

## **1.1 Latar Belakang**

Pemanfaatan sumber energi fosil seperti batu bara, minyak alam, dan gas bumi secara berkelanjutan masih menjadi unggulan di beberapa negara. Seiring dengan kemajuan teknologi yang terjadi, penggunaan energi fosil dinilai memberikan kontribusi negatif terhadap lingkungan contohnya emisi gas rumah kaca (GRK). Komposisi GRK didominasi gas berupa karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebesar 82% dan diikuti gas metana (CH<sub>4</sub>) pada urutan kedua sebesar 16% (Kementerian ESDM, 2013). Beberapa jenis metode dan teknologi telah digunakan sebagai energi baru terbarukan (EBT) agar mengurangi penggunaan bahan bakar fosil seperti sel surya, *piezoelectric*, *geothermal*, angin, dan sebagainya. Teknologi tersebut tentu tidak sepenuhnya dapat diterapkan akibat kondisi geografis, tingginya biaya investasi, kurangnya minat masyarakat, serta belum adanya subsidi oleh pemerintah (Kementerian ESDM, 2013).

Pada umumnya penduduk suatu wilayah akan menghasilkan sampah dalam beragam komposisi dengan timbunan rata-rata 0,7 kg/orang/hari (Baqiroh, 2019). Kota Balikpapan dengan jumlah penduduk 655.178 jiwa (BPS, 2019), menghasilkan rata-rata sampah harian sebanyak 362 ton (TPA Manggar, 2018). Berat sampah didominasi oleh jenis organik seperti limbah pertanian, limbah peternakan, limbah pasar dan dapur dengan persentase sebanyak 59,4% atau setara 215 ton. Secara global sampah organik berpotensi dalam penerapan *waste to energy*, karena kemudahannya dalam konversi menjadi energi listrik, panas, ataupun bahan bakar (CNG) (Widyawidura, *et al.*, 2016). Sampai saat ini, sampah organik di TPA Manggar hanya diolah melalui pengomposan dan berakhir pada penimbunan di *landfill*. Kondisi tersebut berpotensi mencemari lingkungan tanah, air, dan udara. Air yang melewati timbunan sampah akan mengangkut polutan-polutan dan selanjutnya dikenal sebagai air lindi atau *leachate* (Ömeroğlu, *et al.*, 2016). Umumnya air lindi kaya akan material padatan, bahan organik (karbohidrat, lemak, dan

protein) maupun anorganik, dan lain sebagainya yang *toxic* bagi lingkungan (Hartini dan Yulianto, 2018).

Lumpur atau sedimen dari pengolahan air lindi terbentuk dari pemisahan padatan (polutan) dengan air sebagai pelarutnya kemudian tersedimentasi. Lumpur memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan bervariasi. Bahan organik yang dimaksud terdiri dari *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Total Dissolved Solid* (TDS) (Ibrahim, *et al.*, 2017). Lumpur mengandung organik karbon 0,4-2,2%, berat yang cukup untuk dikonversi menjadi energi listrik (Sari, 2017). Pemanfaatan lumpur sebagai biolistrik dengan campuran sampah organik mampu menghasilkan 47,6 mW/m<sup>2</sup> (Logroño *et al.*, 2015). Sedangkan penambahan sampah dapur dan potongan tanaman bambu mampu menghasilkan listrik sebesar 60 mW/m<sup>2</sup> (Moqsud *et al.*, 2015). Lumpur dipilih sebagai substrat untuk menghasilkan biolistrik dengan alasan ketersediaan melimpah, mudah didapatkan, dan ekonomis. Selain itu, pemanfaatan lumpur sebagai biolistrik, diharapkan dapat menghemat biaya dalam stabilisasi lumpur sebelum dibuang ke lingkungan. Pemanfaatan lumpur akan dibantu oleh aktivitas mikroorganisme *electricigens* dengan sistem *Bio Electrochemical Systems* (BESs) untuk menghasilkan muatan listrik (Sharif *et al.*, 2013).

Seiring dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan, cabang dari sistem BESs yang marak dikembangkan adalah *Sediment Microbial Fuel Cells* (SMFCs). Metode SMFCs mampu memproduksi listrik dan mengolah limbah secara simultan. SMFCs akan mengoksidasi glukosa, asetat, dan asam butirat sebagai nutrisi menjadi proton (H<sup>+</sup>), elektron (e<sup>-</sup>), dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Proton dan elektron inilah yang selanjutnya dikenal sebagai muatan listrik (Ömeroğlu, *et al.*, 2016). Keunggulan metode SMFCs yakni nilai efisiensi yang baik untuk degradasi bahan organik (mencapai >50%), rendah emisi GRK, mampu diaplikasikan secara aerobik maupun anaerobik, mengurangi jumlah padatan pada substrat, dapat dioperasikan pada suhu udara ambien, serta memiliki potensi produksi listrik 25-3000 mW/m<sup>2</sup> (Zhou *et al.*, 2011; Cieslik, *et al.*, 2015).

Luas permukaan elektroda berpengaruh terhadap proses difusi bahan kimia

oleh mikroorganisme. Proton dan elektron hasil metabolisme mikroorganisme akan melekat di anoda lalu diteruskan ke katoda. Pada katoda akan terjadi penyerapan oksigen sehingga proton dan elektron dapat mengalir dari anoda (Yang *et al.*, 2018). Pertemuan proton dan elektron inilah yang kemudian menimbulkan beda potensial sehingga menghasilkan energi listrik. Semakin besar luas permukaan elektroda, tentu semakin banyak proton, elektron, dan oksigen yang menempel. Banyaknya jumlah proton dan elektron tentu berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan (Safitri dan Rachmanto, 2020).

Setiap jenis substrat memiliki nilai karbon (C) dan nitrogen (N) yang berbeda-beda. Komposisi substrat umumnya menggunakan rasio C/N. Rasio C/N sangat menentukan nutrisi mikroorganisme contohnya proses SMFCs, pengomposan ataupun bioremediasi. Rasio C/N yang baik berada dalam rentang 20-40 bagi pertumbuhan mikroorganisme. Rentang rasio C/N ideal metabolisme mikroorganisme adalah 24:1 (Wang, *et al.*, 2015), sedangkan proses pengomposan umumnya optimal pada rentang 25-35 (Goldstein, 2021). Variasi rasio C/N dapat digunakan untuk mencari energi listrik yang optimal, sebab rasio C/N menentukan tingkat efektivitas mikroorganisme.

Melalui penelitian ini akan dilakukan pengujian dengan hipotesis awal berupa pengaruh rasio C/N dan luas permukaan elektroda terhadap energi listrik. Rasio yang digunakan adalah rasio C/N 18:1 dan 27:1. Rasio C/N 18:1 merupakan batas minimal metabolisme mikroorganisme, sedangkan rasio C/N 27:1 yang berada diantara rasio ideal mikroorganisme dan rasio ideal pengomposan (Khudzari, *et al.*, 2015). Lumpur IPAL, sampah organik, dan sekam padi akan dicampurkan agar meningkatkan dan mencapai nilai rasio yang digunakan. Sedangkan pada luas permukaan elektroda akan membandingkan antara 20 cm<sup>2</sup> yang umum digunakan dengan luas permukaan 40 cm<sup>2</sup>.

## 1.2 Perumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang ada dalam kegiatan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana besaran potensi energi listrik alternatif yang dapat dihasilkan oleh lumpur IPAL 1 TPA Manggar Kota Balikpapan dengan metode SMFCs?
2. Bagaimana pengaruh luas permukaan seng dan karbon sebagai elektroda pada metode SMFCs?
3. Bagaimana pengaruh variasi rasio C/N substrat terhadap potensi energi listrik dengan metode SMFCs dari lumpur IPAL 1 TPA Manggar Kota Balikpapan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam kegiatan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui besaran potensi energi listrik alternatif yang dapat dihasilkan oleh lumpur IPAL 1 TPA Manggar Kota Balikpapan dengan metode SMFCs.
2. Mengetahui pengaruh luas permukaan seng dan karbon sebagai elektroda pada metode SMFCs.
3. Mengetahui pengaruh variasi rasio C/N substrat terhadap potensi energi listrik dengan metode SMFCs dari lumpur IPAL 1 TPA Manggar Kota Balikpapan.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada dalam penelitian ini, diantaranya:

1. Elektroda yang digunakan adalah seng (anoda) dan karbon (katoda).
2. Substrat (media) yang digunakan adalah padatan yang tersedimentasi dari hasil pengolahan air lindi di TPA Manggar Kota Balikpapan yang selanjutnya disebut lumpur IPAL TPA Manggar.

3. Lumpur IPAL yang digunakan berasal dari IPAL Lama (IPAL 1) TPA Manggar. [www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)
4. Reaktor yang digunakan sebanyak 12 unit.
5. Variabel penelitian berupa variasi rasio C/N dan luas permukaan elektroda.
6. Pengukuran kuat arus (I) dan tegangan (V) dilakukan secara manual menggunakan alat multimeter digital.
7. Pengukuran parameter SMFCs berupa pH, Salinitas, TDS, dan EC.
8. Uji statistik akan dilakukan dengan metode *analysis of variance* (ANOVA).

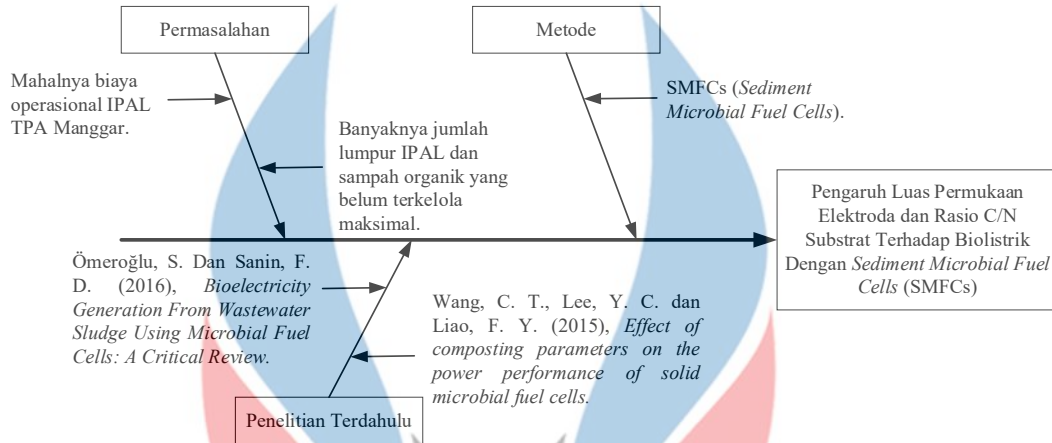
### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai sebagai hasil dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tambahan kepada Pemerintah Kota Balikpapan, khususnya Unit Pengelola TPA Sampah Manggar dalam upaya pengolahan air lindi (*leachate*) dan lumpurnya, pengolahan sampah organik, serta pengembangan energi listrik alternatif terbarukan.
2. Pemanfaatan lumpur hasil pengolahan air lindi (*leachate*) menjadi bahan baku biolistrik yang ekonomis dan ramah lingkungan.
3. Produk energi listrik alternatif sederhana dan berkelanjutan.
4. Perancangan biolistrik sederhana sehingga dapat diterapkan pada masing-masing rumah tangga.

## 1.6 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian yang dijadikan sebagai acuan selama kegiatan dilaksanakan dapat dilihat pada **Gambar 1.1** di bawah ini.



**Gambar 1.1** Kerangka Pemikiran Penelitian