

**Studi Kelayakan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa)
Sebagai Sumber Energi Listrik 200 MW
(Studi Kasus TPA Bantar Gebang Kabupaten Bekasi)**

Jenni Ria Rajaguguk

Fakultas Teknik Mesin, Universitas Krisnadwipayana, Jakarta
e-mail: jenniria_rajaguguk@yahoo.com

ABSTRAK

Sampah dapat menjadi beberapa sumber energi untuk energi listrik, biogas dan biofuel. Hambatan dalam pencapaian target pembangunan dalam bidang energi, sebesar 96% konsumsi energi di Indonesia masih dipenuhi dengan penggunaan energi fosil (48% minyak bumi, 30% batubara dan 18% gas). Sehingga *Energy from Waste* yang tepat menuju lingkungan yang baik (*Best for Environment*), melalui tempat pembuangan sampah (TPA)/(*Landfill*), *Inceneratorion*, *Recovery* (Daur ulang atau *reuse*, pengomposan atau *composting*, *waste to energy* atau limbah menjadi energi), penggunaan kembali dan minimisasi limbah. Potensi energi yang dihasilkan tergantung dari volume sampah. TPA Bantar Gebang Bekasi menurut penelitian pertengahan tahun 2008 mencapai 9.932.142,24 m³ dengan prediksi jumlah sampah perhari sekitar 7.000 ton. Timbunan limbah berasal dari sampah pemukiman (rumah tangga) dan non pemukiman pada periode 3 tahun terakhir di Pulau Jawa, adalah 29.413.336 m³/tahun atau 44% (2008), 22,2 juta ton/tahun atau 58% (2009) dan terjadi peningkatan untuk daerah Jakarta, yaitu dari 6.594,72 ton/hari diperkirakan menjadi 7200 ton/hari pada tahun 2020. Penelitian ini bertujuan menegtahui potensi gas *landfill* (LFG) yang dihasilkan dari timbunan sampah TPA Bantar Gebang Kabupaten Bekasi dan kapasitas energi listrik yang dapat dibangkitkan dari kandungan gas *landfill* tersebut dan kelayakN dibangunnya pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) 200 MW di daerah tersebut. Metode penelitian adalah penelitian rekayasa dan teoritis dengan tujuan menghasilkan potensi gas *landfill* dari penguraian limbah organik sebagai sumber energi listrik alternatif dengan sumber energi 200 MW dan menghasilkan hasil kajian studi kelayakan.

Kata kunci

Studi kelayakan,
Desain,
PLTSa,
Energi Listrik,
Sampah

PENDAHULUAN

Pemerintah semakin memberikan perhatian terhadap pemanfaatan sampah, salah satu pemanfaatan sampah menghasilkan sumber energi melalui teknologi tertentu.

Pertumbuhan angka sampah semakin tahun semakin meningkat, sejalan dengan pertumbuhan aktivitas manusia. Sampah yang dihasilkan oleh masyarakat dapat menjadi beberapa sumber energi yaitu sumber energy

listrik, biogas dan biofuel. Permasalahan yang ada yaitu hambatan dalam pencapaian target pembangunan dalam bidang energy, sebesar 96% konsumsi energi di Indonesia masih dipenuhi dengan penggunaan energi fosil (48% minyak bumi, 30% batubara dan 18% gas). Sehingga *Energy from Waste* yang tepat menuju lingkungan yang baik (*Best for Environment*), melalui tempat pembuangan sampah (TPA)/(Landfill), *Incineration*, *Recovery* (Daur ulang atau *reuse*, pengomposan atau *composting*, *waste to energy* atau limbah menjadi energi), penggunaan kembali dan minimisasi limbah.

Penerapan *Energy from waste* ini, menghasilkan energi listrik sangat dibutuhkan untuk berbagai bidang usaha dan kehidupan. Saat ini, mencanangkan pentingnya hemat energi serta berusaha mengembangkan pembangkit-pembangkit listrik dengan menggunakan energi alternatif seperti pembangkit listrik tenaga angin, tenaga surya, mikro hidro, dll. Dari alternatif-alternatif sumber energy seperti tenaga surya, angin dan mikro hidro, sekarang sedang dicoba alternatif baru dengan menggunakan sampah organik sebagai sumber energi pembangkit listrik^[1]. Potensi energi yang akan dihasilkan tergantung dari volume sampah dan TPA, yang tidak terlepas dengan peningkatan pertumbuhan penduduk. Dari hasil survei yang dilakukan Pemerintah, terdapat sekitar 15 kota yang memiliki sampah dengan jumlah yang besar, diantaranya DKI Jakarta dengan potensi sampah yang dapat mencapai 7000 ton per hari^[2].

Begitu pula dengan bantar Gebang Bekasi menurut penelitian dan studi di TPA pertengahan tahun 2008 mencapai 9.932.142,24 m³. diprediksi jumlah sampah perhari yang diterima TPA Bantar Gebang sekitar 7.000 ton/hari^[3]. Dari data yang dihimpun ternyata timbunan limbah yang berasal dari sampah pemukiman (rumah tangga) dan non pemukiman pada periode 3 tahun terakhir, dimana pada tahun 2008 volume sampah untuk pulau Jawa sebesar 29.413.336 m³/tahun atau 44 %, pada tahun 2008 jenis limbah dapur volume sampah sebesar 22,2 juta ton/tahun (58 %) dan pada tahun 2009 terjadi peningkatan untuk daerah Jakarta,

yaitu dari 6.594,72 ton/hari diperkirakan menjadi sebesar 7200 ton/hari pada tahun 2020^[3].

Hal ini, bagaimana penanggulangan sampah yang volumenya selalu meningkat dan selalu menjadi masalah besar terutama di kota-kota besar di Indonesia. Hingga tahun 2020 mendatang, volume sampah perkotaan di Indonesia diperkirakan akan meningkat lima kali lipat^[4]. Dari jumlah sampah yang besar itu, sangat memungkinkan kesinambungan ketersediaan sampah setiap harinya. Sedangkan proses pengolahan sampah yang sedang berjalan saat ini di lokasi TPA Bantar Gebang untuk menghasilkan energy listrik dengan landfill hanya mencapai 3 MW dan dengan teknologi *Incinerator* hanya mencapai 300 kW atau 0,3 MW^[5]. Dari permasalahan tersebut di atas, akan dikaji seberapa besar daya listrik yang dihasilkan pembangkit listrik 200 MW dengan bahan bakar sampah melalui Teknologi S/S, Gasifikasi dengan nilai kalor yang dihasilkan oleh sampah organik.

Berapakah potensi gas landfill (LFG) yang dihasilkan dari timbunan sampah TPA Bantar Gebang Kabupaten Bekasi. Dan berapakah kapasitas energi listrik yang dapat dibangkitkan dari kandungan gas landfill TPA Bantar Gebang Kabupaten Bekasi. Kemudian apakah layak dibangunnya suatu pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSA) dengan 200 MW di darah TPA Bantar Gebang Kabupaten Bekasi. Dengan tujuan menghasilkan potensi gas *Landfill* yang dihasilkan dari penguraian limbah organik Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bantar Gebang Kabupaten Bekasi sebagai sumber energi listrik alternative, menghasilkan potensi gas *Landfill* terhadap kapasitas energi listrik yang dapat dibangkitkan jadi sumber energy yang 200 MW menghasilkan hasil kajian-kajian studi kelayakan ekonomi (*Feasibility Study*) beban, energi, pertimbangan pemilihan teknologi pembangkit, pertimbangan Hasil keuangan proyek *NPV* (*Net Present Value*), *IRR* (*Internal Rate of Return*) dan *PP* (*Payback Periode*), teknis terkait area dan Lokasi, faktor lingkungan dan sosial ekonomi, regulasi terhadap legalitas pembangunan *Power Plant*.

PEMBAHASAN

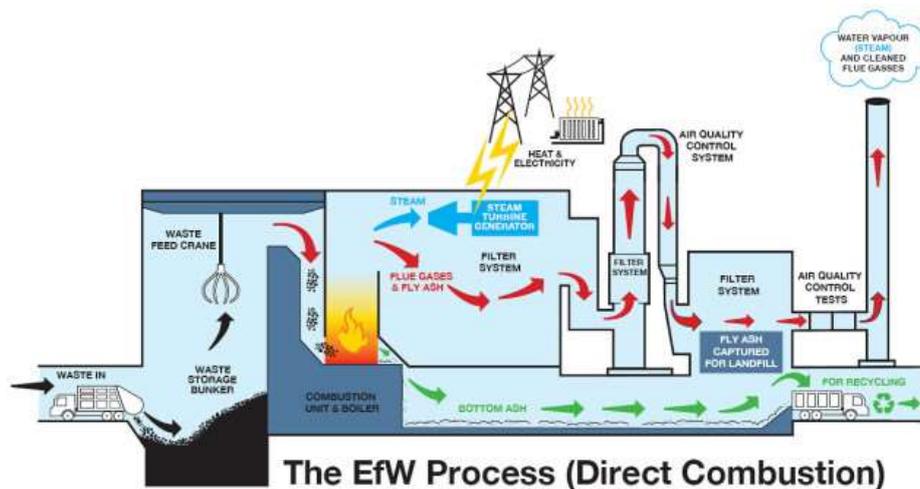
Sampah

Sampah ialah sesuatu yang tidak dapat dipakai, tidak disenangi atau harus dibuang, umunya berasal dari kegiatan yang dilakukan manusia, termasuk kegiatan industri^[1]. Ilmu Kesehatan Lingkungan mengartikan sampah sebagai bagian dari benda atau hal lain yang tidak disenangi, tidak digunakan atau benda yang harus dibuang dari sisa aktifitas makhluk hidup. Sampah biasanya digolongkan ke dalam tiga jenis berdasarkan sifatnya yaitu sampah organik, sampah anorganik dan sampah bahan berbahaya dan beracun (B3). Sampah organik adalah sampah yang memiliki komposisi bahan yang dapat mengalami penguraian secara biologis atau alami seperti sampah sisa makanan, kotoran hewan, kertas, kayu maupun sampah sisa perkebunan lainnya. Sampah anorganik merupakan sampah yang sukar terurai secara alami dan membutuhkan penanganan dan proses lebih lanjut untuk menghancurkannya.

Beberapa jenis sampah anorganik bahkan baru akan terurai setelah kurun waktu sangat lama sehingga akan menimbulkan kerusakan lingkungan, contohnya besi, plastik, kaleng dan sebagainya, Sedangkan sampah bahan berbahaya dan beracun (B3) merupakan sampah yang dapat membahayakan lingkungan maupun manusia seperti limbah rumah sakit dan limbah pabrik^[1]. Demikian juga proses penguraian sampah ada dua yaitu penguraian biokimia dan penguraian fisika.

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTsa) merupakan pembangkit yang dapat membangkitkan tenaga listrik dengan memanfaatkan sampah sebagai bahan utamanya, baik dengan memanfaatkan sampah organik maupun anorganik. Mekanisme pembangkitan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu proses Pembakaran (*Incineration*), dan Gasifikasi, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Solidifikasi-Stabilisasi (SS)

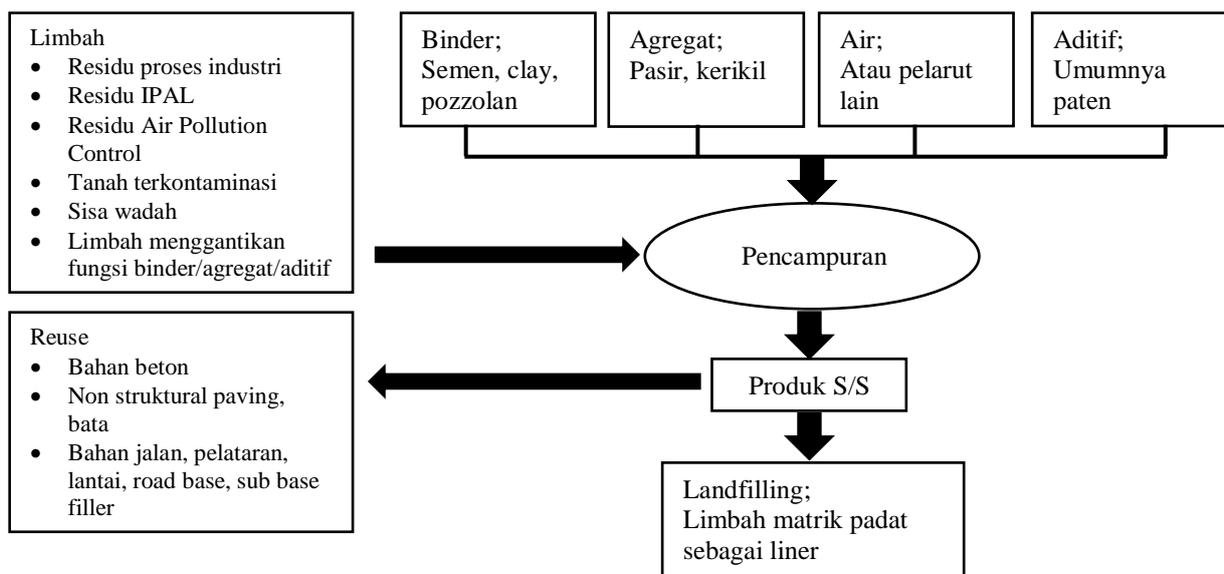
Teknologi incenerator adalah metode pembakaran limbah yang tidak dapat didaur ulang, namun pabrik sampah menjadi energi atau energi dari sampah atau industri yang terbukti terbarukan, memulihkan energi dari limbah. Pembakaran langsung limbah kota campuran menghasilkan uap tekanan tinggi yang dikonversi menjadi tenaga listrik menggunakan turbin dan generator. Hasilnya adalah produksi listrik untuk masyarakat setempat maupun nasional. Metode ini

disertai jenis limbah lain: abu ketel dan alat akibat pembakaran dan pengendalian polusi udara, yang harus dikelola khusus sebelum dibuang di TPA limbah berbahaya. Metode pengolahan yang paling umum adalah Solidifikasi (S) dan Stabilisasi (S) dengan semen sebagai pengikat. Karena adanya waktu pengerasan, diperlukan ruang untuk menyimpan produk S/S selama beberapa minggu. Tetapi ketika melihat tanaman yang ada, area ini tidak selalu tersedia. Tujuan

proyek ini adalah untuk menguji efek bahan kimia tertentu yang dapat ditambahkan ke matriks abu-abu boiler dan terbang untuk mempercepat proses stabilisasi.

Solidifikasi (fikasi) /pengapsulan yaitu memproses limbah lumpur padat dengan sasaran utama mengurangi lindi yang berbahaya untuk mendapatkan bahan yang baik, meningkat kekuatan, menurunkan permeabilitas campuran limbah. Stabilisasi adalah proses penanganan limbah berbahaya atau pencampuran limbah dengan bahan aditif untuk meningkatkan karakteristik fisik dan penanganan limbah, mengurangi luas permukaan sehingga kontaminan yang lolos

menjadi lebih sedikit dan membatasi kelarutan pencemar mereduksi toksisitas. Gabungan kedua proses disebut proses SS (Solidifikasi-Stabilisasi) atau (S/S). (S/S) merupakan proses yang melibatkan pencampuran limbah dengan zat pengikat untuk mereduksi pelindian kontaminan secara fisik dan kimia. Proses S/S mengkonversi limbah (B3) menjadi bentuk yang dapat diterima oleh lingkungan untuk dibuang ke lahan pembuangan atau digunakan untuk keperluan konstruksi. S/S telah banyak digunakan untuk menangani limbah radioaktif tingkat rendah, berbahaya, dan limbah campuran^[6].



Gambar 2. Diagram proses Solidifikasi –Stabilitasi (S/S)



- Keterangan
1. Feed Handling (Penangan Pakan)
 2. Plasma Gasifikasi
 3. Gas Cooling
 4. Syngas Clean up (Pembersihan Syngap)
 5. Product Option (Power, Enthance, and Steam)

Gambar 3. Gasifikasi

Teknologi Gasifikasi

Pengolahan sampah dengan teknologi gasifikasi ini yaitu mengkondisikan sampah organik yang akan dipergunakan sebagai bahan bakar dalam bentuk gas. Gas yang dihasilkan atau dibutuhkan adalah gas metan (CH_4) sebagai sumber bahan bakar disel ataupun untuk memanaskan uap sebagai penggerak turbin sehingga dapat menghasilkan tenaga listrik. Proses pembentukan gas metan ini terjadi dari unsur C pada sampah dengan unsur H yang di dapat dari H_2O sehingga membentuk persenyawaan baru berupa gas metan itu sendiri^[7].

Konversi Energi

Energi dapat diartikan sebagai kemampuan dari suatu zat untuk dapat melakukan proses kerja. Energi dibedakan menjadi dua macam yaitu energi primer dan energi sekunder. Energi primer adalah sumber daya energi yang telah disediakan langsung oleh alam sedangkan energi sekunder adalah energi primer yang telah dimanfaatkan lebih lanjut. Energi yang terdapat di alam bersifat kekal dimana energi tersebut tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan. Energi dapat diubah menjadi bentuk lain dengan menggunakan proses tertentu, hal inilah yang disebut dengan proses konversi energi^[8]. Energi listrik merupakan energi yang dihasilkan oleh benda yang bermuatan listrik. Muatan listrik statis akan menimbulkan energi potensial listrik, sedangkan muatan listrik dinamis akan menimbulkan arus listrik dan energi magnet^[9]. Energi listrik merupakan jenis energi sekunder, oleh sebab itu dibutuhkan sumber daya energi primer untuk dilakukan proses konversi energi. Sumber pembangkitan energi primer yang dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik digolongkan menjadi dua yaitu energi terbarukan dan energi tak terbarukan.

Gas *Landfill* (LFG) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai pemangkit listrik. Kandungan gas metana yang terdapat pada *landfill* gas dapat digunakan sebagai pemutar turbin melalui proses pembakaran. Penggunaan gas *landfill* yang dibangkitkan

dari Tempat Pembuangan Sampah (TPA) sebagai pembangkit energi listrik dinamakan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)^[10]. Gas *Landfill* atau LFG merupakan gas yang dihasilkan oleh mikroba pada saat bahan organik mengalami proses fermentasi dalam suatu keadaan anaerobik yang sesuai baik dari segi suhu, kelembaban, dan keasaman. LFG dapat terjadi akibat penguraian material organik yang terdapat pada tempat pembuangan akhir. Sebagian besar kandungan dari gas *landfill* adalah metana dan karbon dioksida^[11].

Tabel 1. Presentase gas penyusun LFG
Rumus Kimia Persentase Kandungan

No	Uraian	Komposisi
1.	Methane (CH_4)	40-60 %
2.	Carbon Monoksida (CO)	25 – 50 %
3.	Nitrogen (N)	3 – 15 %
4.	Oksigen (O)	0-4 %
5.	Hidrogen (H)	0-1 %

Tabel 2. Konversi Energi Gas Metana menjadi Energi Listrik

No	Jenis Energi	Setara Energi
1	1 kg Gas Metana	$6,13 \cdot 10^7$ Joule
2	1 kWh	$3,6 \cdot 10^7$ Joule
		$4,0213 \cdot 10^7$ Joule
3	1 m ³ Gas Methane	11,17 kWh

Rumus perhitungan potensi energi listrik yang dibangkitkan prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Jumlah gas LFG yang dihasilkan dengan metode IPCC Tier-2 berdasarkan persamaan 1 yang akan diinterpretasikan dalam satuan m³. Sedangkan jumlah timbulan sampah untuk setiap tahun dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$Wt = x \text{ laju timbulan sampah} \dots\dots(1)$$

Dimana: = sampah pada tahun ke-t

= jumlah penduduk tahun ke-t

2. Potensi energi listrik Energi listrik yang dibangkitkan dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut.

$$E = \text{Metan} \times \text{Faktor } K \text{ (kWh)} \dots\dots(2)$$

3. Energi listrik netto yang dibangkitkan Turbin gas

$$p = \text{efisiensi mesin} \times \text{(kWh)} \dots\dots(3)$$

Metode Analisis Tekno Ekonomi

Feasibility study tentang perencanaan pembangkit energi listrik tenaga sampah, sebelum proyek dilakukan maka penelitian dan penilaian ekonomik perlu dilakukan sebelum meningkat menjadi pelaksanaan pembangunan. *Feasibility study* tentang anggaran yang dibutuhkan apabila pembangkit listrik tenaga sampah terealisasi. Analisis ekonomi yang diprioritaskan adalah *payback period* (PBP), *net present value* (NPV) dan nilai *return of investment*.

Perhitungan *Payback Period*

Metode *payback period* adalah jumlah waktu yang dibutuhkan oleh investor untuk dapat mengembalikan biaya awal investasi dari pembangkit listrik tenaga sampah. Adapun persamaan *payback period* adalah sebagai berikut [12]:

$$PP = \frac{\text{investment Cost}}{\text{Annual CIF}} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

- n = Tahun terakhir saat arus kas masih belum menutupi nilai investasi
- a = jumlah atau nilai investasi
- b = jumlah kumulatif arus kas tahun ke-n
- c = jumlah kumulatif arus kas tahun ke-n+1

Perhitungan *Net Present Value* (NPV)

Kajian dan pertimbangan hasil keuangan proyek untuk menilai apakah sebuah pembangkit *Net Present Value* (NPV) adalah nilai sekarang dari keseluruhan *Discounted Cash Flow* atau gambaran ongkos/pembiayaan total atau pendapatan total proyek dilihat dengan nilai sekarang (nilai pada awal proyek). Secara matematik nilai NPV dapat adalah dengan rumus:

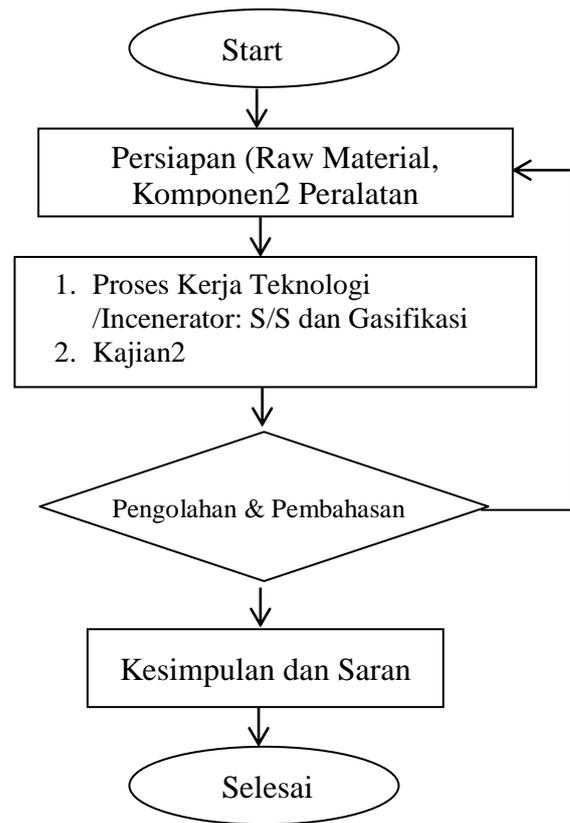
$$NPV = \sum_{c=0}^o \frac{CIF_t}{(1+t)^k} \cdot COF \dots\dots\dots(5)$$

Return of investment

Return of Investment (ROI) merupakan rasio uang yang diperoleh atau hilang pada suatu investasi, relatif terhadap jumlah uang yang diinvestasikan. Bunga bank adalah 30% sehingga besarnya nilai ROI harus lebih besar dari 30%.

$$ROI = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \dots\dots\dots(7)$$

METODE PENELITIAN



Gambar 4. *Flow Chart* Kegiatan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Sampah sebagai Sumber Energi 200 MW

Persiapan Raw Material

Data sementara Letak Geografis dan Volume Sampah Bantar Gebang, terlihat Gambar 5. TPST Bantargebang adalah sebuah kecamatan yang terletak di Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat. Kecamatan ini terbagi menjadi 4 kelurahan yang meliputi, Bantargebang dengan luas 406,244 Ha, Cikiwul dengan luas 525,351 Ha, Ciketing Udik dengan luas 568,955 Ha, dan Sumur Batu dengan luas 343,340 Ha. TPST Bantargebang sendiri terletak di Kelurahan Bantargebang, memiliki luas wilayah sebesar 110,3 Ha dengan kordinat 6°20'54.57"S lintang selatan dan 106°59'52.62"E bujur timur. TPST ini berfungsi untuk melayani sampah dari DKI Jakarta. Dalam sehari diperkirakan sampah yang masuk ke TPST Bantargebang sebanyak 6500 ton. Volume timbunan sampah pertahun sejak tahun 2003-2011 bersumber dari rumah tangga, kantor, pasar, pertokoan, fasilitas umum.



Gambar 5. Letak Geografis Bantar Gebang Bekasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Sampah Komposisi Sampah di Bantar Gebang Kabupaten Bekasi

Tabel 3. Volume Sampah di Bantar Gebang

Zona	Volume Sampah (m ³)
I	2.786.566,95
II	2.744.989,83
III	2.787.904,08
IV	810.258,21
V	803.323,17
Total	9.932.142,24

Tabel 4. lanjutan

No	Komposisi Sampah	Jumlah (%)
7	Kaca	1,91
8	Bongkahan	0,81
9	B3	1,52
10	Karet d Kulit Tiruan	0,19
11	Dan lain-lain	4,65
Total		100,01

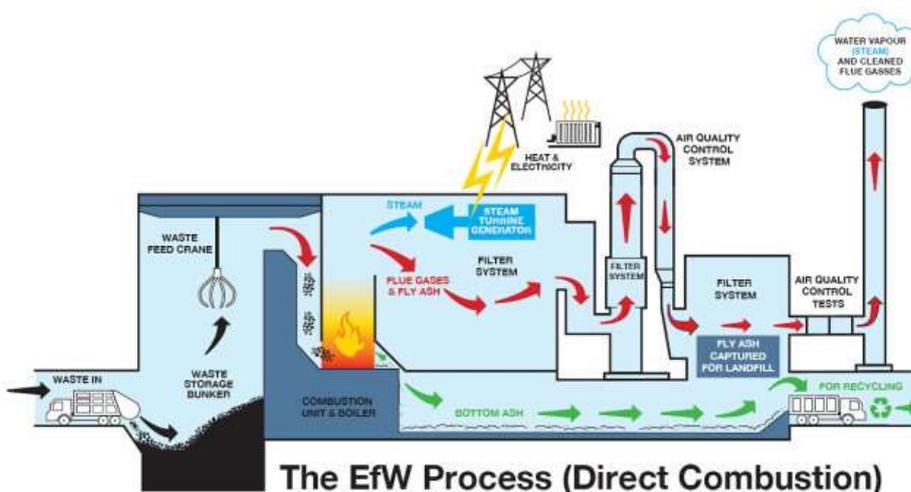
Tabel 4. Komposisi Sampah di Kota Jakarta

No	Komposisi Sampah	Jumlah (%)
1	Organik	55,37
2	Kertas	20,57
3	Plastik	13,25
4	Kain dan textile	0,61
5	Kayu	0,07
6	Logam	1,06

Kajian Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) sebagai Sumber Energi 200 MW

Kajian kelayakan adalah suatu kajian untuk menilai apakah suatu pembangkit listrik dapat dibangun. Kajian kelayakan merupakan bagian dari perencanaan pembangkit. Kajian kelayakan pembangkit listrik dinilai dari enam aspek.

Proses Kerja Teknologi /Incenerator: S/S dan Gasifikasi



The EFW Process (Direct Combustion)

Gambar 6. The EFW Process (Direct Combustion)

Keterangan:

1. Waste in
2. Waste Feed Crane
3. Waste Storage Bunker
4. Combustion unit and Boiler Flue Gases and fly ash
5. Filter System
6. Air Quality Control System
7. Air Quality Control Test
8. Water Vapour Steam and Cleaned Gasses
9. Fly Ash Captured for Landfill

Prinsip Kerja:

Teknologi pengolahan sampah ini untuk menjadi energi listrik pada prinsipnya sangat sederhana yaitu.

1. Pemilahan dan penyimpanan sampah, sampah dibakar sehingga menghasilkan panas (proses konversi thermal)
2. Panas dari hasil pembakaran dimanfaatkan untuk mengubah air menjadi uap dengan antuan boiler
3. Pemanasan Boiler, dimana uap bertekanan tinggi digunakan untuk memutar bilah turbin
4. Pergerakan turbin dihubungkan ke generator dengan bantuan poros
5. Generator menghasilkan listrik dan listrik di alirkan ke rumah-rumah atau ke pabrik (Teknologi menghasilkan fermentasi methane)

Peralatan Pengolahan Sampah pada Teknologi EFW S/S

Komposisi peralatan untuk pengolahan sampah dengan teknologi Thermal Converter secara garis besar dapat dirinci sebagai berikut.

1. Compacting Truck, yang akan dipakai sebagai alat angkut sampah dari sumber sampah kelokasi pengolahan sampah.
2. Overhead Crane, yang akan digunakan untuk mengangkat sampah dari tempat penampungan sementara didalam pabrik ketempat penyortiran untuk memisahkan sampah yang bisa didaur ulang seperti logam dan gelas di ban berjalan.
3. Mesin penghancur dan penyayat sampah sebelum sampah dimasukkan ke ruang pembakaran.
4. Thermal Converter sebagai jantung dari teknologi pemusnah sampah. Panas tinggi yang dihasilkan dari pembakaran ini kemudian didinginkan dengan menyemprotkan air secara kontinu, sehingga menghasilkan superheated steam.
5. Boiler adalah peralatan yang akan menampung uap panas lanjut (superheated) yang dihasilkan dari proses pendinginan panas yang tinggi dengan

cara disemprotkan dengan air secara kontinu.

6. Turbin adalah peralatan penggerak generator yang digerakan oleh tenaga uap yang ditampung dalam boiler.
7. Generator adalah peralatan yang akan menghasilkan daya listrik yang digerakkan oleh turbin

Kajian dan Pertimbangan Kebutuhan Energi

Kajian dan pertimbangan kebutuhan beban dan energi adalah kajian untuk mengetahui apakah di daerah dimana pembangkit akan dibangun terdapat kebutuhan listrik yang belum bisa dipasok atau dilayani oleh pembangkit listrik yang ada.

1. Potensi energi listrik Energi listrik yang dibangkitkan dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut

$E = \text{Metan} \times \text{Faktor } K \text{ (kWh)}$ Pada Zone 1:

$$\begin{aligned} E &= 0,55 \times 2.786.566,95 \text{ m}^3 \times 0,554 \\ &= 1532611 \times 0,554 \\ &= 849077,950 \text{ m}^3 \times 11,17 \text{ kWh} \\ &= \frac{9484077,832}{60} \\ E &= 158068 \text{ kW} = 158,068 \text{ MW} \end{aligned}$$

Pada Zone 2:

$$\begin{aligned} E &= 0,55 \times 2.744989,83 \text{ m}^3 \times 0,554 \\ &= 846398,401 \times 0,554 \\ &= 9454270,139 \text{ m}^3 \times 11,17 \text{ kWh} \\ &= \frac{9454270,139}{60} \\ &= 157571,169 \text{ kW} = 157,571 \text{ MW} \end{aligned}$$

Pada Zone 3:

$$\begin{aligned} E &= 0,55 \times 2.787.904,08 \text{ m}^3 \times 0,554 \\ &= 849474,373 \times 0,554 \\ &= 9488628,746 \text{ m}^3 \times 11,17 \text{ kWh} \\ &= \frac{9484077,832}{60} \text{ kW} \\ &= 158143,812 \text{ kW} = 158,144 \text{ MW} \end{aligned}$$

2. Energi listrik netto yang dibangkitkan Turbin gas

$$p = \text{efisiensi mesin} \times \text{(kWh)}$$

Tabel 5. Parameter Efisiensi Perencanaan Komponen PLTSa

No.	Peralatan	Efisiensi Kerja	Efisiensi Mekanis
1	Gas scrubber	0,95	-
2	Gas blower	0,85	0,96
3	Kompresor	0,85	0,96
4	Combustion Chamber	0,98	0,96
5	Turbin	0,95	0,96

Tabel 6. Hasil Potensi Energi Listrik

No.	Komposisi Kadar Methane dalam FLG (%)	Vol.Sampah pada Zone Di Bantar Gebang Bekasi (m ³)	Komposisi Sampah Organik % (Tabel 2.3)	Faktor Konversi 1 m ³ Gas Methane = 11,17 kWh	Hasil Potensi Energi Listrik MW	Energi Netto yang dibangkitkan Tubin (MW)
1	0,55	2.786.566,95	0,554	11,17	158,068	151,745
2	0,55	2.744.989,83	0,554	11,17	157,571	151,268
3	0,55	2.787.904,08	0,554	11,17	158,144	145,746
4	0,55	863.258,21	0,554	11,17	48,968	47,009
5	0,55	803.325,17	0,544	11,17	45,569	43,746

Kajian dan Pertimbangan Pemilihan Teknologi Pembangkit.

Kajian dan pertimbangan pemilihan teknologi pembangkit adalah kajian untuk mengetahui ketepatan dan optimalnya sebuah teknologi dari sejumlah teknologi yang ada. Kriteria utama yang dipertimbangkan untuk pemilihan teknologi adalah kuantitas limbah, karakteristik limbah, sifat fisik dan komposisi limbah. Sebuah pilihan yang salah dalam penentuan teknologi pengolahan limbah dapat menyebabkan kegagalan seluruh sistem pengelolaan limbah yang mengarah ke ekonomi yang buruk dan lingkungan.

Kajian dan Pertimbangan Hasil Keuangan Proyek

1. *Net Present Value* (NPV)

NPV adalah nilai sekarang dari keseluruhan *Discounted Cash Flow* atau gambaran ongkos/pembiayaan total dengan kata lain dapat disebut sebagai pendapatan total proyek dilihat dengan nilai sekarang (nilai pada awal proyek)

2. *Internal Rate of Return* (IRR)

IRR adalah besarnya tingkat keuntungan yang digunakan untuk melunasi jumlah modal yang dipinjam agar tercapai keseimbangan ke arah nol dengan pertimbangan keuntungan. IRR

ditunjukkan dalam bentuk persentase (%) perperiode dan biasanya bernilai positif ($I > 0$).

3. *Payback Periode* (PP)

Payback Periode adalah lama waktu yang diperlukan untuk mengembalikan dana investasi. Penggunaan mesin yang memiliki keuntungan lebih besar yang direkomendasikan digunakan dalam pembangunan.

Kajian dan Pertimbangan Teknis terkait Area dan Lokasi

Lokasi terpilih, diambil berdasarkan dari beberapa kriteria tertentu. Diantaranya tata letak pembangkit, jarak pembangkit dengan lokasi gardu dan jarak pembangkit dengan lokasi sumber air di Bantargebang. Ketiga lokasi yang dimaksud adalah sebagai berikut : Pemilihan lokasi yang pertama kedua dan ketiga berdasarkan hasil survey, diskusi dan arahan petugas setempat. Lokasi tersebut disarankan karena memiliki tanah yang cukup datar. Adapun lokasi ketiga didapat menurut pertimbangan letak sumber air dan permukaan yang datar. Adapun penilaian kriteria lain yang menjadi pertimbangan dan diperhitungkan dalam perancangan PLTSa.

Kajian Pertimbangan Faktor Lingkungan dan Sosial Ekonomi

Beberapa faktor pertimbangan terhadap pembangunan suatu pembangkit diantaranya jenis flora dan fauna apa saja yang berada di lokasi calon kandidat pembangkit serta perkiraan pengaruh polusi dari hasil keluaran PLTSa yang akan dibangun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, tidak ditemukan flora dan fauna dengan status dilindungi. Adapun pengaruh dari hasil keluaran PLTSa yang akan dibangun akan menghasilkan polusi ke udara. Hal ini dikarenakan teknologi yang dipakai pada PLTSa adalah insinerasi sehingga pembuangannya menghasilkan asap dan bau. Solusi untuk menangani polusi ini diantaranya:

1. Pembakaran wajib pada rentang suhu 800-1000 °C untuk menghancurkan komponen berbahaya yang terdapat pada limbah.
2. Penambahan unit filter pada pembangkit untuk mengurangi zat-zat buangan yang berbahaya serta mengurangi bau tidak sedap.
3. Dengan memakai ruang pembakaran, pembebasan udara dapat terkontrol secara efektif dan tidak menimbulkan dampak yang berbahaya bagi lingkungan atmosfer. Sedangkan secara umum masyarakat berpendapat tidak setuju, hal ini di karenakan ketakutan terhadap dampak asap yang akan mempengaruhi kesehatan sehingga mengganggu aktifitas perekonomian. Untuk mengatasi persoalan ini maka akan dilakukan langkah-langkah pendekatan seperti di lakukannya sosialisasi tentang dampak, solusi, serta kelebihan dan kekurangan dari PLTSa menggunakan insenerator kepada masyarakat di lingkungan sekitar lokasi kandidat pembangkit. Menghimbau kepada masyarakat bahwa dengan dibangunnya pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) tidak berpengaruh terhadap lingkungan sekitar karena polusi yang dihasilkan berupa asap keluaran hasil pembakaran sampah tidak berbahaya karena sebelum dikeluarkan sudah di filter terlebih dahulu sehingga aman untuk lingkungan sekitar.

Kajian pertimbangan regulasi terhadap legalitas pembangunan *power plant*

Regulasi berfungsi untuk menilai peraturan-peraturan apa saja yang wajib dipenuhi oleh pembangkit yang akan dibangun. Indonesia sendiri memiliki 2 jenis peraturan, yaitu nasional dan daerah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil survey, perhitungan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) dengan teknologi pembakaran yang optimal di Bantar Gebang kabupaten Bekasi layak sesuai perhitungan menghasilkan sumber energy 200 MW.
2. Beberapa hasil kajian yang akan di wilayah TPST Bantar Gebang sesuai dengan desainPerancangan Pembangkit.
3. Manfaat pembangunan PLTSa dengan teknologi pembakaran adalah mengurangi volume sampah dengan cepat, simultan dengan pembangkitan listrik yang signifikan. Dengan demikian dampak terbesar dari pembangunan PLTSa dengan teknologi pembakaran mengurangi timbunan sampah dengan cepat.
4. Dengan dibangunnya PLTSa dapat membantu mencukupi target kontribusi energi terbarukan pada bauran energi nasional

REFERENSI

- [1] Spence, R. D., Shi, C., 2005, Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes, CRC Press.
- [2] Jenni Ria R., 2013, Pengaruh Pengelolaan Sampah melalui Teknologi Anaerob, Sanatary Landfill dan Keterampilan manajerial terhadap Penurunan Emisi CO₂ (Penelitian Ex Post Facti di Bantar Gebang Bekasi Kabupaten Bekasi, *Disertasi*, Prodi ML, Jakarta, Universitas Negeri Jakarta.
- [3] Badan Statistik Nasional, 2008, Statistik Persampahan, Jakarta.

- [4] Kenneth, W. Jr., Richard, D. E., 1999, *Thermodynamics* 6th Edition, Singapore-Printed, McGraw-Hill.
- [5] Rizal, M., 2011, Analisis Pengelolaan Persampahan Perkotaan (Studi kasus pada Kelurahan Boya Kecamatan Banawa Kabupaten Donggala, SMARTek Journal Publication, 9 (2), 155–172.
- [6] Spence, R. D., Shi, C., 2005, *Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes*, CRC Press.
- [7] Basu, P., 2010, *Biomass gasification and pyrolysis: practical design and theory*, Elsevier, New York, USA.
- [8] El-Wakil, 1985, M.M. Instalasi Pembangkit Daya, Jakarta, Erlangga.
- [9] Al-Fikri, Iqbal, H., 2013, Analisis Pembangkit Listrik dengan Generator Stirling, Program Prodi Elektro, Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- [10] Safrizal, 2014, Distributed Generation Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kota (PLTSa) Type Incinerator Solusi Listrik Alternatif kota Medan. *Prosiding SNATIF*, 1.
- [11] Abdelwaheb, A., 2012, Energy Recovery from a Municipal Solid Waste (MSW) Landfill Gas : A Tunisian Case Study. *Hydro Current Res.*, *HYCR*, 3(4).
- [12] Kasmir, Jakfar, 2012, *Studi Kelayakan Bisnis*, Jakarta, Kencana.