

Jurnal Review: Analisis Modifikasi Komposisi Substrat Limbah Cair Tahu Pada Pembuatan Biogas Menggunakan Metode Anaerob

Puput Eka Suryani^{a*}, Adhika Pramita Widyassari^b,

^{a,b} Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu

* Puput Eka Suryani, Alamat Email: puput.eka91@gmail.com

Diterima : 26-6-2022

-

Direview : 27-06-2022

-

Diterbitkan : 30-6-2022

Intisari

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, rata-rata konsumsi tahu per kapita terus mengalami kenaikan. Adapun produksi tahu setiap tahunnya diperkirakan mencapai lebih dari 2,56 juta ton setiap tahun dari jumlah industri tahu sebanyak 84 ribu. Kelimpahan limbah cair tahu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas. Biogas merupakan salah satu metode efisien yang dapat digunakan sebagai dua alternatif sekaligus, yaitu untuk mencegah pencemaran lingkungan sekaligus sebagai upaya untuk menciptakan energi baru dan terbarukan. Tujuan utama dalam analisis ini adalah untuk menemukan komposisi ideal pada pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode *anaerobic digestion*, guna mendapatkan produksi biogas yang optimum. Dalam menganalisis tingkat efektifitas dari modifikasi pencampuran bahan baku limbah tahu dengan beberapa bahan lain, digunakan data kondisi normal yang digunakan sebagai data acuan dalam menentukan apakah kondisi modifikasi lebih efektif atau tidak lebih efektif dilihat dari volume biogas yang dihasilkan. Terdapat 9 sampel yang menggunakan data volume sebagai data perbandingan dari sampel satu dengan yang lainnya. Pada kondisi normal tanpa modifikasi, limbah cair tahu dengan volume *slurry* sebanyak 75 L dapat menghasilkan volume biogas sebanyak 4,36 L dengan tekanan yang dihasilkan adalah sebesar 0,12 kg/m². Dari beberapa data yang dibandingkan adalah bahan baku dari limbah cair tahu yang ditambah dengan kotoran sapi, limbah vinasse, rumen, dan ragi. Berdasarkan perbandingan hasil volume biogas yang dihasilkan maka dapat disimpulkan bahwa penambahan rumen sapi lebih efektif daripada modifikasi lainnya karena dapat menaikkan produktivitas biogas hingga kurang lebih 26%, dan dengan penambahan rumen sapi yang dimodifikasi dengan ragi/yeast dapat menaikkan tingkat produktivitas hingga kurang lebih 41%.

Kata Kunci : Biogas; Limbah cair tahu; Anaerob

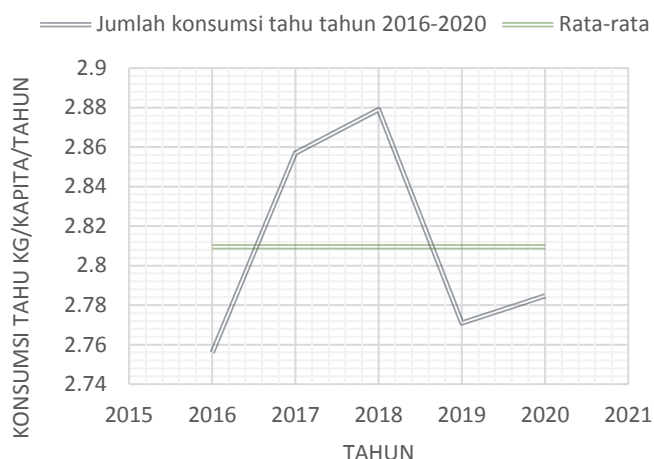
Abstract

Based on data from the Central Statistics Agency, the average consumption of tofu per capita continues to increase. The annual production is estimated to reach more than 2.56 million tons every year from the total tofu industry of 84 thousand. The abundance of tofu liquid waste can be used as raw material for biogas production. Biogas is an efficient method that can be used as two alternatives at once, namely to prevent environmental pollution as well as an effort to create new and renewable energy. The main objective in this analysis is to find the ideal composition for tofu wastewater treatment using the anaerobic digestion method, in order to obtain optimum biogas production. In analyzing the level of effectiveness of the modification of the mixing of tofu waste raw materials with several other materials, normal condition data is used which is used as reference data in determining whether the modified conditions are more effective or not more effective in terms of the volume of biogas produced. There are 9 samples that use volume data as a comparison of data from one sample to another. Under normal conditions without modification, tofu liquid waste with a *slurry* volume of 75 L can produce a biogas volume of 4.36 L with a resulting pressure of 0.12 kg/m². From some of the data compared, the raw materials from tofu liquid waste are added with cow dung, vinasse, rumen, and yeast waste. Based on the comparison of the results of biogas produced, it can be said that the addition of cow rumen is more effective than other modifications because it increases biogas productivity by approximately 26%, and with the addition of cow rumen it can increase productivity by approximately 41%.

Keywords: Biogas; Wastewater of tofu, Anerobic method

1. Pendahuluan

Tahu dan tempe merupakan bahan makanan yang hampir setiap hari dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Hal ini menyebabkan industri tahu dan tempe di Indonesia sendiri cukup banyak. Berdasarkan data yang dipublikasi oleh Survei Ekonomi Nasional diperoleh informasi bahwa konsumsi tahu mengalami pertumbuhan (*average growth*) sebesar 0,3%.



Gambar 1. Data Konsumsi Tahu per Tahun

Pertumbuhan industri tahu yang tidak diimbangi dengan penanggulangan limbahnya maka akan sangat berdampak terhadap lingkungan, hal ini dikarenakan limbah cair tahu merupakan termasuk limbah B3.

Dalam produksinya, proses pembuatan tahu menghasilkan dua macam limbah yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair tahu yang tidak diolah dengan baik maka dapat mencemari air di sekitar tempat pembuangan limbah. Secara umum limbah cair tahu merupakan limbah cair dengan angka BOD maupun COD yang cukup tinggi. Berdasarkan unsur penyusunnya limbah organik merupakan materi potensial yang dapat digunakan sebagai bahan untuk memproduksi biogas.

Keberadaan gas rumah kaca menyebabkan beberapa dampak buruk tidak hanya untuk manusia, tapi juga lingkungan sekitar. Kadar gas rumah kaca yang meningkat di atmosfer dapat mempengaruhi tingkat terjadinya hujan asam yang merugikan bagi tanaman maupun biota air. Penyumbang terbesar keberadaan gas rumah kaca adalah penggunaan bahan bakar fosil yang masih mendominasi. Berdasarkan pemantauan, hingga tahun 2015 pemenuhan energi 88% masih dipasok oleh bahan bakar fosil. Analisis lebih lanjut menyebutkan bahwa, pada tahun 2020 dan 2030 terdapat kenaikan terhadap kebutuhan biofuel yaitu sekitar 1,5 juta barel/hari (International Energy Agency, World Energy Outlook, 2021). Hampir sebagian besar yaitu 70% produksi biogas digunakan sebagai *supply* listrik dan panas, sedangkan 20% digunakan untuk keperluan memasak dan sisanya ditingkatkan kualitasnya sebagai biometana. Produksi biogas di Asia mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan dan mencapai lebih dari setengah produksi biogas dari seluruh dunia. Hal ini tentu saja didukung oleh bahan baku biogas yang cukup melimpah di negara-negara Asia, seperti biomassa dan limbah organik lainnya. Pengelolaan biogas yang cukup baik akan berdampak positif terhadap ketersediaan produk biogas dalam upaya pemenuhan energi alternatif sekaligus mengurangi tingkat emisi udara (International Energy Agency, World Energy Outlook, 2021).

Biogas merupakan salah satu metode efisien yang dapat digunakan sebagai dua alternatif sekaligus, yaitu untuk mencegah pencemaran lingkungan sekaligus sebagai upaya untuk menciptakan energi baru dan terbarukan. Kualitas biogas dapat ditentukan dari beberapa aspek salah satunya adalah dari aspek komposisi. Biogas yang bagus terdiri atas sebagian besar metana sehingga mampu menghasilkan nilai kalor yang tinggi. Sedangkan biogas yang kurang bagus adalah

biogas dengan kadar metana rendah. Beberapa upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas biogas seperti absorpsi atau purifikasi untuk menghilangkan gas-gas yang bersifat impuritas.

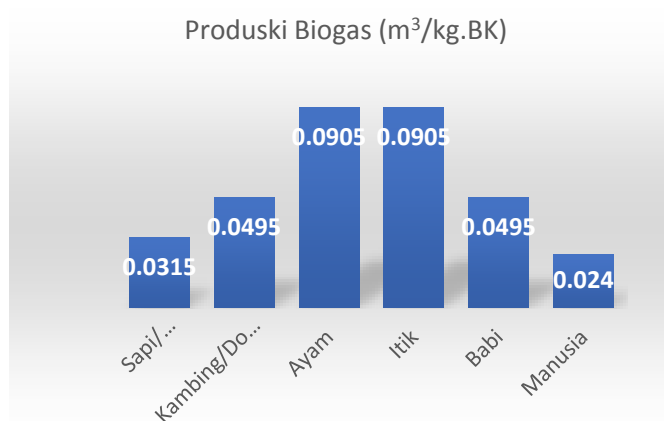
Adapun kendala pada produksi biogas adalah pada tahap perawatan instalasi. Tanpa dilakukan upaya perawatan instalasi maka dapat beresiko terjadinya produksi yang tidak optimal akibat penyumbatan, penurunan ruang digester, serta penyumbatan pada pipa-pipa instalasi. Selain itu tingkat keamanan biogas yang buruk akan berdampak pada pelepasan biogas ke atmosfer dan berpotensi pada penyumbangan gas rumah kaca (GRK). Kondisi tersebut juga terjadi apabila limbah organik, seperti limbah kotoran ternak, limbah pertanian, limbah domestik, termasuk limbah tahu yang tidak dilakukan penanganan dengan baik maka dapat menjadi penyumbang GRK di atmosfer.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, rata-rata konsumsi tahu per kapita terus mengalami kenaikan dibandingkan tahun sebelumnya yaitu sekitar 3,75% (Badan Pusat Statistik, 2021). Adapun produksi tahu setiap tahunnya diperkirakan mencapai lebih dari 2,56 juta ton setiap tahun dari jumlah industri tahu sebanyak 84 ribu (Adisasmito S, Rasrendra C B, Chandra H and Gunartono M A 2018 *Int. J. Eng. Technol.* 7 30 dalam Budiyo dan Syaichurrozi, 2020).

Kriteria limbah cair didasarkan pada beberapa parameter yaitu kimia, biologi, dan fisika. Parameter biologi diindikasikan dari kandungan adanya virus, bakteri, pathogen maupun mikroorganisme. Adapun parameter kimia dapat diindikasikan dari beberapa kandungan zat-zat kimia yang terkandung di dalam air. Senyawa kimia di dalam air tidak hanya mempengaruhi biota atau makhluk hidup di dalam air, namun juga akan sangat berpengaruh pada kesehatan manusia. Beberapa senyawa kimia memiliki sifat bioakumulatif yang mampu bertahan dalam jangka waktu lama di dalam tubuh manusia. Parameter kimia dapat meliputi pH, BOD, COD (atau TOC), oksigen terlarut, konduktivitas listrik, TSS, dan klorin (Salgot et al., 2006). Karakteristik fisika kimia meliputi pH, EC, turbiditas, TSS, zat warna. Senyawa organik meliputi COD (TOC, DOC), BOD, DO. Sedangkan senyawa logam berat meliputi As, Cd, Cr(III, VI), Hg, Pb, B, Al, Ba, Be, Co, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Se, Th, V, Zn. Senyawa micro-polutan meliputi surfaktan, mineral minyak, pestisida, klorida, dan aldehid (Salgot et al., 2006). Kandungan kimia pada limbah cair jumlahnya semakin bertambah apabila limbah tersebut diproduksi di wilayah padat industri. Kandungan air limbah pada industri tahu dapat meliputi pencemaran secara fisika, kimia dan biologi. Kontaminan fisika dan kimia pada limbah tahu dapat meliputi partikel terlarut (dissolved solid), tidak terlarut, partikel organik, anorganik, BOD, COD, dan TSS (Nisrina et al., 2020). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa nilai kontaminasi pada limbah tahu telah melewati nilai ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah. Analisis nilai cemaran pada limbah cair tahu yang dihasilkan oleh beberapa industri tahu memiliki nilai pH pada rentang 5, BOD₅ pada rentang 310-400 mg/L, nilai COD 384-1175 mg/L, TSS 75-615 mg/L (Dewa & Idrus, 2017). Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai-nilai tersebut melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh KepMen LH Nomor 5 Tahun 2014 tentang kegiatan Industri Tahu. Sedangkan penelitian yang dilaporkan oleh Pradana dkk (Pradana et al., 2018) menyebutkan bahwa limbah cair tahu memiliki nilai TSS dan BOD yang melebihi nilai ambang batas, yaitu TSS=1320 mg/L dan BOD=161

mg/L. Selain itu pada penelitian tersebut menyebutkan juga bahwa terdapat zat-zat organik seperti protein sebesar 40-60%, 25-50% karbohidrat, 10% lemak dan padatan tersuspensi lainnya. Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Abas dkk (Sato et al., 2015) menyatakan bahwa nilai BOD dan COD pada limbah cair tahu sangat tinggi yaitu BOD sekitar 5000-10000 mg/L dan COD sekitar 7000-12000 mg/L. Kajian selanjutnya adalah dengan melakukan pengolahan air limbah cair tahu dengan metode aerobik dan anaerobik menggunakan bantuan bakteri pengurai mikroorganisme efektif (EM4) ke dalam reaktor. Dari pengolahan tersebut didapatkan bahwa nilai COD dan TSS dapat berkurang, yaitu effluent COD sebesar 243,85 mg/L, TSS sebesar 87,15 mg/L, sedangkan pH sebesar 7,09. Berdasarkan eksperimen yang dilakukan oleh Azmi dkk (Azmi et al., 2016), melaporkan bahwa nilai TSS dan BOD pada limbah cair tahu mencapai 153 mg/L dan 200 mg/L. Pengolahan limbah menggunakan pemanfaatan tanaman *Typha latifolia* dengan metode *constructed wetland* mampu mengurangi nilai BOD hingga mencapai 98,8% dan TSS sebesar 92,8%.

Berdasarkan penelitian, bahan baku yang dapat digunakan sebagai biogas merupakan biomassa atau senyawa organik. Kotoran ternak merupakan bahan baku ideal yang dapat dimanfaatkan untuk memproduksi biogas. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, terdapat beberapa hasil yang berbeda dari beberapa jenis *feces*. Tujuan utama dalam analisis ini adalah untuk menemukan komposisi ideal pada pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode *anaerobic digestion*, guna mendapatkan produksi biogas yang optimum.



Gambar 2. Produksi biogas dari *feces* (Widodo et al., 2009 dalam Santoso et al., 2019)

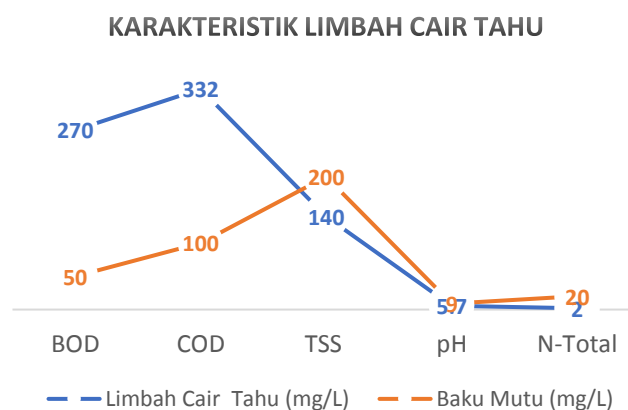
Dari grafik 2 di atas dapat disimpulkan bahwa nilai produksi biogas dari beberapa hewan ternak terbanyak didapat oleh ternak unggas yaitu mencapai 0,0905 m³/kg.BK. Sedangkan biogas yang dihasilkan oleh kotoran sapi hanya mencapai 0,0315 m³/kg.BK. Namun berdasarkan produksi kotoran yang di hasilkan oleh masing-masing ternak, sapi/kerbau/kuda merupakan ternak yang mampu menghasilkan lebih banyak *feces*. Hal tersebut berdampak terhadap kuantitas biogas yang dihasilkan secara umum. Sapi, kerbau, dan kuda mampu menghasilkan kotoran sebanyak 25-30 kg/hari, hal tersebut sangat jauh dari produksi kotran yang dihasilkann oleh unggas yang hanya mencapai 0,18-0,34 kg/hari (Santoso et al., 2019). Potensi biogas agar dapat

dimanfaatkan secara kontinyu tidak hanya didukung oleh kandungan senyawa organik bahan materialnya, namun juga kelimpahan atau ketersediaan bahan baku.

Dalam rangka meningkatkan produksi biogas, beberapa penelitian dilakukan dengan cara memodifikasi bahan baku atau *raw material*. Analisis yang dilporkan oleh Chibueze (Chibueze et al., 2017) menyebutkan bahwa peningkatan produksi biogas dari kotoran sapi dapat dilakukan dengan cara penambahan makanan sisa. Dari penelitian tersbut menyimpulkan bahwa slurry yang mengandung nilai kalori tinggi seperti karbohidrat dapat berpengaruh terhadap peningkatan produksi biogas. Namun, beberapa penelitian juga menyebutkan bahwa nilai produksi biogas dipengaruhi erat oleh faktor pH dan volume *slurry* di dalam digester (Suyog, 2011, Meres et al., 2004; dalam Chibueze et al., 2017). Volume *slurry* tidak hanya ditentukan oleh bentuk instalasi digester, namun juga ketersediaan bahan bakunya. Berdasarkan hal tersebut, limbah tahu merupakan limbah potensial yang dapat menghasilkan energi secara kontinyu.

2. Kerangka Teori

Berdasarkan tahap pembuatannya, dalam produksi tahu maka akan menghasilkan dua macam limbah yaitu limbah padat dan limbah cair. Kedua limbah tersebut memiliki potensi untuk menghasilkan energi berkelanjutan. Hal ini dikarenakan limbah cair tahu merupakan limbah B3 yang dapat merusak lingkungan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mulya et al (Budiyono & Syaichurrozi, 2020), melaporkan bahwa nilai COD dan BOD pada limbah cair tahu melebihi ambang batas yang ditetapkan.



Gambar 3. Karakteristik Limbah Cair Tahu dan Baku mutu (Mulya et al., 2020)

Dari gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa nilai parameter limbah cair tahu memiliki kecenderungan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai ambang batas. Secara umum BOD merupakan identifikasi yang digunakan untuk menentukan tingkat ketercemaran suatu limbah dari nilai *biological oxygen demand* atau kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk proses penguraian secara aerobik terhadap senyawa-senyawa organik di dalam air (Santoso, 2018) dalam (Andika et al., 2020). Sedangkan nilai COD merupakan karakteristik yang digunakan untuk menentukan nilai *Chemical Oxygen Demand* atau kebutuhan oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik secara kimia (Islamawati et al., 2018) dalam (Andika et al., 2020). Karakteristik limbah

cair tahu di atas merupakan sampel limbah yang diambil dari salah satu industri di Indonesia (Mulya et al., 2020). Nilai BOD dan COD pada limbah tersebut sangat tinggi di atas nilai ambang batas yang masih diperbolehkan. Sedangkan nilai TSS hanya terpaut sebanyak 60 mg/L dari nilai ambang batas. Nilai TSS merupakan parameter limbah yang dilihat dari total *suspended solid* atau jumlah total padatan tersuspensi di dalam air limbah (Subekti, 2011) dalam (Pradana et al., 2018). Tingkat keasaman juga menjadi indikator penting dalam karakteristik limbah cair, hal ini dikarenakan pH yang jauh dari ambang batas akan bersifat terlalu asam atau basa bagi lingkungan. Jumlah Nitrogen di dalam air limbah akan mempengaruhi keadaan air dan juga mikroorganisme di dalamnya. Secara alami, nitrogen dapat bertransformasi menjadi beberapa bentuk yaitu senyawa nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-) dan ammonia (NH_3). Pada masing-masing bentuknya senyawa tersebut memiliki dampak yang berbeda-beda terhadap lingkungan. Seperti halnya nitrit dan ammonia akan bersifat toksik terhadap biota air apabila tidak dapat terionisasi (Wantasen et al., 2012).

3. Metodologi

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode kualitatif dan kuantitatif deskriptif, yaitu dengan menghimpun data-data hasil eksperimen kemudian mengolahnya dengan perhitungan matematis.

Dalam mengkomparasikan beberapa hasil penelitian maka digunakan pengolahan data kuantitatif yang menghasilkan angka perbandingan untuk menentukan tingkat efektifitas pemilihan bahan. Dalam proses membandingkan data maka digunakan data acuan, dimana data acuan tersebut adalah menggunakan hasil penelitian pengolahan limbah cair tahu tanpa campuran bahan lainnya. Dari data tersebut kemudian akan ditentukan nilai teoritis dan nilai aktual yang kemudian dapat digunakan sebagai penentu tingkat efektifitas.

Objek penelitian merupakan data-data hasil penelitian yang sebelumnya telah dilakukan eksperimen sehingga menghasilkan data yang valid.

Sampel yang dianalisis berjumlah 9 sampel dengan kondisi eksperimen yang hampir sama, yaitu pada kondisi tekanan dan temperature standar. Data tersebut disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Data teoritis dan aktual

	Prosentase bahan	V sampel total (L)	Volume Biogas (L)	Volume teoritis	Lebih Tinggi teoritis	Lebih rendah teoritis
Kondisi Normal	100 % LCT*	75	4,36			
sampel 1	0 % LCT : 100% LV	0,25	0,0885	0,014	7%	
sampel 2	80% LCT : 20% LV	0,25	0,1255	0,014	11%	
sampel 3	100% LCT : 0% LV	0,25	0,0415	0,014	3%	
sampel 4	1 g jerami : 250 ml LCT	0,25	0,07966	0,014	7%	
sampel 5	5 g jerami : 250 mL LCT	0,25	0,09738	0,014	8%	
sampel 6	7 g jerami : 250 mL LCT	0,25	0,00349	0,014		1%
sampel 7	250 mL LCT 25 mL rumen : 0 g ragi/yeast	0,25	0,275	0,014	26%	
sampel 8	250 mL LCT : 25	0,275	0,421	0,016	41%	

	mL rumen : 1 g yeast/ragi					
sampel 9	1,5 kg KS : 1,5 L air : 15 L LCT	1,5	0,178	0,087	9%	

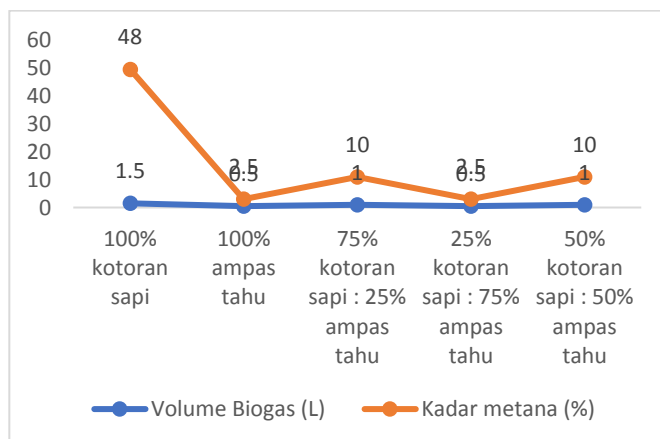
Dalam memperhitungkan tingkat efektifitas digunakan perhitungan komparatif, yaitu dengan membandingkan nilai teoritis dan nilai aktual. Apabila nilai actual lebih besar daripada nilai teoritis maka dapat disimpulkan bahwa hasil tersebut lebih efektif daripada nilai teoritis. Namun apabila nilai actual lebih rendah dari pada teoritis maka eksperimen tersebut tidak lebih efektif daripada nilai teoritis.

4. Hasil dan Pembahasan (Times New Roman, 10 Bold)

Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa produksi biogas dipengaruhi oleh Ph *slurry* di dalam digester (Suyog, 2011); (Meres dkk, 2004) dalam (Chibueze et al., 2017). Dalam pembahasan kali ini akan dipelajari beberapa faktor yang mempengaruhi produksi biogas selain dari karakteristik secara kimia, namun juga jenis komposisi *slurry* di dalam digester.

Beberapa penelitian menyebutkan adanya keterkaitan antara modifikasi komposisi *slurry* dan produk biogas yang dihasilkan. Eksperimen penambahan koagulan menggunakan biji asam jawa pada *slurry* telah dilakukan oleh Siallagan (Siallagan, 2017). Proses koagulasi menggunakan biji asam jawa tidak berdampak besar pada produksi biogas yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa hasil optimum biogas sebanyak 4,2 L didapat dari kondisi tanpa proses koagulasi dan dengan perbandingan antara limbah cair tahu dan air adalah sebesar 1:0 (v/v) dalam waktu fermentasi 15 hari. Sedangkan hasil optimal pada biogas yang menggunakan penambahan biji asam jawa sebagai koagulasi adalah sebanyak 3,1 L dengan komposisi limbah cair tahu:air yaitu 1:0 dan waktu fermentasi selama 12 hari. Pada kedua proses tersebut masing-masing dapat mengurangi nilai BOD, COD, dan TSS. Pada kondisi pertama, terdapat pengurangan nilai BOD yang cukup signifikan yaitu mampu mengurangi hingga 46,29%, TSS sebesar 7,56%, dan TDS sebesar 41,85%. Pada kondisi kedua, pengaruh penambahan koagulasi terlihat jelas pada pengurangan nilai TSS yaitu sebesar 77,51%, sedangkan COD hanya mampu dikurangi sebesar 1,45% dan TDS sebesar 44,65%.

Modifikasi komposisi substrat antara limbah ampas tahu dan kotoran sapi telah diobservasi oleh Ni'mah (Ni'mah, 2014),.



Gambar 4. Volume biogas dan kadar metana pada substrat ampas tahu dan kotoran sapi (Ni'mah, 2014)

Hasil penelitian menyebutkan bahwa kombinasi substrat dengan penambahan kotoran sapi dapat menaikkan volume dan kadar metana pada biogas. Substrat ampas tahu tanpa penambahan kotoran sapi menghasilkan lebih sedikit kadar metana, dengan produksi optimal didapatkan pada hari ke 14. Berdasarkan data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa penambahan substrat kotoran sapi dengan penambahan 75% kotoran sapi menghasilkan biogas yang lebih tinggi dari pada substrat ampas tahu tanpa penambahan kotoran sapi. Substrat yang hanya terdiri dari ampas tahu hanya mampu menghasilkan nilai biogas sebanyak 0,5 L.

Pengamatan terhadap pencampuran limbah ampas tahu dan kotoran sapi juga telah dipelajari oleh Fitrah dkk (Fitrah et al., 2018).

Tabel 2. Data Substrat dan Hasil Biogas (Fitrah et al., 2018)

Substrat			Volume biogas (mm ³)
Air	Limbah Tahu	Kotoran sapi	
38%	38%	25%	52,15
34%	34%	31%	46,09
31%	31%	38%	23,99
28%	28%	44%	11,24
25%	25%	50%	16,1

Dari data eksperimen di atas dapat dilihat bahwa volume biogas dapat dipengaruhi oleh kandungan air di dalam substrat. Jumlah kandungan air pada kondisi tertentu dapat mempercepat proses penguraian atau degradasi senyawa organik di dalam substrat. Penambahan kotoran sapi pada substrat tidak terlalu berpengaruh pada produksi biogas yang dihasilkan. Namun faktor penting yang mempengaruhi produksi biogas adalah komposisi air di dalam substrat.

Pengamatan penggunaan starter Envirosolve dan biodekstran untuk meningkatkan produksi biogas pada substrat ampas tahu telah diamati oleh Perdana dkk (Perdana et al., 2013). Dari pengamatan tersebut menyebutkan bahwa penggunaan starter envirosolve dapat menaikkan kadar metana pada biogas dibandingkan dengan biodekstran. Hal ini dapat diketahui dari kadar metana yang dihasilkan pada biogas dengan penambahan envirosolve yaitu sebesar 0,98%. Sedangkan kadar metana dengan penambahan starter biodekstran hanya sebesar 0,92%. Pada masing-masing sampel dilakukan proses fermentasi selama 7 hari untuk mendapatkan hasil yang optimum.

Pemanfaatan air kelapa dan molase juga memberikan pengaruh terhadap produksi biogas yang dihasilkan dari limbah cair ampas tahu. Pembahasan tersebut telah diuraikan oleh Susetyo dkk (Susetyo et al., 2020) dengan membandingkan komposisi substrat yang terdiri atas limbah cair tahu, starter EM4, air kelapa, dan molase. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui efektifitas dari penambahan air kelapa dan molase terhadap proses pembentukan biogas. Parameter yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah tekanan yang ditimbulkan pada digester. Sampel pertama merupakan campuran antara limbah

cair tahu, Em4, dan air kelapa dengan nilai perbandingan 30 L : 50 ml : 2 L, sedangkan campuran ke dua merupakan kombinasi antara 30 L : 50 ml : 500 ml. Pengujian dilakukan menggunakan metode uji-T yang digunakan untuk mengetahui efektifitas masing-masing variabel Berdasarkan pengamatan pada hari ke 14, masing-masing sampel 1 dan 2 menghasilkan tekanan sebesar 6,5 psi dan 13 psi. Dari data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa penambahan molase pada substrat dapat meningkatkan laju pembentukan biogas secara signifikan.

Pemantauan limbah ampas tahu sebagai *Co-substrat* pada *slurry* kotoran sapi memberikan dampak yang baik terhadap produksi biogas secara umum. Hasil tersebut telah dikonfirmasi oleh Saputra dan Purnomoadi (Saputra et al., 2018) yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada penambahan ampas tahu sebagai *co-substrat* terhadap pencernaan protein, konsentrasi VFA, dan konsentrasi total ammonia nitrogen (TAN). Dari data yang diperoleh pada pencernaan protein maka dapat disimpulkan bahwa penambahan ampas tahu sebagai *co-substrat* pada feses sapi menghasilkan pencernaan protein yang rendah. Nilai pencernaan protein merupakan salah satu kondisi yang dapat mengindikasikan kemampuan mikroorganisme dalam mencerna atau memanfaatkan nutrisi dalam senyawa organik.

Modifikasi substrat diharapkan mampu meningkatkan produksi biogas yang dihasilkan. Kandungan metana dalam biogas tergantung pada kinerja bakteri metanogenik. Bakteri akan bekerja secara optimum apabila nutrisi di dalam substrat pada kondisi yang seimbang. Berdasarkan pengamatan terdapat pengaruh yang cukup besar pada perbandingan antara COD dan Nitrogen terhadap produksi biogas (Nakhla, 2012) dalam (Syaichurrozi et al., 2016). Peranan COD dalam substrat biogas adalah sebagai sumber karbon oleh bakteri methanogen untuk memproduksi biogas, sedangkan nitrogen berperan sebagai bahan untuk membangun struktur sel. Pada rasio tertentu antara COD dan nitrogen yang terkandung dalam substrat menjadi faktor penting bakteri untuk bekerja secara optimal. Syaichurrozi (I. Syaichurrozi, 2013) dalam (Syaichurrozi et al., 2016) menyebutkan bahwa rasio optimum antara COD dan Nitrogen adalah 350/7 – 1000/7. Rata-rata rasio COD/N pada limbah cair tahu adalah sekitar 270/7. Perbandingan tersebut tentu saja tidak termasuk kondisi yang cukup ideal untuk bakteri methanogen. Untuk meningkatkan nilai COD pada limbah cair tahu maka dapat dilakukan teknik co-digestion, atau teknik pencampuran substrat. Berdasarkan total COD di dalam limbah kotoran sapi sebesar 10.730 mg/L (Wahyuni, 2011) dalam (Putra et al., 2016), maka limbah tersebut dapat digunakan sebagai co-substrat limbah cair tahu untuk menambah nilai COD pada substrat biogas.

Pada penelitian Putra (Putra et al., 2016) menerangkan bahwa nilai COD total pada substrat berbanding lurus terhadap penambahan komposisi kotoran sapi. Hal ini terlihat dari total COD pada perbandingan 25% limbah cair tahu:75% kotoran sapi sebesar 23.273 mg/L, sedangkan untuk perbandingan 50%:50% menghasilkan nilai COD total sebesar 15.568 mg/L. Nilai total COD terkecil didapat oleh pada perbandingan 75% limbah cair tahu dan 25% kotoran sapi.

Kandungan cairan di dalam substrat dapat berpengaruh pada produksi biogas secara umum (Weda et al., 2010) dalam (Luthfianto & Mahajoeno, 2012). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pengenceran optimal didapatkan pada perbandingan 1:1 antara air dan substrat padat. Hal ini

menyebabkan proses koagulasi pada modifikasi substrat menjadi tidak terlalu efisien. Sedangkan volume biogas yang dihasilkan dari masing-masing perbandingan 25%:75%; 50%:50%; 75%:25% adalah sebesar 50,4 ml; 7,2 ml, dan 0 ml. Hasil penelitian tersebut tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sa'Diah (Sa'Diah & Putra, 2019) yang menyebutkan bahwa penambahan kotoran sapi pada limbah cair tahu berdampak jelas pada volume biogas yang dihasilkan. Sampel substrat yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah limbah cair tahu sebanyak 8 kg dan air hyacinth sebanyak 4 kg. Pada penambahan 1 kg, 2 kg, 4 kg kotoran sapi pada substrat menghasilkan kandungan methane berturut-turut sebesar ± 10 ppm, ± 20 ppm, dan ± 60 ppm. Volume biogas yang cukup tinggi dapat mengindikasikan kandungan COD pada substrat yang juga tinggi. Selain itu didukung pula oleh teori yang menyebutkan bahwa kotoran sapi merupakan habitat dari bakteri methanogen.

Dari beberapa ulasan terkait modifikasi substrat biogas limbah tahu, penggunaan asam jawa belum memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap produk gas yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan volume yang cukup jauh, yaitu 3,1 L dihasilkan oleh fermentasi dengan koagulan asam jawa, dan volume sebesar 4,2 L dihasilkan oleh fermentasi tanpa koagulasi asam jawa.

Sedangkan pencampuran komponen kotoran sapi dan limbah tahu dapat menaikkan rasio COD/N secara signifikan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pencampuran ke dua komponen tersebut dapat menghasilkan kondisi yang ideal pada substrat biogas. Namun belum dipelajari lebih lanjut berapa komposisi yang ideal antara limbah dan kotoran sapi yang mampu menghasilkan rasio COD/N optimal.

Penggunaan envirosolve, air hyacinth, dan kotoran sapi pada modifikasi substrat biogas memberikan hasil yang berbeda terhadap produksi metana. Dibandingkan dengan envirosolve dan air hyacinth, penambahan menggunakan kotoran sapi pada limbah tahu lebih berpotensi menghasilkan kadar metana yang tinggi. Hal ini dapat terlihat dari metana yang dihasilkan oleh pencampuran envirosolve hanya menghasilkan kadar metana sebesar 0,98% dan ± 60 ppm dihasilkan dengan penambahan air hyacinth. Sedangkan untuk pencampuran menggunakan kotoran sapi dapat menaikkan kadar metana hingga 10% pada komposisi 25% dan 75% kotoran sapi.

Dalam menganalisis tingkat efektifitas dari modifikasi pencampuran bahan baku limbah tahu dengan beberapa bahan lain, digunakan data kondisi normal yang digunakan sebagai data acuan dalam menentukan apakah kondisi modifikasi lebih efektif atau tidak lebih efektif dilihat dari volume biogas yang dihasilkan. Terdapat 9 sampel yang menggunakan data volume sebagai data pembanding dari sampel satu dengan yang lainnya. Pada kondisi normal tanpa modifikasi, limbah cair tahu dengan volume *slurry* sebanyak 75 L dapat menghasilkan volume biogas sebanyak 4,36 L dengan tekanan yang dihasilkan adalah sebesar 0,12 kg/m². Dari data volume tersebut maka dapat diprediksi tingkat keefektifan sampel modifikasi dengan metode perbandingan. Pada tabel tersebut dijabarkan bahwa terdapat sampel yang tidak lebih efektif dibandingkan dengan sampel tanpa modifikasi. Namun prosentase ketidak efektifan tersebut hanya sebesar 1%. Prosentase tersebut dapat dianggap tidak begitu berpengaruh atau dianggap tidak berbeda dengan kondisi normal. Dari semua sampel modifikasi hampir seluruhnya mendekati

kondisi normal atau tanpa modifikasi. Keefektifan nyata dari beberapa sampel modifikasi adalah pada sampel 7 dan 8. Dimana pada sampel 7 dengan campuran *slurry* yang terdiri atas 250 ml limbah cair tahu; 25 ml rumen meningkatkan produk biogas hingga lebih dari 25%. Sedangkan pada sampel 8 yang terdiri atas 250 ml limbah cair tahu; 25 ml rumen; dan 1 g yeast dapat menaikkan produk biogas hingga 41%. Dari data tersebut dapat diprediksi bahwa penambahan rumen dan yeast dapat menaikkan laju pembentukan biogas secara umum. Rumen sapi merupakan salah satu activator yang sangat mendukung pada proses fermentasi. Hal tersebut dikarenakan pada rumen sapi merupakan rumah dari berbagai jenis mikroba. Kondisi tersebut telah dipelajari oleh Purbowati dkk (Purbowati et al., 2014) yang menyebutkan bahwa populasi mikroba pada rumen sapi mencapai $1,9 \times 10^3$ cfu/g hingga $9,3 \times 10^8$ cfu/g. Dari percobaan Ihsan dkk (Ihsan et al., 2013), menyimpulkan bahwa penambahan rumen sapi pada limbah cair tempe dapat menaikkan produksi biogas secara signifikan. Hal tersebut dari perbandingan antara *slurry* limbah cair tempe tanpa rumen yang hanya menghasilkan produksi biogas sebesar kurang dari 500 mg/L, sedangkan dengan penambahan rumen dapat menaikkan laju pembentukan biogas hingga lebih dari 3000 mg/L. Kondisi yang sama juga dihasilkan oleh modifikasi antara limbah cair tahu dan rumen sapi. Sebagai activator, rumen sapi lebih efektif dibandingkan dengan aktivator lain seperti limbah vinasse, jerami, dan kotoran sapi.

5. Simpulan

Dengan membandingkan hasil produksi dari beberapa percobaan yang telah dilakukan, yaitu percobaan modifikasi *slurry* menggunakan kotoran sapi, limbah vinasse, jerami, rumen sapi dan yeast. Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan rumen sapi dapat menaikkan produktifitas biogas hingga kurang lebih 26%, dan dengan penambahan rumen sapi yang dimodifikasi dengan ragi/yeast dapat menaikkan tingkat produktifitas hingga kurang lebih 41%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada P3M STTR Cepu yang telah memfasilitasi penulis sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

Daftar Pustaka

- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai Bod Dan Cod Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (Ppks) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1), 14–22. <https://ejurnalunsam.id/index.php/JQ>
- Azmi, M., HS, E., & Andrio, D. (2016). Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Typha latifolia* dengan Metode Constructed Wetland. *Jom F TEKNIK*, 3(2), 1.
- Budiyono, B., & Syaichurrozi, I. (2020). A review: Biogas production from tofu liquid waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 845(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/845/1/012047>
- Chibueze, U., Okorie, N., Oriaku, O., Isu, J. &, & Peters, E. (2017). The Production of Biogas Using Cow Dung and Food Waste. *International Journal of Materials and Chemistry*, 7(2), 21–24.

- <https://doi.org/10.5923/j.ijmc.20170702.01>
- Dewa, R., & Idrus, S. (2017). Identifikasi Cemaran Limbah Cair Industri Tahu Di Kota Ambon. *Majalah BIAM*, 13(2), 11. <https://doi.org/10.29360/mb.v13i2.3544>
- Dr. Vladimir, V. F. (2018). Optimalisasi Proses Produksi Tahu untuk Peningkatan Kesejahteraan Produsen Tahu. *Panarita Abdi Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(2).
- Fitrah, M. F., Wiryono, B., DP, G. M., & Asmawati, A. (2018). ANALISIS PERSENTASE PENAMBAHAN PUPUK KANDANG (Kotoran Sapi) DAN LIMBAH TAHU DALAM PEMBUATAN BIOGAS. *Jurnal Agrotek UMMat*, 5(1), 61. <https://doi.org/10.31764/agrotek.v5i1.247>
- <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/konsumsi-tahu-dan-tempe-per-kapita-di-indonesia-naik-pada-2021>
- Ihsan, A., Bahri, S., & Musafira. (2013). Produksi biogas menggunakan cairan isi rumen sapi dengan limbah cair tempe. *Online Jurnal of Natural Science*, 2(2), 27–35.
- International Energy Agency. World energy outlook special report 2015: Energy and climate change. Final report. Paris:OECD/IEA; 2015.. United Nations Environment Programme. The emissions gap report 2014: A UNEP synthesis report. Final report. Nairobi: UNEP; 2014.
- Islamawati, D., Darundiati, Y. H & Dewanti, N. A. 2018. Studi Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Menggunakan Ferri Klorida (FeCl₃) pada Limbah Cair Tapioka di Desa Ngemplak Margoyoso Pati. *Jurnal Kesehatan*
- Luthfianto, D., & Mahajoeno, E. (2012). Pengaruh macam limbah organik dan pengenceran terhadap produksi biogas dari bahan biomassa limbah peternakan ayam. *Bioteknologi*, 9(1), 18–25. <https://doi.org/10.13057/biotek/c090104>
- Meres, M., Szczepaniec-Cieciak, E., Sadowska, A., Piejko, K., Oczyszczania, M.P., and Szafinicki, K. Operational and meteorological influence on the utilized biogas composition at the Barycz landfill site in Cracow, Poland. *Waste management resource* 2004; 22: 195-201.
- Mulya, M. P., Damris, M., & Maryani, A. T. (2020). Pemanfaatan Tumbuhan Air (Hydrilla Verticillata) dalam Meningkatkan Karakteristik Limbah Cair Tahu Dengan Metode Biofiltrasi. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 3(1), 1–10.
- Ni'mah, L. (2014). Biogas From Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture: Composition Effect. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.26555/chemica.v1i1.500>
- Nisrina, H., Andarani, P., Kelurahan, D. I., Kecamatan, U., Kabupaten, K., & Augustine, K. D. (2020). Agri-SosioEkonomi Unsrat ,. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(2), 245–252.
- Perdana, D. A., Ebrianto, A. L., & Sari, T. I. (2013). Penggunaan Starter EnviroSolve dan Biodekstran Untuk Memproduksi Biogas dari Bahan Baku Ampas Tahu. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1), 16–20.
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah. (2018). Pengolahan Limbah Cair Tahu untuk menurunkan kadar TSS dan BOD. *Jurnal Vokasi Kesehatan, JVK 4* (2), 56–62.
- Purbowati, E., Rianto, E., Dilaga, W. S., Lestari, C. M. S., & Adiwinarti, R. (2014). Characteristics of the rumen fluids, type and number of ruminal microbes in Java and Ongole Grade Bulls. *Buletin Peternakan*, 38(1), 21–26.
- Putra, H. P., Andrio, D., & Elystia, S. (2016). Pengaruh Rasio Pencampuran Limbah Cair Tahu dan Kotoran Terhadap Proses Anaerob. 3(2), 1–5.
- Sa'Diah, S., & Putra, M. D. (2019). Biogas Production from Wastes of Tofu Industry with Effects of Water Hyacinth and Cow Manure Additions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 543(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/543/1/012097>
- Salgot, M., Huertas, E., Weber, S., Dott, W., & Hollender, J. (2006). Wastewater reuse and risk: Definition of key objectives. *Desalination*, 187(1–3), 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.065>
- Santoso, A.D. 2018. Keragaan Nilai DO, BOD Dan COD Di Danau Bekas Tambang Batu Barastudi Kasus Pada Danau Sangatta North Pt. Kpc Di Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19(1): 89-96.
- Santoso, M. C., Giriantari, I. A. D., & Ariastina, W. G. (2019). Studi Pemanfaatan Kotoran Ternak Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Di Bali. *Spektrum*, 6(4), 58–65.
- Saputra, F., Sutaryo, S., & Purnomoadi, A. (2018). Pemanfaatan Limbah Padat Industri Tahu sebagai Co-Subtrat untuk Produksi Biogas Utilization of Tofu Cake as Co-Substrate in Biogas Production. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(3), 117–121. <https://doi.org/10.17728/jatp.2315>
- Sarwono, B. dan Saragih, Y. P. (2008). Membuat Aneka Tahu (p. 71). Depok : Penebar Swadaya. Retrieved from <http://onsearch.id/Record/IOS3504.libra086645316000971/Preview#tabnav>
- Sato, A., Utomo, P., & Abineri, H. S. B. (2015). Pengolahan Limbah Tahu secara Anaerobik-Aerobik Kontinyu. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III*, 185–192.
- Siallagan, N. S. R. (2017). Pengaruh Waktu Tinggal Dan Komposisi Bahan Baku Pada Proses Fermentasi Terhadap Produktivitas Biogas Limbah Cair Industri Tahu Di Desa Sindang Sari. <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/28977>
- Subekti, S. (2011). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif. Skripsi. Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Padjajaran,

Semarang. <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=133909&val=5634>

Susetyo, N. D., Rhohman, F., & Ilham, M. M. (2020). Perbandingan Zat Penyusun Dalam Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Energi Alternatif Biogas. *Jurnal Mesin Nusantara*, 2(2), 109–118. <https://doi.org/10.29407/jmn.v2i2.14185>

Suyog V.I.J. Biogas production from kitchen waste. B. Tech Thesis. National Institute of Technology, 2011; Rourketa, Orissa

Syaichurrozi, I., Rusdi, Dwicahyanto, S., & Toron, Y. S. (2016). Biogas production from co-digestion vinasse waste and tofu-processing wastewater and kinetics. *International Journal of Renewable Energy Research*, 6(3), 1057–1070. <https://doi.org/10.20508/ijrer.v6i3.4150.g6888>

Wantasen, S., Sudarmadji, Sugiharto, E., & Suprayogi, S. (2012). Dampak Transformasi Nitrogen Terhadap Lingkungan Biotik di Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara. *Manusia Dan Lingkungan*, 19(2), 143–149.

Weda S, Mahajoeno E, Sutarno. 2010. Produksi biogas dari biomassa kotoran sapi dalam biodigester fix dome dengan pengenceran dan penambahan agitasi. Program Pascasarjana, Universitas