

## **Biogas sebagai Alternatif Pembangunan Berkelanjutan dalam Mengatasi Pencemaran Limbah Tahu dan Penerapannya di Indonesia**

### ***Biogas as Alternative a Sustainable Development in Overcoming Tofu Waste Pollution and Its Application in Indonesia***

Primadi Gayuh Laksono Putro<sup>1</sup>, Hadiyanto<sup>1</sup>, Amirudin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magister Ilmu Lingkungan UNDIP email: primadigayuh@gmail.com

#### **ABSTRAK**

Tahu adalah salah satu makanan yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Tahu juga merupakan sumber protein yang sehat. Tahu mempunyai peran yang cukup penting dalam perekonomian Indonesia, terutama ditinjau dari segi pemenuhan kalori, protein, perbaikan status gizi masyarakat, penyerapan tenaga kerja dan pemerataan kesempatan berusaha. Proses produksi tahu menghasilkan 2 jenis limbah, limbah padat dan limbah cair. Pada umumnya, limbah padat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sedangkan limbah cair dibuang langsung ke lingkungan. Limbah cair tahu yang dibuang tanpa proses pengolahan mengakibatkan pencemaran seperti menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap, berkurangnya oksigen terlarut dalam air dan matinya organisme dalam air. Oleh karena itu diperlukan penanganan yang tepat dalam mengelola lingkungan terutama di sekitar pabrik tahu yang seringkali membuang limbah di sungai. Selain dengan membangun IPAL, limbah yang ada juga dapat digunakan sebagai bahan bakar biogas. Penelitian uini bertujuan agar masyarakat dapat mengetahui limbah cair tahu dapat dimanfaatkan sebagai biogas. Metoda dalam penelitian ini adalah kajian pustaka dari berbagai sumber. Biogas dari limbah tahu menghasilkan gas metan dan hydrogen yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar rumah tangga juga dapat digunakan sebagai bahan bakar dari pabrik tahu itu sendiri. Biogas dari limbah tahu telah banyak dimanfaatkan di Indonesia. Biogas dari limbah tahu memiliki manfaat dalam berbagai aspek, seperti lingkungan, ekonomi, sosial dan kesehatan. Di sisi lain, produksi limbah tahu bisa menjadi salah satu upaya untuk mewujudkannya Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) di Indonesia. Itu bisa diimplementasikan untuk mencapai titik air bersih dan sanitasi, serta sumber energi yang terjangkau dan bersih.

Kata kunci : Biogas, Limbah cair tahu, Pembangunan berkelanjutan, Pencemaran lingkungan limbah tahu.

#### **PENDAHULUAN**

Tahu merupakan makanan yang banyak disantap oleh masyarakat Indonesia. Makanan yang satu ini menjadi makanan yang digemari masyarakat Indonesia karena selain rasanya yang enak, juga mengandung zat yang dibutuhkan untuk meningkatkan gizi masyarakat. Tahu memiliki peranan yang cukup penting di dalam perekonomian Indonesia, terutama dilihat dari segi pemenuhan kebutuhan kalori, protein,

perbaikan status gizi masyarakat, penyerapan tenaga kerja dan pemerataan kesempatan berusaha (Amang, 1996). Dengan kebutuhan akan tahu yang meningkat di masyarakat maka produksi tahu juga meningkat. Di sisi lain produksi yang semakin meningkat, di samping menghasilkan alat pemenuhan kebutuhan yang lebih banyak berupa barang dan jasa, juga meningkatkan adanya pencemaran lingkungan. Pencemaran terjadi karena adanya limbah, yaitu material buangan yang

kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak diinginkan karena tidak mempunyai nilai ekonomi, bahkan menjadi sumber bencana (Soeharto, 2002).

Proses produksi tahu menghasilkan 2 jenis limbah, limbah padat dan limbah cair. Pada umumnya, limbah padat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sedangkan limbah cair dibuang langsung ke lingkungan. Limbah cair pabrik tahu ini memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi. Tanpa proses penanganan dengan baik, limbah tahu menyebabkan dampak negatif seperti polusi air, sumber penyakit, bau tidak sedap, meningkatkan pertumbuhan nyamuk, dan menurunkan estetika lingkungan sekitar (Rahayu, 2009). Limbah padat (ampas tahu) merupakan hasil sisa perasan bubur kedelai. Ampas ini mempunyai sifat cepat basi dan berbau tidak sedap kalau tidak segera ditangani dengan cepat. Ampas tahu akan mulai menimbulkan bau yang tidak sedap 12 jam setelah dihasilkan (Suprpti, 2005). Limbah padat atau disebut ampas yang dihasilkan belum dirasakan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan karena dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak sapi, Ampas tahu masih layak dijadikan bahan pangan karena masih mengandung protein sekitar 5%. Limbah cair tahu yang dibuang tanpa proses pengolahan mengakibatkan pencemaran seperti menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap, berkurangnya oksigen terlarut dalam air dan matinya organisme dalam air (Agung dan Winata, 2010). Limbah cair tahu yang dibiarkan lama dan menumpuk mengakibatkan zat yang terkandung dalam limbah sulit terurai oleh mikroorganisme (Setiawan dan Rusdijjati, 2014). Alternatif penanganan limbah cair tahu yang dapat dilakukan adalah dengan menjadikan limbah cair industri tahu menjadi biogas. Salah satu energi terbarukan adalah biogas, di mana biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktivitas

anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik oleh mikroorganisme anaerob. Untuk memperoleh energi biogas, dapat menggunakan metode digesti anaerobik. Metode ini menggunakan beragam jenis mikroba yang dapat mengubah biomassa dan limbah menjadi biogas dengan cara mendegradasi material organik tanpa melibatkan oksigen dan bantuan bakteri (Olatunde et al., 2017).

Sumber bahan yang dapat digunakan pada biogas sangat beragam, contohnya adalah limbah tahu. Sebagian besar limbah cair tahu langsung dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal tersebut sangat disayangkan, sebanyak lebih dari 50% air limbah tahu mempunyai kandungan Metana (CH<sub>4</sub>), sehingga sangat memungkinkan untuk menjadi bahan sumber energi biogas, seperti memasak, pemanasan, atau dikonversi menjadi listrik (Maragkaki et al., 2018). Permasalahan limbah ini membuat banyak pihak memanfaatkan limbah cair pabrik tahu untuk diolah menjadi berbagai produk yang berguna, sehingga dapat mengurangi risiko pencemaran. Limbah tahu juga dapat dimanfaatkan menjadi beberapa jenis produk, salah satunya yaitu bahan bakar biogas. Biogas ini tentunya akan berguna bagi masyarakat, terutama di daerah pedesaan, yaitu sebagai sumber bahan bakar yang lebih ramah lingkungan. Dengan begitu, limbah air dari pabrik tahu dapat dibuang dengan aman dan secara bersamaan menghasilkan produk yang bermanfaat bagi masyarakat setempat. Berdasarkan penjelasan diatas maka peneliti tertarik untuk melakukan kajian mengenai Biogas sebagai Alternatif Pembangunan Berkelanjutan dalam Mengatasi Pencemaran Limbah Tahu dan Penerapannya di Indonesia.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian *review*, deskriptif, dan didasarkan pada desain non empiris (Apriyanto et al., 2020). Ruang lingkup informasi yang terkumpul dilakukan pada sumber-sumber sekunder berupa buku, artikel, jurnal, sumber elektronik, dan teori. Sebuah makalah *review* memberikan ringkasan dan sintesis temuan penelitian tentang topik yang dipilih dan diselesaikan oleh penulis lain (Palmation et al., 2018). Kajian penelitian bertujuan untuk mengetahui keadaan publikasi yang relevan saat ini mengenai temuan terkait topik yang dipilih. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif, suatu analisis yang mendeskripsikan suatu fenomena dan karakteristiknya secara sistematis, faktual, dan akurat (Nassaji, 2015). Salah satunya menggunakan desain non empiris atau disebut juga penelitian teoritis (Gardner, 1994) yang tidak didasarkan pada bukti empiris seperti data kuantitatif atau data kualitatif tetapi tetap berdasarkan fakta (Fidelis, 2017). Dalam penelitian ini peneliti memilih topik biogas dan penerapannya di Indonesia, sehingga peneliti mencari berbagai artikel yang berhubungan dengan masalah biogas dari air limbah tahu dari publikasi yang telah dipublikasikan oleh penulis lain.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sustainable Development Goals

*Sustainable Development Goals* adalah rencana aksi global yang menyuarakan berbagai aksi seperti pemberantasan kemiskinan, menjaga lingkungan planet bumi, dan memastikan semua manusia menikmati hidup yang sejahtera dan damai (UNDP, 2012). Himbauan yang terdiri dari 17 poin ini pertama kali dirumuskan pada Konferensi PBB di Rio de Janeiro pada tahun 2012. Dengan tujuan ingin menyelesaikan masalah mendesak seputar lingkungan, politik, dan ekonomi, maka

dirumuskanlah ketujuh belas poin tersebut seperti:

1. *No poverty* (Tidak ada kemiskinan);
2. *Zero hunger* (Tidak ada kelaparan);
3. *Good health and well being* (Kesehatan yang baik);
4. *Quality education* (Pendidikan yang berkualitas)
5. *Gender equality* (Kesetaraan gender);
6. *Clean water and sanitation* (Air bersih dan Sanitasi);
7. *Affordable and clean energy* (Energi yang terjangkau dan bersih);
8. *Decent work and economy growth* (Pekerjaan yang pantas dan pertumbuhan ekonomi);
9. *Industry, innovation and infrastructure* (Industri, Inovasi dan Infrastruktur);
10. *Reduced inequalities* (Pengurangan ketidaksetaraan);
11. *Sustainable cities and communities* (Kota-kota dan komunitas yang berkelanjutan);
12. *Responsible consumption and production* (Konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab);
13. *Climate action* (Iklim);
14. *Life below water* (Kehidupan di bawah air);
15. *Life on land* (Kehidupan di darat);
16. *Peace, justice and strong Institution* (Perdamaian, keadilan dan institusi yang kuat);
17. *Partnership for the goals* (Kerja sama untuk mencapai SDGs).

Jika semua poin dalam SDGs dapat dilakukan dengan baik, maka diharapkan terjadinya peningkatan kualitas hidup secara berkelanjutan, khususnya bagi generasi masa depan. Indonesia adalah salah satu negara yang tergabung dalam PBB juga berkomitmen untuk melaksanakan 17 poin ini. Sejak tahun 1970-2010, Indonesia merupakan salah satu dari 10 negara terbaik dalam peningkatan indeks pengembangan manusia (*Human Development Index*). Salah satu sector yang mengalami perbaikan adalah menurunnya tingkat kemiskinan dari 19% menjadi 11% dalam rentang waktu tahun 2000-2015 (UNDP, 2015). Terlepas

dari pencapaian tersebut, Indonesia juga masih menghadapi berbagai persoalan seperti kerusakan lingkungan dan perubahan iklim. Permasalahan ini sangat berdampak terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia karena sebagian besar sektor ekonomi di Indonesia hanya mengandalkan sumber daya alam. Sayangnya, hal ini berbanding lurus dengan kekayaan alam yang dimiliki, Indonesia merupakan salah satu penghasil gas rumah kaca tertinggi di dunia serta memiliki laju deforestasi yang tinggi. Faktor energi juga berpengaruh pada keberlanjutan dunia. Sebagian besar, energi didapatkan dari bahan bakar fosil, yang digunakan untuk keperluan utilitas listrik. Ditambah lagi, selain merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui, bahan bakar fosil juga sangat tidak ramah lingkungan. Energi merupakan kontributor dominan dalam terjadinya perubahan iklim, yaitu dengan menyumbang sekitar 60% dari gas rumah kaca secara global (UNDP, 2015).

#### **Produksi Gas Metana (CH<sub>4</sub>)**

Produksi biogas merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk pengolahan limbah dengan kadar bahan organik yang tinggi, dan merupakan salah satu pendekatan terhadap pencapaian poin nomor 7 dalam SDGs yakni energi yang terjangkau dan bersih. Sebenarnya, implementasi produksi biogas skala rumahan telah dilakukan di Indonesia, seperti yang diinisiasi oleh BIRU (Biogas Rumah) yang telah membangun hingga 20 ribu unit di seluruh Indonesia. Akan tetapi, reaktor yang dihasilkan lebih berfokus pada pembuatan biogas dari kotoran ternak, bukan LCT sehingga dibutuhkan aplikasi reaktor biogas yang dibuat dari LCT.

Gas yang biasanya diproduksi dari LCT adalah gas metana (CH<sub>4</sub>) mengingat air limbah tahu memiliki kandungan metana hingga lebih dari 50% maupun hidrogen (Zhu et al., 2002; Subekti, 2011). Kegiatan produksi biogas dari LCT memberikan beberapa keuntungan, terutama bagi

produsen tahu yang sebagian besar merupakan industri skala kecil. Adapun beberapa keuntungan tersebut mencakup: biogas dapat dijadikan sebagai energi terbarukan sehingga mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, minimalisasi, efek rumah kaca dan pencemaran lingkungan sehingga memberikan dampak yang baik terhadap lingkungan, serta meningkatkan nilai ekonomi dari limbah tersebut (Subekti, 2011).

Gas metana (CH<sub>4</sub>) merupakan gas yang tidak berbau dan berwarna, namun beracun dan mudah terbakar sehingga dapat membahayakan keselamatan manusia (Kaswinarni, 2007). Fermentasi metana biasanya terdiri atas dua tahapan yakni pembentukan asam dengan mikroorganisme acidogen, lalu dilanjutkan pembentukan metana oleh mikroorganisme metanogen (Zhu et al., 2002). Produksi CH<sub>4</sub> yang dibuat dari LCT memanfaatkan bakteri *methanogen*, yakni bakteri yang menghasilkan metana dalam jumlah banyak sebagai produk samping metabolisme energi, yakni hingga 60% (Ridhuan, 2012; Whitman et al., 2014). Ciri lain dari bakteri metanogen adalah merupakan bakteri anaerob, serta tergolong dalam *Archaeobacteria*. Adapun substrat utama dalam pembuatan CH<sub>4</sub> adalah H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>, format, dan asetat.

#### **Jenis Biogas**

Dalam memanfaatkan mikroorganisme anaerobik dari limbah, cair, terdapat beberapa jenis reaktor dan metode yang dapat digunakan seperti *up flow an-up flow anaerobic filter process* (UAFP), *up flow anaerobic sludge blanket* (UASB), *anaerobic attached-film expanded-bed reactor* (AAFEB), *anaerobic fluidized bed reactor* (AFBR), *anaerobic mixed microflora under thermophilic conditions*, dan *thermophilic stirred anaerobic* (TSA) reactor. Faisal et al. (2016) melakukan penelitian menggunakan reaktor TSA yang digunakan untuk menghasilkan CH<sub>4</sub> dengan bantuan bakteri termofilik. Reaktor tersebut

menggunakan sistem *batch*, memiliki pengaduk yang berputar 3 rpm, serta memiliki jangka suhu 45-55°C. Dari hasil pengamatan, didapatkan bahwa penggunaan reaktor yang terbuat dari alumunium ini berpotensi untuk digunakan untuk menghasilkan CH<sub>4</sub> yang dapat diubah menjadi listrik secara langsung. Hal ini karena biogas yang dihasilkan mengandung CH<sub>4</sub> yang cukup tinggi, yakni 79,5% (Faisal et al., 2016).

Selain dengan reaktor TSA, terdapat pula *anaerobik baffled reactor* yang dapat digunakan dalam mengolah LCT. Limbah cair dialirkan secara teratur sehingga mengalami kontak dengan lumpur aktif yang terdapat pada dinding-dinding sekat di reaktor (Kaswinarni, 2007). Dapat pula dilakukan penggabungan dua metode atau lebih untuk memahami lebih dalam terkait pemanfaatan LCT ini. Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan dan Rusdijjati (2014) menggabungkan metode peningkatan kualitas produk Taguchi dengan penggunaan reaktor UASB untuk mengetahui faktor-faktor yang dominan dalam mempengaruhi pembentukan limbah cair tahu sebagai bahan bakar biogas. Dari hasil pengamatan yang dianalisis secara statistik, didapatkan bahwa faktor yang paling mempengaruhi kualitas gas secara berurutan adalah suhu digester, tingkat keasaman limbah cair, rasio karbon-nitrogen, serta berat kering limbah. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa kondisi optimum produksi CH<sub>4</sub> dapat dicapai apabila suhu digester adalah 35°C, pH limbah berada pada kisara 6,8, serta dilakukan pengaturan rasio karbon-nitrogen dengan level tertinggi (Setiawan dan Rusdijjati, 2014).

Riduan (2012) melakukan penelitian terkait reaktor biogas yang berpotensi untuk diaplikasikan pada produsen tahu berskala kecil dan menengah mengingat alat yang digunakan cukup sederhana. Alat penghasil biogas yang diteliti terdiri atas dua bagian yakni reaktor atau pencerna berkapasitas 90 liter dan wadah pengumpul biogas yang

keduanya terbuat dari plastik. Adapun bahan yang diperlukan adalah 75 liter limbah cair tahu yang akan dimasukkan ke dalam reaktor. Reaktor yang dihasilkan harus ditutup agar didapatkan lingkungan anaerob, sehingga bakteri metanogen dapat melakukan fermentasi. Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa biogas baru mulai dapat dihasilkan di dalam reaktor pada hari ke-5. Proses fermentasi dapat dilanjutkan dan biogas yang dihasilkan dapat dikumpulkan. Berdasarkan hasil pengamatan, diketahui bahwa jumlah biogas yang dihasilkan berbanding lurus dengan lama fermentasi sehingga semakin lama fermentasi dilakukan, maka semakin banyak pula zat biogas yang dapat diproduksi.

### **Limbah Cair Tahu**

Limbah industri tahu skala rumah tangga adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Komposisi limbah cair tahu sebagian besar terdiri dari air (99,9%) dan sisanya terdiri dari partikel-partikel padat terlarut (*dissolved solid*) dan tidak terlarut (*suspended solid*) sebesar 0,1%. Partikel-partikel padat dari zat organik ( $\pm 70\%$ ) dan zat anorganik ( $\pm 30\%$ ). Zat-zat organik terdiri dari protein ( $\pm 65\%$ ), karbohidrat ( $\pm 25\%$ ), lemak ( $\pm 25\%$ ) (Triwikantoro, 2012). Selain kandungan organik, limbah tahu juga mengandung kandungan BOD, COD, TSS yang cukup tinggi. Apabila dilihat dari baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk BOD<sub>5</sub>, COD dan TSS berturut-turut adalah 150 mg/L, 300 mg/L, dan 200 mg/L dengan pH 6-9.

### **Implementasi Di Indonesia**

Sejumlah penelitian terkait permasalahan lingkungan di sentra industri tahu telah dilakukan baik dari kajian sosial, ekonomi dan dampak industri tahu secara lingkungan,

khususnya pada aspek teknis pengolahan limbah tahu. Penelitian yang dilakukan berdasarkan kajian teknis pemanfaatan limbah industri tahu diantaranya oleh Damayanti et al. (2004), Nugraha et al. (2011), Sani (2006), Kaswinarni (2007), Said et al. (1999), dan Dinas Tata Ruang dan Cipta Karya Kota Bandung (2011). Penelitian-penelitian tersebut belum menyentuh terhadap dampak limbah tahu secara sosial dan ekonomi bagi masyarakat sekitar. Kajian dampak industri tahu secara sosial dilakukan oleh Suradji (2006) dan Widyasari (2008). Kajian dampak industri tahu dari aspek ekonomi dilakukan oleh Wulandari (2007).

### KESIMPULAN

Pengolahan Limbah Cair Tahu menjadi Biogas belum banyak dilakukan di Indonesia selain karena biaya pembuatan digester yang terhitung mahal, juga kapasitas dari limbah tahu untuk dapat digunakan menjadi gas harus dalam jumlah yang mencukupi. Sebenarnya di beberapa tempat sudah dibangun reaktor biogas tetapi hanya digunakan sebagai proyek percontohan sehingga fungsinya di masyarakat tidak berkelanjutan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agung T, dan Winata H. 2010. Pengolahan air limbah industri tahu dengan menggunakan teknologi plasma. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2(2):19-28.
- Apriyanto S, Dalman, dan Santoso D. 2020. The urgency of forensic linguistics in a police interrogation process. *Int. J. Psychosoc. Rehabil.* 24(6):4766–4772.
- Amang B. 1996. *Ekonomi Kedelai*. Bogor: IPB Press.
- Dahunsi, Olatunde S, Oranusi, Solomon, Efeovbokhan, Enontiemonria V. 2017. Cleaner energy for cleaner production: Modeling and optimization of biogas generation from arica papayas (Pawpaw) fruit peels. *Journal of cleaner production*. 156:19-29.
- Damayanti, Alia, Hermana J, dan Masduqi A. 2004. Analisis Resiko Lingkungan dari Pengolahan Limbah Pabrik Tahu dengan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*). *Jurnal Purifikasi*. 5(4):151-156.
- Fidelis OO. 2017. Writing non-empirical articles for publication. *Int. J. Adv. Acad. Res*. 3(3):25–31.
- Gardner CR, dan Tremblay PF. 1994. On Motivation, Research Agendas, and Theoretical Frameworks. *Mod. Lang. J*. 78(3):359–368.
- Kaswinarni F. 2007. Kajian Teknis Limbah Padat dan Cair Industri Tahu, Studi Kasus Industri Tahu Tandang, Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat, Boyolali [Tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Maragkaki AE, Fountoulakis M, Kyriakou A, Lasaridi K, dan Manios T. 2018. Boosting Biogas Production from Sewage Sludge by Adding Small Amount of Agro-Industrial By Products and Food Waste Residues. *Waste Management*. 71:605–611.
- Nassaji H. 2015. Qualitative and descriptive research: Data type versus data analysis. *Lang. Teach. Res*. 19(2):129–132.
- Nugraha AH, Adrian D, dan Utama FG. 2011. Pemanfaatan Limbah Cair Industri Pembuatan Tahu di Kawasan Industri Pembuatan Tahu Cibuntu, Kota Bandung sebagai Sumber Nutrien bagi Pertumbuhan Biomassa Mikroalga Penghasil Biofuel [Laporan Penelitian]. Bogor: IPB.
- Palmatier RW, Houston MB, dan Hulland J. 2018. Review articles: purpose, process, and structure. *J. Acad. Mark. Sci*. 46(1):1–5.
- Said NI, dan Wahyono HD. 1999. Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan

- Aerob. Jakarta : Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Sani E. 2006. Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Reaktor Anaerob Bersekat dan Aerob [Tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Setiawan A, dan Rusdijjati R. 2014. Peningkatan kualitas biogas limbah cair tahu dengan metode taguchi. *Prosiding SNATIF*. 1(1):35-40.
- Sugi R, Dyah P, Pujiyanto. 2009. Pemanfaatan kotoran ternak sapi Sebagai sumber energi alternatif ramah Lingkungan beserta aspek sosio kulturalnya. *Jurnal Inotek*. 13(2).
- Suprpti L. 2005. *Pembuatan Tahu. Edisi Teknologi Pengolahan Pangan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Suradji. 2006. Faktor-faktor yang Berpengaruh terhadap Keputusan Inovasi Pengrajin dalam Proses Adopsi Instalasi Pengolah Air Limbah Biogas Industri Tahu Boyolali [Tesis]. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- Soeharto I. 2002. *Studi Kelayakan Proyek Industri*. Jakarta: Erlangga.
- Triwikantoro P. 2012. Pengaruh Tetes Tebu dan Limbah Cair Tahu pada Produksi Biogas. *Fisika Dan Aplikasinya*. 8(2):4-7.
- UNDP. 2012. What are the Sustainable Development Goals?. <http://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-developmentgoals.html>. [Diakses 17 November 2020].
- Widyasari. 2008. Peran Serta Masyarakat dalam Pengelolaan Limbah Tahu di Kelurahan Jomblang, Kota Semarang [Tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Wulandari. 2007. Analisis Biaya Manfaat Pengelolaan Sentra Industri Kecil Tahu Jomblang, Kota Semarang [Tugas Akhir]. Semarang: Universitas Diponegoro.