

### BAB III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dijabarkan dengan materi mengenai bentuk dan strategi penelitian, sasaran dan lokasi penelitian, sumber data yang dimanfaatkan, teknik sampling, teknik pengumpulan data, pengembangan validitas penelitian serta teknik analisis data. Bagian demi bagian tersebut diuraikan secara detil agar lebih jelas.

#### A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Kegiatan ini merupakan penelitian lapangan yang mengambil lokasi di Cekung Bandung. Lebih rinci Lokasi penelitian adalah Kota Bandung yang menerima manfaat dari sistem pengelolaan sampah, tapak PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah) Gede Bage dan wilayah yang diperkirakan akan terkontaminasi oleh gas emisi pembangkit listrik PLTSa Gede Bage. Alasan pemilihan sasaran lokasi adalah pertimbangan pragmatis kemudahan mendapatkan data dan peran strategisnya dalam konteks Kota Bandung sebagai penyangga Ibukota Negara Jakarta , serta didasarkan pertimbangan teoritis belum adanya studi analisa biaya dan manfaat sosial sistem pengelolaan sampah, terutama yang mengangkat pengelolaan sampah yang memanfaatkan pembangkit listrik tenaga sampah dengan penelitian ditinjau dari bidang ilmu Ekonomi Lingkungan. Pelaksanaan penelitian dimulai tahun 2013 sampai dengan tahun 2018.

#### B. Jenis Penelitian

Penelitian Analisis Biaya Manfaat Sosial Pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Gede Bage Dengan Menggunakan Berbagai Skenario Efisiensi *air pollution control* ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan terdiri atas:

1. Pembuatan model pengelolaan sampah Kota Bandung bila menggunakan teknologi pembangkit listrik tenaga sampah.
2. Melakukan analisis biaya manfaat sosial dengan berbagai skenario parameter efisiensi *air pollution control*

Analisis Biaya Manfaat Sosial ini utamanya terdiri dari penelitian manfaat yang didapatkan Kota Bandung karena terbebas dari sampah, biaya pembangunan dan pengoperasian PLTSa,

manfaat penjualan energi listrik dan adanya biaya karena eksternalitas negatif di seputar tapak PLTSa.

Dalam pelaksanaan penelitian ini sebagian besar data sudah ada (dalam arti tidak sengaja ditimbulkan), dan peneliti tinggal merekam, maka penelitiannya berbentuk penelitian non eksperimen. Disain penelitian non eksperimen ini dilakukan dengan mode *cross sectional*, yaitu penelitian yang dilakukan pada satu waktu. Rancangan *cross sectional* merupakan rancangan penelitian yang pengukuran atau pengamatanya dilakukan secara simultan pada satu saat atau sekali waktu (Hidayat, 2007).

### C. Data dan Sumber Data

Subyek penelitian Analisis Biaya Manfaat Sosial Pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Gede Bage Dengan Menggunakan Berbagai Skenario Efisiensi *Air Pollution Control* ini adalah semua penduduk yang tinggal di dalam peta *isopleth* dengan PLTSa Gede Bage sebagai sumber polutan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

#### 1. Data Primer

Dalam penelitian ini terdapat dua macam data primer, data primer yang pertama berupa kesediaan membayar kebersihan bagi masyarakat Kota Bandung. Alat yang digunakan untuk memperoleh data primer ini adalah kuesioner. Sedangkan metode yang digunakan untuk memperoleh data primer adalah metode survei dengan teknik wawancara langsung (*direct interview*), dengan dibantu daftar pertanyaan (kuesioner). Metode survei dengan tehnik wawancara langsung digunakan karena dapat memperoleh data secara lebih lengkap dan lebih akurat, karena dapat berinteraksi secara langsung dengan responden yang diteliti.

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi dan lembaga di Kota Bandung yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Instansi dan lembaga tersebut antara lain Badan Pusat Statistik (BPS); Kantor Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Jawa Barat (BPLHD Jawa Barat), Kantor Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Kota Bandung BPLHD Kota Bandung, Kantor PD Kebersihan Kota Bandung, Pusat Pengelolaan Persampahan Jawa Barat (P3JB), Badan Penyelenggara Jaminan Sosial, Badan Pembangunan Daerah (Bapeda); Stasiun Geofisika Kelas I Bandung BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, serta lembaga penelitian dan laboratorium yang berhubungan dengan materi penelitian.

Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Potensi timbunan dan karakteristik sampah Kota Bandung
- b. Komponen biaya pembangunan dan operasional PLTSa Gede Bage
- c. Data meteorologi yang mencakup kecepatan angin, dan kondisi atmosfer.
- d. Data spasial yang meliputi data batas kelurahan, dan sebaran penduduk
- e. Biaya berobat karena gangguan kesehatan beroperasinya PLTSa Gede Bage
- f. *Power purchasing agreement*

#### **D. Teknik Sampling**

Menurut Arikunto (2006) populasi merupakan keseluruhan subjek penelitian. Populasi adalah setiap subjek yang memenuhi kriteria yang telah ditetapkan (Nursalam, 2003). Sampel adalah sebagian atau wakil dari populasi yang diteliti (Arikunto, 2006). Menurut Hidayat (2007), sampel merupakan bagian populasi yang akan diteliti atau sebagian jumlah dari karakteristik yang dimiliki oleh populasi. Sampel dan teknik sampling akan dirinci pada uraian selanjutnya.

Populasi dalam penelitian Analisis Biaya Manfaat Sosial Pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Gede Bage Dengan Menggunakan Berbagai Skenario Efisiensi *Air Pollution Control*, adalah semua penduduk yang tinggal di dalam peta *isopleth* dengan PLTSa Gede Bage sebagai sumber polutan. Selain itu terdapat sub populasi, yaitu masyarakat Bandung yang mendapatkan manfaat terbebas dari sampah.

##### **1. Penduduk Di Dalam Peta *Isopleth***

Populasi bila PLTSa Gede Bage beroperasi adalah penduduk yang tinggal di seputar PLTSa yang diperkirakan terkena dampak terganggunya kesehatan karena lingkungan yang terkontaminasi. Populasi tersebut ditentukan dengan terlebih dahulu dibuat *isopleth* dan dilakukan perkiraan dosis respon. Prakiraan dampak ditampilkan sebagai peta *isopleth* semburan dan peta *isopleth* wilayah sebaran, peta ini dibuat untuk menunjukkan peningkatan konsentrasi polutan dan peningkatan sebaran polutan dalam kondisi rata-rata di seluruh wilayah sebaran dampak. Gradasi peningkatan konsentrasi rata-rata yang mungkin terjadi akan divisualisasikan di peta *isopleth* ini. Masyarakat yang tinggal di dalam batas peta *isopleth* diperkirakan sampai dengan radius 15 km atau sampai dengan adanya pengaruh tersebarnya kontaminan, masuk dalam daftar subyek penelitian.

Populasi didapatkan dari penduduk yang tinggal di dalam zona yang didapatkan dari peta *isopleth*. Jumlah Penduduk dan karakteristiknya, didapatkan dari hasil sensus penduduk Badan Pusat Statistik (BPS).

## **2. Kota Bandung Terbebas Dari Sampah**

### **a. Populasi Kota Bandung Terbebas Dari Sampah**

Populasi terbebas dari sampah adalah seluruh penduduk yang tinggal di Kota Bandung. Dalam penelitian ini populasi dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu penduduk yang tinggal di pemukiman padat, dan pemukiman tidak padat. Kriteria pengelompokan tersebut didasarkan pada keteraturan posisi bangunan dengan menggunakan data spasial, untuk itu dapat dipastikan kawasan pemukiman padat atau pemukiman tidak padat.

Dalam penelitian ini diperlukan data perbandingan jumlah RT yang berada di pemukiman padat, dan pemukiman tidak padat. Survei dengan mengunjungi Kantor Kelurahan yang ada di Kota Bandung perlu dilakukan untuk menunjang kebutuhan tersebut, jumlah kelurahan di Kota Bandung adalah 151 kelurahan

### **b. Sampel Bandung Terbebas Dari Sampah**

Dalam penelitian ini diperlukan data perbandingan jumlah RT yang berada di pemukiman padat, pemukiman sedang dan pemukiman eksklusif, maka dilakukan pendekatan *cluster random sampling*. Hasil yang diharapkan dari kegiatan ini adalah perbandingan jumlah RT yang ada di pemukiman padat, dan jumlah RT yang ada di pemukiman tidak padat, data seperti itu berada di Kantor Kelurahan.

Dalam menentukan jumlah unit sampel, populasi masyarakat dikelompok-kelompokkan menjadi populasi masyarakat yang tinggal di pemukiman padat, dan pemukiman tidak padat. Jumlah sampel ditentukan dengan menggunakan teknik *restricted sample*, yakni sampel ditarik dari populasi yang telah dikelompokkan lebih dahulu (Nazir. 1999:332). Mula-mula populasi dibagi atas kelompok, dan sampel ditarik dari masing-masing kelompok tersebut. Dengan populasi yang telah dibatasi, selanjutnya ditentukan besarnya ukuran sampel dengan menggunakan rumus Slovin sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \quad (36)$$

Dimana  $n$  adalah ukuran sampel,  $N$  adalah ukuran populasi, dan  $e$  adalah persen kelonggaran ketidaktelitian karena kesalahan pengambilan sampel yang masih dapat ditolerir atau

diinginkan, misalnya 10%. Besarnya ukuran sampel itu kemudian dibagi secara proporsional sesuai dengan persentase jumlah RT untuk masing-masing kelompok populasi, yaitu sampel dibagi kedalam 2 kelompok populasi.

### E. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sesuatu yang digunakan sebagai ciri, sifat, dan ukuran yang dimiliki atau didapatkan oleh satuan penelitian tentang sesuatu konsep pengertian tertentu (Notoatmodjo, 2005). Menurut Sugiyono (2009), jenis variabel penelitian yang sering digunakan adalah variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*). Dalam penelitian ini, variabel dapat dirinci sebagai berikut:

1. variabel terikat (*dependent variable*) adalah komponen biaya eksternalitas dan tingkat kelayakan pembangunan pembangkit listrik tenaga sampah
2. variabel bebas (*independent variable*) adalah efisiensi *air pollution control*

Selain itu, dalam penelitian ini terdapat variabel luar yang ikut terlibat dalam mempengaruhi analisa biaya manfaat sosial. Pada saat melakukan pengujian dengan berbagai nilai efisiensi *air pollution control*, variabel-variabel ini tidak berubah dan nilainya bersifat tetap, sehingga pada kegiatan ini variabel tersebut berfungsi sebagai konstanta. Variabel-variabel luar tersebut terdiri dari:

1. manfaat Kota Bandung terbebas dari sampah,
2. manfaat penjualan energi listrik,
3. manfaat *tipping fee*,
4. biaya pembangunan pembangkit listrik tenaga sampah,
5. biaya operasional pembangkit listrik tenaga sampah.

### F. Definisi Operasional Variabel

#### 1. Variabel Bebas

*Air pollution control* adalah sistem peralatan yang berguna untuk mengendalikan polutan yang akan dilepas ke lingkungan. Terkait ini terdapat beragam pencemaran yang akan muncul. Setiap jenis pencemar, membutuhkan *air pollution control* yang sesuai pula, sehingga bila seluruh jenis pencemar ini ingin dihilangkan, maka akan dibutuhkan serangkaian unit-unit *air pollution control* yang sesuai.

Efisiensi *air pollution control* adalah jumlah polutan yang berhasil dikendalikan dibagi potensi polutan yang dibangkitkan. Satuan dinyatakan dengan persen. Skala pengukuran rasio.

## 2. Variabel Terikat

Menurut Mulyadi (1993) dalam arti luas biaya adalah pengorbanan sumber ekonomi, yang diukur dalam satuan uang, yang telah terjadi atau yang kemungkinan akan terjadi untuk tujuan tertentu.

Eksternalitas adalah suatu efek samping dari suatu tindakan pihak tertentu terhadap pihak lain, baik dampak yang menguntungkan maupun yang merugikan. Eksternalitas utama yang bersifat merugikan adalah tersebarnya kontaminan ke lingkungan yang menyebabkan gangguan terhadap kesehatan lingkungan.

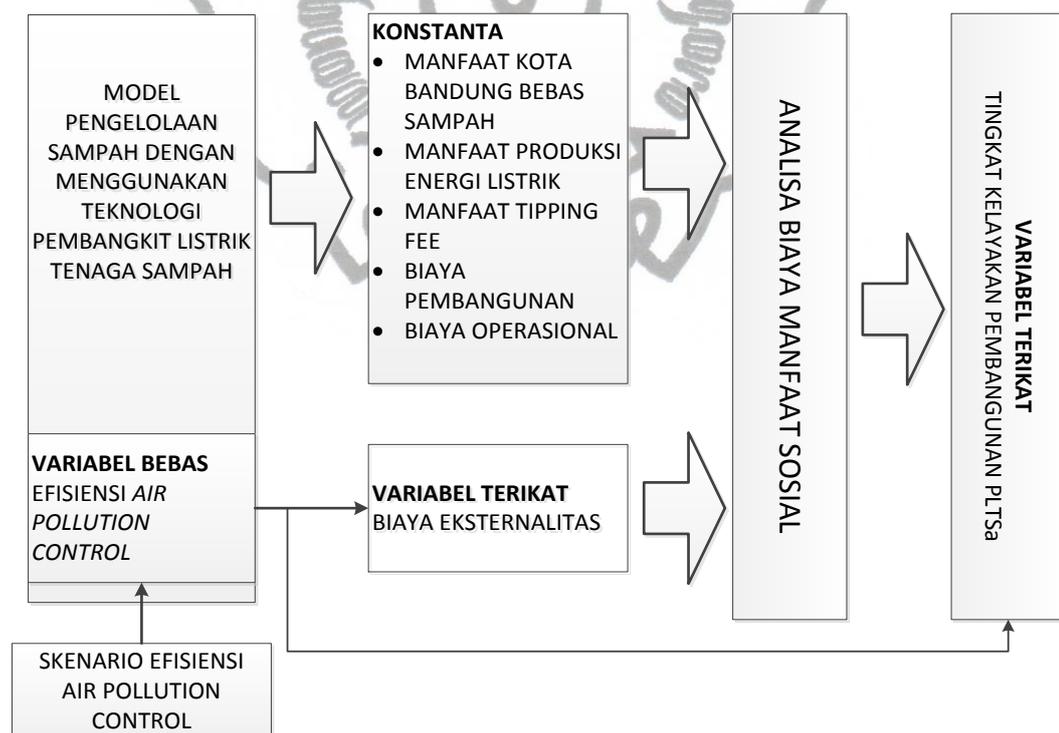
Biaya eksternalitas yang diberikan pembangkit listrik tenaga sampah di tapak pembangkit didapatkan dari seberapa besar prediksi biaya pengobatan dan hilang atau berkurangnya produktivitas masyarakat dikarenakan oleh kematian atau penyakit akibat terlepasnya kontaminan ke lingkungan, khususnya terdispersinya polutan ke udara. Satuan dinyatakan dengan Rupiah. Skala pengukuran rasio.

Analisis Tingkat kelayakan proyek pada dasarnya adalah menganalisis efisiensi suatu proyek. Metode untuk menganalisis tingkat kelayakan proyek adalah perbandingan manfaat biaya ( $BCR = \textit{benefit-cost ratio}$ ). Dalam hal ini dinyatakan dalam angka. Skala pengukuran rasio.

## G. Alur Penelitian

Bagan variabel terkait penelitian analisis biaya manfaat sosial pada pembangkit listrik tenaga sampah Gede Bage Dengan Menggunakan Berbagai Skenario efisiensi *air pollution control*, disajikan pada Gambar 23. Bagan alir tersebut dijabarkan dan diterjemahkan dari kerangka Pemikiran Penelitian, yang merupakan rangkaian tahapan penelitian dalam satu rangkuman yang tidak terlepas satu dengan yang lainnya. Dalam penelitian ini, variabel bebas berupa efisiensi *air pollution control*, nilai dari efisiensi *air pollution control* tersebut direncanakan pada nilai 0%, 25%, 50%, 75%, 90% dan 99%. Alasan penentuan penentuan nilai efisiensi *air pollution control* tersebut adalah mendapatkan nilai variabel yang linier. Nilai efisiensi *air pollution control* 0%, 25%, 50%, dan 75% menunjukkan kondisi linier, dan nilai efisiensi selanjutnya seharusnya 100%. Dalam perhitungan efisiensi 100% menunjukkan tidak ada eksternalitas, untuk itu nilai efisiensi 100% diganti dengan 90% dan 99%. Pemilihan nilai

efisiensi 90% lebih pada alasan harmonisasi nilai variabel untuk menuju nilai variabel 99%, selanjutnya efisiensi 99% dipilih karena lebih mendekati nilai efisiensi 90%. Efisiensi *air pollution control* tersebut mempengaruhi besarnya laju emisi udara dan akan mengkontaminasi lingkungan. Masing-masing nilai efisiensi *air pollution control* tersebut diproyeksikan sampai dengan 25 tahun ke depan. Pada saat diskenariokan efisiensi *air pollution control* sebesar 0%, dalam hal ini diasumsikan sejumlah kontaminan (karsinogen dan non karsinogen) dengan komposisi dan jumlah yang sama disebarkan secara kontinyu selama selama 25 tahun. Seiring dengan bertambahnya waktu diperkirakan akan terjadi peningkatan asupan dosis kontaminan harian dan akan diikuti dengan adanya respon berupa efek terhadap kesehatan pada sebuah populasi. Selama rentang proyeksi akan dicari waktu-waktu munculnya efek terhadap kesehatan karena kontaminan tertentu (terdapat 10 kontaminan). Demikian seterusnya hal tersebut diulang untuk efisiensi *air pollution control* pada nilai 25%, 50%, 75%, 90% dan 99%.



Sumber : Data Primer 2018

Gambar 23. Bagan variabel penelitian

Masing-masing nilai efisiensi *air pollution control* dengan proyeksi selama 25 tahun akan dapat dihitung biaya eksternalitas karena beroperasinya PLTSa. Kelengkapan data yang lain dapat dilakukan pengujian BCR.

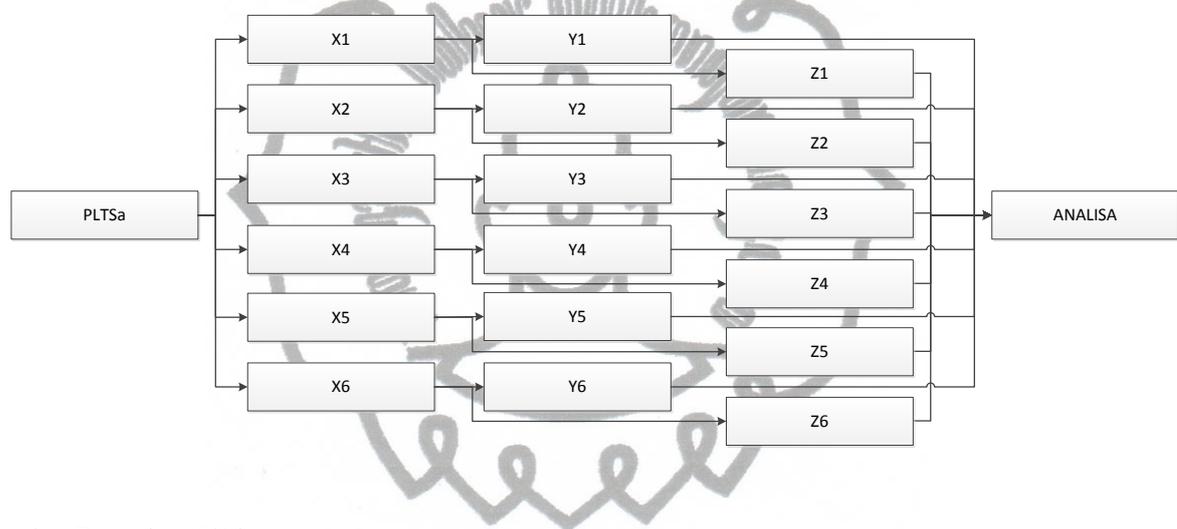
Lebih rinci dengan melibatkan variabel-variabel dapat dibuat bagan alur penelitian seperti ditunjukkan pada Sumber: Data primer 2018

Gambar 24. dan dapat dijelaskan bahwa sebagai berikut:

$x_1, x_2, \dots, x_6$  adalah variabel bebas berupa efisiensi *air pollution control*

$y_1, y_2, \dots, y_6$  adalah variabel terikat berupa komponen biaya eksternalitas

$z_1, z_2, \dots, z_6$  adalah variabel terikat berupa tingkat kelayakan pembangunan PLTSa



Sumber: Data primer 2018

Gambar 24. Bagan alur penelitian

## G. Cara Mendapatkan Data

Pada saat melakukan pengujian dengan berbagai nilai efisiensi *air pollution control*, akan diperlukan banyak data pendukung. Data-data tersebut dirinci pada uraian selanjutnya. Rangkuman data dan cara mendapatkannya dapat dilihat pada Tabel 7.

### 1. Biaya Pembangunan PLTSa

Rencana anggaran biaya pembangunan PLTSa adalah perhitungan perkiraan jumlah anggaran biaya yang diperlukan untuk membuat konstruksi PLTSa dari mulai perencanaan, pembangunan sampai dengan pemeliharaan. Data yang mendukung perhitungan ini didapatkan dari data sekunder Kantor Badan Pengelolaan Lingkungan hidup Kota Bandung.

## 2. Biaya Operasional PLTSa

Pada kasus pembangkit listrik tenaga sampah adalah biaya depresiasi mesin, peralatan, biaya bahan baku, biaya bahan penolong, biaya gaji karyawan. Data yang mendukung perhitungan ini didapatkan dari data sekunder Kantor Badan Pengelolaan Lingkungan hidup Kota Bandung.

Tabel 7. Rangkuman cara mendapatkan data

| VARIABEL  | DATA   | JENIS DATA | CARA MENDAPATKAN           |
|---|--|------------|----------------------------|
| Biaya pembangunan   | Biaya investasi                                    | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
| Biaya operasional   | Biaya pembelian air baku                           | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | Biaya BBM untuk <i>auxiliary burner</i>            | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | Biaya <i>spare part</i>                            | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | Biaya pemeliharaan prasarana                       | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | Biaya pengolahan <i>bottom ash</i>                 | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | Biaya pengolahan <i>fly ash</i>                    | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | Biaya pembelian bahan kimia                        | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | Gaji dan upah                                      | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | <i>Overhead</i> Kantor                             | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
| Biaya eksternalitas   | Operasional PLTSa                                  | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | Faktor emisi                                       | Sekunder   | USEPA                      |
|   | Klimatologi  | Sekunder   | BMKG                       |
|   | Data spasial                                       | Sekunder   | Bakosurtanal               |
|   | Udara <i>ambient</i>                               | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | Demografi  | Sekunder   | BPS                        |
|   | CSF, RfD   | Sekunder   | USEPA                      |
|   | Biaya berobat                                      | Sekunder   | BPJS                       |
| Manfaat penjualan energi listrik                              | Kapasitas daya                                     | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | Waktu operasi                                      | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | <i>Plant utility factor</i>                        | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
| Manfaat <i>tipping fee</i>                                    | Kapasitas pembakaran                               | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
|   | Biaya pengelolaan                                  | Sekunder   | BPLHD Kota Bandung         |
| Manfaat kesediaan masyarakat untuk membayar bebas dari sampah | Perbandingan RT di pemukiman padat dan tidak padat | Primer     | Survei di Kantor Kelurahan |
|   | Kesediaan membayar terbebas dari sampah            | Primer     | Survei responden           |

Sumber : Data primer, 2018

### 3. Biaya Eksternalitas

Biaya eksternalitas yang diberikan pembangkit listrik tenaga sampah di tapak pembangkit didapatkan dari seberapa besar prediksi biaya pengobatan masyarakat dikarenakan oleh kematian atau penyakit akibat terlepasnya kontaminan ke lingkungan, khususnya terdispersinya polutan ke udara. Pada pendekatan ini, valuasi yang dilakukan untuk memberikan harga modal manusia yang terkena dampak akibat tercemarnya lingkungan. Hal ini terutama dapat dilakukan untuk memperhitungkan efek kesehatan dan bahkan kematian dapat dikuantifikasi harganya di pasar. Pendekatan ini dapat dilakukan melalui teknik pendekatan biaya pengobatan (*medical cost/cost of illness*). Dalam hal ini diperlukan data biaya pengobatan yang mereferensikan suatu penyakit tertentu. Dalam upaya ini data didapatkan dari Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan.

Dalam bahasan kesehatan lingkungan, disajikan sebagai empat urutan langkah, yaitu: prakiraan lepasan, prakiraan transportasi, prakiraan paparan, dan prakiraan konsekuensinya. Setiap langkah memiliki komponen kualitatif dan komponen kuantitatif. Output kuantitatif setiap langkah adalah masukan untuk langkah berikutnya, pada akhirnya mengarah ke perkiraan kuantitatif risiko kesehatan.

Perhitungan biaya kesehatan karena PLTSa beroperasi dimulai dengan perhitungan prakiraan lepasan merupakan upaya identifikasi terhadap kontaminan dan estimasi kuantitatif terhadap probabilitas lepasan serta tingkat lepasan ke lingkungan. Cara estimasi kuantitatif terhadap probabilitas lepasan yang tergolong praktis sehingga sering sekali digunakan adalah dengan memanfaatkan faktor emisi. Nilai faktor emisi ini diambil dari standar EPA.

Pembakaran sampah menyebabkan emisi dari sejumlah besar bahan kimia (diperkirakan lebih dari 130 senyawa). Namun keterbatasan sumber daya dan informasi menyebabkan tidak semua bahan kimia yang dipancarkan dapat dipelajari terkait efek terhadap kesehatan manusia. Pada tahap awal, bahan kimia yang dipancarkan dipilih, mana yang paling berlimpah dan/atau memiliki dampak yang paling parah terhadap kesehatan didasarkan pada efek karsinogenik atau non karsinogenik.

Upaya kuantifikasi biaya eksternalitas ini tergantung pada prediksi laju emisi dari kontaminan penting. Dalam penelitian ini diambil 10 buah kontaminan penting. Rujukan yang populer dipakai adalah adalah dokumen faktor emisi yang berasal dari USEPA, dalam penelitian ini rujukan yang digunakan adalah AP-42 Section 2.1, *Refuse Combustion*. Dalam dokumen ini

hanya mencantumkan faktor emisi sejumlah polutan, misalnya polutan Cr, Cd, Ar, CDD/CDF, Hg, Pb, SO<sub>2</sub>, HCl, PM dan NO<sub>x</sub>.

Prakiraan dispersi emisi ditentukan pada awal kegiatan ini. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk membuat model dispersi kontaminan dengan sumber berupa titik, dan diperlukan data meteorologi. Data meteorologi ini dipastikan kecepatan angin serta stabilitas atmosfer yang merupakan parameter penting dalam menghitung disperse emitan. Data ini didapatkan dari kantor BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika).

Pemodelan diperlukan data spasial serta beberapa bantuan berupa asumsi-asumsi, dan selanjutnya perlu dibuat *windrose* yang merupakan diagram untuk mengilustrasikan fluktuasi arah dan kecepatan angin di suatu daerah. *Windrose* ini menjadi penting karena akan sangat membantu dalam perhitungan penyebaran konsentrasi polutan udara. *Windrose* yang dibuat mengikuti pola 16 grid arah mata angin.

Prakiraan dampak kualitas udara merupakan konfirmasi dan pendalaman informasi dari jenis serta besaran dari dampak. Output prakiraan dampak dapat ditampilkan sebagai peta *isopleth* semburan dan peta *isopleth* wilayah sebaran, peta ini dibuat untuk menunjukkan peningkatan konsentrasi polutan dan peningkatan sebaran polutan dalam kondisi rata-rata di seluruh wilayah sebaran dampak. Gradasi peningkatan konsentrasi rata-rata yang mungkin terjadi akan tervisualisasikan di peta *isopleth* ini.

Peta *isopleth* tersebut dihamperkan (*overlay*) ke peta tematik yang memiliki informasi demografi. Peta *isopleth* yang memiliki informasi sebaran polutan dikaitkan dengan di wilayah kelurahan yang memiliki data karakteristik penduduk. Hasil upaya ini adalah sebagai data dasar menentukan perkiraan risiko kesehatan pada seluruh kelurahan-kelurahan yang masuk dalam wilayah sebaran dampak.

Model distribusi spasial kontaminan di darat dibuat dengan langkah-langkah teknisnya sebagai berikut: 1) Penyiapan peta wilayah studi melalui digitasi peta rujukan; 2) Titik sampel disebarkan untuk 16 arah mata angin sesuai koordinat titik peta wilayah studi; 3) Pembuatan gambar model dengan nilai error sekecil mungkin; 4) Analisa output data hasil perhitungan untuk setiap wilayah melalui pendekatan model; 5) Validasi model.

Rute paparan digambarkan sebagai jalan kontaminan bergerak, mulai dari media lingkungan ke dalam tubuh seorang manusia yang terkena paparan. Kontaminan lingkungan, merupakan rute paparan khas adalah menghirup udara yang terkontaminasi, konsumsi air yang terkontaminasi, makanan, atau tanah, dan kontak kulit dengan media terkontaminasi seperti air

atau tanah. Dalam upaya prakiraan paparan yang lengkap membutuhkan estimasi yang lebih akurat pada tingkat serapan penduduk yang terkena paparan, perkiraan tersebut menyertakan ketidakpastian dan variabilitas. Dalam penelitian ini rute paparan hanya melalui pernapasan dengan menghirup udara yang terkontaminasi.

Analisis dosis respon, merupakan tahap analisis risiko kesehatan lingkungan untuk menentukan nilai toksisitas agent kimia. Toksisitas senyawa karsinogenik dinyatakan dengan nilai CSF (*cancer slope factor*) dan untuk senyawa non-karsinogenik dinyatakan dengan nilai RfD (*reference dose*). Nilai CSF dan RfD diperoleh melalui penghitungan NOAEL (*no observed adverse effect level*) dan LOAEL (*low observed adverse effect level*), parameter untuk mendukung perhitungan tersebut bisa didapatkan dari USEPA (IRIS).

#### **4. Manfaat Penjualan Energi**

*Power purchase agreement* (PPA) adalah kontrak antara dua belah pihak, yaitu pihak yang menghasilkan listrik (penjual) dan pihak yang mencari untuk membeli listrik (pembeli). PPA mendefinisikan semua persyaratan komersial untuk penjualan listrik antara kedua belah pihak, termasuk ketika proyek akan mulai dioperasikan sesuai standar komersial, jadwal untuk pengiriman listrik, penalti bila tidak sesuai kontrak, syarat pembayaran, dan terminasi.

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) memanfaatkan sampah sebagai energi primer, energi yang terkandung dalam sampah tersebut dikonversi untuk memberikan manfaat menjadi energi listrik setelah melewati proses insinerasi. Nilai manfaat tersebut tergantung pada kapasitas daya dari pembangkit, harga jual energi listrik seperti yang tertuang dalam *power purchasing agreement* (PPA), waktu operasi pembangkit dan faktor utilitas. Data yang diperlukan untuk mendukung perhitungan tersebut didapatkan dari Kantor BPLHD Kota Bandung dan atau Kantor PLN.

#### **5. Manfaat *Tipping Fee***

Keberadaan PLTSa dipastikan akan memberikan layanan pemusnahan sampah dengan membakar dan mengkonversikan energi termal menjadi energi listrik. Pemerintah Kota Bandung, dalam hal ini PD Kebersihan sebagai penerima jasa langsung atas pemusnahan sampah tersebut berkewajiban untuk membayar sebesar nilai uang tertentu. Biaya yang ditanggung Pemerintah Kota Bandung atas jasa pemusnahan sampah tersebut dinamakan *tipping fee*. Sebaliknya bagi operator PLTSa pembayaran *tipping fee* ini merupakan manfaat.

Besarnya pembayaran *tipping fee* ini merupakan kesepakatan antara pihak Pemerintah Kota Bandung sebagai penerima jasa dengan pihak pengelola PLTSA sebagai pemberi jasa. Perhitungan manfaat pembayaran *tipping fee* ini didapatkan dari jumlah tonase sampah yang dibakar dikalikan dengan biaya *tipping fee* per ton sampah. Data untuk keperluan menghitung manfaat *tipping fee* didapatkan dari BPLHD Kota Bandung.

## 6. Manfaat Bersih di Kota Bandung

Melakukan valuasi bersih di Kota Bandung dilakukan dengan pendekatan kesediaan masyarakat untuk membayar kebersihan karena layanan PLTSA. Pendekatan kesediaan membayar ini juga merupakan pendekatan non pasar, untuk itu dapat digunakan melalui pendekatan preferensi masyarakat. Kegiatan ini dimulai dengan Survei lapangan untuk mengumpulkan data primer. Alat yang dipergunakan untuk Survei berupa lembar kuestioner. Responden yang menjadi obyek Survei adalah masyarakat Bandung yang dipilih menggunakan metoda *cluster random sampling*. Responden-responden tersebut terbagi menjadi 2 kelompok besar, yaitu responden yang tinggal di pemukiman kumuh, dan responden yang tinggal di pemukiman tidak kumuh. Penentuan kriteria tersebut dikembangkan dari keputusan menteri permukiman dan prasarana wilayah No. 403/KPTS/M/2002 tentang pedoman teknis pembangunan rumah sehat sederhana.

Tabel 8. Kriteria penentuan tipe pemukiman

| KRITERIA               | TIPE PEMUKIMAN                |                               |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                        | KUMUH                         | TIDAK KUMUH                   |
| Lebar jalan            | < 2meter                      | ≥ 2meter                      |
| Luas tanah             | Rata-rata < 60 m <sup>2</sup> | Rata-rata ≥ 60 m <sup>2</sup> |
| Arah dan lebar jalan   | Cenderung tidak teratur       | Cenderung teratur             |
| Arah dan luas bangunan | Cenderung tidak teratur       | Cenderung teratur             |

Sumber : keputusan menteri permukiman dan prasarana wilayah No. 403/KPTS/M/2002 tentang pedoman teknis pembangunan rumah sehat sederhana.

Pengelompokkan jenis pemukiman tersebut dilakukan dengan kriteria lebar jalan yang ada di depan rumah, keteraturan bangunan serta luas tanah. Penentuan tipe pemukiman diawali dengan teknik spasial. Peta tematik pemukiman menunjukkan bahwa pemukiman kumuh ditandai dengan bentuk bangunan dan jalan pemukiman yang tidak teratur, sedangkan

pemukiman tidak kumuh ditandai dengan bentuk bangunan dan jalan yang lebih teratur. Sebagai upaya memastikan kriteria tipe pemukiman, maka diperlukan peninjauan di lapangan. Lebih rinci kriteria jenis pemukiman dapat dilihat pada Tabel 8. Dalam Survei tersebut, pertanyaan diolah menjadi variabel-variabel pasar, yaitu *willingness to pay* (WTP) yang dinyatakan dalam bentuk nilai uang dan juga berapa kompensasi yang mewakili apabila manfaat tersebut hilang.

Dalam penelitian ini diperlukan data perbandingan (persentase) jumlah RT yang berada di pemukiman kumuh, dan pemukiman tidak kumuh, maka dilakukan pendekatan *cluster random sampling*. Hasil yang diharapkan dari kegiatan ini adalah perbandingan jumlah RT yang ada di pemukiman kumuh, dan jumlah RT yang ada di pemukiman tidak kumuh, data seperti itu didapatkan dari Kantor Kelurahan. Karena alasan pembangunan kota cenderung terpengaruh DKI Jakarta, maka dalam upaya ini Kota Bandung dibagi menjadi tiga area, yaitu area timur, area tengah dan area barat. Karena akan diambil 6 Kelurahan sebagai sampel, maka masing-masing area tadi akan dipilih 2 kelurahan sebagai sampel dengan kriteria kelurahan yang memiliki paling banyak pemukiman kumuh dan kelurahan paling sedikit memiliki pemukiman kumuh. Data yang diinginkan biasanya tidak tersedia di kantor Kelurahan, namun data tersebut dapat dibangun dengan cara wawancara terstruktur dengan petugas Kelurahan yang memahami sebaran RT di wilayahnya. Survei lapangan diperlukan sebagai upaya pengecekan dan memastikan kebenaran dari data yang telah didapat.

Dalam menentukan jumlah unit sampel, populasi masyarakat dikelompok-kelompokkan menjadi populasi masyarakat yang tinggal di pemukiman kumuh, dan pemukiman tidak kumuh. Jumlah responden pada masing-masing kelompok pemukiman terbagi secara proporsional sesuai perbandingan persentase hasil Survei di Kantor Kelurahan.

Alat yang digunakan untuk memperoleh data primer ini adalah kuesioner. Sedangkan metode yang digunakan untuk memperoleh data primer adalah metode survei dengan teknik wawancara langsung (*direct interview*), dengan dibantu daftar pertanyaan (kuesioner). Metode survei dengan teknik wawancara langsung digunakan karena dapat memperoleh data secara lebih lengkap dan lebih akurat, karena dapat berinteraksi secara langsung dengan responden yang diteliti. Data yang didapat dapat mengilustrasikan kesediaan masyarakat di suatu jenis pemukiman untuk membayar kebersihan secara individu.

## H. Teknik Analisis Data

### 1. Ekstrapolasi Jumlah Penduduk dan Timbulan Sampah

Pertumbuhan penduduk menjadi pertimbangan utama dalam menentukan kebijakan pengelolaan sampah, hal tersebut dikarenakan menjadi parameter utama dalam mengukur jumlah timbulan sampah. Dalam melakukan ekstrapolasi jumlah penduduk sampai dengan 25 tahun ke depan dihitung dengan mempergunakan metoda geometrik seperti pada Persamaan (37).

$$P_n = P_0(1 + r)^n \quad (37)$$

Dimana

$P_n$  jumlah penduduk pada tahun ke  $n$

$P_0$  jumlah penduduk pada saat tahun awal proyeksi, yaitu jumlah penduduk tahun 2013

$n$  tahun ekstrapolasi

$r$  rata-rata pertumbuhan penduduk

Jumlah timbulan sampah dipengaruhi oleh banyak variabel yang kompleks, diantaranya kesejahteraan masyarakat, pola hidup, kemajuan teknologi dan jumlah penduduk. Namun demikian yang paling dominan adalah jumlah penduduk.

### 2. Biaya Pembangunan dan Operasional PLTSa

Secara umum pekerjaan pembangunan pembangkit listrik ini mencakup perencanaan, penyiapan lahan, konstruksi dan pemeliharaan. Data yang mendukung perhitungan ini didapatkan dari data sekunder Kantor Badan Pengelolaan Lingkungan hidup Kota Bandung.

$$BPP = f(BP_{LH}, BP_{DS}, BP_{CV}, BP_{EQ}, BP_{EL}, BP_{IN}) \quad (38)$$

Persamaan (38) tersebut mencakup biaya yang mencakup penyediaan dan penyiapan lahan, perencanaan, konstruksi sipil, instalasi peralatan, pemipaan, elektrikal, dan instrument. Sedangkan untuk WTE insinerator kebutuhan lahan diperlukan untuk fasilitas-fasilitas antara lain : *reception area, burning area, power plant area, rejected material area, internal road* dan *drainase, parking area, dan buffer zone*.

### 3. Perhitungan Biaya Eksternalitas (Data Variabel)

Biaya eksternalitas yang diberikan pembangkit listrik tenaga sampah di tapak pembangkit didapatkan dari seberapa besar prediksi biaya pengobatan masyarakat dikarenakan oleh penyakit akibat terlepasnya kontaminan ke lingkungan, khususnya terdispersinya polutan ke

udara. Nilai jasa lingkungan ini dapat dilakukan dengan pendekatan modal manusia (*human capital*). Pada pendekatan ini, valuasi yang dilakukan untuk memberikan harga modal manusia yang terkena dampak akibat tercemarnya lingkungan. Pendekatan ini sedapat mungkin menggunakan harga pasar sesungguhnya ataupun dengan harga bayangan. Hal ini terutama dapat dilakukan untuk memperhitungkan efek kesehatan dan bahkan kematian dapat dikuantifikasi harganya di pasar. Pendekatan ini dapat dilakukan melalui teknik pendekatan biaya pengobatan (*medical cost/cost of illness*)

$$BEP_{SK} = (PS_1 \times BP_1) + (PS_2 \times BP_2) + \dots + (PS_n \times BP_n) \quad (39)$$

Dimana

|            |   |
|------------|---|
| $BET_{SK}$ | biaya eksternalitas masyarakat sakit karena PLTSa |
| $PS_1$     | jumlah risiko kesehatan untuk penyakit jenis ke 1 |
| $PS_2$     | jumlah risiko kesehatan untuk penyakit jenis ke 2 |
| $PS_n$     | jumlah risiko kesehatan untuk penyakit jenis ke n |
| $BP_1$     | rata-rata biaya pengobatan penyakit jenis ke 1    |
| $BP_2$     | rata-rata biaya pengobatan penyakit jenis ke 2    |
| $BP_n$     | rata-rata biaya pengobatan penyakit jenis ke n    |

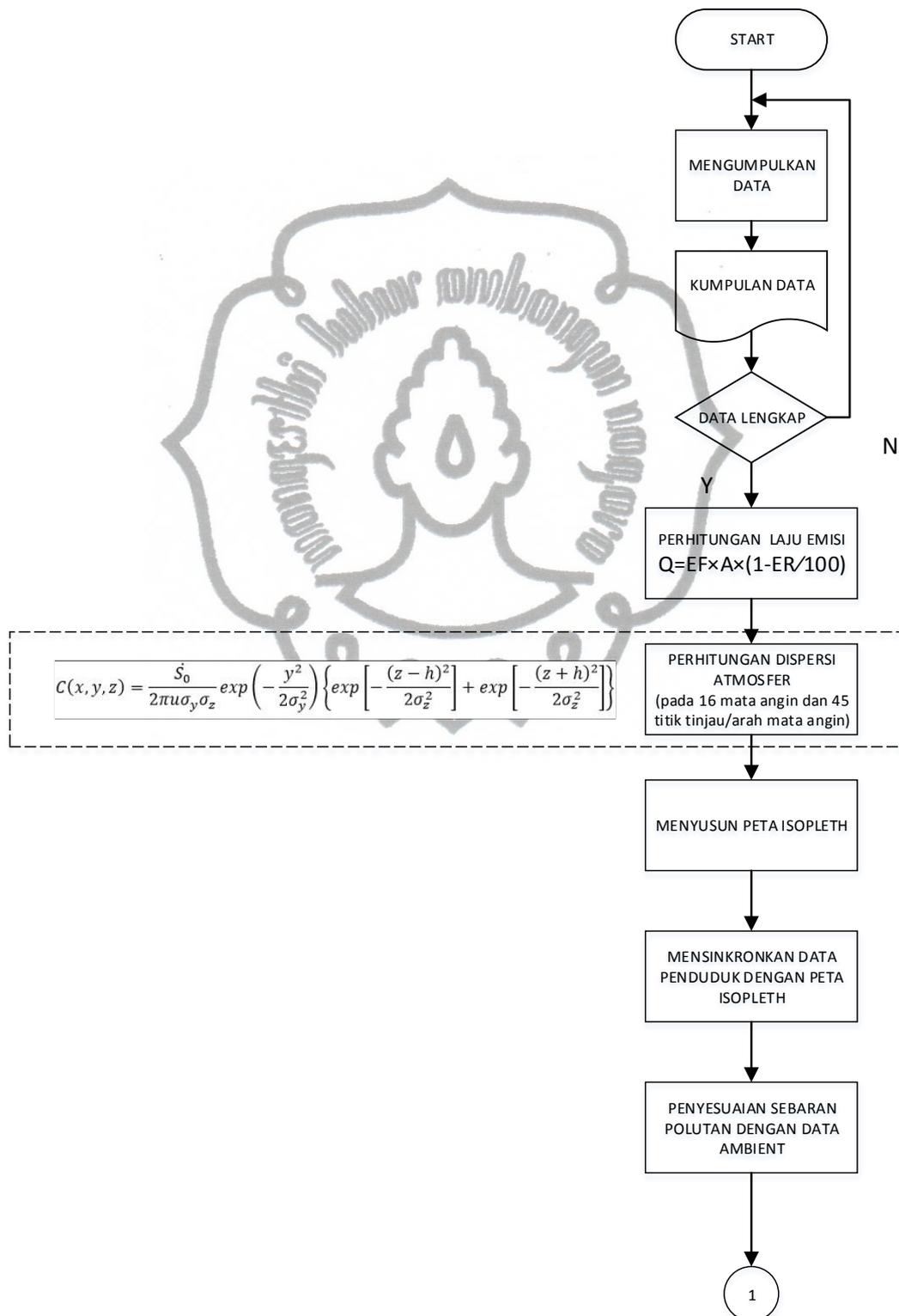
Secara lebih terinci mengenai perhitungan biaya eksternalitas tersebut ditunjukkan pada Gambar 25. Gambar 25 tersebut berupa diagram alir cara perhitungan biaya eksternalitas secara lengkap.

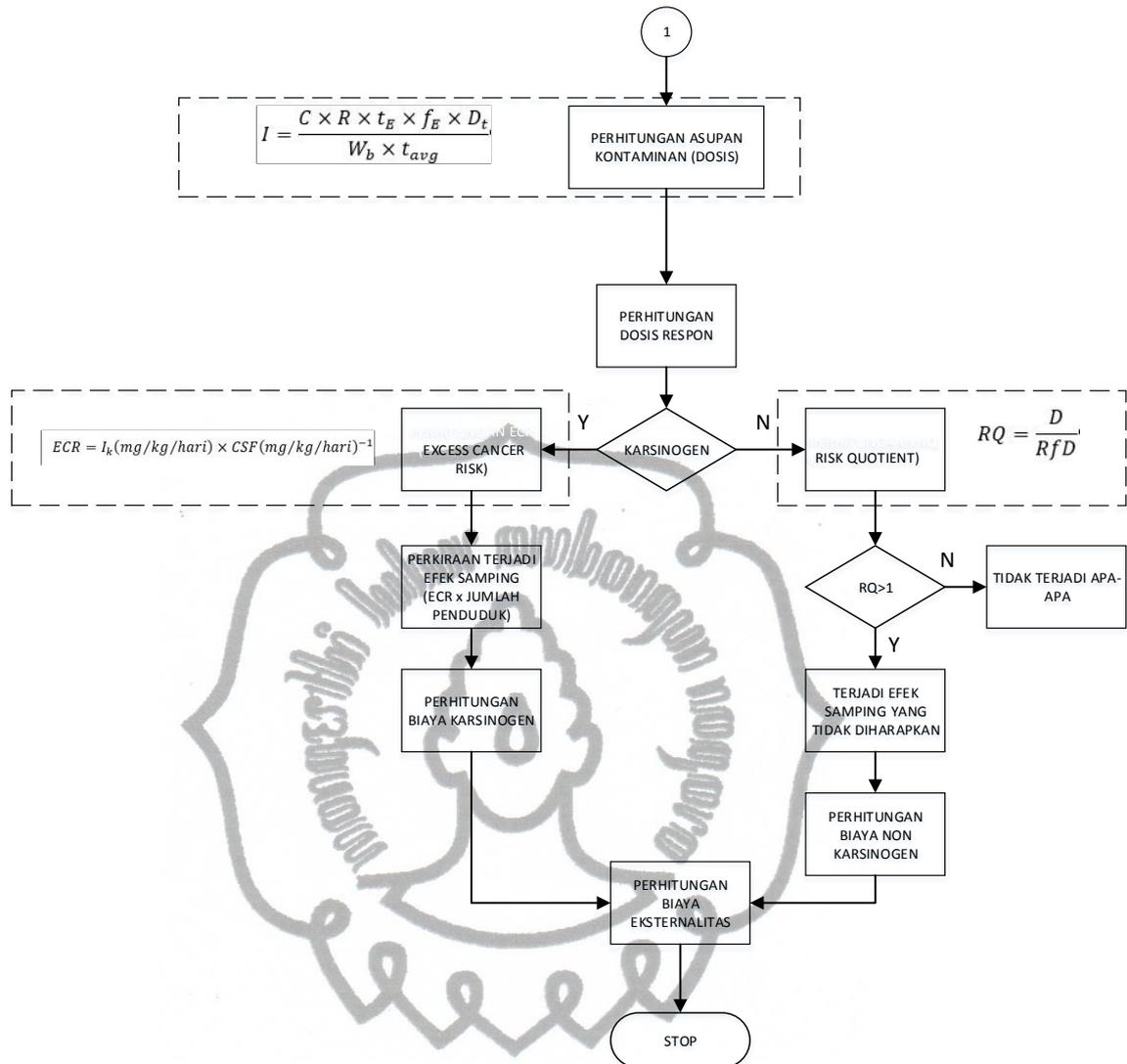
Tabel 9. Risiko kesehatan lingkungan

| POLUTAN  | DAMPAK                                       |
|--|--|
| Kromium<br>Kadmium   | Saluran Pernapasan (karsinogen)              |
| Arsenik<br>Dioxin  | Penyakit dalam, khususnya liver (karsinogen) |
| Mercury<br>Timah Hitam   | Neurotoxin (non karsinogen)                  |
| Sulfur Dioksida<br>Hidrogen Klorida<br>Emisi Partikel<br>Nitrogen Oksida | Gangguan saluran pernapasan (non karsinogen) |

Sumber: Ontario Ministry of the environment (1999) (dimodifikasi)

Risiko kesehatan untuk jenis penyakit seperti pada Persamaan (39) merupakan toksisitas senyawa karsinogenik dan senyawa non-karsinogenik. Lebih rinci jenis penyakit yang merupakan dampak risiko kesehatan lingkungan karena kontaminan hasil pembakaran sampah di PLTSa dapat dilihat pada Tabel 9.





Sumber : Data primer, 2018

Gambar 25. Diagram alir perhitungan biaya eksternalitas

#### 4. Perhitungan Manfaat Penjualan Listrik

Nilai manfaat tersebut tergantung pada kapasitas daya dari pembangkit, harga jual energi listrik seperti yang tertuang dalam *power purchasing agreement* (PPA), dan tingkat keberhasilan produksi energi listrik. Tingkat keberhasilan produksi energi listrik ini dipengaruhi oleh waktu kesempatan berproduksi dan faktor utilitas pembangkit (*plant utility factor*).

$$MPL = PUF \times P \times T \times PPA \tag{40}$$

Dimana

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| <i>MPL</i> | manfaat produksi listrik          |
| <i>PUF</i> | <i>plan utility factor</i>        |
| <i>P</i>   | Daya                              |
| <i>T</i>   | waktu                             |
| <i>PPA</i> | <i>power purchasing agreement</i> |

## 5. Perhitungan Manfaat Kota Terbebas Dari Sampah

Nilai manfaat terhadap lingkungan yang bersifat positif di Kota Bandung, dilakukan valuasi terhadap nilai ekonomi yang terkandung dalam terbebasnya Kota Bandung dari tumpukan sampah, terkendalanya rembesan leachate atau lindi, akan menghindarkan sumber bau tidak sedap yang memberikan efek buruk bagi daerah sensitif sekitarnya, terhindarnya sumbatan sampah padat yang menyumbat saluran air dan terjaganya keindahan lingkungan yang didapatkan masyarakat Kota Bandung dengan kebersihan Fasilitas umum dan fasilitas sosial.

Dalam hal ini nilai WTP dijadikan sebagai variabel dependen yang dipengaruhi oleh beberapa faktor dan dapat diturunkan model persamaan seperti pada Persamaan (41).

$$WTP = f(Sl, Sj) \quad (41)$$

Dimana

*Sl* spesifikasi lahan tempat tinggal

*Sj* spesifikasi jalan

Langkah selanjutnya dihitung WTP rata-rata pada masing-masing kelas pemukiman, dan kemudian dilakukan agrerasi yang menunjukkan proses rata-rata penawaran dikonversikan ke dalam nilai angka total populasi.

$$WTP_p = POP \times \{(WTP_A \times PPT_A) + (WTP_B \times PPT_B)\} \quad (42)$$

Dimana

*POP* jumlah penduduk Kota Bandung

*WTP<sub>p</sub>* kesediaan membayar masyarakat Pemukiman

*WTP<sub>A</sub>* rata-rata kesediaan membayar di pemukiman kumuh

*PPT<sub>A</sub>* prosentase jumlah penduduk di pemukiman kumuh

*WTP<sub>B</sub>* rata-rata kesediaan membayar pemukiman tidak kumuh

*PPT<sub>B</sub>* prosentase jumlah penduduk di pemukiman tidak kumuh

## 6. Analisis Biaya Manfaat Sosial

Pada tahap dilakukan analisis biaya dan manfaat sosial, dengan tujuan untuk membandingkan sistem pengolahan sampah eksisting dengan memanfaatkan tempat pembuangan akhir dengan bila dibangun pembangkit listrik tenaga sampah. Pada kegiatan ini dapat dilihat hubungan biaya pembangunan proyek pengelolaan sampah dan eksternalitas yang ditimbulkannya. Pada dasarnya rangkaian dampak yang ditimbulkan pada pengolahan sampah, dimulai sejak masuknya sampah ke lokasi pengelolaan sampah. Pada pengolahan sampah akan dihasilkan kontaminan yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas dari udara, tanah, dan kualitas air dengan bertambahnya konsentrasi polutan ke dalam media tersebut. kontaminan tersebut dapat mengpaparan manusia, gedung, binatang, dan tanaman, yang dapat mengakibatkan dampak yang merugikan, misalnya dampak pada kesehatan, dan ini pada akhirnya menjadi beban yang harus ditanggung oleh masyarakat (*social cost*).

Tahap sebelumnya dilakukan identifikasi biaya dan manfaat dan melakukan penakaran dan memvaluasi secara moneter. Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan seluruh *cost* (kerugian) ataupun *benefit* (keuntungan), yang dihitung dengan menggunakan nilai uang. Nilai *present value* harus dikonversikan dalam nilai saat ini.

Hal terpenting dalam menggunakan *Net present value* adalah menentukan tingkat diskonto (*discount rate*). Dalam hal ini mengacu dan berdasarkan instrumen kebijakan pemerintah sebagai pedoman investasi dalam sistem ekonomi. Akibat fluktuasi tingkat inflasi yang menyebabkan cukup kompleks untuk diramalkan/*forecasting*, maka digunakan tingkat diskonto berdasarkan laju inflasi selama 25 tahun. Sesudah tahun 2010 digunakan kebijakan pemerintah untuk menjaga inflasi pada titik 10%.

$$P_0 = P_t / (1 + i)^t \quad (43)$$

Dimana

|       |                          |
|-------|--------------------------|
| $P_0$ | nilai uang sekarang      |
| $P_t$ | nilai uang dimasa datang |
| $i$   | tingkat diskonto         |
| $t$   | tahun                    |

### a. Biaya Dan Manfaat

Biaya total yang terkait beroperasinya PLTSa.

$$BTP = BEP + BPP \quad (44)$$

Dimana

*BTP* biaya total bila dibangun PLTSa Gede Bage

*BEP* biaya penanganan eksternalitas

*BPP* biaya pembangunan dan operasi PLTSa

Manfaat yang terkait dengan pembangunan PLTSa didapatkan dari manfaat terbebasnya Kota Bandung dari sampah, manfaat yang dapat diekstrak langsung oleh masyarakat dan hasil produksi energi listrik

$$MTP = MBS + MTF + MPL \quad (45)$$

Dimana

*MTP* manfaat total bila ada PLTSa

*MBS* nilai manfaat Bandung terbebas dari sampah

*MTF* nilai manfaat pembayaran *tipping fee*

*MPL* nilai manfaat penjualan energi listrik

Biaya dan manfaat sosial bila ada PLTSa tersebut diproyeksikan sampai dengan 25 tahun ke depan. Penentuan nilai tersebut dipengaruhi perkembangan jumlah penduduk. Penduduk di wilayah sebaran dampak beroperasinya PLTSa Gede Bage diperkirakan akan terus berkembang, untuk itu perhitungan biaya eksternalitas disesuaikan dengan perkembangan penduduk. Biaya berobat disesuaikan dengan nilai uang pada tahun perhitungan. Manfaat pengoperasian PLTSa adalah penjualan energi Listrik. Perhitungan manfaat ini, diasumsikan kapasitas daya yang dibangkitkan tidak berubah, namun demikian nilai jual disesuaikan dengan nilai uang pada saat tahun perhitungan. Sebagai catatan adanya peningkatan jumlah sampah karena perkembangan jumlah penduduk diasumsikan tidak mempengaruhi kapasitas produksi energi listrik. Dalam kaitan ini, fasilitas PLTSa berguna untuk mereduksi semua sampah dengan cara dibakar.

### b. Uji Dengan Perbandingan Biaya dan manfaat (BCR)

Dengan kriteria ini maka proyek yang dilaksanakan adalah proyek yang mempunyai angka perbandingan lebih besar dari satu.

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{M_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+i)^t}} \quad (46)$$

|       |                                |
|-------|--------------------------------|
| $BCR$ | perbandingan biaya dan manfaat |
| $i$   | tingkat diskonto               |
| $T$   | umur proyek                    |
| $t$   | tahun                          |
| $M$   | manfaat                        |
| $B$   | biaya                          |

Berdasarkan metode ini, suatu proyek akan dilaksanakan apabila  $BCR > 1$ .

#### c. Uji dengan metode NPV (Nilai Bersih Sekarang)

Proyek yang efisien adalah proyek yang manfaatnya lebih besar dari pada biaya yang diperlukan. Nilai bersih suatu proyek merupakan seluruh nilai dari manfaat proyek dikurangkan dengan biaya proyek pada tahun yang bersangkutan dan didiskontokan dengan tingkat diskonto.

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{M_t - B_t}{(1+i)^t} \quad (47)$$

|       |                       |
|-------|-----------------------|
| $NPV$ | nilai bersih sekarang |
| $i$   | tingkat diskonto      |
| $T$   | umur proyek           |
| $t$   | tahun                 |
| $M$   | manfaat               |
| $B$   | biaya                 |

#### d. Uji dengan metode IRR (*Internal Rate of Return*)

Dengan metode ini tingkat diskonto dicari sehingga menghasilkan nilai sekarang suatu proyek sama dengan nol. Persamaan untuk menghitung IRR ditunjukkan pada Persamaan (30).

$$\sum_{t=0}^T \frac{M_t - B_t}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (48)$$

|            |                                |
|------------|--------------------------------|
| <i>IRR</i> | <i>internal rate of return</i> |
| <i>i</i>   | tingkat diskonto               |
| <i>T</i>   | umur proyek                    |
| <i>t</i>   | tahun                          |
| <i>M</i>   | manfaat                        |
| <i>B</i>   | biaya                          |

Proyek yang mempunyai nilai IRR yang tinggi yang mendapat prioritas. Walaupun demikian pertimbangan untuk melaksanakan proyek tidak cukup hanya dengan IRR-nya saja, tetapi secara umum tingkat pengembaliannya (*rate of return*) harus lebih besar dari biaya oportunitas penggunaan dana.

## 7. Korelasi dan Regresi

Uji korelasi adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel yang datanya kuantitatif. Selain dapat mengetahui derajat keeratan hubungan korelasi juga dapat digunakan untuk mengetahui arah hubungan dua variabel numerik.

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian untuk mengetahui ada tidaknya hubungan diantara variabel efisiensi *air pollution control* terhadap nilai biaya eksternalitas, dengan pengujian tersebut dimanfaatkan juga untuk mengetahui seberapa besar derajat keeratan hubungan diantara variabel tersebut. Selain itu dilakukan pengujian untuk mengetahui ada tidaknya hubungan diantara variabel efisiensi *air pollution control* terhadap tingkat kelayakan proyek.

Analisis korelasi linier sederhana digunakan untuk mengetahui ada atau tidak hubungan antara dua variabel dan juga untuk mengetahui seberapa erat hubungan antara dua variabel yang biasa disebut variabel *X* dan variabel *Y*. Koefisien relasi sederhana menunjukkan seberapa besar hubungan yang terjadi antara dua variabel, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (32). Pada persamaan tersebut, *x* dapat diartikan sebagai variabel efisiensi *air pollution control* dan *y* dapat berupa variabel nilai biaya eksternalitas atau tingkat kelayakan proyek.

Dalam penelitian ini, diperkirakan terdapat hubungan kausal antara variabel efisiensi *air pollution control* terhadap nilai biaya eksternalitas, dan antara variabel efisiensi *air pollution*

*control* terhadap tingkat kelayakan proyek. Atas dasar tersebut, maka peneliti melanjutkan uji korelasi ini dengan analisis regresi, selanjutnya karena hanya memiliki 1 buah variabel bebas dan 2 buah variabel terikat, maka dilakukan regresi sederhana sebanyak 2 kali. Regresi sederhana didasarkan pada hubungan fungsional ataupun kausal antara satu variabel bebas dengan satu variabel terikat ditunjukkan Persamaan umum regresi linier sederhana, pada Persamaan (33).

