

## ANALISA POTENSI SAMPAH DI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) SUKAWINATAN SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK

Ian Kurniawan<sup>1\*</sup>, Nita Nurdiana<sup>2</sup>, dan Nauval Riski Alfahmi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Teknik Kimia, Universitas PGRI, Palembang

<sup>2</sup> Teknik Elektro, Universitas PGRI, Palembang

<sup>3</sup> Teknik Elektro, Universitas PGRI, Palembang

Corresponding author: nauvalrizkyalfahmi@gmail.com

**ABSTRAK:** Penelitian ini menganalisis potensi sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sukawinatan sebagai sumber pembangkit listrik tenaga sampah. Data menunjukkan bahwa komposisi sampah di tempat pembuangan akhir Sukawinatan terdiri dari 44% sampah organik dan 56% sampah anorganik, dengan volume sampah yang terus meningkat dari 326.563,39 ton pada tahun 2020 menjadi 338.163,12 ton pada tahun 2023. Proyeksi menunjukkan peningkatan volume sampah hingga mencapai 1.741.458 ton pada tahun 2033. Potensi energi dari sampah anorganik dihitung berdasarkan nilai kalor sampah, menghasilkan daya listrik netto sebesar 7.666,15 kW atau 67.155.474 kWh per tahun. Dengan tarif listrik saat ini, pendapatan tahunan diperkirakan mencapai sekitar Rp 73,8 miliar. Selain itu, potensi energi dari sampah organik juga signifikan, dengan estimasi produksi energi listrik tahunan mencapai 39.615,05 MWh, memberikan pendapatan sekitar Rp 73 miliar per tahun. Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa tempat pembuangan akhir Sukawinatan memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber energi listrik dari sampah. Dengan optimalisasi pengelolaan sampah dan investasi dalam infrastruktur pembangkit listrik, tempat pembuangan akhir Sukawinatan dapat berkontribusi signifikan terhadap penyediaan energi listrik yang berkelanjutan, mengurangi volume sampah, dan memberikan dampak positif bagi lingkungan serta ekonomi lokal.

**Kata Kunci:** Konversi Energi, Pembangkit Listrik Tenaga Sampah, Potensi Sampah, Volume Sampah.

*ABSTRACT: This study analyzes the potential of waste in the Sukawinatan landfill as a source of waste power generation. Data shows that the composition of waste in Sukawinatan landfill consists of 44% organic waste and 56% inorganic waste, with the volume of waste continuing to increase from 326,563.39 tons in 2020 to 338,163.12 tons in 2023. Projections show an increase in waste volume to reach 1,741,458 tons in 2033. The energy potential of inorganic waste is calculated based on the calorific value of the waste, resulting in a net electric power of 7,666.15 kW or 67,155,474 kWh per year. With the current electricity tariff, the annual revenue is estimated to reach around IDR 73.8 billion. In addition, the energy potential from organic waste is also significant, with estimated annual electrical energy production reaching 39,615.05 MWh, providing revenue of approximately IDR 73 billion per year. Overall, this study concludes that Sukawinatan landfill has great potential to be developed as a source of electrical energy from waste. With the optimization of waste management and investment in power generation infrastructure, Sukawinatan landfill can significantly contribute to the sustainable provision of electrical energy, reduce waste volume, and have a positive impact on the environment as well as the local economy.*

**Keywords:** Energy Conversion, Waste Power Plant, Waste Potential, Waste Volume.

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri dari 17.504 pulau. Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2018 mencapai 265,04 juta jiwa, tahun 2019 sebanyak 268,1 juta jiwa, pada tahun 2020 berjumlah 270,23 juta jiwa, dan pada tahun 2021 jumlah penduduk meningkat menjadi 273,87 juta jiwa. Selain itu, pertambahan jumlah penduduk juga dapat mengakibatkan peningkatan volume sampah. Sampah dihasilkan dari

berbagai sektor, termasuk sektor rumah tangga, sektor pasar tradisional, sektor industri, dan sektor lainnya. Namun, pengelolaan sampah dari berbagai sektor tersebut seringkali kurang optimal, sehingga menyebabkan penumpukan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Akumulasi sampah yang semakin bertambah dapat berdampak negatif pada kesehatan dan lingkungan (Setiawan & Miefhawati, 2022). Sampah merupakan salah satu tantangan terbesar yang dihadapi dunia saat ini. Setiap tahun, jutaan ton sampah terutama

dari bahan plastik dibuang ke laut, menciptakan ancaman serius terhadap lingkungan laut dan keberlanjutan bumi (Romy et al., 2023). Situasi ini mencakup upaya untuk mengatasi masalah sampah yang terus meningkat, terutama di kota-kota besar Indonesia. Diperkirakan bahwa volume sampah perkotaan di Indonesia akan meningkat hingga lima kali lipat hingga tahun 2020 mendatang (Rajagukguk, 2020).

Masalah sampah masih menjadi isu yang sangat relevan dalam konteks lingkungan saat ini. Ketidakmampuan dalam pengelolaan sampah dapat memicu masalah lingkungan yang berkelanjutan. Ketika sampah menumpuk di tempat penampungan tanpa pengelolaan yang baik, hal ini dapat memperparah kondisi lingkungan sekitarnya. Dampak negatifnya meliputi pencemaran lingkungan, penyumbatan saluran drainase, serta menjadi sumber penyakit. Oleh karena itu, pentingnya pengelolaan sampah yang efektif menjadi sangat mendasar dalam upaya menjaga keberlangsungan lingkungan hidup (Kurniaty et al., 2016). Mayoritas penduduk Indonesia cenderung membuang sampah ke tempat sampah, yang kemudian dialirkan ke tempat pembuangan akhir (TPA). Di TPA, salah satu teknik yang biasa digunakan untuk mengelola sampah adalah insinerasi, di mana sampah diolah dengan cara dibakar pada suhu tinggi. Dalam proses insinerasi sampah, berbagai hasil yang dihasilkan termasuk debu, gas, partikel, dan panas yang kemudian dilepaskan melalui cerobong asap. Untuk menghindari pencemaran lingkungan sekitar, cerobong asap perlu dilengkapi dengan sistem penyaringan udara. Proses ini umumnya dilakukan di pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSA). Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) merupakan fasilitas pembangkit listrik yang memanfaatkan sampah sebagai sumber energi untuk menggerakkan turbin, menghasilkan listrik. Biasanya, sampah yang dimanfaatkan dalam PLTSA adalah sampah anorganik. Meskipun demikian, sampah organik juga bisa digunakan sebagai sumber energi dalam pembangkit listrik tenaga sampah (Bonansyah Utoyo, 2022).

## TINJAUAN PUSTAKA

### Sampah

Sampah merupakan masalah yang sulit untuk diatasi, terutama di kota-kota besar, yang jika dibiarkan tanpa solusi efektif dapat menyebabkan dampak lingkungan yang serius. Tidak hanya terbatas pada kota-kota besar di Indonesia, tetapi juga menimpa sebagian besar kota di seluruh dunia. Akar masalah ini dapat ditelusuri hingga pada aktivitas manusia sendiri sebagai penyebab utama sampah. Menurut sebuah jurnal, sampah merupakan salah

satu sumber emisi gas metana (CH<sub>4</sub>) yang berdampak pada perubahan iklim. Oleh karena itu, penanganan sampah menjadi kunci penting dalam upaya melindungi lingkungan dan mengurangi dampak negatifnya terhadap iklim global (Nurdiansah et al., 2020).

### Tempah pembuangan Akhir (TPA)

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) adalah istilah yang merujuk pada lokasi di mana sampah dibuang ke dalam tanah atau disimpan. Desain dan pengelolaan TPA dapat berbeda-beda tergantung pada lokasi dan kebutuhan khusus. Secara umum, TPA melibatkan proses masukan dan keluaran yang terkait dengan penimbunan sampah. Sesuai dengan proses pengolahan sampah ada beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu (Monice & Perinov, 2016):

#### a. Pengumpulan

Pada tahap awal, tempat ini bertindak sebagai pusat pengumpulan sampah, di mana sampah-sampah dikumpulkan dan mengalami pengeringan untuk mengurangi kandungan airnya dengan menggunakan mesin press. Setelah itu, sampah yang sudah mengalami proses pengeringan dipisahkan antara yang baru tiba dengan yang sudah melalui proses pressing. Bagi sampah yang sudah melewati tahap pressing, dilakukan treatment pertama pengeringan dengan menempatkannya dalam ruangan yang suhunya diatur sesuai kebutuhan.

#### b. Pemindahan

Sampah yang telah melalui tahap pengeringan pertama dan dipadatkan akan dipindahkan ke fasilitas Flail Mill untuk proses selanjutnya.

#### c. Pengelompokan dan pemisahan

Pada tahap ini, sampah disusun dan dipisahkan menggunakan alat-alat seperti *Magnetic Separator*, *belt conveyor*, dan *Shredder*. Sampah yang awalnya basah dan tidak teratur, serta campuran antara material organik dan anorganik, kini telah diubah menjadi serbuk kering yang siap digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan boiler.

#### d. Perubahan dari sampah ke energi

Setelah itu, bahan bakar tersebut dimasukkan ke dalam ruang pembakaran, yang juga dikenal sebagai *chamber*.

#### e. Pengolahan kimia fisika

Sisa bahan bakar dalam bentuk padat dan cair akan menjalani proses pengolahan kimia fisika untuk menghasilkan bahan bakar sekunder, granulat, air minum, dan produk-produk lain yang bermanfaat.

#### f. Pengolahan biologi

Pada tahap ini, sampah-sampah basah yang tidak memadai secara ekonomi untuk dijadikan bahan bakar

akan menjalani proses pengolahan biologis untuk diubah menjadi kompos.

g. Pengolahan khusus

Di bagian ini, sampah-sampah yang tidak dapat diregenerasi akan mendapatkan perlakuan khusus. Sebagai contoh, sampah plastik akan dihancurkan menjadi berbagai bentuk pallete.

h. Pembuatan material

Di sini, palet-plastik akan diubah menjadi peralatan rumah tangga yang terbuat dari plastik. Selain itu, granulat dapat digunakan untuk membuat berbagai produk seperti paving block, dinding akustik, dan panel beton siap pasang.

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)

Pembangkit listrik tenaga sampah adalah jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan sampah sebagai sumber energi. Proses dimulai dengan penggunaan sampah untuk memanaskan air dalam boiler. Kemudian, uap panas yang dihasilkan oleh boiler akan dialirkan ke turbin uap, yang bertugas menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Untuk menentukan besarnya daya listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA), beberapa langkah perlu dilakukan (Monice & Perinov, 2016). Pembangkit listrik tenaga sampah merupakan sarana yang menggunakan sumber daya sampah, baik organik maupun anorganik, untuk menghasilkan energi listrik. Secara umum, proses pembangkitan energi dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu teknologi konversi termal dan teknologi gasifikasi. Teknologi konversi termal melibatkan pembakaran sampah dengan sedikit bahan bakar tambahan untuk memusnahkan segala jenis sampah yang dibakar dengan cepat. Pembangkit listrik tenaga sampah adalah jenis pembangkit listrik termal yang menggunakan uap supercritical steam sebagai media kerjanya, dan bahan bakarnya adalah sampah atau gas metana. Prosesnya dimulai dengan pembakaran sampah yang menghasilkan panas untuk memanaskan uap pada boiler steam supercritical. Uap dengan tekanan tinggi kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin uap dan flywheel yang terhubung ke generator dinamo melalui gear transmisi atau transmisi otomatis, menghasilkan listrik. Pemanfaatan gas dari sampah untuk pembangkit listrik menggunakan teknologi fermentasi metana dilakukan melalui metode sanitary landfill, di mana gas yang dihasilkan dari sampah (LFG) dimanfaatkan. Sistem sanitary landfill dilakukan dengan cara memasukkan sampah ke dalam lubang, kemudian diratakan dan dipadatkan sebelum ditutup dengan tanah gembur, dan proses ini diulangi hingga membentuk lapisan-lapisan. Untuk memanfaatkan gas yang terbentuk, pipa-pipa penyalur dipasang untuk mengeluarkan gas. Gas LFG

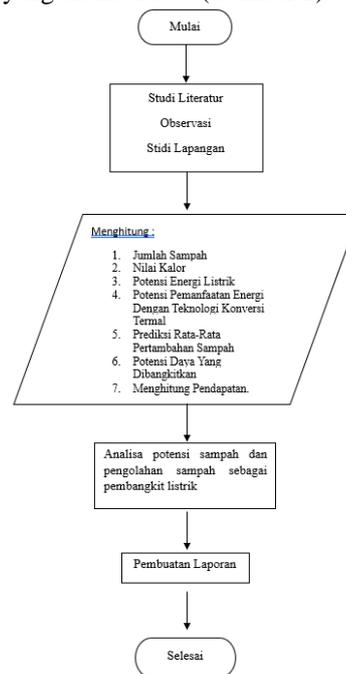
yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai bahan bakar (Liling Allo & Widjasena, 2019)

Kelebihan dan Kekurangan PLTSA

Keunggulan dari Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) adalah pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Sampah yang dihasilkan setiap hari dapat dijadikan bahan bakar yang sangat ekonomis. Selain itu, pengolahan sampah sebagai bahan bakar PLTSA dapat mengurangi volume sampah domestik yang menumpuk di Tempat Pembuangan Sampah itu sendiri. Namun, kekurangannya terletak pada aspek kesehatan, di mana dioksin merupakan ancaman serius bagi kesejahteraan manusia. Paparan racun ini dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan yang serius.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mendeskripsikan, meneliti, dan menjelaskan fenomena yang dipelajari secara langsung dengan menggunakan data berupa angka. Penelitian deskriptif kuantitatif tidak bertujuan untuk menguji hipotesis tertentu, melainkan hanya menggambarkan isi suatu variabel dalam penelitian. Penelitian ini dilakukan di Tempat Pembuangan Sampah Akhir (TPA Sukawinatan). Dalam penelitian ini, data-data yang diperoleh dari Tempat Pembuangan Sampah Akhir (TPA) Sukawinatan tersebut akan dianalisis secara kuantitatif untuk menjelaskan dan menggambarkan fenomena yang diamati data (Gambar 2).



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Perhitungan Jumlah Sampah

Perhitungan prediksi jumlah potensi sampah dapat menggunakan persamaan berikut (Irfan Ricky Setiawan, 2022).

$$Px(\text{tahun}) = Pa(1 + r)^x \tag{1}$$

Dimana :

Px = Jumlah sampah pada tahun × proyeksi (ton/hari)

Pa = Jumlah sampah pada tahun awal proyeksi (ton/hari)

r = Rata-rata pertumbuhan pertahun (%)

x = Selang waktu proyeksi (tahun)

Perhitungan Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan saat bahan bakar dibakar secara sempurna dalam proses aliran tunak dan produk dikembalikan ke bentuk reaktan. Nilai kalor dibagi menjadi dua yaitu High Heating Value (HHV) atau Gross Calorific Value (GCV) dan Low Heating Value (LHV) atau Net Calorific Value (NCV). Dalam menghitung potensi listrik dari sampah, digunakan nilai kalor NCV (Net Calorific Value) (Ridman, 2017).

Rumus yang digunakan sebagai berikut:

1. Metode Tradisional
 
$$NCV_{ar} = 45B - 6W \tag{2}$$

2. Metode Bento
 
$$NCV_{ar} = 44,75B - 5,85W + 21,2 \tag{3}$$

Dimana:

$NCV_{ar}$  = Net Calorific Value (kCal/Kg)

B = Kadar Volatile matter (%)

W = Kadar Air (%)

Besarnya Nilai kalor dari masing-masing jenis sampah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Kalor

Komposisi sampah	Nilai kalor (Kkal/kg)
Kertas	2887
Kayu	1393
Tekstil	4000
Karet / kulit	4000
Plastik	7738

Untuk menghitung nilai kalor dapat menggunakan persamaan berikut.

$$HHV = HHV^* \times P \tag{4}$$

Dimana :

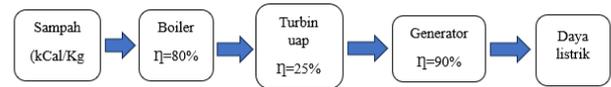
HHV = Nilai kalor komponen sampah

P = Persentase komponen sampah (%)

HHV\* = Data nilai kalor komponen sampah

Perhitungan Potensi Pemanfaatan Energi dengan Teknologi Konversi Termal

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan diagram blok dari setiap alat konversi energi beserta efisiensinya masing-masing, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 (Ridman, 2017).



Gambar 3. Blok Diagram Efisiensi.

Perhitungan potensi energi listrik yang dihasilkan dari TPA Sukawinatan adalah sebagai berikut (Ridman, 2017).

$$\begin{aligned} \text{Jumlah total sampah} &= W \\ \text{Potensi Pemulihan Energi (kWh)} \\ &= NCV_{ar} \times W \text{ ton/hari} \times 1000 \text{ Kg/ton} / 860 \text{ kCal} \\ &= 1,16 \text{ Kg/ton kCal} \times NCV_{ar} \times W \tag{5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potensi Energi per tahun (kWh)} \\ &= 1,16 \times NCV_{ar} \times W \times 365 \tag{6} \end{aligned}$$

Keterangan:

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kCal}$$

Potensi Energi Listrik

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Ridman, 2017) rumus untuk mencari potensi energi listrik adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Potensi Energi Listrik} \\ &= \text{Potensi Energi (bruto)} \times \eta_b \times \eta_t \times \eta_g \tag{7} \end{aligned}$$

Keterangan:

$$\eta_b = \text{Efisiensi Boiler}$$

$$\eta_t = \text{Efisiensi Turbin uap}$$

$$\eta_g = \text{Efisiensi Generator}$$

Menghitung Prediksi Rata-Rata Pertambahan Sampah

Prediksi jumlah sampah dilakukan dengan memperkirakan volume sampah yang akan dihasilkan pada tahun-tahun mendatang, berdasarkan pertumbuhan jumlah sampah pada periode sebelumnya, menggunakan metode persamaan geometrik, yaitu (Supriyadik, 2020).

$$\text{Selisih}(\%) = \frac{Ta - Tb}{Ta} \times 100\% \tag{8}$$

Keterangan:

Ta = jumlah sampah pada tahun awal

Tb = jumlah sampah pada tahun berikutnya

Menghitung prediksi volume sampah 2023-2033.

$$T_b = T_a + (T_a \times r) \quad (9)$$

Keterangan:

T<sub>a</sub> = Jumlah sampah pada tahun awal  
 r = Rata-rata pertambahan sampah (%)

Menghitung Potensi Daya yang Dibangkitkan

Data yang diperoleh kemudian dapat digunakan untuk menghitung potensi daya listrik PLTSa melalui persamaan (Supriyadik, 2020):

$$P = \frac{w}{t} \quad (10)$$

Keterangan:

P = Potensi daya Listrik (W)  
 w = Potensi Energi Listrik (Wh)  
 t = Waktu (s)

Menghitung Pendapatan

Data energi listrik yang dihasilkan oleh PLTSa dapat digunakan untuk menghitung pendapatan yang diperoleh melalui rumus berikut:

$$\text{Pendapatan} = W \times \text{Harga} \quad (11)$$

Keterangan:

W = Energi Listrik (kWh)  
 Harga = 1 kWh sebesar Rp 1.863

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampah yang ada di TPA Sukawinatan terdiri dari 69% sampah organik dan 31% sampah anorganik, dapat dilihat pada Tabel 2. Sampah organik meliputi sisa makanan, tanaman, dan kayu, sementara sampah anorganik terdiri dari kertas, karet atau kulit, plastik, kaca, dan logam. Data Sampah per bulan (dalam Kg) yang masuk ke TPA Sukawinatan sejak tahun 2020 sampai 2023 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2. Jumlah data sampah pertahun.

No	Komponen sampah	Persentase %
1	Kayu	1,5
2	Kertas	10,5
3	Sisa Makanan dan daun	67,5
2	Tekstil	1
2	Plastik	7,5
3	Kaca	2,5
4	Besi dan metal lainnya	1
5	Sampah lain-lain (karet/kulit)	8,5
	Total	100

Tabel 3. komposisi sampah di TPA Sukawinatan.

Tahun	Total Sampah		Rata-Rata Sampah Per Hari	
	Kg	Ton	Kg	Ton
2020	326.563.392	326.563,39	894.393	894,39
2021	225.216.060	225.216,06	619.065	619,06
2022	253.701.572	253.701,57	639.736	639,73
2023	338.163.121	338.163,12	929.033	929,03

Sumber : UPTD. TPA\_Dinas Lingkungan Hidup Kota Palembang

Perhitungan

Perhitungan jumlah sampah

Berdasarkan data pada tabel 4.5 dan 4.6, jumlah sampah yang dihasilkan di TPA Sukawinatan dari tahun 2020 hingga 2023 meningkat sebesar 1,25%. Jumlah sampah ini dapat diproyeksikan untuk 10 tahun ke depan menggunakan rumus  $Px = Pa(1 + r)^x$ , maka besar Tingkat pertumbuhan sampah dari tahun 2020 – 2023 adalah

$$r = \left(\frac{Px}{Pa}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$r = \left(\frac{929.033}{894.393}\right)^{\frac{1}{3}} - 1$$

$$r = (1,0378)^{\frac{1}{3}} - 1$$

$$r = 1,0125 - 1$$

$$r = 0.0125 \text{ atau } 1,25\%$$

Dengan demikian, tingkat pertumbuhan tahunan sampah di TPA Sukawinatan dari tahun 2020 hingga 2023 adalah 1,25%. Maka besarnya jumlah proyeksi sampah.

$$Px(2023) = Pa(1 + r)^x$$

$$= 929,03 (1 + 0,0125)^{10}$$

$$= 929,03 (1,0125)^{10}$$

$$= 929,03 (1,132)$$

$$= 1.051,66 \text{ ton / hari}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan jumlah total sampah di TPA Sukawinatan, baik organik maupun anorganik.

$$\text{Total sampah} = \text{Anorganik} \times \text{jumlah proyeksi sampah}$$

$$= 31\% \times 1.051,66 \text{ ton/hari}$$

$$= 326,01 \text{ ton/hari.}$$

Untuk mendapatkan jumlah sampah anorganik, kalikan 31% dengan total sampah. Dengan demikian, jumlah sampah anorganik di TPA Sukawinatan adalah 326,01 ton/hari.

Perhitungan Nilai Kalor

Berdasarkan data pada tabel 3 serta dengan menggunakan persamaan berikut, nilai kalor sampah

anorganik di TPA Sukawinatan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} HHV_{(tekstil)} &= 4000 \text{ Kkal/Kg} \times \frac{1}{100} \\ &= 4000 \text{ Kkal/Kg} \times 0,01 \\ &= 40 \text{ Kkal/Kg} \\ HHV_{(karet)} &= 4000 \text{ Kkal/Kg} \times \frac{8,5}{100} \\ &= 4000 \text{ Kkal/Kg} \times 0,085 \\ &= 340 \text{ Kkal/Kg} \\ HHV_{(plastik)} &= 7738 \text{ Kkal/Kg} \times \frac{7,5}{100} \\ &= 7738 \text{ Kkal/Kg} \times 0,075 \\ &= 580,35 \text{ Kkal/Kg} \end{aligned}$$

Total nilai kalor dari sampah anorganik di TPA Sukawinatan adalah:

$$\begin{aligned} HHV_{(Tekstil)} + HHV_{(karet)} + HHV_{(plastik)} \\ &= 40 + 340 + 580,35 \\ &= 960,35 \text{ Kkal/Kg} \end{aligned}$$

#### Perhitungan Potensi Energi Listrik

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai kalor sampah anorganik di TPA Sukawinatan adalah 960,35 Kkal/Kg. Dengan demikian, untuk menghitung energi yang masuk ke boiler adalah:

$$\begin{aligned} \text{Energi yang masuk ke boiler} \\ &= 960,35 \text{ Kkal/Kg} \\ &\times 326,01 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

- Menghitung konversi ton/hari ke Kg/jam :  
 $326,01 \text{ ton/hari} = 326,01 \times 1000 \text{ Kg/hari} = 326.010 \text{ kg/hari}$
- Memperhitungkan dalam waktu 24 jam dalam sehari :  
 $= \frac{326.010 \text{ kg}}{24 \text{ jam}} = 13.583,75 \text{ Kg/Jam}$
- Energi spesifik per kilogram dengan aliran massa perjam :  
 $= 960,35 \text{ Kkal/Kg} \times 13.583,75 \text{ Kg/Jam}$   
 $= 13.045.154,31 \text{ Kkal/jam}$
- Mengonversi energi dari Kkal/hari ke kW :  
 Menggunakan faktor konversi 1 Kkal/jam = 0,001163 kW  
 $13.045.154,31 \text{ Kkal/jam} \times 0,001163 \text{ kw/Kkal} = 15.171,51 \text{ kW}$

Jadi, Energi yang masuk ke boiler dihitung sebagai 15.171,51 kW Setelah menghitung energi yang masuk ke boiler, langkah selanjutnya adalah menghitung daya keluaran boiler dengan menggunakan persamaan 10.

$$\begin{aligned} \text{daya keluaran boiler} &= 15.171,51 \text{ kW} \times 80\% \\ &= 12.137,20 \text{ kW} \end{aligned}$$

Efisiensi boiler yang dipilih adalah 80%, berdasarkan nilai tipikal boiler. Pemilihan efisiensi ini

mempertimbangkan boiler batu bara konvensional yang memiliki efisiensi 85%. Untuk turbin uap, efisiensi berkisar antara 25-30% berdasarkan siklus Rankine. Dalam perhitungan ini, dipilih efisiensi 25% sebagai faktor keamanan (Irfan Ricky Setiawan & Nanda Putri Miefthawati, 2022). Dengan menggunakan persamaan 2.7, hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Daya netto turbin uap} \\ &= \text{daya keluar boiler} \\ &\times \text{efisiensi turbin uap} \\ &= 12.137,20 \text{ kW} \times 25\% \\ &= 3.034,3 \text{ kW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya netto sebesar 3.034,3 kW, dan dengan efisiensi generator yang dipilih sebesar 90%, maka hasil perhitungan menggunakan persamaan 2.8 adalah sebagai berikut (Setiawan, 2022):

$$\begin{aligned} \text{Daya Keluaran Generator} &= \\ \text{Daya Netto Turbin Uap} \times \text{efisiensi generator} \\ &= 3.034,3 \text{ kW} \times 90\% \\ &= 2.730,87 \text{ kW} \text{ atau setara dengan } 2,73 \text{ MW} \end{aligned}$$

Sedangkan energi listrik yang akan dihasilkan dalam setahun adalah :

$$\begin{aligned} \text{Daya keluaran} \times 8760 \text{ jam/tahun} \\ &= 2.730,87 \text{ kW} \times 8760 \text{ jam/tahun} \\ &= 23.922.421,2 \text{ kWh dalam setahun} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan potensi PLTSA Sukawinatan dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4. Hasil Perhitungan Potensi PLTSA

No	Deskripsi	Tahun	Satuan
1.	Jumlah sampah anorganik	326,01	ton/hari
2.	Energi yang masuk ke boiler	15.171,51	kW
3.	Daya keluaran boiler	12.137,20	kW
4.	Daya netto turbin uap	3.034,3	kW
5.	Daya Keluaran generator	2.730,87	kW
6.	Energi Listrik Yang Dihasilkan	23.922.421,2	kWh

#### Perhitungan Potensi Pemanfaatan Energi dengan Teknologi Konversi Termal

Perhitungan potensi energi listrik yang dihasilkan dari TPA Sukawinatan sebagai berikut: (Supriyadik, 2020).

- Metode Tradisional  
 $NCV_{ar} = 45B - 6W$   
 $= 45(24,6904) - 6(35,2147)$   
 $= 1.111,068 - 211,2882$

$$= 899,7798 \text{ Kkal/Kg}$$

## 2. Metode Bento

$$NCV_{ar} = 44,75B - 5,85W + 21,2$$

$$NCV_{ar} = 44,75(24,6904) - 5,85(35,2147) + 21,2$$

$$NCV_{ar} = 898,8894 \text{ Kkal/Kg}$$

Sehingga rata-rata Net Calorific Value yang dihasilkan adalah:

$$= (899,7798 + 898,8894) / 2 = 899,3346 \text{ Kkal/Kg}$$

Perhitungan potensi energi listrik yang dihasilkan dari TPA Sukawinatan sebagai berikut:

Potensi Energi Listrik per hari (kWh):

$$= 1,16 \text{ kg/ton kkal} \times NCV_{ar, kkal/kg} \times W \text{ ton}$$

$$= 1,16 \text{ kg/ton kkal} \times 899,3346 \text{ kkal/kg} \times 600 \text{ ton}$$

$$= 625.936,88 \text{ kWh}$$

Potensi Energi Listrik per Tahun (kWh)

$$= 625.936,88 \times 365$$

$$= 228.466.961,2 \text{ kWh}$$

Maka potensi energi listrik yang dihasilkan:

$$= \text{Potensi Energi (bruto)} \times \eta_b \times \eta_t \times \eta_g$$

$$= 228.466.961,2 \times 0,8 \times 0,25 \times 0,9$$

$$= 41.124.053,01 \text{ kWh}$$

$$= 41.124,05 \text{ MWh}$$

Menghitung prediksi rata-rata pertambahan sampah

Hasil dari pengumpulan data menunjukkan volume sampah di TPA Sukawinatan, besarnya prediksi volume sampah dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Sampah TPA Sukawinatan tahun 2023-2033

No	Tahun	Jumlah (Ton)
1	2020	894.393
2	2021	619.065
3	2022	639.736
4	2023	929.033
Total		3.082.227

Menghitung pertambahan jumlah sampah tahun 2020-2023:

$$\text{Selisih (\%)} = \frac{Ta-tb}{ta} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} 1. P2020 &= \frac{619,065 - 894,393}{894,393} \times 100\% \\ &= \frac{-275,328}{894,393} \times 100\% \\ &= -0,3078 \times 100\% \\ &= -30,78\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. P2021 &= \frac{639,736 - 619,065}{619,065} \times 100\% \\ &= \frac{20,671}{619,065} \times 100\% \\ &= 0,0333 \times 100\% \\ &= 3,33\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. P2020 &= \frac{929,033 - 639,736}{639,736} \times 100\% \\ &= \frac{289,297}{639,736} \times 100\% \\ &= 0,4522 \times 100\% \\ &= 45,22\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, selisih volume sampah antara tahun 2020 dan 2022 dapat dilihat pada tabel 4.9. Tabel 6. Selisih sampah TPA Sukawinatan tahun 2020-2022

Tahun	Volume Sampah	Selisih (Ton)	Selisih (%)
2020	894,393	-275,328	-30,78%
2021	619,065	20,671	3,33%
2022	639,736	-639,736	45,22%
Rata-rata			5,92%

Berdasarkan perhitungan di atas, prediksi volume sampah untuk periode tahun 2023-2033 dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Prediksi sampah TPA Sukawinatan Tahun 2023-2033.

Tahun	Volume Sampah	Selisih (Ton)	Selisih (%)
2023	979.794	58,003	5,92%
2024	1.037.797	61,437	5,92%
2025	1.099.234	65,074	5,92%
2026	1.164.308	68,927	5,92%
2027	1.233.235	73,007	5,92%
2028	1.306.242	77,329	5,92%
2029	1.383.571	81,907	5,92%
2030	1.455.478	86,164	5,92%
2031	1.552.234	91,892	5,92%
2032	1.644.126	97,332	5,92%
2033	1.741.458	103,094	5,92%
Total	14.597.477		

Menghitung Potensi Daya yang Dibangkitkan

$$\begin{aligned} P &= \frac{w}{t} \\ t &= 365 \text{ hari} \times 10 \text{ tahun} = 3650 \\ P &= \frac{41.124,05}{3650} \\ &= 11,26 \text{ MW/Tahun} \end{aligned}$$

*Menghitung Pendapatan*

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan} &= 41.124.053,01 \times \text{Rp. } 1.863 \\ &= \text{Rp. } 76.614.110.757,63 \end{aligned}$$

Atau setara dengan 76 Milyar pertahun, dan apabila proyek dalam jangka 20 tahun maka pendapatan yang didapat sebesar:

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 76.614.110.757,63 \times 20 \text{ tahun} \\ &= \text{Rp. } 1.532.282.215.152,6 \text{ atau setara dengan} \\ &1.53 \text{ Trilyun} \end{aligned}$$

## Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampah di TPA Sukawinatan memiliki potensi besar sebagai sumber energi listrik, dengan komposisi sampah yang terdiri dari 69% sampah organik dan 31% sampah anorganik. Komposisi ini mencakup kayu, kertas, sisa makanan, tekstil, plastik, kaca, besi, dan logam lainnya. Dari tahun 2020 hingga 2023, volume sampah yang masuk ke TPA Sukawinatan mengalami fluktuasi. Pada tahun 2020, jumlah sampah mencapai 326.563,39 ton, kemudian menurun menjadi 225.216,06 ton pada tahun 2021. Namun, volume sampah kembali meningkat pada tahun 2022 dan 2023, mencapai 338.163,12 ton pada tahun 2023. Proyeksi volume sampah menunjukkan tren peningkatan yang signifikan hingga tahun 2033, dengan perkiraan mencapai 1.741.458 ton per tahun. Pada tahun 2023, diproyeksikan sampah anorganik yang masuk ke TPA Sukawinatan mencapai 326,01 ton per hari. Dengan nilai kalor total sampah anorganik sebesar 960,35 Kkal per kilogram, total energi yang masuk ke boiler adalah 13.045.154,31 Kkal/jam, yang dapat dikonversi menjadi 15.171,51 kW listrik. Dengan efisiensi boiler sebesar 80%, daya keluaran boiler adalah 12.137,20 kW. Setelah melalui turbin uap dengan efisiensi 25% dan generator dengan efisiensi 90%, daya netto turbin uap yang dihasilkan adalah 3.034,3 kW. Dalam setahun, potensi energi listrik yang dapat dihasilkan mencapai 23.922.421,2 kWh. Proyeksi pertumbuhan volume sampah sebesar 5,92% per tahun memperkirakan peningkatan volume sampah mencapai 1.037.797 ton pada tahun 2024 dan 1.741.458 ton pada tahun 2033. Selain sampah anorganik, sampah organik di TPA Sukawinatan juga memiliki potensi energi yang signifikan. Dengan nilai kalor sampah organik sebesar 899,3346 Kcal per kilogram, potensi energi listrik yang dihasilkan per hari adalah 625.936,88 kWh. Dalam setahun, energi listrik yang dihasilkan mencapai 228.466.961,2 kWh. Setelah mempertimbangkan efisiensi konversi, potensi energi listrik yang dihasilkan adalah 41.124.053,01 kWh atau sekitar 41.124,05 MWh. Pendapatan tahunan dari energi listrik yang dihasilkan dari sampah organik dan anorganik diperkirakan

mencapai sekitar Rp 76 miliar. Dalam jangka waktu 20 tahun, total pendapatan yang dihasilkan dapat mencapai sekitar Rp 1,53 triliun. Dengan tarif listrik saat ini sebesar Rp 1.863 per kWh, pendapatan tahunan yang dihasilkan dapat mencapai sekitar Rp 76 miliar.

Penelitian ini didukung oleh studi yang telah dilakukan sebelumnya (Setiawan & Miefthawati, 2022) dengan judul "Analisis Potensi Pemanfaatan Sampah Anorganik Menjadi Energi Listrik di TPA Kecamatan Tualang." Studi tersebut bertujuan untuk menghitung potensi sampah anorganik menjadi energi listrik menggunakan metode insinerator. Berdasarkan perhitungan, sampah anorganik sebesar 17,03 ton per hari memiliki potensi menghasilkan energi listrik sebesar 438,85 kW atau setara dengan 438 MW, dengan produksi tahunan sebesar 3.844.326 kWh. Penelitian lain oleh Supriyadik (2020) dengan judul "Analisis Potensi Daya Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kawasan TPA Putri Cempo Surakarta" menunjukkan bahwa total volume sampah yang tertimbun di TPA Putri Cempo pada tahun 2017 adalah sekitar 1.014.486 ton. Dengan asumsi pertumbuhan sampah tahunan sebesar 2,81%, volume sampah pada tahun 2038 diperkirakan mencapai sekitar 3.069.903 ton. PLTSA Putri Cempo direncanakan memanfaatkan 450 ton sampah per hari, dengan total pemanfaatan sampah sebesar 160.200 ton per tahun. Sampah yang tertimbun selama periode 2007-2017 akan habis dalam 6 tahun setelah PLTSA beroperasi. Prediksi sampah pada periode 2018-2038 adalah 3.069.903 ton, yang akan habis dalam 19 tahun jika dimanfaatkan sebagai pembangkit. PLTSA ini mampu menghasilkan daya listrik sebesar 8,57 MW, dengan total produksi listrik tahunan sebesar 30.843.039,76 kWh atau 30.843,04 MWh. Dengan tarif listrik Rp 1.863 per kWh, pendapatan tahunan mencapai Rp 57.460.581.657.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis sebelumnya mengenai potensi sampah plastik di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sukawinatan sebagai sumber pembangkit listrik, beberapa kesimpulan dapat diambil, yaitu:

1. Total volume sampah yang tertimbun di TPA Sukawinatan pada tahun 2023 adalah sekitar 979,794 ton. Dengan asumsi pertumbuhan volume sampah sebesar 5,92% per tahun, diperkirakan pada tahun 2033 volume sampah yang tertimbun akan mencapai sekitar 1.741,458 ton.
2. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sukawinatan menghasilkan sampah anorganik sebesar 31%, dengan total mencapai 326,01 ton per hari. Penggunaan teknologi insinerator untuk mengonversi sampah anorganik sebagai bahan baku Pembangkit Listrik

Tenaga Sampah (PLTSa) dapat menghasilkan energi listrik sebesar 2.730,87 kW atau setara dengan **2,73 MW**. Dalam satu tahun, teknologi ini mampu menghasilkan energi listrik sebesar 23.922.421,2 kWh.

3. Berdasarkan perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Sukawinatan, dengan total sampah yang dimanfaatkan untuk pembangkit sebesar 600 ton per hari, dalam satu tahun diperkirakan sebanyak 264.990 ton/tahun sampah akan dimanfaatkan. Data menunjukkan bahwa dalam periode 2020-2023, TPA Sukawinatan telah menimbun sekitar 3.082.227 ton sampah. Oleh karena itu, dalam waktu sekitar 11 tahun, sampah tersebut akan habis dimanfaatkan untuk pembangkit. Prediksi volume sampah pada periode 2023-2033 adalah sebesar 14.597.477 ton. Jika sampah ini digunakan untuk pembangkit dengan kapasitas 264.990 ton/ tahun, maka seluruh sampah tersebut akan habis dalam jangka waktu 54 tahun. Dengan demikian, diperlukan sekitar 65 tahun untuk menghabiskan total sampah yang tertimbun di TPA hingga tahun 2033.
4. Per kWh akan di beli oleh PT.PLN sebesar Rp. 1.86341.124.053,01 kWh x Rp.1.863 = Rp. 76.614.110.757,63/tahun atau setara dengan 76 Milyar pertahun, dan apabila proyek dalam jangka 20 tahun maka pendapatan yang didapat sebesar  $76.614.110.757,63 \times 20 = \text{Rp.}1.532.282.215.152,6$  atau setara dengan 1.53 Trilyun.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bonansyah Utoyo, E. (2022). Potential Of Waste Power Plant as a Solution to Environmental and Social Problems in Indonesia.
- Irfan Ricky Setiawan, & Nanda Putri Miefthawati. (2022). Analysis Of Potential Utilization Of Anorganic Waste into Electricity Energy at TPA District Tualang. 2, 57–63. <https://doi.org/10.57152/ijeere.v2i1>
- Kurniaty, Y., Haji Bani Nararaya, W., Nabila Turawan, R., & Nurmuhamad, F. (2016). Mengefektifkan Pemisahan Jenis Sampah Sebagai Upaya Pengelolaan Sampah Terpadu (Vol. 12, Issue 1). <http://dkpt.magelangkota.go.id/bidang/kebersihan>,
- Liling Allo, S., & Widjasena, H. (2019). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Makbon Kota Sorong (Vol. 5, Issue 2).
- Monice, & Perinov. (2016). Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Di Pekanbaru. Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri), 1(1), 9–16.
- Nurdiansah, T., Priyo P, E., & Kasiwi, A. (2020). Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Sebagai Solusi Permasalahan Sampah Perkotaan; Studi Kasus Di Kota Surabaya. In JURNAL ENVIROTEK VOL (Vol. 12). [www.bbc.com](http://www.bbc.com)
- Rajagukguk, J. R. (2020). Studi Kelayakan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Sebagai Sumber Energi Listrik 200 MW (Studi Kasus TPA Bantar Gebang Kabupaten Bekasi).
- Ridman, A. H. K. H. K. (2017). Studi Perbandingan Potensi Pemanfaatan Sampah Sebagai Sumber Pembangkit Listrik Dengan Teknologi Konversi Termal Dan Gasifikasi Di Tpa Sorat Kabupaten Sambas. 2(1).
- Romy, M., Safitri, K., Aggistri, Z. S., Ismelina, M., & Rahayu, F. (2023). Analisa Potensi Pembangkit Limbah Menjadi Energi Pada TPA Pembuangan Limbah Di Indonesia Menuju SDGs 2030. In JSL Jurnal Socia Logica (Vol. 3, Issue 1). <https://adcolaw.com/blog/the-indonesian-government-encourages-the->
- Setiawan, I. R., & Miefthawati, N. P. (2022). IJEERE: Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy Analysis Of Potential Utilization Of Anorganic Waste into Electricity Energy at TPA District Tualang. 2, 57–63. <https://doi.org/10.57152/ijeere.v2i1>
- Supriyadik. (2020). Analisis Potensi Daya Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kawasan Tpa Putri Cempo Surakarta. 1–12.