

# OPTIMASI DESAIN DAN EKSPERIMEN BIODIGESTER ANAEROBIK SAMPAH ORGANIK SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSa) DI KABUPATEN TEGAL

*by* Budhi M Suyitno (3)

---

**Submission date:** 06-Oct-2021 01:32PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1666659823

**File name:** 08\_Safril.,\_Budhi\_M.\_Suyitno,\_Sorimuda\_Harahap.docx (186.39K)

**Word count:** 2538

**Character count:** 15885

### 3

## OPTIMASI DESAIN DAN EKSPERIMEN BIODIGESTER ANAEROBIK SAMPAH ORGANIK SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLT<sub>Sa</sub>) DI KABUPATEN TEGAL

Safri, Budhi Muliawan Suyitn, Sorimuda Harahap

Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

Jl. Borobudur No.7 Menteng, Jakarta Pusat (10320) Telp. (021) 3904268, Fax. (021)2305310

e-mail: jenalsodikin@gmail.com

### ABSTRACT

*The growing production of organic waste each year in Indonesia, especially in the Districts Tegal with the overall waste volume of 989.8 m<sup>3</sup>/day, it triggered me to examine how much energy is produced by organic waste with percentage of 17% of total waste. By designing a series of anaerobic digestion of biomass generally, previously performed the data analysis as a basic ingredient of laboratory scale experiments to calculate the value of methane gas (CH<sub>4</sub>), so that it brings the amount of electrical energy is generated, and then applied to an industrial scale. On a scale of laboratory gas methane (CH<sub>4</sub>) produced was of 0.165 Kg/m<sup>3</sup> and converted into electric energy so obtained of 0.587 kW, electric energy produced will serve as waste power plant (PLT<sub>Sa</sub>).*

**Keywords:** Organic waste, Anaerobic biodigester design, PLT<sub>Sa</sub>.

### I. PENDAHULUAN

Salah satu masalah utama dilingkungan masyarakat saat ini adalah terus meningkatnya produksi limbah organik. Di beberapa negara, pengelolaan sampah yang berkelanjutan serta pencegahan limbah dan pengurangan telah menjadi prioritas politik utama, yang mewakili pangsa penting dari upaya umum untuk mengurangi polusi dan emisi gas rumah kaca dan untuk mengurangi perubahan iklim global [1]. Situasi saat ini, berdasarkan politik dan ekonomi sangat megkhawatirkan atas tren pemanfaatan bahan bakar dari petrokimia yang tidak berkelanjutan, sehingga memberi perhatian lebih pada penggunaan bahan baku biomassa terbarukan untuk menghasilkan penurunan bahan bakar fosil [2].

Sebagai bagian dari upaya yang berkembang untuk mengembangkan sumber energi alternatif, dan penguatan peraturan terhadap lingkungan tentang pembuangan limbah dan kebijakan di seluruh dunia dari pengurangan emisi gas rumah kaca, pencernaan anaerobik telah muncul sebagai teknologi yang sukses dan menjanjikan untuk pengelolaan limbah organik [3]. karbon dalam biogas berasal dari bahan organik (bahan baku) yang ditangkap karbon CO<sub>2</sub> dari atmosfer dengan skala waktu yang relatif singkat [4], dengan proses produksi biogas secara fermentasi anaerob dari bahan organik adalah teknologi yang paling banyak

digunakan dan mendapatkan popularitas tinggi [5].

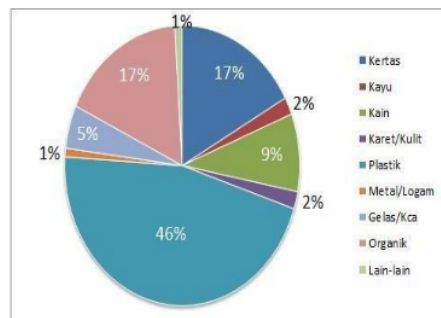
Biogas tidak hanya berisi gas metana dan karbon dioksida, tetapi juga gas lainnya seperti Hidrogen Sulfide, Siloxanes, Hidrokarbon terhalogenasi, atau Amonia yang dihasilkan selama tahap pencernaan anaerobik [6]. Penerapan teknologi anaerobik co-pencernaan untuk pengolahan limbah organik telah meningkat dalam beberapa tahun terakhir [7], dan pengolahan sampah anaerobik co-pencernaan limbah padat dianggap sebagai teknologi energi bersih yang mampu mengubah energi langsung dari limbah organik oleh mikroorganisme [8].

Digester anaerobik dapat membantu mengurangi polusi air dengan mengurangi konsentrasi limbah dalam bahan organik [9]. Pada skala anaerobik digester telah dibangun di mana pencampuran merupakan faktor kunci proses alami di mana bahan *biodegradable* (biomassa) ditransformasikan oleh mikroorganisme untuk biogas dalam ketiadaan oksigen [10]. Pencernaan anaerobik biomassa telah berhasil dimanfaatkan untuk beberapa dekade sebagai cara untuk menghasilkan metana, yang dapat digunakan untuk menghasilkan panas, dan / atau listrik [11]. Dengan tujuan pencernaan anaerobik adalah penghancuran padatan yang mudah menguap oleh mikroorganisme dengan tidak adanya oksigen [12]. Namun, belum diteliti lagi dengan baik yaitu ilmu tentang populasi

mikroba pada proses anaerobik yang akan didapat dalam hal keragaman dan aktivitas saat terkena guncangan dan tekanan [13]. Pencernaan anaerobik juga telah disarankan sebagai metode alternatif untuk memindahkan konsentrasi tinggi limbah organik [14], konsentrasi tinggi yang dimaksud adalah CH<sub>4</sub>.

Masalah yang saat ini dialami oleh masyarakat khususnya pada masyarakat yang bermukim di Kabupaten Tegal sebagai latar belakang dilakukan penelitian utama dalam mengoptimasi desain biodigester anaerobik agar sampah dapat diproduksi dengan baik, yang saat ini hanya mengandalkan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah sebagai lokasi pembuangan akhir atau *open dumping*, tanpa adanya penanganan secara intensif oleh pemerintah. Karakteristik sampah yang ada di Kabupaten Tegal, diantaranya terdiri dari 46% plastik, 17% limbah organik, 17% sampah kertas, 2% sampah karet dan kulit, 9% sampah kain, 5% gelas/kaca, 1% sampah metal/logam dan 2% sampah kayu [15].

Komposisi sampah di Kabupaten Tegal disajikan pada diagram berikut.



Gambar 1 Komposisi Sampah Di Kabupaten Tegal.



Gambar 2 Jumlah Penduduk Di Kabupaten Tegal.

Pada akses ke dasar energi modern didefinisikan sebagai kemampuan untuk memenuhi energi dasar kebutuhan sebagai contoh : penerangan, memasak, pemanas, pendidikan, perawatan kesehatan dan komunikasi. Melalui penggunaan handal, efisien, terjangkau dan jasa energi ramah lingkungan [16].

Teknologi harus disesuaikan dengan perbedaan geografis daerah berdasarkan sumber daya yang tersedia dan variasi dalam pertanian dan praktek budaya [17]. Selain itu, prototipe yang dikembangkan diuji terlebih dahulu oleh *Biomass Research Center* menggunakan polietilen besar sebagai digester, untuk mengurangi biaya investasi dan manajemen [18]. Untuk desain Biodigester anaerobik ini, dilakukan pengujian di laboratorium Universitas Pancasila di Jalan Borobudur, No. 07, Cikini, Menteng Rt 9/Rw2, Pegangsaan, Jakarta Pusat. Dan untuk analisa kandungan limbah organik dilakukan pada PT. Nusantara Water Center di Intecon-Plaza Taman Kebon Jeruk Blok A3/16-17, Jl. Meruya Raya, Jakarta 11630.

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan diatas, maka terdapat pertanyaan utama yang memerlukan jawaban melalui rangkaian penelitian yang akan dilakukan. Kedua pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja Desain Biodigester Anaerobik dalam menghasilkan gas metana (CH<sub>4</sub>) Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA).
2. Menganalisa Potensi energi listrik yang dihasilkan dari proses fermentasi pada biodigester anaerobik untuk skala laboratorium yang selanjutnya dikonversi ke skala industri.
3. Menganalisa proyeksi keuangan pada biodigester anaerobik skala industri.

Sedangkan hasil yang ingin didapatkan dari penelitian dengan mengoptimasi desain biodigester anaerobik ini adalah:

1. Memberi pelajaran khususnya bagi penulis untuk memahami lebih dalam lagi tentang desain biodigester yang telah direncanakan untuk dapat diimplementasikan tidak hanya di Kabupaten Tegal saja namun dapat diimplementasikan di seluruh Indonesia.
2. Keuntungan bagi masyarakat sekitar yang selama ini sampah sebagai media

utama penghantar penyakit, mencemari lingkungan, dan menimbulkan bau yang tidak sedap, dll. Dengan adanya teknologi biodigester anaerobik ini, sampah dapat diproses dengan baik dan dapat mengatasi masalah diatas.

3. Energi yang dihasilkan dari proses anaerobik dapat dipergunakan untuk keperluan masyarakat sekitar.

## II. PARAMETER PENELITIAN DAN VARIABEL BEBASNYA

Parameter yang menjadi obyek dalam penelitian ini adalah :

- Perhitungan volume biodigester skala laboratorium.
- Proses pencernaan pada limbah organik dan gas metana yang dihasilkan dengan menggunakan bakteri dan anaerobik.
- Proses perhitungan energi listrik yang dihasilkan pada skala laboratorium dan selanjutnya dikonversikan ke skala industri.
- Menghitung nilai proyeksi keuangan mulai dari perencanaan hingga pelaksanaan.

Sedangkan variabel bebas yang akan diatur adalah :

- Jenis limbah organik tidak ditetapkan untuk satu jenis melainkan beberapa jenis limbah organik misalkan : Limbah organik basah (sayur-sayuran, buah-buahan, dsb), limbah organik kering (kertas, kayu, dedaunan kering, dsb).
- Upaya pemanfaatan limbah organik menjadi energi : Optimasi desain biodigester, energi yang dihasilkan, dan perhitungan biaya.

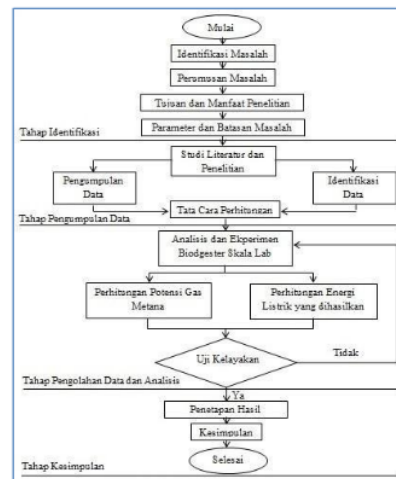
## III. METODE PENELITIAN

Pada metodologi telah ditetapkan beberapa tahap untuk mencapai nilai hasil dari penelitian dan eksperimen yaitu dimulai dari mengidentifikasi masalah dan teruskan dengan perumusan masalah, setelah mendapatkan rumusan masalah maka selanjutnya ditetapkan tujuan dan manfaat dari penelitian tersebut. Untuk mencapai hasil yang maksimal maka diperlukan suatu parameter sebagai nilai hasil atau acuan dalam pencapaian penelitian dan eksperimen yang dilakukan secara tahap demi tahap, dengan tidak menghiraukan batasan masalah yang telah ditetapkan. Pada tahap

selanjutnya dari studi literatur dilakukan pengumpulan dan identifikasi data sebagai acuan perhitungan. Dimana acuan tersebut dipergunakan sebagai analisis dan eksperimen skala laboratorium, pada skala laboratorium akan dilakukan perhitungan. Perhitungan itu mencakup nilai gas metana dan energi listrik yang dihasilkan, setelah mendapatkan nilai tersebut selanjutnya akan diuji kelayakan sebagai langkah akhir. Dengan catatan jika layak akan ditetapkan hasil dan kesimpulan tetapi jika tidak layak maka dilakukan kembali pada tahap analisis dan eksperimen skala laboratorium. Maka setelah dilakukan tahap demi tahap dengan metode yang telah ditetapkan sehingga mendapat penyelesaian akhir atau dapat dikatakan selesai.

### 3.1. Diagram Alur Penelitian

Metodologi yang digunakan didalam penelitian adalah seperti digambarkan pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Diagram Alur Penelitian.

### 3.2. Tahap Identifikasi.

Pada tahapan ini terdiri dari beberapa kegiatan, yaitu; mengidentifikasi masalah, merumuskan masalah, menemukan tujuan dan manfaat dari penelitian yang akan dilakukan, menentukan parameter penelitian dan membatasi masalah dari penelitian.

### 3.3. Tahap Pengumpulan Data.

Pada tahapan ini terdiri dari beberapa kegiatan, yaitu; mengumpulkan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian, mengumpulkan data-data

penelitian, mengidentifikasi data, dan menentukan tata cara perhitungan yang dipakai.

**3.4. Tahap Pengolahan Data dan Analisis.**

Pada tahapan ini terdiri dari beberapa kegiatan, yaitu; menganalisis dan eksperimen biodigester skala lab, menghitung potensi gas metana yang dihasilkan, menghitung energi listrik yang dihasilkan, lalu masuk ke uji kelayakan. Apabila hasil tidak termasuk dalam kategori layak pada uji kelayakan, maka kembali lagi kepada langkah analisis dan eksperimen biodigester skala lab. Apabila hasil termasuk didalam kategori layak pada uji kelayakan, maka dapat dilanjutkan ketahap berikutnya yaitu tahap kesimpulan.

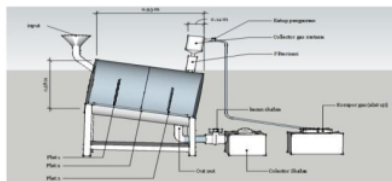
**3.5. Tahap Kesimpulan.**

Pada tahapan ini terdiri dari beberapa kegiatan, yaitu; penetapan hasil, dan kesimpulan.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Desain dan Dimensi Biodigester.**

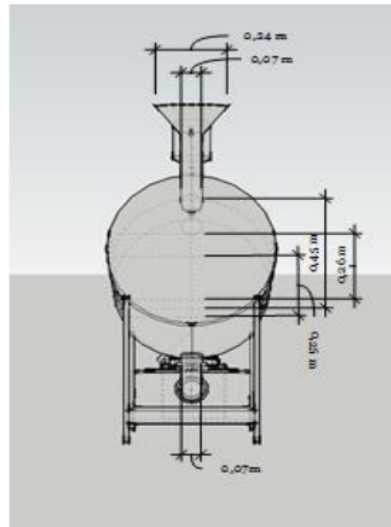
Gambar.4 dan gambar.5 dibawah ini merupakan gambar dan dimensi dari desain biodigester skala laboratorium.



Gambar.4 Desain dan ukuran Biodigester skala laboratorium.

Analisis data menggunakan desain dengan skala laboratorium dimana bahan limbah organik tidak ditetapkan pada satu jenis limbah organik saja melainkan campuran dari berbagai limbah organik diantaranya meliputi ; limbah sayur-sayuran, buah-buahan, dedaunan, ranting pohon, dsb. Dimaksudkan agar limbah dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dapat dimanfaatkan tanpa terkecuali. Dengan proses disgestifikasi anaerobik pengolahan limbah organik akan menghasilkan gas metana, dengan

menggunakan perhitungan atau nilai eksperimen maka didesain rancangan biodigester skala laboratorium. Desain biodigester skala laboratorium diasumsikan sebagai acuan untuk menghitung nilai kandungan gas metana pada skala industri yang selanjutnya akan dikonversikan ke nilai energi listrik.



Gambar 5 Dimensi Biodigester skala laboratorium.

**4.2. Analisis konversi Energi Listrik.**

Pemilihan teknologi biodigester yang sudah dilakukan dimana desain secara keseluruhan terlihat mulai dari proses pengadukan, proses fermentasi, proses pembuangan hingga dikonversi menjadi energi listrik. otensi energi listrik telah dihitung sebelumnya tapi belum dikurangi dengan pemakaian daya listrik yang mana digunakan untuk mencacah dan mengaduk limbah organik dimana asumsi untuk pemakaian motor pencacah dan pengaduk adalah dengan putaran 50 rpm, sehingga energi listrik yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Energi Total (Etot)} &= E - \text{Energi Terpakai (Et)} \\ &= 1.01.69 \text{ kW} - 78 \text{ kW} \\ &= 1.023.67 \text{ kW} \approx 1.02 \text{ MW} \end{aligned}$$



#### 4.3. Perhitungan Aspek Keuangan.

Dapat diketahui biaya investasi awal yaitu sebesar Rp.24.681.899.289, sedangkan untuk biaya operasional dalam setahun sebesar Rp.18.426.142.853, sedangkan rencana penjualan dari hasil produksi dengan total pendapatan dalam setahun sebesar Rp.28.323.891.724.

#### V. KESIMPULAN

Melalui proses disgestifikasi anaerobik limbah organik di Kabupaten Tegal dilakukan desain biodigester dan eksperimen skala laboratorium dan selanjutnya dikonversi ke skala industri sebagai pembangkit listrik tenaga limbah organik. Pada eksperimen skala laboratorium dengan volume biodigester  $0,245 \text{ m}^3$  dapat menghasilkan listrik sebesar 0,587 kW dan selanjutnya dikonversi ke skala industri dengan jumlah limbah organik pada Kabupaten Tegal sebesar 58,229  $\text{m}^3/\text{hari}$  dapat menghasilkan listrik sebesar 1.101,69 kW

Dari hasil analisa penelitian diatas didapat beberapa kesimpulan mengenai desain biodigester skala laboratorium dan skala industri sebagai pembangkit listrik tenaga limbah organik adalah sebagai berikut:

- Pada skala laboratorium total solid sebesar 4,68 dan volatile solid 2,25 diuji dilaboratorium PT. Nusantara Water Centre pada 14 juli 2017-27 juli 2017.
- Dengan volume bioigester  $0,245 \text{ m}^3$  menghasilkan total gas metana sebesar  $0,165 \text{ Kg/m}^3$  dengan laju produksi  $0,918 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{m}^2$  dan total energi yang dihasilkan selama eksperimen selama 15 hari sebesar 0,587 kW.
- Pada skala industri melalui asumsi skala laboratorium untuk sampah Kabupaten Tegal dengan total limbah organik sebesar 17% dari total keseluruhan yaitu 58,229  $\text{m}^3/\text{hari}$  dapat menghasilkan gas metana sebesar  $309,76 \text{ m}^3/\text{m}^3$  dengan laju produksi  $36,26 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{m}^2$  menghasilkan total energi 1.101,69 Kw dikurangi pemakaian energi listrik sehingga menjadi 1,02 MW.
- Untuk nilai proyeksi keuangan dengan nilai investasi sebesar Rp 28.323.891.724 dan modal kerja

sebesar Rp 1.535.511.882/bulan dengan total pendapat Rp 2.360.324.310/bulan dapat disimpulkan dari analisa untuk proses 5 tahun adalah untuk *Payback Period* (PP) selama 3 tahun 11 bulan, untuk nilai *Average Rate of Return* (ARR) Rp 2.629.144.091, dan nilai *Net Present Value* (NPV) adalah positif Rp 4.567.238.508, untuk nilai *Profitability Indeks* (PI) juga lebih besar dari 1 yaitu 1,2 serta selanjutnya nilai *Internal Rate Return* (IRR) sebesar  $25,95 \approx 26 \%$  lebih besar dari total nilai pajak yaitu 20%.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. R. Jyothilakshmi and S. V. Prakash, "Design, Fabrication and Experimentation of a Small Scale Anaerobic Biodigester for Domestic Biodegradable Solid Waste with Energy Recovery and Sizing Calculations," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 35, pp. 749–755, 2016.
2. D. Howe *et al.*, "Thermal pretreatment of a high lignin SSF digester residue to increase its softening point," *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 2016.
3. R. Hreiz, N. Adouani, Y. Jannot, and M.-N. Pons, "Modeling and simulation of heat transfer phenomena in a semi-buried anaerobic digester," *Chem. Eng. & Technol.*, vol. 119, pp. 101–116, 2017.
4. W. Awe, Y. Zhao, A. Nzihou, D. P. Minh, and N. Lyczko, "A Review of Biogas Utilisation, Purification and Upgrading Technologies," *Waste and Biomass Valorization*, vol. 8, no. 2, pp. 267–283, 2017.
5. U. C. Okonkwo, E. Onokpote, and A. O. Onokwai, "Comparative study of the optimal ratio of biogas production from various organic wastes and weeds for digester/restarter digester," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, no. February, 2016.
6. M. E. López, E. R. Rene, M. C. Veiga, and C. Kennes, *Environmental Chemistry for a Sustainable World*, 2. 2012.
7. Regueiro, C. M. Spirito, J. G. Usack, D. Hospodsky, J. J. Werner, and L. T. Angenent, "Comparing the inhibitory thresholds of dairy manure co-digesters after prolonged acclimation periods: Part 2 - correlations between microbiomes and

- environment," *Water Res.*, vol. 87, pp. 458–466, 2015.
8. C. Ratanatamskul and P. Manpetch, "Comparative assessment of prototype digester configuration for biogas recovery from anaerobic co-digestion of food waste and rain tree leaf as feedstock," *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, vol. 113, pp. 367–374, 2016.
  9. M. N. Kinyua, J. Zhang, F. Camacho-Céspedes, A. Tejada-Martinez, and S. J. Ergas, "Use of physical and <sup>12</sup>logical process models to understand the performance of tubular anaerobic digesters," *Biochem. Eng. J.*, vol. 107, pp. 35–44, 2016.
  10. M. Fedailaine, K. Moussi, M. Khitous, S. Abada, M. Saber, and N. Tirichine, "Modeling of the anaerobic digestion of organic waste for biogas production," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 52, no. 1, pp. 730–737, 2015.
  11. D. Carter, L. Rose, T. Awobusuyi, M. Gauthier, F. H. Tezel, and B. Kruczek, "Characterization of commercial RO membranes for the concentration of ammonia converted to ammonium sulfate from anaerobic digesters," *Desalination*, vol. 368, pp. 127–134, 2015.
  12. R. N. Meroney and P. E. Colorado, "CFD simulation of mechanical draft tube mixing in anaerobic digester tanks," *Water Res.*, vol. 43, no. 4, pp. 1040–1050, 2009.
  13. D. J. Beale *et al.*, "An 'omics' approach towards the characterisation of laboratory scale anaerobic digesters treating municipal sewage sludge," *Water Res.*, vol. 88, pp. 346–357, 2016.
  14. O. Sahu and Y. Abatneh, "Study of Biodigester Design for Fuel and Fertilizer," *Int. J. Renew. Sustain. Energy*, vol. 2, no. 4, p. 147, 2013.
  15. F. I. A. Ponselvan, M. Kumar, J. R. Malviya, V. C. Srivastava, and I. D. Mall, "Electrocoagulation studies on treatment of biodigester effluent using aluminum electrodes," *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 199, no. 1–4, pp. 371–379, 2009.
  16. M. Garfi, J. Martí-Herrero, A. Garwood, and I. Ferrer, "Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 60, pp. 599–614, 2016.
  17. V. C. Weatherford and Z. J. Zhai, "Affordable solar-assisted biogas digesters for cold climates: Experiment, model, verification and analysis," *Appl. Energy*, vol. 146, pp. 211–216, 2015.
  18. F. Cotana, A. Petrozzi, A. L. Pisello, V. Coccia, G. Cavalaglio, and E. Moretti, "An innovative small sized anaerobic digester integrated in historic building," *Energy Procedia*, vol. 45, pp. 333–341, 2014.

# OPTIMASI DESAIN DAN EKSPERIMEN BIODIGESTER ANAEROBIK SAMPAH ORGANIK SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSa) DI KABUPATEN TEGAL

## ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="https://zenodo.org">zenodo.org</a> Internet Source	1%
2	<a href="#">Submitted to Universidad de Cundinamarca</a> Student Paper	1%
3	<a href="https://sinta3.ristekdikti.go.id">sinta3.ristekdikti.go.id</a> Internet Source	1%
4	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Internet Source	1%
5	<a href="https://www.scipedia.com">www.scipedia.com</a> Internet Source	1%
6	<a href="https://jurnalfloratek.wordpress.com">jurnalfloratek.wordpress.com</a> Internet Source	1%
7	<a href="https://real.mtak.hu">real.mtak.hu</a> Internet Source	1%
8	<a href="https://journal.univpancasila.ac.id">journal.univpancasila.ac.id</a> Internet Source	1%

[onlinelibrary.wiley.com](https://onlinelibrary.wiley.com)



9

Internet Source

1 %

10

Anh Q. Nguyen, Luong N. Nguyen, Hop V. Phan, Brendan Galway, Heriberto Bustamante, Long D. Nghiem. "Effects of operational disturbance and subsequent recovery process on microbial community during a pilot-scale anaerobic co-digestion", International Biodeterioration & Biodegradation, 2019

Publication

&lt;1 %

11

[jtera.polteksmi.ac.id](http://jtera.polteksmi.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

12

Katharina Teuber, Tabea Broecker, Arnau Bayón, Gunnar Nützmann, Reinhard Hinkelmann. "CFD-modelling of free surface flows in closed conduits", Progress in Computational Fluid Dynamics, An International Journal, 2019

Publication

&lt;1 %

13

Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana

Student Paper

&lt;1 %

14

Submitted to Universiti Malaysia Pahang

Student Paper

&lt;1 %

15

[123dok.com](http://123dok.com)

Internet Source

&lt;1 %

---

Exclude quotes      On

Exclude matches      < 10 words

Exclude bibliography      On