

ANALISA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSA) DI TPA REGIONAL WORI, KABUPATEN MINAHASA UTARA

Dandi Aprilianto ¹⁾, Glanny M. Ch. Mangindaan ²⁾, Meita Rumbayan ³⁾,

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu, 95115, Indonesia

Email: dandyaprilianto99@gmail.com, mangindaan@gmail.com, meitarumbayan@unsrat.ac.id

Abstract - In almost all countries, waste is a problem that continues to be sought for solutions. In North Sulawesi Province, especially the areas that are part of the Wori Regional TPA, namely Manado City, Bitung City, Tomohon City, Minahasa Regency, North Minahasa Regency. Waste production from these five regions in North Sulawesi continues to increase every year, apart from causing air pollution in the surrounding environment, ecological damage, spreading disease, and the amount of available land is not commensurate with the increasing waste production.

Wori Regional Landfill waste generation consisting of various components reached more than 400 tons/day and which included flammable components for PLTSA raw materials reached 40.93% or 170.7 tons/day. The average calorific value of waste entering the landfill is 4400 kcal/kg. Utilization of waste using direct combustion or incineration technology is capable of producing an output power from the generator of 6,534.59 kW, after that to obtain electrical energy produced from incineration per day the generator output power is 156,830.16 kWh/day and if it operates for one year it is equal to 57,243 MWh/year.

Abstrak - Hampir di semua negara, sampah merupakan salah satu permasalahan yang terus dicari solusinya. Di Provinsi Sulawesi Utara khususnya wilayah yang tergabung dalam TPA Regional Wori, yaitu Kota Manado, Kota Bitung, Kota Tomohon, Kabupaten Minahasa, Kabupaten Minahasa Utara. Produksi sampah dari kelima wilayah di Sulawesi Utara ini tiap tahun terus meningkat, selain menyebabkan pencemaran udara di lingkungan sekitar, kerusakan ekologis, menyebarkan penyakit, dan jumlah lahan yang tersedia tidak sebanding dengan produksi sampah yang terus meningkat.

Timbulan sampah TPA Regional Wori yang terdiri atas berbagai macam komponen mencapai lebih dari 400 ton/hari dan yang termasuk komponen mudah terbakar untuk bahan baku PLTSA mencapai 40,93 % atau 170,7 ton/hari. Dengan rata-rata nilai kalor sampah yang masuk TPA yaitu 4400 kkal/kg. Pemanfaatan sampah dengan menggunakan teknologi pembakaran langsung atau insenerasi mampu menghasilkan daya keluaran dari generator sebesar 6.534,59 kW, setelah itu untuk mendapatkan energi listrik yang dihasilkan dari insinerasi perhari adalah daya keluaran generator sebesar 156.830,16 kWh/hari dan

jika beroperasi selama satu tahun sebesar 57.243 MWh/tahun.

I. PENDAHULUAN

Pada dasarnya sampah merupakan masalah yang menjadi prioritas penangan pemerintah terkait begitu juga halnya untuk daerah Provinsi Sulawesi Utara yang membangun TPA Regional Wori dari gabungan beberapa daerah yaitu Kota Manado, Kota Tomohon, Kota Bitung, Kabupaten Minahasa, dan Kabupaten Minahasa Utara. Produksi sampah dari kelima wilayah di Sulawesi Utara ini tiap tahun terus meningkat, selain dapat menyebabkan pencemaran udara di lingkungan sekitar, kerusakan ekologis, menyebarkan penyakit, dan jumlah lahan yang tersedia tidak dapat menampung produksi sampah yang terus bertambah.

Pemanfaatan sampah bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di wilayah Kabupaten Minahasa Utara yang dapat membantu pemerintah Kabupaten Minahasa Utara dalam menangani polusi udara serta menggalang energy listrik terbarukan dari sampah yang masuk di TPA, karena sumber energy listrik dari minyak dan fosil lambat tahun mulai langka dikarenakan sumber tersebut tidak dapat diperbaharui, sedangkan produksi sampah dari kelima wilayah di Sulawesi Utara ini dari tahun ke tahun terus meningkat.

A. Landasan Teori

Sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses. Sampah didefinisikan oleh manusia menurut derajat keterpakaianya,

dalam proses-proses alam sebenarnya tidak ada konsep sampah, yang ada hanya produk-produk yang dihasilkan setelah dan selama proses alam tersebut berlangsung. Berdasarkan sifat kimianya, sampah dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

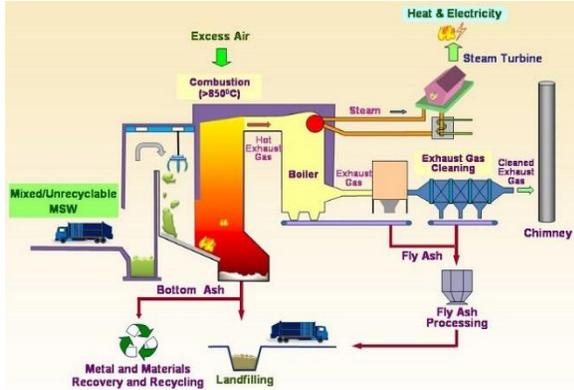
a. Sampah organik adalah sampah yang berasal dari bahan hayati yang mudah terurai oleh mikroba. Sampah rumah tangga dan sisa-sisa sayuran dari pasar tradisional merupakan salah satu jenis sampah organik yang banyak dihasilkan.

b. Sampah anorganik adalah jenis sampah non hayati, seperti produk sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati, baik berupa produk sintetis dan pengolahan tambang atau industri. Contoh sampah anorganik yaitu logam, plastik, kaca, keramik, dan lain-lain.

Sampah organik merupakan mayoritas sampah yang dihasilkan dari sebagian besar kota yang ada di Indonesia. Sehingga dalam proses pemanfaatan sampah dalam Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) harus dilakukan pemilahan untuk memilah sampah dan pengeringan untuk mengurangi kadar air bagi sampah layak terbakar yang tercampur dengan sampah organik.

1. Proses Insenerasi / Pembakaran Langsung

Insinerasi atau *thermal treatment* yaitu istilah umum yang dipakai untuk metode konversi thermal langsung dengan tingkat pembakaran sampah berada pada suhu 850°C.



Gambar 1 Proses Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)

Dalam proses insenerasi mempunyai konsep yaitu sampah yang masuk dipilah-pilah terlebih dahulu dan masih akan melalui tahapan pengeringan kadar air selama 3-4 hari hingga kadar air berkurang 50-60% guna mendapatkan efisiensi tingkat pembakaran yang maksimal. [1]

2. Karakteristik Sampah

Setiap sampah mempunyai karakteristik fisik maupun kimiawi yang berbeda-beda. Maka dari itu harus dilakukan pengujian Analisis Proksimat yang dapat menentukan karakteristik sampah baik itu nilai kadar air, zat terbang, abu dan karbon tetap. Hal ini bisa di dapati dengan melakukan pengujian di laboratorium dengan perhitungan sebagai berikut: [3]

a. Kadar air

Ditentukan dengan memanaskan sampel di oven pada suhu 105°C selama 2 jam

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{B - C}{B - A} \times 100 \%$$

Keterangan:

A = Berat cawan kosong setelah dioven 1 jam (gram)

B = Berat cawan dengan sampah sebelum dimasukkan ke dalam oven (gram)

C = Berat cawan dengan sampah setelah dioven selama 2 jam (gram).

b. Kadar Volatil

Ditentukan dengan memanaskan 2 gr sampel pada *furnace* dengan suhu 950°C selama 7 menit.

$$\text{kadar volatil (\%)} = \frac{B - C}{B - A} \times 100 \%$$

Keterangan:

A= Berat cawan sebelum uji kadar air (gram)

B= Berat cawan dengan sampah sebelum dimasukkan ke furnace (gram)

C= Berat cawan dengan sampah setelah dimasukkan ke furnace (gram)

c. Kadar Abu

Kadar abu ditentukan dengan memanaskan sampel pada suhu 650°C selama 2 jam.

$$\text{kadar abu (\%)} = \frac{B - A}{C - A} \times 100 \%$$

Keterangan:

A = Berat cawan kosong (gram)

B = Berat cawan dengan sampah setelah dimasukkan ke furnace (gram)

C = Berat cawan dengan sampah setelah uji kadar air (gram)

Penetapan kadar **karbon/fixed carbon** tetap menggunakan perhitungan:

$$\text{fixed carbon (\%)} = 100\% - (\% \text{ volatil} + \% \text{ abu})$$

3. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan besaran untuk menggambarkan kalor yang dikandung dari sebuah bahan. Semakin tinggi nilai kalor maka semakin mudah bahan itu terbakar. Dalam perhitungan nilai kalor ini harus mengetahui dulu karakteristik kimiawi yang sebelumnya dilakukan pada pengujian laboratorium. Perhitungan nilai kalor dapat dimasukkan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Btu / Ib = 8000A + 14500B$$

Dimana:

A = fraksi volatil, fraksi dari materi kering yang hilang pada suhu 650°C

B = *fixed carbon*

II. METEDOLOGI PENELITIAN

A. Prosedur Penelitian

- Melakukan Studi Literasi, yaitu melihat dan mengumpulkan literasi yang berkaitan dengan penelitian pemanfaatan sampah sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)
- Pengambilan data spesifik yang berkaitan dengan Pemanfaatan sampah menjadi energi listrik
- Pengolahan literasi yang menjadi referensi dalam mengambil dan mengolah data

- Pengujian Laboratorium dari sampel yang di ambil

B. Data Teknis

Beberapa data yang di perlukan dalam penilitan ini yaitu sebagai berikut :

- Data jumlah sampah dari masing-masing daerah yang masuk dalam TPA Regional Wori
- Data komposisi dan karakteristik sampah di TPA Regional Wori
- Data pengujian karakteristik kimiawi sampah yang dilakukan di Labororium Terpadu Universitas Sam Ratulangi

Tabel 1

Pengujian Karakteristik Kimiawi Sampah

No	Sampel	Nilai Kalor (kkal/kg)		
		*	**	***
1	HVS	-	3591,18	3024,24
2	Karton	-	6648,26	3602,18
3	Koran	-	4205,97	3845,53
4	Plastik PET	4418,01	-	-
6	Plastik LDPE	3959,45	-	-
7	Plastik PMMA	3586,70	-	-
8	Makanan Tercampur	-	3357,11	3162,21
9	Kayu	4352,35	-	-
10	Sayur	-	3915,63	4548,29
11	Daun Kering	3322,41	-	3998,02
12	Kain	-	4357,78	4836,68
13	Karet	172,67	-	-
14	Logam (Besi)	-1,25	-	-
15	Kaca	22,04	-	-

- * Pengujian Laboratorium Terpadu Universitas Sam Ratulangi, 2022
- ** Tchobanoglous, 1993
- *** Novita dan Damanhuri, 2010

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Perkiraan dan Perhitungan Keluaran Daya dari Sampah di TPA Regional Wori dengan Teknologi Pembakaran Langsung

Teknologi insenerasi atau pembakaran langsung merupakan teknologi yang tepat dalam memanfaatkan sampah menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA), hal ini dapat mengurangi volume sampah secara signifikan dan juga mengurangi dampak sampah sebagai pencemaran lingkungan.

Asumsi ini dibuat dengan pertimbangan data potensi jumlah sampah yang mudah terbakar yaitu 40,93% atau 170.705 kg/hari dan nilai kalor sampah yang masuk TPA adalah 4400 kkal/kg. Maka energi termal yang masuk boiler sebesar 751.102.000 kkal/hari. Selanjutnya energi termal dikonversi menjadi satuan kWh/hari yaitu jumlah (kkal) x 0,00116 (kWh/kkal) = 871.278,32 kWh/hari. Untuk mendapatkan kapasitas daya maka energi listrik (kWh) yang di hasilkan per hari dibagi dengan total jam perhari yaitu 24 jam, maka kapasitas daya yang didapatkan yaitu 36.303,27 kW. Ini belum termasuk dengan perhitungan efisiensi boiler, efisiensi turbin serta yang terakhir yaitu efisiensi generator. Perkiraan efisiensi boiler dibuat dari harga tipikal boiler yang beroperasi di PLTSA yaitu 80% maka didapatkan keluaran daya dari boiler $36.303,27 \text{ kW} \times 80\% = 29.042,62 \text{ kW}$.

Perkiraan ini memiliki perbedaan dengan efisiensi boiler batu bara sebesar 85%. Berdasarkan siklus rankine yang mempunyai nilai 25-30%, demi faktor keamanan maka dipilih angka 25%. Sehingga mendapatkan nilai keluaran daya $29.042,62 \text{ kW} \times 25\% = 7.260,65 \text{ kW}$ yang dimanfaatkan sebagai penggerak generator. Selanjutnya efisiensi generator sebesar 90%, hasil keluaran daya bersih dikali dengan faktor efisiensi generator, $7.260,65 \text{ kW} \times 90\% = 6.534,59 \text{ kW}$. Timbulan sampah TPA Regional Wori yang di manfaatkan menggunakan teknologi insenerasi atau pembakaran langsung dapat menghasilkan keluaran daya dari generator yaitu 6.534,59 kW, serta 156.830,16 kWh/hari dan 57.243 MWh/tahun.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Teknologi insenerasi atau pembakaran langsung dalam memanfaatkan ketersediaan sampah di TPA Regional Wori dapat mengubah sampah menjadi listrik dengan keluaran daya dari generator yaitu 6.534,59 kW, serta keluaran daya dari generator per hari adalah 156.830,16 kWh/hari dan 57.243 MWh jika beroperasi selama satu tahun.
2. Timbulan sampah TPA Regional Wori yang terdiri atas berbagai macam komponen mencapai lebih dari 400 ton/hari dan yang termasuk komponen mudah terbakar untuk bahan baku PLTSA mencapai 40,93 % atau 170,7 ton/hari. Dengan rata-rata nilai kalor sampah yang masuk TPA yaitu 4400 kkal/kg.
3. Dengan memanfaatkan ketersediaan sampah di TPA Regional Wori sebaiknya menggunakan teknologi pembakaran langsung karena dari sisi reduksi volume sampah yang signifikan, dan prosesnya

yang cepat. Selain itu metode ini relative telah terbukti secara skala komersial. Dengan pembangunan PLTSa ini kualitas pelayanan sampah di Sulawesi Utara juga akan meningkat.

B. Saran

1. Masih diperlukan studi lebih lanjut serta observasi lapangan yang meliputi penentuan komponen dan spesifikasi teknis secara mendetail dari PLTSa ini.
2. Aspek emisi udara dari PLTSa ini masih perlu dikaji dan diimplementasi dengan sungguh-sungguh untuk menjaga keberlangsungan dari PLTSa nantinya.
3. Pembahasan mengenai aspek kelistrikan PLTSa ini secara mendetail dapat dilakukan pada suatu penelitian tugas akhir yang merupakan kelanjutan dari tugas akhir ini.

V. KUTIPAN

- [1] Wiarty, Haty, (2003). Kajian Pengelolaan Sampah Kota Bandung Dengan Insinerasi Terpusat, Departemen Teknik Lingkungan ITB.
- [2] Wibowo Ario, (2007). Kajian Awal Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah di Kota Bandung, Teknik Elektro ITB.
- [3] Damanhuri, Enri dan Tri Padi, (2006). Pengolahan Sampah Teknik Lingkungan ITB.
- [4] Tchobanoglous, George, Hilary Theisen, and Samuel A. Vigil, (1993). *Integrated Solid Waste Management*. Mc. Graw Hill.
- [5] Damirin Muhammad, (2010). Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Dengan Teknologi Dry Anaerobic Conversion, Uninsula.
- [6] Syukriyadin dan Rasyid Ikhsan, (2014). Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di TPA Kota Surabaya, Teknik Mesin Mercu Buana.
- [7] Safrizal, (2014). Distributed Generation Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kota (PLTSa) Type Incinerator Solusi Listrik Alternatif Kota Medan, Fakultas Teknik Universitas Kudus.
- [8] Hasyim Suyuti Amin Muzzekki, (2021). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Berbasis Bioteknologi Lingkungan, Teknik Elektro Universitas Trunojoyo Madura.
- [9] Samsinar Riza, Anwar Khaerul, (2010). Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kapasitas 115 KW (Studi Kasus Kota Tegal), Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [10] Pemerintah Provinsi Sulawesi Utara, (2017). Rencana Induk Sistem Pengelolaan Sampah Provinsi Sulawesi Utara, Dinas Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Sulawesi Utara.

RIWAYAT HIDUP



Penulis yang mempunyai nama yaitu **Dandi Aprilianto** dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Lahir dari pasangan suami-istri Agus Tri

Widodo (Ayah) dan Salma Batudoka (Ibu), di Jakarta pada tanggal 24 April 1999. Sebelumnya penulis menempuh Pendidikan di MIN Molas Manado (2005-2011), SMP Negeri 3 Manado (2011-2014), MAN Model Manado (2014-2017) dan akhirnya menempuh perguruan tinggi di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.

Pada awal masuk Pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada Tahun 2017, dan mengambil konsentrasi Minat Teknik Tenaga Listrik. Pada Tahun 2020 penulis memenuhi persyaratan kurikulum yaitu magang selama 6 bulan di salah satu perusahaan Mitra PLN yaitu PT. Jago Elfah Anugerah (JEA).

Dalam menempuh Pendidikan penulis aktif pada kegiatan organisasi didalam maupun diluar kampus, salah satunya menjadi ketua bidang ekonomi kreatif Badan Tadzkir Fakultas Teknik (BTFT) pada Tahun 2020 sampai Tahun 2021. Penulis selesai melaksanakan Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, Jurusan Teknik Elektro pada bulan Juni Tahun 2024, dengan penelitian Tugas Akhir dengan judul PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSA) DI TPA REGIONAL WORI, KABUPATEN MINAHASA UTARA.

