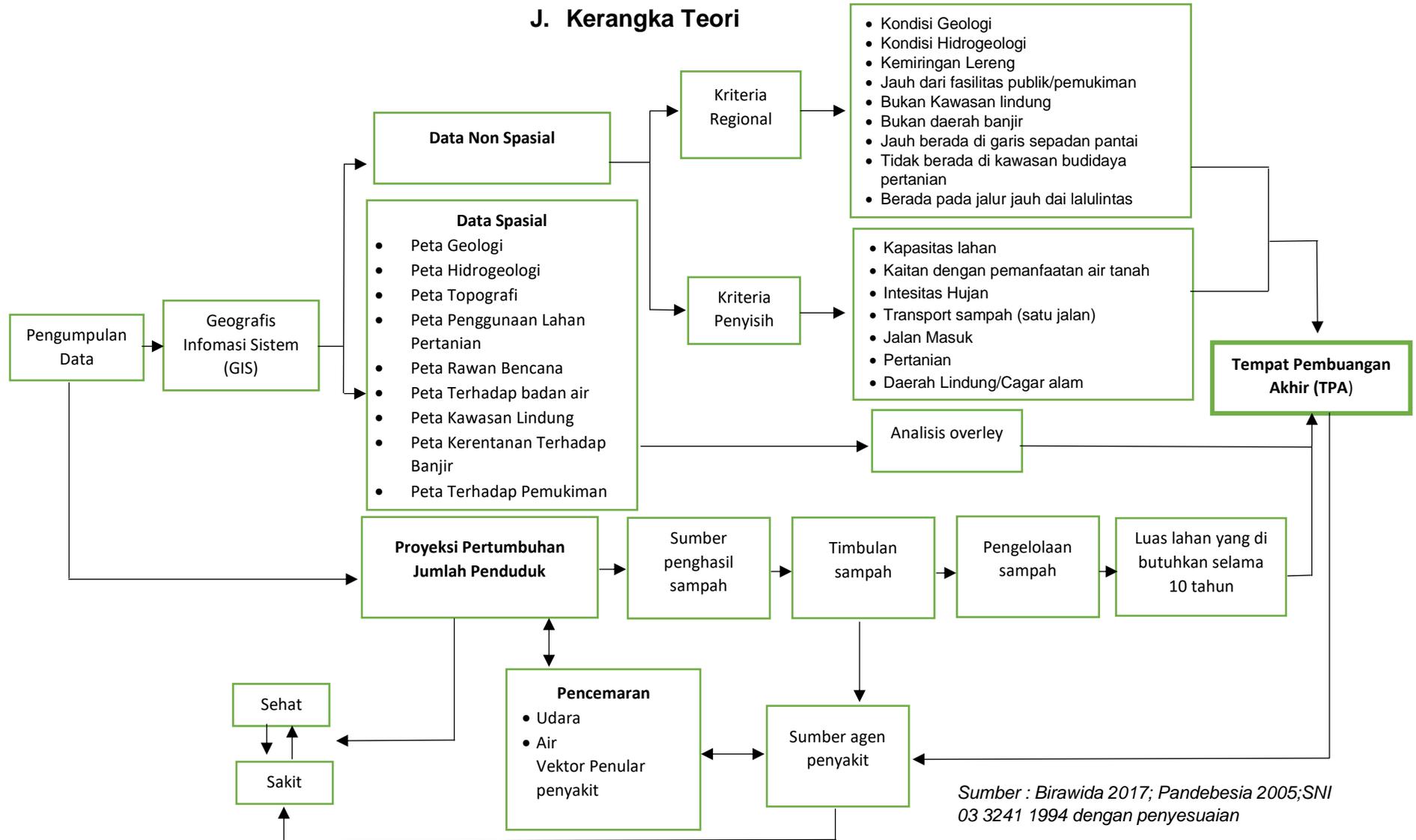
Wilayah pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Pulau kecil adalah pulau dengan luas lebih kecil atau sama dengan 2.000 km<sup>2</sup> (dua ribu kilometer persegi) beserta kesatuan ekosistemnya. Indonesia memiliki luas wilayah laut mencakup 70 persen dari jumlah luas wilayah Indonesia (Republik Indonesia, 2014).

Wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil adalah suatu pengordinasian perencanaan, pemanfaatan, pengawasan, dan pengendalian sumber daya pesisir dan pulau-pulau kecil yang dilakukan oleh pemerintah daerah, antar sektor, antara ekosistem darat dan laut, serta antara ilmu pengetahuan dan manajemen untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat (Republik Indonesia, 2014). Kawasan pesisir sebagai suatu sistem, maka pengembangannya tidak dapat terpisahkan dengan pengembangan wilayah secara luas.

Karakteristik pulau-pulau kecil adalah secara ekologis terpisah dari pulau induknya (*mainland island*), memiliki batas fisik yang jelas dan terpencil dari habitat pulau induk, sehingga bersifat insular, mempunyai sejumlah besar jenis endemik dan keanekaragaman tipikal dan bernilai tinggi, tidak mampu mempengaruhi hidroklimat, memiliki daerah tangkapan air (*catchment area*) relatif kecil sehingga sebagian besar aliran air

permukaan dan sedimen masuk ke laut serta segi sosial, ekonomi dan budaya masyarakat pulau-pulau kecil bersifat khas dibandingkan pulau induknya (Birawida, 2019).

## J. Kerangka Teori



Dari kerangka teori diatas dapat kita lihat GIS mempunyai dua data yang akan dianalisa yaitu data non spasial dan data spasial. Data non spasial terbagi dua berupa kriteria Regional SNI 03-3241-1994 tentang penentuan lokasi TPA yang sudah disesuaikan dengan karakteristik pulau Bunaken dan kriteria Penyisih untuk melihat skor atau batasan penilain yang di gunakan untuk memilih lokasi TPA terbaik dari beberapa lokasi yang direkomendasikan pada tahap awal di kriteria Regional.

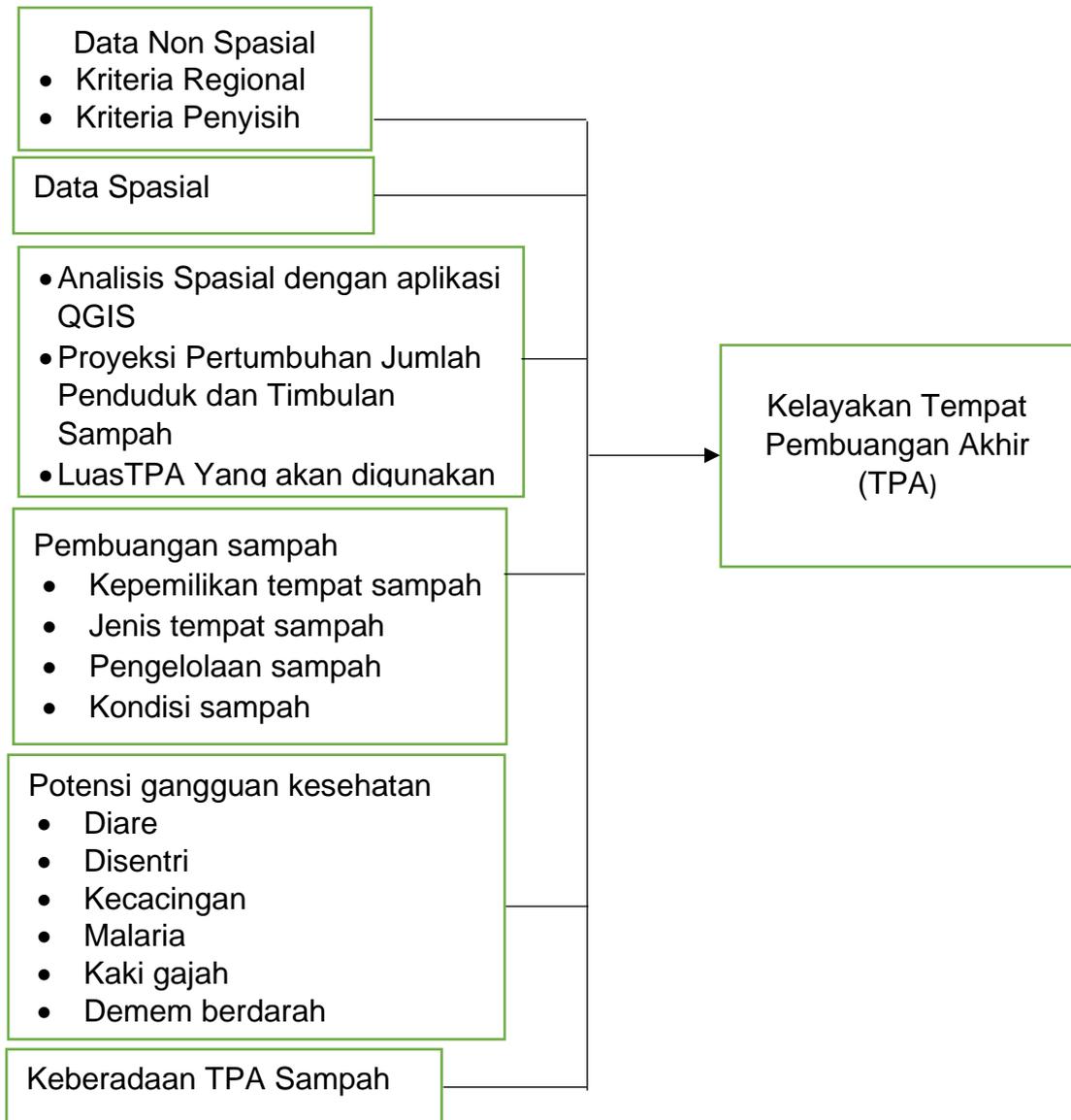
Data Spasial berupa shape file dengan analisis Overlay (suatu sistem informasi dalam bentuk grafis yang dibentuk dari penggabungan berbagai peta individu untuk mendapatkan peta baru) yaitu melakukan teknik union dan buffer dengan penilaian kriteria Regional dilanjutkan dengan intersect atau memotong parameter yang sudah dinilai kemudian ambil skor tertinggi sehingga akan muncul zona layak TPA, dilanjutkan dengan generalisasi area untuk mendapatkan rekomendasi TPA.

Proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk dengan menggunakan metode geomatrik untuk melihat jumlah penduduk selama 10 tahun sebagai sumber penghasil sampah, timbulan sampah yang dihasilkan, cara pengelolaan sampah masyarakat sehingga dapat menghitung luas wilayah TPA yang dibutuhkan selama berselang 10 tahun.

## K. Kerangka Konsep

Secara skematis kerangka pemikiran dapat digambarkan dalam bentuk

sebagai berikut :



Variabel Independent

Variabel Dependent

Keterangan :



Variabel yang diteliti



Variabel tidak di teliti

Dari kerangka konsep diatas data non spasial dianalisa secara kuantitatif dan data Spasial dianalisa dengan menggunakan aplikasi QGIS serta jumlah pertumbuhan penduduk untuk melihat luas lahan TPA yang akan di gunakan selama 10 tahun kedepan. Pembuangan sampah untuk melihat apa mempunyai tempat sampah, jenis tempat sampah, pengelolaan sampah rumah tangga dan kondisi sampah untuk melihat metode pengolahan sampah yang cocok di TPA. Potensi gangguan kesehatan diambil untuk melihat penyakit yang ditimbulkan dari sampah akibat pengelolaan yang kurang baik dan melihat respons positif atau negatif dari masyarakat tentang keberadaan TPA sampah di Pulau Bunaken

## L. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

**Tabel 1. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif**

| No | Variabel          | Sub Variabel         | Definisi Operasional   | Kriteria Objektif  | Nilai  | Skala |
|----|-------------------|----------------------|--|--|--------|-------|
| 1  | 2                 | 3                    | 4  | 5  | 6      | 7     |
| 1. | Permodelan        |                      | Perumusan matematika dari proses fisika/kimia/biologi suatu fenomena alam dengan memasukan data-data penunjang                 |  |        |       |
| 2  | Kriteria Regional |                      | Kriteria yang digunakan untuk menentukan zona layak atau tidak layak berdasarakan sub variabel berdasarkan karakteristik pulau | a. Nilai 9 layak<br>b. Nilai < 7 tidak layak                         |        |       |
|    |                   | Kondisi Geologi      | Lokasi TPA tidak berada dalam zona bahaya geologi/bencana alam   | a. Tidak Berada di zona sesar aktif<br>b. Berada di zona sesar aktif | 1<br>0 |       |
|    |                   | Kondisi Hidrogeologi | Lokasi TPA harus lebih dari 300 meter dari badan air (RTRW Kota Manado 2014-2034)  | a. > 300 meter baik<br>b. < 300 Meter tidak baik                     | 1<br>0 |       |

|  |   |   |        |
|--|---|---|--------|
| Kemiringan Lereng                                      | Lokasi TPA merupakan lokasi yang memiliki kemiringan lereng tidak lebih dari 20%                        | a. 0-20% baik<br>b. > 20% tidak baik  | 1<br>0 |
| Jauh dari fasilitas publik/pemukiman                   | Lokasi TPA harus berjarak lebih dari 650 m dari fasilitas publik/pemukiman, (RTRW Kota Manado 2014-2023 | a. > 650 meter<br>b. < 650 meter  | 1<br>0 |
| Bukan Kawasan lindung                                  | Lokasi TPA bukan situs yang dilindungi oleh peraturan yang ada  | a. Diluar Kawasan lindung<br>b. Di dalam Kawasan lindung  | 1<br>0 |
| Bukan daerah banjir                                    | Lokasi TPA bukan merupakan daerah rawan bencana   | a. Tidak ada bahaya banjir<br>b. Kemungkinan banjir < 25 tahun                                    | 1<br>0 |
| Jauh berada dari garis sempadan pantai                 | Lokasi TPA tidak berada dekat dengan garis sempadan pantai  | a. > 100 Meter<br>b. < 100 Meter  | 1<br>0 |
| Tidak berada di kawasan budidaya pertanian             | Lokasi TPA Tidak berada di Kawasan bididaya pertanian   | a. Di luar Kawasan pertanian/Bukan Kebun Campuran<br>b. Di dalam Kawasan pertanian/kebun campuran | 1<br>0 |
| Berada pada jalur jauh dari lalu lintas/Jaringan jalan | Lokasi TPA jauh dari lalu lintas jalan/Jaringan jalan   | a. > 50 m<br>b. < 50 m  |        |

**3** Kriteria  
Penyisih

Batasan penilain yang di gunakan untuk memilih lokasi terbaik dari beberapa lokasi yang diusulkan pada tahap awal

$$S_i = \sum_j^n W_j \cdot X_j$$

S : Tingkat kesesuaian lokasi i untuk TPA  
 W<sub>j</sub> : Bobot penilaian parameter j  
 X<sub>j</sub> :Nilai parameter j  
 N<sub>j</sub> :Jumlah parameter penilaian

rumus

- a. 124-150 sangat rendah
- b. 151-175 rendah
- c. 176-200 sedang
- d. 201-225 tinggi
- e. 226-250 sangat tinggi

Sumber: (Mizwar, 2012)/EnviroScienteeae dengan penyesuaian karakteristik pulau Bunaken

|                                     |   |   | <b>Bobot</b> | <b>Nilai</b>      |       |
|-------------------------------------|---|---|--------------|-------------------|-------|
| Kapasitas lahan                     | Semakin lama lahan TPA di gunakan maka semakin baik   | <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Untuk operasional &gt; 10 tahun</li> <li>b. Untuk operasional 5-10 tahun</li> <li>c. Untuk oprasinal 3-5 tahun</li> <li>d. Kurang dari 3 tahun</li> </ul> | 5            | 10<br>8<br>5<br>1 | Ratio |
| Kaitan dengan pemanfaatan air tanah | Tidak berfungsi untuk memenuhi berbagai keperluan air dari masyarakat, irigasi, pertanian dan letaknya jauh dari sumber air | <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Kemungkinan pemanfaatan rendah dengan batas hidrolis</li> <li>b. Diproyeksikan untuk dimanfaatkan dengan batas hidrolis</li> </ul>                        | 3            | 10<br>5<br>1      | Ratio |

|                               |  |  |   |   |                             |
|-------------------------------|--|--|---|---|-----------------------------|
|                               |  |  | c. Diproyeksikan untuk dimanfaatkan tanpa batas hidrolis  |   |                             |
| Intensitas hujan              | Jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan persatuan waktu  |  | a. Di bawah 500 mm per tahun<br>b. Antara 500 mm sampai pertahun<br>c. Di atas 1000 mm per tahun  | 3 | 10<br>5<br>1                |
| Transport sampah (satu jalan) | Sistem pengangkutan sampah yang membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung ke TPA   |  | a. Kurang dari 15 menit dari centroid (pusat geomatris atau pusat gambar) sampah<br>b. Antara 16 menit - 30 menit dari centroid sampah<br>c. Antara 31 menit – 60 menit dari centroid sampah<br>d. Lebih dari 60 menit dari centroid sampah | 5 | 10<br>8<br>5<br>1           |
| Jalan Masuk                   | Jalan yang menghubungkan lokasi TPA dengan jaringan jalan utama, semakin baik kondisi jalan ke TPA akan semakin lancar kegiatan pengangkutan sehingga efisiensi menjadi tinggi |  | a. Truk sampah tidak melalui pemukiman<br>b. Truk sampah melalui daerah pemukiman berkepadatan sedang ( $\leq 300$ jiwa/ha)<br>c. Truk sampah melalui daerah pemukiman berkepadatan tinggi ( $\geq 300$ jiwa/ha)                            | 5 | Ratio,<br>10<br>8<br>5<br>1 |
| Pertanian                     | Lokasi TPA bukan merupakan kawasan produktif pertanian   |  | a. Berlokasi di lahan tidak produktif<br>b. Tidak ada dampak terhadap pertanian sekitar   | 3 | 10<br>5<br>1                |

|  |                           |   |  |   |              |       |
|--|---------------------------|---|--|---|--------------|-------|
|  |                           |   |  | c. Terhadap pengaruh negative terhadap pertanian sekitar<br>d. Berlokasi di tanah pertanian produktif   | 1            |       |
|  | Daerah Lindung/Cagar Alam | Lokasi TPA tidak berada pada suatu Kawasan suaka alam yang mempunyai kekhasan tumbuhan, satwa dan ekosistemnya perlu dilindungi dan perkembangannya berlangsung alami |  | a. Tidak ada daerah lindung/cagar alam disekitarnya<br>b. Terdapat daerah lindung/cagar alam di sekitarnya yang tidak terkena dampak negative<br>c. Terdapat daerah lindung/cagar alam di sekitarnya terkena dampak negatif | 10<br>2<br>1 | Ratio |

Sumber : SNI 03-3241-1994 dengan penyesuaian karakteristik pulau Bunaken

| No | Variabel                             | Sub Variabel | Definisi Operasional   | Kriteria Objektif  | Metode Pengukuran       | Skala |
|----|--------------------------------------|--------------|--|--|-------------------------|-------|
| 1  | 2                                    | 3            | 4  | 5  | 6                       | 7     |
| 4  | Data Spasial                         |              | Melakukan analisis peta lokasi atau spasial dengan menggunakan aplikasi Qgis   |  | Observasi/Aplikasi Qgis |       |
| 5  | Proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk |              | Dalam perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk melihat jumlah timbulan sampah yang akan dihasilkan beberapa tahun kedepan dalam menentukan luas wilayah lokasi TPA | a) Metode Geomatik (untuk menghitung persentase penduduk<br>$r = \left( \frac{pn(\frac{1}{n})}{po} \right) - 1$<br>b) untuk menghitung prediksi pertumbuhan<br>$pt = po (1 + r)^t$ | rumus                   |       |

---

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|   |  |  | <p><math>P_n</math> = jumlah penduduk tahun <math>t</math><br/> <math>P_o</math> = jumlah penduduk pada tahun dasar<br/> <math>t</math> = jangka waktu (selisih)<br/> <math>r</math> = laju pertumbuhan penduduk<br/>         Sumber : (Ananda &amp; Tri, 2020)(Manurung &amp; Santoso, 2020)</p>  |
| 6 | Penentuan luas lahan untuk operasional | Luas lokasi yang dijadikan sebagai lahan TPA yang akan digunakan selama 10 tahun | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penentuan rumus luas TPA sampah menurut petunjuk Teknik Tata cara perencanaan TPA</li> </ul> $L_{TPA} = \frac{V \cdot SC}{T}$ <p><math>L_{TPA}</math> = luas lahan yang dibutuhkan setiap tahun (<math>m^2</math>)<br/> <math>V</math> = volume sampah (<math>m^3</math>/hari)<br/> <math>SC</math> = Soil cover/lapisan tanah penutup (<math>m^3</math>) = 15% dari volume sampah<br/> <math>T</math> = ketinggian timbunan yang direncanakan 10-15 (m)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penentuan rumus luas lahan penyangga</li> </ul> $L_{penyangga} = 25\% \times L_{TPA}$ |

---

---

|          |                            |  |  |          |
|----------|----------------------------|--|--|----------|
|          |                            |  | <p><i>L penyangga</i> = Luas zona penyangga dan fasilitas pendukung TPA (m<sup>2</sup>)</p> <p><i>L TPA</i> = luas lahan yang dibutuhkan setiap tahun(m<sup>2</sup>)</p> <p>Sumber :(Manurung &amp; Santoso, 2020)</p> |          |
| <b>7</b> | Pembuangan sampah          | Management sampah yang dilakukan sebelum ada TPA di mulai dari kepemilikan sampah, jenis tempat sampah, pengolahan sampah dan kondisi sampah di pulau bunaken  | Observasi/Kuisoner   | Nominasi |
| <b>8</b> | Potensi gangguan kesehatan | Potensi gangguan kesehatan atau penyakit yang dapat disebabkan oleh sampah sebelum ada TPA, terdapat lima penyakit yang dimaksud yaitu diare, disentri, kecacingan, malaria dan dbd di pulau bunaken | Observasi/Kuisoner   | Nominasi |

---

**Tabel 2. Sintesa Artikel Terkait**

| No | Judul   | Penulis dan Tahun           | Metode   | Hasil  |
|----|---|-----------------------------|--|--|
| 1  | Faktor Yang Berhubungan Dengan Pengelolaan Sampah Di wilayah Pesisir Pantai Desa Langgara Bajo Kecamatan Wawonii Barat Kabupaten Konawe Kepulauan | (Aliyah & Suriyanto, 2018). | Jenis penelitian ini adalah penelitian analitik observasional dengan metode Cross Sectional Study  | Hasil uji statistik dengan menggunakan Chi Square $X^2$ hitung $> X^2$ tabel (31,641 > 3,841), maka $H_0$ ditolak lalu di lanjutkan uji keamatan hubungan diperoleh nilai $\phi = 0,720$ yang artinya ada hubungan kuat antara tindakan dengan pengelolaan sampah  |
| 2  | Pengelolaan Sampah Kawasan Pantai   | (Darwati, 2019)             | Metode penelitian secara kualitatif dan kuantitatif melalui survey, observasi dan wawancara ke Instansi Pemerintah, masyarakat dan LSM           | Hasil sampling sampah di pulau Untung Jawa pada hari kerja adalah sebesar 5,06 m <sup>3</sup> /hari dan pada akhir pekan sebesar 5,79 m <sup>3</sup> /hari. Sementara timbulan sampah bawaan laut dengan rata – rata timbulan sampah bawaan laut adalah 7,67 m <sup>3</sup> /hari. Sampah di daratan didominasi sampah organik (47-66) %. sedangkan sampah bawaan umumnya didominasi an organik 64,74% |
| 3  | Hubungan Sanitasi Dasar Dengan Kejadian Diare Pada Balita Di Wilayah Kerja Puskesmas Pembina Kota Palembang                                       | (Endawati et al., 2021)     | Penelitian ini menggunakan disain studi Cross Sectional dengan sampel yakni ibu yang memiliki balita usia 0-59 bulan yang berjumlah 52 responden | Hasil penelitian berdasarkan uji <i>Chi-Square</i> memberikan <i>p value</i> $0,000 < 0,05$ dan OR = 13,00 berarti ada hubungan yang kuat antara kepemilikan tempat sampah dengan prevalensi diare dan yang tidak memiliki tempat pembuangan sampah 13,00 kali lebih mungkin untuk mengalami diare pada anak dibawah lima tahun  |

|   |  |                         |  |
|---|--|-------------------------|--|
|   |  |                         | daripada mereka yang memiliki tempat pembuangan sampah   |
| 4 | Identifikasi Dan Analisis Sarana Sanitasi Dasar Terhadap Kejadian Penyakit Diare Di Daerah Pesisir Provinsi Riau         | (Hasneli et al., 2015)  | Desain penelitian adalah survey yaitu melihat mengidentifikasi dan menganalisis SDS (Sarana Sanitasi Dasar) terhadap kejadian penyakit diare   |
| 5 | Hubungan Antara Kecacangan Dengan Status Gizi Pada Anak Sekolah Dasar Di Kelurahan Bunaken Kecamatan Bunaken Kota Manado | (Hehy et al., 2013)     | Metode penelitian yang di gunakan yaitu observasional analitik dengan desain penelitian cross Sectional  |
| 6 | Penentuan Lokasi TPA dengan Pendekatan Spasial di pulau Kecil Kota Makassar  | (Birawida et al., 2018) | Penelitian menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan spasial. Pengambilan data untuk penentuan titik terbaik dalam penempatan lokasi TPA   |
|   |  |                         | Hasil penelitian pengelolaan sampah: 50.7 % sampah dikumpul ke tempat pembuangan sampah, 34.6 % dibakar, dibuang ke lubang dan tidak ditutup dengan tanah 15.5 %, di buang ke lahan kosong 2.1 % Anggota Keluarga Terkena Diare: Kemarin 2.9 %, 1 minggu terakhir 14.3 %, 1 bulan terakhir 19.3 %, 3 bulan terakhir 7.3 %, 6 bulan terakhir 13.6 %, > 6 bln yll 9.3 %, tidak tau 19.3 %. Berdasarkan data, diare masih sering terjadi. |
|   |  |                         | hasil pemeriksaan 1 orang yang positif kecacangan dan dari hasil uji bivariat, di temukan tidak terdapat hubungan antara kecacangan dengan status gizi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah tidak terdapat hubungan yang bermakna antara kecacangan dengan status gizi pada anak SD di Kelurahan Bunaken Kota Manado   |
|   |  |                         | Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengambilan titik koordinat GPS dan pertimbangan kategori pengukuran objektif, yaitu kemiringan lereng, jarak terhadap garis pantai dan pemukiman, kapasitas lahan, dalam muka air tanah,   |

|   |   |                                 |   |  |
|---|---|---------------------------------|---|--|
|   |   |                                 | didasarkan pada pengambilan titik koordinat GPS dan pengukuran di lapangan  | serta kapasitas lahan didapatkan hasil Lokasi TPA terbaik untuk Pulau Kodingareng Lompo berada pada titik koordinat lintang 119,26514o dan bujur -5,14793o yang letaknya berada di tengah pulau. Untuk pembuatan TPA sampah, sanitary landfill merupakan jenis TPA yang paling cocok diterapkan di pulau Kodingareng Lompo |
| 7 | Analisis Kelayakan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Baru Rumbai Pengganti TPA Muara Fajar Kota Pekanbaru        | (Subechan et al., 2017)         | Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kuantitatif dan kualitatif dengan metode analisis scoring                | Hasil penelitian prediksi jumlah penduduk Kota Pekanbaru tahun 2024 adalah 2.022.948 orang menghasilkan sampah sebesar 6,68 ha/tahun untuk menampung sampah. Berdasarkan SNI 03 3241 1994 pada lokasi penelitian diperoleh skor 627, maka dinyatakan layak   |
| 8 | Analisis Pemilihan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Berbasis Geography Information System (Gis) Di Kota Tomohon | (Pattiasina et al., 2018)       | Pendekatan Studi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan Pendekatan Deskriptif melalui metode Kuantitatif .                             | Lokasi TPA terpilih berdekatan dengan TPA eksisting Tomohon saat ini, sehingga pemerintah dapat melakukan pengembangan lokasi TPA.   |
| 9 | Penentuan Lokasi Alternatif TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Sampah di Kabupaten Klungkung                             | (Wijayakusuma & Satiawan, 2020) | Metode analisa yang digunakan dalam tahapan ini adalah menggunakan metode Weighted Overlay pada GIS dan metode AHP (Analytical Hierarchy Process) | Hasil dari penelitian ini terdapat 14 alternatif lokasi TPA sampah di Kabupaten Klungkung yang didasarkan dengan 11 variabel yang digunakan, dari ke-14 alternatif lokasi tersebut terdapat 2 prioritas alternative lokasi TPA yang berada di Kecamatan Dawan  |

Pada tabel sintesa diatas dari peneletian sebelumnya membahas mengenai variabel pengolahan sampah dapat disimpulkan tindakan mempunyai hubungan dengan pengolahan sampah, menurut penelitian Darwati, 2019 sampah di pulau Untung Jawa lebih besar timbulan sapah di hari libur dibandingkan hari kerja. Penelitian Hasneli 2015 pengelolaan sampah 50,75% di kumpul pada tempat pembuangan sampah. Dibakar, dibuang kelubang dan tidak ditutup dengan tanah 49,3% anggota keluarga yang terkena diare selama 6 bulan terakhir sebesar 13,6%. Penilitian Endawati tahun 2021 di kota Palembang dengan sampel ibu dan balita hasil  $OR= 13.00$  ada hubungan yang kuat antara memiliki tempat sampah dengan kejadian diare, dan bahwa individu yang tidak memiliki pengelolaan sampah memiliki risiko 13,00 kali lebih besar terkena diare pada anak di bawah usia lima tahun.

Berdasarkan data penelitian di Pulau Bunaken jenis pembuangan sampah semi permanen 50,56% dan lubang di halaman 49,44% dan terdapat 178 responden di desa Bunaken dan Alung Banua, dimana 163 responden (91,57%) tidak mengalami gangguan kesehatan akibat sampah dan 15 responden (8,43%) mengalami penyakit diare dan sebanyak 7 responden adalah balita.

Pada tabel sintesa yang membahas mengenai penentuan TPA dengan pendekatan spasial di pulau Kodingareng Lompo dengan kategori objektif seperti kemiringan lereng, garis pantai, pemukiman dan kapasitas lahan didapati lokasi TPA dengan metode sanitary landfill (Birawida 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Subechan pada tahun 2017. Hasil kajian jumlah penduduk Kota Pekanbaru pada tahun 2024 diperkirakan sebanyak 2.022.948 jiwa menghasilkan 6,68 ha dari sampah per tahun untuk pembuangan sampah. Berdasarkan SNI 03 3241 1994, lokasi penelitian diberi skore 627 dinyatakan layak. Data penelitian di pulau Bunaken jumlah penduduk pada tahun 2031 sebanyak 4.123 jiwa menghasilkan sampah sebesar 0,0241 Ha untuk pembuangan sampah. Berdasarkan SNI 03 3241 1994, lokasi penelitian diberi skore 168 rendah dinyatakan layak dengan metode pengolahan sanitary landfill.