

## ANALISA PEMANFAATAN SAMPAH PERKOTAAN UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DI TPA CINIRU KABUPATEN KUNINGAN

Uu Surma<sup>\*)</sup>, As Natio<sup>\*\*)</sup>, Sorimuda Harahap<sup>\*\*\*)</sup>, La Ode M. Firman<sup>\*\*\*\*)</sup>  
Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta  
Email: [uusurma74@gmail.com](mailto:uusurma74@gmail.com), [asnatio@yahoo.com](mailto:asnatio@yahoo.com), [smhrp88@gmail.com](mailto:smhrp88@gmail.com)

### ABSTRAK

Sampah merupakan hal yang tidak asing di telinga kita karena di manapun dan kapanpun sampah setiap harinya dapat kita lihat, rasakan dan diraba. Sampah menjadi isu serius yang harus segera ditangani tidak hanya karena merusak lingkungan, sampah juga dapat menimbulkan berbagai macam penyakit dan merugikan lingkungan. Sampah dapat menimbulkan dampak negatif apabila kita biarkan dan berdampak positif/ bahkan menghasilkan uang apabila kita dapat memanfaatkannya. Kabupaten Kuningan merupakan wilayah dari Provinsi Jawa Barat, dengan luas administrative 1195.7 km<sup>2</sup>, Jumlah penduduk sebesar 1.068.201 jiwa, memiliki luas Tempat Pembuangan Akhir (TPA) seluas 5.8 Ha, luas lahan yang telah terpakai sebesar 3.5 Ha. Lokasi TPSA Ciniru berada dari jarak perumahan sekitar 2 km. Solusi yang ditawarkan dalam mengurangi sampah adalah dengan mengolah sampah menjadi pembangkit listrik tenaga sampah dengan dua metode yaitu: pemanfaatan energi dengan metode konversi termokimia dan konversi biologi. Pada metode konversi termokimia, sampah dari TPSA memiliki sampah yang bersifat basah dan kering, dimana untuk basah dari sisa makanan akan di proses kembali dengan metode biologi. Adapun sampah yang bersifat kering, dapat dipergunakan untuk RDF (Refuse Derived Feul) sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga sampah dengan siklus tenaga uap (PLTU). Dengan hasil perhitungan proses termokimia dan biokimia, maka daya yang dapat dihasilkan adalah 154 MW (termokimia) dan 1,4 MW (gas metan). Total energi potensi daya listrik yang dapat dibangkitkan sebesar 155,4 MW. Untuk potensi secara biologi dapat mempergunakan biodigeseter sebagai proses pemanfaatan energi daya yang didapat adalah 2,1 MW

**Kata Kunci:** Sampah, pengolahan sampah, konversi termokimia, konversi biologi

### ABSTRACT

Waste is a thing that is not unfamiliar to us because wherever and whenever that waste garbage every day we can see. Waste becomes a serious issue that should be handled immediately not only because of damaging the environment, but waste can cause a variety of diseases and environmental harm. Waste can cause negative effects tar health and environment and can fivean positif in case if we can utilize it. Kuningan Regency is one region of the province of west Java, 1195,7 km<sup>2</sup> administrative area, and the population is 1.068.201 people, this regency has 5,8 Ha tinal ticipal Tempat Pembuangan Akhir (TPA), and upho now has utilitid 3,5 Ha. The dictance between TPSA and ressidence is a bout 2 km. The solutions offered in reducing waste are by processing waste into a waste power plant with two methods namely: utilization of energy with thermochemical conversion and biologigester conversion methane. In the method of thermochemical conversion, the waste of TPSA are in wet and dry condition, where the waste will procesed by biological method. The dry waste can be used direatif for RDF (refuse Derived feul) as a fuel generating waste in the steam generator system PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). The power that can be produced is 154 MW (thermochemical) and 1.4 MW (methane gas). The Total energy potential of power can be raised by 155.4 MW. For biological potential can use biodiswiping as the process of utilization of power energy obtained is 2.1 MW

**Keywords:** waste, waste processing, thermochemical conversion, biological conversion.

## PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi di masyarakat dapat memberikan dampak dan kemajuan serta peningkatan pada beberapa segi kehidupan seperti pengetahuan, kemampuan, skill/ keterampilan, ekonomi, kemudahan dalam melakukan kegiatan, pengembangan terhadap ilmu pengetahuan, informasi yang lebih cepat dan modern, pemanfaatan yang lebih berkembang dibandingkan dengan daerah yang tidak memiliki teknologi.

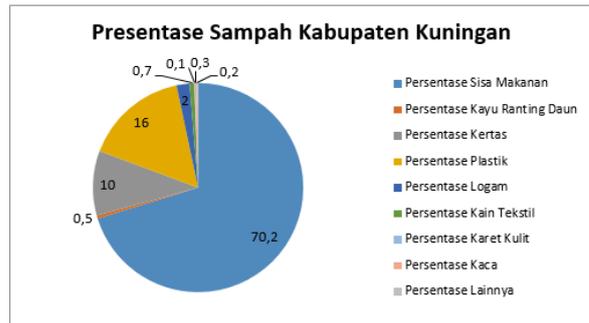
Perkembangan pemenuhan energi (pembangkit) yang berada di Negara Indonesia adalah berupa pemanfaatan energi listrik yang berasal dari Pembangkit Listrik Negara (PLN). PLN dalam memenuhi energi listrik di masyarakat, saat ini masih bergantung kepada Pembangkit yang menggunakan hasil fosil (minyak bumi, batu bara, dan lain-lain) yang masih dimiliki oleh perusahaan tambang dalam proses pengolahannya dan semakin lama semakin menipis. Tentu saja dengan keadaan demikian, Negara Indonesia mencari beberapa alternatif yang dapat dipergunakan untuk membangkitkan listrik misalnya berupa energi matahari, angin, air, dan beberapa energi lain yang masih dapat dimanfaatkan.

Pengolahan sampah perlu dilakukan secepat mungkin dan setepat mungkin untuk mengurangi pengaruh buruk/ tidak baik. Hal ini diperkuat dengan beberapa kebijakan kebijakan dan peraturan peraturan yang telah dikeluarkan oleh pemerintah

1. Diperkuat dengan Keppres No. 1 tahun 2014 tentang Pedoman penyusunan RUEN dan RUED [1].
2. Peraturan Menteri No 12 tahun 2017, tentang bagaimana memanfaatkan energi terbarukan untuk Penyediaan sumber listrik. Pada pasal 1 ayat 2, Pada ayat 11 Ayat 13 [3].
3. Peraturan Presiden Republik Indonesia, No. 35 Tahun 2018 merupakan Undang-Undang yang memperkuat Energi Listrik yang dihasilkan dari biomassa (sampah) dengan teknologi yang tidak merusak terhadap lingkungan disekitar kita. pasal 1 ayat 1, pada ayat 2 Pada ayat 6 [4].

Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2018, dimana Kabupaten Kuningan merupakan wilayah dari Provinsi Jawa Barat, dengan luas administrative 1195.7 km<sup>2</sup>, Jumlah penduduk sebesar 1.068.201 jiwa, memiliki jumlah sampah

timbunan (TPA) 178 ton/hari, jumlah sampah tidak terkelola sebanyak 330 ton/hari.



Gambar 1. Data Presentase Sampah Kabupaten Kuningan [7].

Pemerintah Kabupaten Kuningan dengan jumlah penduduk saat ini adalah 1.068.201 jiwa, luas administrative 1195,71 km<sup>2</sup>, memiliki timbunan sampah sebesar 178 ton/hari dan jumlah sampah tidak terkelola adalah sebesar 330 ton/hari [7]. Data ini menunjukkan bahwa hampir 65,6 % sampah yang berada di Kabupaten Kuningan tidak terolah dengan baik, sehingga menjadikan gunung limbah yang semakin lama semakin besar. Permasalahan ini perlu dipikirkan secara bersama untuk mengelola dan menjalankan program pemerintah 3R di Kabupaten Kuningan.

Kemampuan TPSA di Kabupaten Kuningan hanya 35,4 % yang dapat diolah dengan cara *Landfill*. Maka perlu dikaji untuk permasalahan sampah dan mengolah strategi dalam proses pengolahan sampah. Dalam hal ini sampah dapat berpotensi sebagai pembangkit listrik untuk masyarakat sekitar.

Pada TPSA yang akan menjadi pembangkit listrik, adalah perlu bahan baku/bahan bakar berupa benda kering dan zat yang mudah terbakar, bahan baku dan bahan bakar yang terdapat pada TPSA harus melewati terlebih dahulu proses pemanasan atau pengeringan, sehingga bahan baku atau bahan bakar tersebut akan mudah terbakar jika adanya titik nyala api. Bahan tersebut dapat dipergunakan pada pembangkit listrik bertenaga uap. Untuk TPSA yang menggunakan sistem *Landfill* dapat menghasilkan gas metan yang dapat dipergunakan pada pembangkit listrik tenaga gas. Pada saat ini terdapat TPSA yang menghasilkan gas metan dipergunakan mesin diesel untuk menggerakkan generator dalam pembangkit listrik.

Penelitian ini dilakukan bertujuan sebagai berikut :

1. Membentuk sistem Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) yang efektif dan efisien untuk TPSA Kabupaten Kuningan.

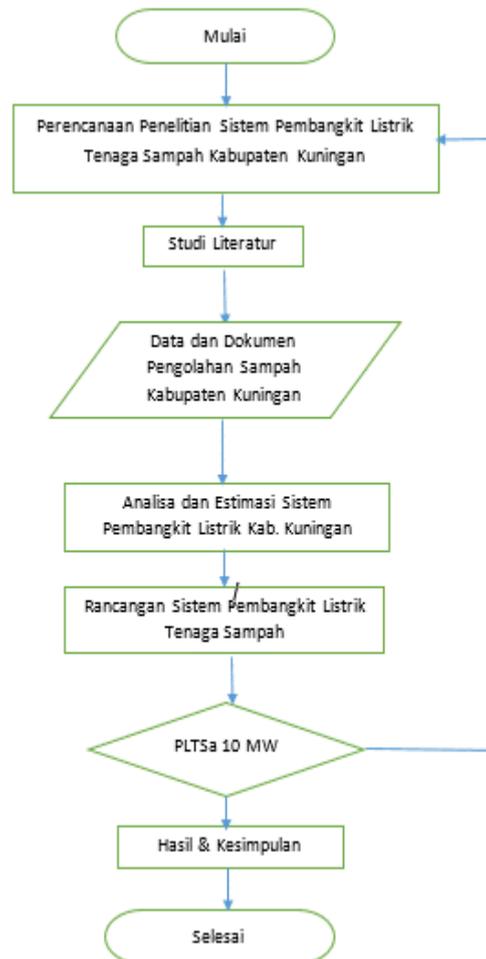
2. Menjelaskan peralatan yang dipergunakan dalam sistem Pembangkit Listrik yang akan dibentuk.
3. Menilai hasil kerja setiap peralatan yang akan beroperasi pada Pembangkit Listrik, mengoptimasikan, serta pengembangannya.

### METODE PENELITIAN

1. Metode mengumpulkan Data  
Peneliti melakukan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk penelitian dengan cara mengamati objek secara langsung selama operasi kerja serta mengamati data-data spesifikasi yang diperlukan dalam analisis data.
2. Metode Studi Literatur  
Penulis melakukan metode ini dengan cara teori-teori dan temuan-temuan ilmiah yang relevan dengan kajian penelitian yang dibahas berupa jurnal atau buku buku teks dan lain sebagainya dikumpulkan.
3. Metode Analisis Data  
Dari data dan teori yang terkumpul kemudian dilakukan analisis data penelitian untuk mengetahui hasil dan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

Pengumpulan dan pengolahan data menggunakan beberapa metode, yaitu:

1. Observasi langsung yaitu kegiatan pengamatan terhadap kondisi lingkungan kerja, pencatatan, dan pengukuran-pengukuran terhadap suatu objek dengan sistematika fenomena yang diselidiki.
2. Studi Dokumentasi merupakan cara untuk mengumpulkan data dengan merekam, memotret, dan/atau mengumpulkan data-data penelitian setiap unit komponen.
3. Dalam rangka melakukan pengolahan data, penulis melakukan dengan menggunakan studi literatur, yaitu dengan mencari teori-teori pendukung yang mendukung hipotesa yang dihasilkan dari proses observasi serta pendukung pengolahan data. Penulis juga melakukan pengolahan data dengan sistem software dari data yang telah didapat. Dapat simulasi pemograman yang telah ada dapat dipergunakan pendekatan dan memperkirakan analisa sampah dalam lima tahun kedepan dengan menggunakan program.



Gambar 2. Flow Chart Kerangka Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi sampah menjadi energi listrik sangat besar, dimana dapat dipperoleh dari bahan baku sampah yang ada dan dimilikinya. Sampah yang dimiliki oleh pemerintah Kabupaten Kuningan selama 5 tahun (2012-2016) terakhir adalah dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Jumlah Volume Sampah yang Terangkut serta Cakupan Pelayananandi Kabupaten Kuningan.

No	Persampahan	Tahun				
		2012	2013	2014	2015	2016
1	Timbulan Sampah (m <sup>3</sup> /hari)	229	241	284	279	283
2	Sampah Terangkut (m <sup>3</sup> /hari)	154	157	163	165	174
3	Cakupan Layanan (kec)	11	11	11	11	11

Tabel 2. Nilai HHV Sampah TPSA Kabupaten Kuningan

Item Sampah	HHV (kkal/kg)	%	HHV (kkal/kg)	Jumlah Sampah (kg)	HHV (kkal)
Persentase Sisa Makanan	5162	70,2	3623,7	916.110	3.319.729.794
Persentase Kayu Ranting Daun	4715	0,5	23,6	6.525	153.827
Persentase Kertas	4246	10	424,6	130.500	55.410.300
Persentase Plastik	5450	16	872,0	208.800	182.073.600
Persentase Logam		2	0,0	26.100	0
Persentase Kain Tekstil	4836	0,7	33,9	9.135	309.238
Persentase Karet Kulit	5202	0,1	5,2	1.305	6.789
Persentase Kaca		0,3	0,0	3.915	0
Persentase Lainnya		0,2	0,0	2.610	0
Total				1.305.000	3.557.683.547

Tabel 3. Nilai LHV Sampah Kabupaten Kuningan

Item Sampah	LHV (kkal/kg)	%	LHV (kkal/kg)	Jumlah Sampah (kg)	LHV (kkal)
Persentase Sisa Makanan	1437	70,2	1008,774	916.110	924.147.949
Persentase Kayu Ranting Daun	1997	0,5	9,985	6.525	65.152
Persentase Kertas	3920	10	392	130.500	51.156.000
Persentase Plastik	5252	16	840,32	208.800	175.458.816
Persentase Logam		2	0	26.100	0
Persentase Kain Tekstil	4664	0,7	32,648	9.135	298.239
Persentase Karet Kulit	5106	0,1	5,106	1.305	6.663
Persentase Kaca		0,3	0	3.915	0
Persentase Lainnya		0,2	0	2.610	0
Total				1.305.000	1.151.132.820

Sampah yang dimiliki oleh TPSA Kabupaten Kuningan memiliki 1.300 ton/hari dengan beberapa kriteria sampah basah dan kering. Sampah yang paling mendominasi dari TPSA Kabupaten Kuningan adalah sampah sisa makanan yang nantinya dapat diproses dengan dengan cara biodigester (biologi). Pemanfaatan limbah sampah yang dimiliki oleh TPSA kabupaten Kuningan dengan persamaan.

Energi termal yang masuk pada boiler adalah = nilai kalor x jumlah sampah; nilai kalor : 1.359,23 kkal/kg

Energi thermal masuk ke boiler

$$= [(1.359,23 \text{ kkal/kg} \times 1.300 \text{ ton/hari}) \times (1000 \text{ kg/ton} \times 1 \text{ hari/24 jam})/860.42] \\ = 85568,63 \text{ kW}$$

catatan: 860,42 adalah konversi satuan

Daya netto = Energi thermal masuk ke boiler x  $\eta_{\text{boiler}}$  x  $\eta_{\text{turbin}}$  x  $\eta_{\text{generator}}$  = 85568,63 kW x 0,8 x 0,25 x 0,9 = 154.002,35 kW = 154 MW

Jumlah gas metan yang terbentuk = Jumlah keseleruhan (Total sampah yang tersedia di TPSA = W ton).

Fraksi Organik (FO) nilainya berkisar 66% terhadap total organik TO (%) dan Efisiensi penguraian dalam digester berkisar 60%.

Fraksi Organik, FO = 66% x TO x W.

Hasil biogas (Bm<sup>3</sup>) = 0,8 m<sup>3</sup>/kg dari setiap organik = 0,8 x 0,6 x FO x W x 1000.

Sampah organik yang akan diproses = 916,11 ton x 70 % = 614,277 ton.

Fraksi Organik nilainya berkisar 66% terhadap total organik = 0,66 x 614,277 ton = 405,423 ton

Biogas yang dapat dihasilkan = 0,8 m<sup>3</sup>/kg x efisiensi digester x fraksi organik (kg) = 0,8 x 0,6 x 405,423 kg = 194,603 m<sup>3</sup>/hari.

Perkiraan kandungan gas metan hasil produksi anaerobic digester adalah maksimal 53-70%. Dengan asumsi bahwa volume gas metan yang terbentuk adalah sebesar 60%, maka kadar gas metan hasil proses pemurnian memiliki kadar sebesar 95%:

Gas metan = 0,6 x 0,95 x 194,603 m<sup>3</sup>/hari = 110,924 m<sup>3</sup>/hari.

Potensi daya listrik yang terjadi dengan menggunakan gas metan = 110,924 m<sup>3</sup>/hari : 24 jam = 4,622 kWh.

Dengan efisiensi konversi sebesar 30% , maka Potensi daya listrik = 4,622 kW x 30% = 1.44 kW = 1,4 MW.

Dengan hasil perhitungan proses termokimia dan biokimia, maka daya yang dapat dihasilkan adalah 154 MW (termokimia) dan 1,4 MW (gas metan). Total energi potensi daya listrik yang dapat dibangkitkan sebesar 155,4 MW.

Sampah organik yang akan diproses = 1.300 ton x 70 % = 910 ton

Fraksi organik terurai 66% dari total organik =  $0,66 \times 910 \text{ ton} = 600,6 \text{ ton}$ .

Biogas dapat dihasilkan =  $0,8 \text{ m}^3/\text{kg} \times \text{efisiensi digester} \times \text{fraksi organik (kg)} = 0,8 \times 0,6 \times 600,6 \text{ ton} = 0,8 \times 0,6 \times 600.600 \text{ kg} = 288.288 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kandungan gas metan diperkirakan di dalam biogas 53-70%. Dengan asumsi bahwa volume gas metan yang terbentuk adalah sebesar 60%, maka kadar gas metan yang memiliki 95% dari hasil pemurnian adalah:

Gas metan =  $0,6 \times 0,95 \times 288.288 \text{ m}^3/\text{hari} = 164.324,16 \text{ m}^3/\text{hari}$ .

Potensi daya listrik yang terjadi dengan menggunakan gas metan adalah (kW) =  $164.324,16 \text{ m}^3/\text{hari} : 24 \text{ jam} = 6.846,84 \text{ kW}$ .

Dengan efisiensi konversi sebesar 30% , maka Potensi daya listrik bersih =  $6.84,84 \text{ kW} \times 30\% = 2.054,05 \text{ kW} = 2,1 \text{ MW}$ .

Dengan hasil perhitungan proses termokimia dan biokimia, maka daya yang dapat dihasilkan adalah 154 MW (termokimia) dan 2,1 MW (gas metan). Total energi potensi daya listrik yang dapat dibangkitkan sebesar 156,1 MW.

#### Reaktor Biodigester

Untuk menentukan dimensi ukuran dari reaktor biodigester, maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan volume sampah yang dibutuhkan perhari untuk menentukan dari dimensi ukuran reactor.

$$D = 1,3078 \times V^{1/3}$$

Dimana :

D : Diameter (m)

V : Volume biodigester ( $\text{m}^3$ )

Sampah yang dilakukan pengolahan dengan proses mikro biologi di dalam reaktor digester, yaitu :

$$V = 1.300 \text{ ton/hari} \times 70\% \text{ sampah sisa makanan.}$$

$$V = 910 \text{ ton/hari}$$

$$D = 1,3078 \times V^{1/3}$$

$$D = 1,3078 \times (910 \text{ ton/hari})^{1/3} = 1,3078 \times 9,69$$

$$D = 12.673 \text{ m}$$

#### Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) & Tenaga Uap (PLTU)

##### Siklus Brayton (PLTG)

PLTG adalah unit pembangkit dengan sistem tenaga penggerakannya adalah pembakaran gas yang panas dan bertekanan tinggi. Dengan tekanan tinggi ini, maka turbin yang dipergunakan sebagai media pemutar generator (pembangkit)

listrinya. Dalam hal ini pembangkit tenaga gas yang dihasilkan adalah hasil penguraian sampah sisa makanan dengan potensi 70% dari 1.300 ton/hari sampah yang bertimbun di TPSA. Gas yang telah terbentuk menjadi gas metan dapat dengan mudah terbakar dan menghasilkan panas dengan temperatur yang tinggi (500 C – 600 C) serta menghasilkan tekanan yang besar yaitu: 7 atm.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dalam pemanfaatan sampah dan pemberdayaan sampah di TPSA Kabupaten Kuningan, maka dapat diberikan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Sistem Pembangkit (PLTSA) di Kabupaten Kuningan adalah : untuk sampah basah (sisa makanan  $\pm 70\%$  dari total sampah 1.300 ton/hari) menghasilkan gas metan yang terbentuk sebesar 110,924  $\text{m}^3/\text{hari}$ , potensi daya listrik bersih yang terbentuk adalah 1,4 MW. Untuk sampah kering memperoleh daya bersih sebesar 154 MW. Sistem PLTSA yang sesuai dengan TPSA Kabupaten Kuningan adalah PLTU & PLTG, karena sampah yang dihasilkan adalah sampah basah dan kering.
2. Reaktor biodigester berdiameter 12,61 m dan tinggi 20 m untuk kapasitas sampah 910 ton/hari (70% dari total 1.300 ton/hari). Peralatan yang dipergunakan untuk PLTU adalah pompa, boiler, turbin uap, dan kondensor. Untuk PLTG adalah kompresor, ruang pembakaran, dan turbin gas.
3. Proses Termokimia, potensi RDF sampah menghasilkan energi listrik 154 MW, Proses Biokimia menghasilkan gas metan menjadi energi listrik 2,1 MW. Adapun kinerja peralatan PLTG yaitu kerja kompresor : 157.759 kJ/kg, Pemakaran yang terjadi 901,48 kJ/kg, Kerja Turbin Gas : 450,74 kJ/kg (effisiensi PLTG : 32,49%), PLTU yaitu Kerja pompa : 15.926 kJ/kg, Kerja Ketel Uap/Boiler : 3.029 kJ/kg, Kerja Turbin : 910 kJ/kg, Kerja Kondensor : 2.245 kJ/kg (effisiensi PLTU: 25,88%).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Keputusan Presiden No. 1 tahun 2014
- [2]. Peraturan Pemerintah No 79 tahun 2014
- [3]. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 12 tahun 2017
- [4]. Peraturan Presiden Republik Indonesia, No. 35 Tahun 2018
- [5]. Adzikri, Fikry; Didik Notosudjono, Dede Suhendi, Strategi Pengembangan Energi

- Terbarukan di Indonesia, Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Univ Pakuan.2018
- [6]. (Tantang H. Soerawidjaja, Rintang-Rintang Percepatan Impelentasi Bioenergi, seminar KADIN, Memasuki Era Energi Baru dan Terbarukan untuk Kedaulatan Energi Nasional, Jakarta, 14 Juli 2011)
- [7]. SIPSN. Menteri Lingkungan Hidup, 2018
- [8]. Nandi. "Kajian Keberadaan Tempat Pembuangan Sampah (TPA) Leuwigajah dalam Konteks Tata Ruang". Jurnal "GEA" Jurusan Pendidikan Geografi, Vol. 5, Nomor 9, April 2005.
- [9]. Hutagalong, Michael. "Teknologi Pengolahan Sampah", <http://majarimagazine.com>
- [10]. GunurSitorus, Pemanfaatan Sampah Menjadi Energi Listrik (Waste to Energy) Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan, Arkonin Engineering, Jakarta, 18 Desember 2018
- [11]. Tchobanoglous, G. *Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues*. New York : McGraw-Hill,1993.
- [12]. Samsinar, Riza dan Khaerul Anwar, Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kapasitas 115 KW (Studi Kasus Kota Tegal), Jurnal Elektum, Vol. 15, No.2, 2018.
- [13]. Rosyadi, Imron; Yusvardi Yusuf, Dhimas Satria, Haryadi, Aswata, Remmo Ardian; Desain Awal Pembangkit Listrik Menggunakan Bahan Bakar Sampah Kota Cilegon Dengan Kapasitas 2 MW, Flywheel : Jurnal Teknik Mesin Untirta, Vol. IV, No.1, April 2018, hal 65-70.
- [14]. Gunawan, Yuspian; La Karimuna, Ridway Balaka, Budiman Sudia, La Ode Magribi; Energi Terbarukan dari Sampah Palstik di TPA Puuwatu dengan Memanfaatkan Teknologi Pirolisis Guna Mendukung Masyarakat Mandiri Energi di Kota Kendari, Seminar Nasional, Teknologi Terapan Berbasis Kearifan Lokal (SNT2BKL), ISSN :978-602-71928-1-2, 2018.
- [15]. Faridha, Budi Pirgadie, Nina Konitat Supriatna, Potensi Pemanfaatan Sampah Menjadi Listrik di TPA Cilowong Kota Serang Provinsi Banten, Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Vol.14 No 2 Desember 2015 : 103-116, ISSN 1978-2365
- [16]. Cengel, Yunus A; Michael A. Boles, Thermodynamics, Six Edition, Mc Graw Hill, 2007.
- [17]. Muhammad Imaduddin, Hermawan, Hadiyanto, Pemanfaatan Sampah Sayur Pasar Dalam Produksi Listrik Melalui Microbial Fuel Cells (Utilization of Market Vegetable Waste in Electricity Production Through Microbial Fuel Cells), Media Elekrika, Vo. 7 No 2, Desember 2014.
- [18]. Monice, Perinov, Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) di Pekan baru,Sain ETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri), Vol.1 No.1, Desember 2016, pp 9-16, ISSN 2548-6888 print, ISSN 2548-9445 on line
- [19]. Jeral H. Lontoh, Glanny M. Ch. Mangindaan, Analisa Ekonomis Pemanfaatan Limbah Organik Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) pada Pasar Tradisional, E-Journal Teknik Elektro dan Komputer, Vol.6 No.1, 2017, ISSN : 2301-8402.
- [20]. UrayIbnuFaruq, StudiPotensiLimbah Kota sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Kota SIngkawang, Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Univ Tanjungpura, Pontianak.
- [21]. <http://ariefrvi.blogspot.com/2013/07/hhv-dan-lhv.html>
- [22]. <https://aguskrisnoblog.wordpress.com/201/01/05/biogas-secara-umum/>
- [23]. <http://www.biru.or.id/index.php/news/2017/03/19/279/mengubah-biogas-menjadi-listrik.html>
- [24]. Rahardja, Istianto Budhi; Diktat Kuliah Mekanika Fluida, Poltek Citra Widya Edukasi, Bekasi, 2012.
- [25]. Rahardja, Istianto Budhi dan Wibowo Paryatmo; 2017, Analisa dan Optimasi Sistem PLTGU Biomassa Gas Metan dengan Daya 20 MW, Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta, Vol.9, No.2, 2017.
- [26]. Pemrosesan Akhir Sampah Sanitasi.Net,[sanitasi.net/pemrosesan-akhir-sampah.html](http://sanitasi.net/pemrosesan-akhir-sampah.html)
- [27]. Biogas Research Center, "*Design of biogas plant*. Sichuan", China: Biogas Project, LGED, 2015.
- [28]. <https://media.neliti.com/media/publikasi/n/perancang-animasi-pembangkit-listrik-b-aadc87.pdf>