

Analisis Kelayakan Potensi Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Untuk Design Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

Doddi Yuniardi^{1,a}

¹Universitas Gunadarma, Jl. Margonda Raya. No.100, Depok.

^adoddi_y@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak.

Sampah perkotaan ini merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang sebagai hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Pengelolaan sampah yang diselenggarakan oleh dinas terkait saat ini hanya fokus pada pengumpulan dan pengangkutan ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) tanpa melalui pengolahan tertentu. Akibatnya sampah hanya menumpuk di sudut-sudut kota sampah yang menumpuk saja dapat membawa dampak yang buruk pada kondisi kesehatan manusia dan lingkungan. Bila sampah dibuang secara sembarangan atau ditumpuk tanpa ada pengelolaan yang baik, akan menimbulkan berbagai dampak yang lebih serius. Terjadinya bencana (ledakan gas metan, tanah longsor, pencemaran udara akibat pembakaran terbuka dan lain-lain) merupakan akibat dari pengelolaan sampah yang belum dilaksanakan dengan baik. Oleh karena itu perlu adanya sistem penangkapan metana dan pengubahan biogas menjadi energi menawarkan salah satu alternatif bagi pengelolaan sampah terpadu untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus menghasilkan energi terbarukan. Studi ini diperlukan untuk dapat mengimplementasikan potensi yang ada tersebut sehingga akan berdampak positif bagi perekonomian dan lingkungan di wilayah yang distudi. Dalam hal ini penelitian dilakukan untuk TPA Burangkeng, Kabupaten Bekasi. Jawa Barat.

Kata kunci: *Sampah, metana, lingkungan, energi.*

Abstract.

This waste is a material that is wasted or disposed of as a result of human activities and natural processes that do not yet have economic value. Waste management managed by the relevant agencies currently only focuses on collecting and transporting it to the Disposal Site (TPA) without going through a specific management. As a result, garbage only piles up in the corners of the city, the garbage that accumulates can have a bad impact on human health and the environment. If waste is disposed of directly or piled up without proper management, it will cause more serious impacts. The occurrence of disasters (methane gas explosions, landslides, air pollution due to open burning and others) is the result of improper waste management. Therefore, it is necessary to have a system for capturing methane and converting biogas into energy that offers an alternative for integrated waste management to reduce environmental impacts while producing renewable energy. This study is needed to be able to implement the existing potential so that it will have a positive impact on the economy and the environment in the study area. In this case the research was conducted for Burangkeng TPA, Bekasi Regency. West Java.

Keywords: *Waste, methane, environment, energy.*

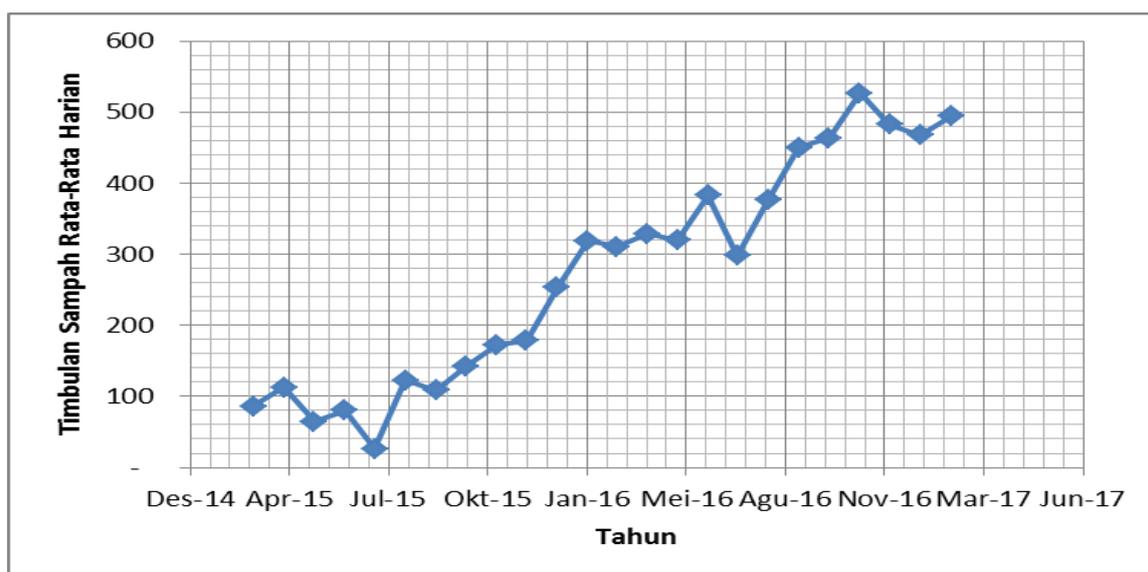
Latar Belakang

Sumber energi listrik yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik saat ini sudah banyak metode pengambilan sumber energi yang dilakukan. Mulai dari penggunaan generator sebagai pembangkit yang digerakkan oleh turbin air, turbin angin, turbin uap dari panas bumi, turbin uap oleh batu bara, turbin uap menggunakan pembakaran gas hingga pembangkit listrik non generator yang memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi lalu dikonversi menjadi listrik dan tersimpan dalam baterai [1].

Pada umumnya sumber penggerak untuk pembangkit listrik adalah dari siklus kondisi alam yang pada dasarnya bukanlah suatu permasalahan lalu dimanfaatkan keadaan tersebut seperti pergerakan air sungai, gelombang laut, uap panas bumi, angin dan matahari. Akan tetapi permasalahan alam lingkungan sekitar yang harus diselesaikan sebagai contoh dalam hal ini adalah masalah sampah, mengatasi hal tersebut lebih banyak mengarah kepada daur ulang (*recycle*) yaitu menjadikan sampah ke dalam bentuk lain jika sampah tersebut adalah sampah plastik atau logam. Tetapi sampah yang ada di TPA (Tempat Pembuangan Akhir) di Indonesia masih tercampur dengan sampah organik dan sampah tersebut hanya tertumpuk hingga menjadi gunung sampah [2].

(PLTSA) disebut juga sebagai pembangkit listrik tenaga sampah 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 metode secara pembakaran/termal dan secara biologis. Proses konversi melalui metode termal dapat dicapai melalui beberapa cara pembangkitan, yaitu dengan metode pirolisis, *combustion*, *Plasma Arc Gasification*, thermal gasifikasi [2].

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan dokumen *Detail Engineering Design* yang selanjutnya dijadikan dokumen untuk pembangunan PLT *landfill gas* atau PLTSA dalam hal ini di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Burangkeng, Kabupaten Bekasi Jawa Barat dan berikut data mengenai sampahnya.



Gambar 1. Grafik timbunan sampah rata-rata di TPA Burangkeng [3].

Tabel.1 Sampah yang masuk ke TPA Burangkeng [3].

Tahun	2015	2016	2017
Total sampah (ton)	33501	137511	34673
Rata-rata (ton) /Bulan	3350	11459	11558
Rata-rata (ton) /Hari	109,60	375,91	388,76

Sedangkan untuk tahun 2021 ini sampah yang masuk ke TPA Burangkeng sampai dengan bulan Agustus, per harinya adalah 778,5 ton dan rata-rata per bulannya 23744.3 ton sehingga totalnya sekitar 249315,7 ton dalam satu tahun dengan jumlah penduduk 624133 jiwa.

Maka bila disandingkan dengan proyeksi jumlah penduduk dan sampah yang dihasilkan dalam kurun waktu 2022 sampai dengan 2030, jumlah sampah yang dihasilkan di TPA burangkeng

Tabel.2 Proyeksi Jumlah Penduduk dan Jumlah Sampah yang Dihasilkan 2021 - 2030 di Burangkeng Kab. Bekasi [3].

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Berat sampah (Ton/hari)	Berat sampah (Ton/bulan)	per tahun
1	2022	647600,8	807,8	24637,1	258689,9
2	2023	671950,6	838,1	25563,5	268416,7
3	2024	697215,8	869,7	26524,7	278509,1
4	2025	723431,2	902,4	27522,0	288981,1
5	2026	750632,3	936,3	28556,8	299846,8
6	2027	778856,0	971,5	29630,6	311121,0
7	2028	808140,9	1008,0	30744,7	322819,2
8	2029	838527,1	1045,9	31900,7	334957,2
9	2030	870055,7	1085,3	33100,1	347551,5

Energi listrik yang dihasilkan dimanfaatkan di wilayah setempat baik untuk melistriki masyarakat yang belum terlistriki (*off grid*) maupun untuk meningkatkan ketahanan energi di wilayah setempat (*on grid*), sehingga dapat meningkatkan peran energi terbarukan dalam bauran energi nasional dan meningkatkan rasio elektrifikasi. Disamping itu pemanfaatan PLTSa akan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca yang berarti turut menerapkan pembangunan yang berwawasan lingkungan.



Gambar 2. Gunung sampah di TPA Burangkeng, Kab.Bekasi Jawa Barat

Sedangkan energi listrik untuk wilayah Bekasi menurut data daya Terpasang, Produksi, dan Distribusi Listrik PT. PLN (Persero) pada Cabang/Ranting PLN Menurut Kabupaten/ Kota di Provinsi Jawa Barat pada tahun 2016 adalah.

Tabel 3 Data kelistrikan Jawa Barat. [4]

Kabupaten/Kota <i>Regency/City</i>	Daya Terpasang <i>Installed Capacity (KW)</i>	Produksi Listrik <i>Production (KWh)</i>	Listrik Terjual <i>Electricity Sold (KWh)</i>	Dipakai Sendiri <i>Own Usage (KWh)</i>	Susut/Hilang <i>Shrunked (KWh)</i>
01. Bandung	2 421 751	4 470 996 939	4 180 675 079	14 752 427	277 337 226
02. Bekasi	3 995 455	9 656 697 826	8 704 251 617	15 616 420	138 592 985
03. Bogor	2 032 187	4 731 411 925	4 440 893 537	12 960 000	106 407 659
04. Cianjur	546 024	896 911 833	784 617 551	5 662 352	217 073 647
05. Cimahi	1 173 260	2 668 360 782	2 535 398 688	6 680 988	87 562 412
06. Cirebon	1 559 754	3 636 449 370	3 355 225 866	5 138 100	164 256 123
07. Depok	1 343 910	2 693 554 338	2 474 488 084	5 225 170	-
08. Garut	462 618	890 797 129	728 246 676	3 529 524	-
09. Gunung Putri	1 244 988	2 741 010 905	2 612 045 824	9 990 492	274 884 350
10. Karawang	2 242 166	5 865 113 214	5 716 939 178	8 556 250	-
11. Majalaya	1 062 024	2 703 993 931	2 483 275 172	10 042 325	96 843 150
12. Purwakarta	1 340 769	3 026 402 612	2 860 461 836	1 410 296	-
13. Sukabumi	893 028	1 704 392 906	1 540 955 769	4 720 248	-
14. Sumedang	861 740	2 319 733 386	2 220 825 558	2 064 678	164 530 480
15. Tasikmalaya	998 823	1 680 291 336	1 504 940 584	11 070 320	133 391 448
Jawa Barat	22 178 498	49 686 118	46 143 241	117 419 589	1 660 879
		433	019		480

Secara garis besar ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

- Analisa finansial, kajian keekonomian (standar harga satuan) yang menghasilkan standar biaya satuan pembangunan pembangkit listrik sampah
- Kajian mengenai dampak lingkungan.
- Analisis system ketenagalistrikan meliputi kapasitas pembangkit, penyaluran dan beban.
- Kajian mengenai potensi dan kualitas sampah untuk mendapatkan kapasitas pembangkit yang dibutuhkan.

Analisa dan Pembahasan

Kondisi lingkungan dan karakteristik sampah yang sudah dipahami dengan baik mesurut data dasar yang harus diinventarisasi. Terkait dengan data teknis maka data-data peralatan PLTSa dari vendor yang relevan sangat penting untuk disediakan. Disamping itu terkait dengan infrastruktur dan kebutuhan lahan maka harga sewa dan NJOP untuk wilayah yang di studi juga diperlukan. Sedangkan keekonomian PLTSa akan sangat dipengaruhi oleh Permen ESDM Nomor 44/2015 tentang Pembelian Tenaga Listrik oleh PT PLN (Persero) dari Pembangkit Listrik Berbasis Sampah Kota yang mengatur mengenai harga pembelian listrik (*feed-in system*) PLT berbasis sampah kota.

Tabel 4 *Feed-in tariff* untuk Pembangkit Listrik Berbasis Sampah Kota 2016 [5].

No	Jenis Teknologi	Kapasitas	Tarif Listrik	Keterangan
Tegangan Tinggi dan Menengah				
1	Pemanfaatan panas / Termal	21 – 50 MW	2266.48 IDR/kWh	Teknologi Thermochemical
2	Pemanfaatan panas / Termal	> 50 MW	1873.05 IDR/kWh	Teknologi Thermochemical
Tegangan Menengah				
1	Pemanfaatan panas / Termal	21 – 50 MW	2359.14 IDR/kWh	Sanitary Landfill, Anaerob Digestion
2	Pemanfaatan panas / Termal	> 50 MW	2675.59 IDR/kWh	Teknologi Thermochemical
Tegangan Rendah				
1	Pemanfaatan panas / Termal	21 – 50 MW	2873.73 IDR/kWh	Sanitary Landfill, Anaerob Digestion
2	Pemanfaatan panas / Termal	> 50 MW	3197.31 IDR/kWh	Teknologi Thermochemical

TPA Burangkeng dengan luas awal 11,6 hektare tetapi semenjak terpotong oleh proyek jalan Tol, luas TPA ini pada Februari 2021 menjadi 8000 m² dan tinggi timbunan sampah mencapai 25 meter. Untuk penyerapan gas metan dari *landfill* area timbunan ini perlu ditinjau luas lahan yang dibutuhkan untuk pembangunan PLTSa di TPA tersebut menggunakan persamaan[6]:

$$L_{TPA} = \frac{V + SC}{T}$$

dan

$$L_{Penyangga} = 25\% \times L_{TPA}$$

Dengan:

LTPA = Luas tempat pemrosesan akhir (m²)
 LPenyangga = Luas zona penyangga dan fasilitas pendukung TPA (m²)
 V = Volume sampah (m³) dengan V = V_{tahun} (Kg): pepadatan (250 kg/m³)
 Maka untuk V tahun 2021 = 249315000,7 Kg : 250 kg/m³ = 997260 m³
 SC = Soil cover/lapisan tanah penutup (m³)
 = 15% dari volume sampah
 T = Tinggi penimbunan sampah dan lapisan penutup (m)
 Maka :

$$L_{TPA} = \frac{997260 \text{ m}^3 + 149589}{25 \text{ m}}$$

$$= 1146849 \text{ m}^2$$

$$L_{Penyangga} = 25\% \times 1146849 \text{ m}^2$$

$$= 286712,25 \text{ m}^2$$

Penggunaan perhitungan tersebut menggunakan asumsi sebagai berikut:

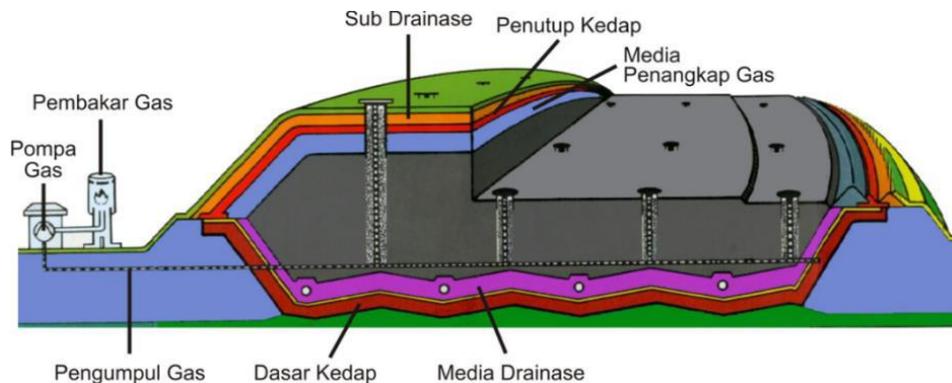
1. Tumpukan sampah yang menyusut karena diambil oleh pemulung sebesar 25% sebagai sampah non organik, sehingga penyusutan tinggi pun sekitar 0,002m per hari.
2. Melakukan pepadatan sampah di area *landfill* sebesar 250 kg/m³
 Tinggi timbunan sampah 25 meter.

Untuk gas metan yang didapat secara teoritis 1 m³ biogas sampah dengan 50% gas metan setara dengan 0,58 liter bensin = 1,07 liter alkohol = 0,53 m³ gas alam = 2,24 kg kayu bakar = 5,80 kWh listrik [7]. Maka untuk volume sampah 997260 m³ bisa diperoleh 578410,8 liter bensin = 1067068,2 liter alkohol = 1057095,6 m³ gas alam = 2233862,4 kg kayu bakar = 5784108 kWh.

Maka dari analisis data tersebut telah diperhitungkan dan dinilai layak dengan penggunaan teknologi *landfill gas*. Beberapa keuntungan pengolahan sampah secara sistemik adalah sebagai berikut:

- o Produksi lumpur (*sludge*) dalam jumlah yang kecil dan stabil, hal ini disebabkan karena sebagian besar atau sebesar > 90% bahan (sampah) adalah system yang akan menghasilkan gas metan, dimana gas metan merupakan sumber system.

- Tidak membutuhkan transfer oksigen, karena proses anaerobic dilakukan oleh senyawa yang hidup tanpa oksigen (udara).
- Proses systemic menghasilkan gas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber ystem, yaitu gas metan.



Gambar 3. Metode penyerapan gas metan dari tumpukan sampah [8]

Adapun untuk penggunaan teknologi *landfill gas* tersebut diperlukan peralatan instalasi sebagai berikut.

A. Instalasi Pipa

Dari sumur-sumur gas tersebut, diperoleh gas yang akan digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Dengan adanya jarak dari area *landfill* dan area *power house*, maka diperlukan sistem pemipaan untuk mengalirkan gas yang diperoleh dari *landfill* menuju area pembangkit listrik (*power house*). Pipa ini berfungsi untuk mengalirkan *LandFil Gas* (LFG) dari hasil pembusukan sampah pada *sanitary landfill*. Gas tersebut kemudian dialirkan ke sistem pembangkit listrik (*power house*) untuk kemudian gas-gas tersebut dimanfaatkan sebagai bahan bakar *gas engine*.

Maka perencanaan sistem pipa tersebut didesain sebagai penangkapan gas dengan fungsi sebagai

- Sistem perpipaan untuk penangkapan LFG
- Meliputi jaringan sumur vertikal atau pengumpul horizontal
- Terhubung dengan pipa utama
- Dilengkapi dengan sistem filter gas berupa perangkap air, gas filter, dan sebagainya
- LFG yang ditangkap akan dikontrol menggunakan valve, peralatan pengukuran dan komposisi LFG analyzer.

Selanjutnya instalasi pipa sebagai Sistem ekstraksi air lindi adalah sebagai berikut.

- Air lindi dapat menghambat proses pengumpulan gas dari pipa-pipa pengumpul.
- Sistem ekstraksi air lindi perlu dilakukan untuk tiap-tiap sumur secara individu dengan memasang pompa.

- Pemompaan rutin maka dapat meningkatkan efisiensi pengumpulan gas.

B. Capping (Penutup Sanitary Landfill)

Menurut aturan diseluruh dunia, menyebutkan bahwa TPA harus dilapisi/ditutup dengan membran yang sesuai. Hal ini digunakan untuk mencegah lepasnya gas *landfill* ke atmosfer dan membuat gas tersebut masuk ke dalam sampah. Dalam melakukan penutupan *landfill* tersebut, juga dilakukan dengan menggunakan tanah merah. Jika *landfill* penuh maka dan tidak mampu lagi untuk menerima sampah, maka *landfill* ditutup dengan tanah lagi, kemudian ditanami rumput maupun pohon di bagian atasnya. Sistem ini akan mengurangi kebocoran gas pada *landfill*. Selain itu, dikarenakan untuk memperoleh gas metan, dibutuhkan proses dekomposisi (pembusukan dan penguraian) secara anaerob yang tidak membutuhkan udara (O₂).

Sehingga dengan ditutupnya *landfill* dengan tanah merah akan membuat kondisi di dalam *landfill* akan lembab dan tidak ada udara yang masuk. Sehingga dapat dilakukan proses dekomposisi dengan proses anaerob secara alami oleh senyawa metanogenesis. Beberapa *capping* terbuat dari bahan geo-membran yang berfungsi untuk mengurung gas di dalam *sanitary landfill* sehingga gas tersebut tidak keluar ke alam bebas, mengurangi bau sampah yang ditimbulkan, dan juga digunakan untuk menahan agar air tidak masuk ke dalam *landfill* untuk meminimalisir terjadinya penyerapan kelembapan di *landfill*. Hal ini dikarenakan untuk mencegah kebocoran pada *landfill* yang akan menyebabkan tercampurnya air dan udara yang mengandung oksigen (O₂) ke dalam *landfill*. Masuknya udara dan air tersebut dapat menyebabkan rusaknya CH₄ karena berinteraksi secara langsung dengan O₂ yang akan menghasilkan CO₂ dan H₂O. Sehingga gas-gas berbahaya dari *sanitary landfill* yang menimbulkan efek rumah kaca (CH₄ dan CO₂) bisa dikendalikan, dan tidak berinteraksi dengan udara dan air yang dapat menyebabkan rusaknya CH₄ yang merupakan bahan bakar utama untuk menghasilkan tenaga listrik [9].



Gambar 4 *High Density Polyethylene Geo-membrane* [10].

Selain itu, *capping* diletakkan di dasar *landfill* yang berfungsi untuk menahan agar air lindi (*leachate*) yang diproduksi oleh sampah yang telah membusuk tidak masuk ke dalam tanah. Hal ini tentunya untuk mengantisipasi adanya pencemaran tanah dan juga air tanah, dengan adanya *capping* ini maka air lindi tidak akan meresap/masuk ke dalam tanah. Oleh karena itu, sistem pengelolaan sampah terpadu ini sangat layak untuk dikembangkan karena tidak menimbulkan pencemaran tanah. Sehingga *landfill* tersebut akan menjadi bersih dan sehat yang dapat mengurangi beberapa masalah sosial masyarakat.

C. Condensator (Kondensator)

Kondensator sebagai alat yang digunakan untuk memisahkan antara gas-gas yang telah dihasilkan oleh *landfill* dengan air atau uap air. Karena yang dibutuhkan adalah gas hasil dari *landfill* dan dengan adanya air yang tercampur dari *landfill* maka gas tersebut tidak dapat digunakan untuk bahan bakar listrik. Oleh karena itu, gas tersebut perlu untuk dipisahkan dengan air yang tercampur. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa gas tersebut menjadi murni gas, dan tidak ada campuran dari air yang terdapat pada *landfill*. Dengan adanya kondensator, gas-gas *landfill* yang bergerak dari sistem perpipaan akan menjadi gas murni yang terdiri dari CH₄, CO₂, Nitrogen, dan O₂.

D. Chiller

Chiller adalah suatu alat yang digunakan untuk mendinginkan suhu gas *landfill* yang telah dipisahkan dari air yang terkandung dari *landfill*. Hal ini dilakukan agar gas tersebut menjadi

stabil dan tidak berbahaya, karena gas yang terkandung adalah gas metana yang dapat meledak apabila memiliki suhu dan tekanan yang tinggi. Oleh karena itu suhu gas tersebut harus didinginkan akan tidak terjadi ledakan. Pada awalnya, suhu pada gas *landfill* mencapai 600C yang sangat berbahaya dan bisa menghasilkan ledakan apabila tidak ditekan atau didinginkan. Suhu gas yang sebesar 600C kemudian di dinginkan dengan menggunakan *chiller* yang akan menghasilkan suhu gas *landfill* sekitar 230- 270C. Suhu tersebut adalah sesuai dengan suhu ruangan, yang tidak berbahaya seperti pada awal gas tersebut dihasilkan. Sehingga dengan suhu yang stabil, gas tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar penghasil listrik dan tidak berbahaya.

E. Blower

Blower yang berfungsi untuk memberikan tekanan kepada gas-gas hasil pembusukan sampah pada sanitary *landfill*. *Blower* menjadi sangat penting karena dengan sistem pemipaan yang sangat panjang, jalur yang sangat rumit, dan juga beberapa material yang ikut tercampur dengan gas-gas yang lainnya. Dengan begitu, blower akan mampu untuk menyedot atau menarik gas dan material-material lainnya masuk ke dalam sistem pemipaan dan untuk kemudian dialirkan menuju sistem pembangkit (*power house*).

Menurut fungsi utama dari *blower* sendiri adalah untuk mengalirkan gas dan material-material lainnya dengan lancar ke dalam sistem pemipaan dan sistem *power house*. Selain itu, di dalam *blower* juga terdapat filter yang berfungsi untuk memisahkan air dan gas yang tercampur pada tahap sebelumnya yaitu pendinginan suhu. Hal ini dikarenakan, *blower* merupakan mesin terakhir sebelum gas yang akan digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik memasuki mesin generator. Oleh karena itu, gas yang akan masuk tersebut menjadi murni gas *landfill*.

F. Scrubber Hidrogen Sulfida (H₂S)

Sebelum biogas dapat menghasilkan daya listrik, *scrubber* hidrogen sulfida digunakan untuk menurunkan konsentrasi H₂S ke tingkat yang disyaratkan oleh *gas engine*, biasanya di bawah 200 ppm. Hal ini untuk mencegah korosi, mengoptimalkan operasi, dan memperpanjang umur gas engine. H₂S dalam biogas berasal dari komponen sulfat (SO₄) dan sulfur lainnya dalam air limbah. Dalam digester anaerobik pada kondisi tidak ada oksigen, sulfat berubah menjadi H₂S. Ada tiga jenis *scrubber* yang digunakan dalam proses desulfurisasi untuk menurunkan kandungan H₂S dalam biogas, yaitu *scrubber* biologis, kimia, atau air. *Scrubber* biologis menggunakan bakteri sulfur-oksidasi untuk mengubah H₂S menjadi SO₄, sementara *scrubber* kimia menggunakan bahan kimia seperti NaOH untuk mengubah H₂S menjadi SO₄. *Scrubber* air bekerja berdasarkan penyerapan fisik dari gas-gas terlarut dalam air dan menggunakan air

bertekanan tinggi. *Scrubber* biologis biasa digunakan untuk aplikasi sampah menjadi energi karena biaya operasionalnya rendah.

G. Gas Engine

Gas engine termasuk mesin pembakaran dalam yang bekerja dengan bahan bakar gas seperti gas alam atau biogas. Setelah kandungan pengotor pada biogas diturunkan hingga kadar tertentu, biogas kemudian dialirkan ke gas engine untuk menghasilkan listrik. Bergantung pada spesifikasi gas engine yang digunakan, gas engine yang berbahan bakar biogas umumnya memerlukan biogas dengan kadar air dibawah 80% dan konsentrasi H₂S kurang dari 200 ppm. *Gas engine* mengubah energi yang terkandung dalam biogas menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator yang menghasilkan listrik. Biasanya gas engine memiliki efisiensi listrik antara 36-42%.



Gambar 5 Gas Engine for Electric Power Generation [11].

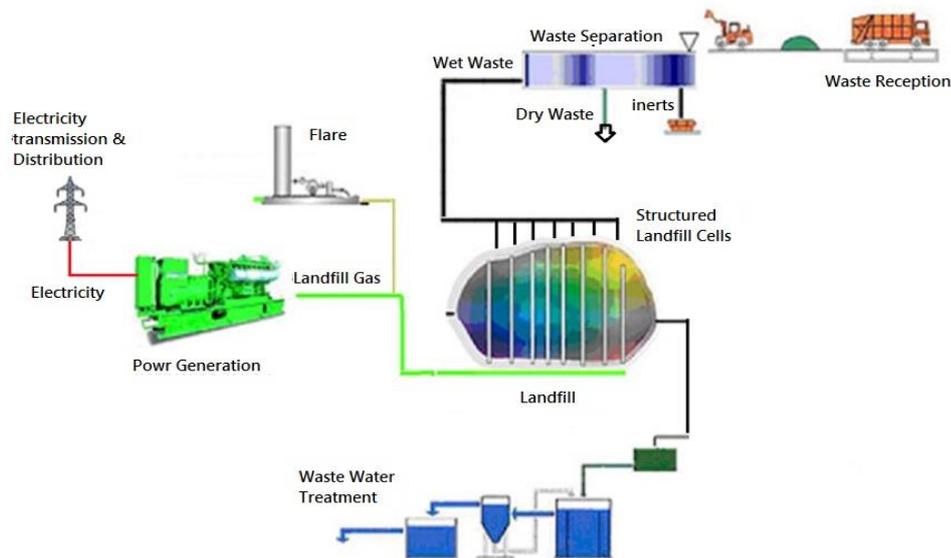
H. Burner dan Boiler

Biogas yang dihasilkan dari proses penguraian anaerobik dapat menjadi bahan bakar boiler. Burner gas biasanya dipasang pada dinding boiler. Biogas merupakan bahan bakar alternatif bagi boiler untuk menghasilkan panas atau listrik menggantikan bahan bakar biomassa, seperti cangkang dan serat.

I. Flare Biogas

Flare digunakan di industri proses atau pabrik untuk membakar kelebihan gas. Dengan alasan keamanan, pembangkit listrik tenaga biogas harus memasang flare untuk membakar kelebihan biogas, terutama pada saat biogas bisa diumpankan ke *gas engine* atau peralatan pembakaran lainnya. Umumnya hal ini terjadi saat puncak panen tandan buah segar, yang menyebabkan kelebihan produksi biogas. Kelebihan produksi meningkatkan laju alir biogas melebihi batas

maksimum biogas yang dapat masuk ke gas engine. *Flare* juga digunakan saat *gas engine* sedang tidak beroperasi dalam masa pemeliharaan. Instalasi biogas tanpa *gas engine* atau *boiler* harus menggunakan flare secara terus-menerus untuk membakar biogas. Operator tidak boleh melepaskan kelebihan biogas secara langsung ke atmosfer karena sifatnya yang mudah terbakar pada konsentrasi tinggi. Selain itu, pelepasan biogas secara langsung juga berarti pelepasan gas rumah kaca ke atmosfer seperti layaknya di penggunaan kolam limbah terbuka.



Gambar 6. Skema *Waste of Energi* (dokumen pribadi)

Secara keseluruhan, desain skema sederhana PLT Sampah tersebut dari mulai dari penerimaan sampai sampai menghasilkan listrik dengan pengambilan gas metan dari tumpukan sampah TPA Burangkeng. Sampah basah digunakan untuk landfill menghasilkan biogas. Sampah kering diproses secara thermal dapat menggunakan insinerator, Pirolisa dan Gasifikasi.

J. Pengendalian pengoperasian PLTSa

Pembangkit listrik yang memanfaatkan *Waste of Energi* tidak jauh berbeda dengan PLTGA (Pembangkit Listrik Tenaga Gas Alam) dengan gas bertekanan yang mudah terbakar dan sifat gas yang terus bergerak, tidak tetap wujudnya dan yang mempunyai volume serta bentuk yang selalu berubah-ubah sesuai dengan tempatnya. Maka instalasi ini pun perlu pengendalian / control yang tepat dengan perencanaan sebagai berikut

1. Stasiun Pengaturan Gas Otomatis (PGO)

- PGO merupakan rumah kontrol dari sistem biogas.
- Pada PGO, yang merupakan unit containerized berisi unit pembangkit, sistem pengaturan dan kontrol LFG yang terintegrasi dari sumur gas hingga sistem flaring.

- Pengaturan kran (valve) sumur gas dilakukan secara tersentralisasi dan otomatis sehingga pengambilan gas dapat dilakukan lebih optimal.
 - Stasiun PGO dilengkapi dengan gas flare untuk membakar kelebihan gas metana.
2. Teknologi Sistem Pembakaran (*Flaring System*)
- Sistem pembakaran digunakan untuk membakar kelebihan gas yang ada ketika sistem sedang berjalan maupun ketika sistem dalam keadaan mati (*downtime*).
 - Digunakan *Enclosed Flare* atau sistem pembakaran tertutup guna mengatur dan menjaga temperatur pembakaran.
 - Sistem tertutup juga lebih ramah lingkungan karena mengurangi polusi suara yang dapat ditimbulkan serta pemaparan panas ke lingkungan sekitar.
3. Teknologi Pembangkit Listrik
- Terdiri dari Unit Gas Engine dan Unit pre-treatment.
 - Gas engine untuk generasi listrik dan juga unit pre-treatment untuk mengeringkan dan membersihkan LFG sebelum masuk ke dalam gas engine.
4. Peralatan Pengukuran dan Kontrol
- Peralatan kontrol khusus akan diinstall untuk mengukur jumlah LFG yang ditangkap dan dibakar,
 - Pesangan dilakukan di tungku pembakaran maupun di gas engine.
 - Peralatan ini meliputi flowmeter, gas analyzer, pressure transmitter, thermocouple dan kWh meter

Kesimpulan dan Saran

Pengelolaan sampah di Indonesia masih menjadi masalah yang membutuhkan perhatian serius dalam hal ini diambil contoh studi kasus di TPA Burangkeng, karena jenis sampah pun yang masih tercampur antara sampah organik dan non organik dan sampah penduduk hanya tersimpan dan akhirnya tertumpuk hingga membentuk gunung sampah. Dari kondisi tersebut terdapat peluang energi yang dapat digunakan karena gunung sampah tersebut menghasilkan gas metana sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk pembakaran yaitu digunakan oleh motor bakar *Gas engine* untuk memutar generator pembangkit listrik.

Penelitian lebih lanjut jika gas metana sudah menipis dari tumpukan sampah yang sudah mengering, maka sampah tersebut bias juga disuplai ke dalam insenerator sebagai bahan bakar untuk memanaskan *boiler* sehingga tekanan dari uap panasnya dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin uap yang memutar generator pembangkit listrik. Kesemuanya itu adalah sebagai upaya

untuk mengatasi tumpukan sampah yang menggunakan energi tetapi menghasilkan energi, sehingga penanganan sampah tersebut dapat memiliki nilai ekonomi.

Daftar Pustaka

- [1]. Kholiq. Imam , Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM, *Jurnal IPTEK e-ISSN: 2477-507X Vol.19 No. 2, Desember 2015*
- [2]. Samsinar. Riza, Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kapasitas 115 Kw (Studi Kasus Kota Tegal), *Jurnal Elektum Vol. 15 No. 2 e-ISSN : 2550-0678.*
- [3]. Dinas BPLH Kab. Bekasi
- [4]. Dinas PT PLN Distribusi Jawa Barat dan Banten/*State Electricity Company Jawa Barat and Banten Distribution.*
- [5]. <https://www.esdm.go.id>
- [6]. A. Mizwar, “Penentuan Lokasi Tempat Pengolahan Akhir (TPA) Sampah Kota Banjarbaru Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG),” *EnviroScienceteae*, vol. 8, no. 1, pp. 16–22, 2016.
- [7]. M. Ajhar, M. Travesset, S. Yüce, T. Melin, 2010. Siloxane removal from landfill and digester gas – a technology overview. *Bioresour. Technol.* 101, 2913–2923
- [8]. *Teknologi WtE Berbasis Proses Biologi Landfill Gas*, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah Bandung, 2018.
- [9]. M. Bell. John, *Sanitary Landfill Method of Solid Waste Disposal*, School of Civil Engineering Purdue University.
- [10]. <http://www.mergrom.com/waste/waste-to-energi-technology>
- [11]. https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_engine#/media/File:Gasmotor.JPG