



Potensi Limbah Buah Lokal sebagai Bahan Dasar dalam Pembuatan Biogas

Rifkah Sulistyawati¹, Sekar Agustianingrum², Laode Muhammad Ma'rifatun³, Arif Bimantara^{4*}

¹Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Aisyiyah Yogyakarta

²Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Aisyiyah Yogyakarta

³Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Aisyiyah Yogyakarta

*Email: bimantara.arif@unisayogya.ac.id

Abstrak

Keywords:

Anaerob; Biogas;
Fermentasi; Limbah
buah lokal

Limbah buah lokal merupakan salah satu bagian dari sampah kota yang biasanya langsung dibuang ke tempat pembuangan akhir. Untuk memanfaatkannya, limbah buah lokal ini dapat digunakan melalui proses biologis anaerobik untuk mengubah limbah buah lokal menjadi biogas. Proses penguraian anaerobik tersebut dapat terjadi secara alami pada bahan organik dengan melalui beberapa tahapan diantaranya hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Tahapan tersebut akan menghasilkan gas yang dapat digunakan sebagai bahan pembakaran. Mengingat banyaknya limbah buah lokal yang dihasilkan setiap tahunnya di beberapa wilayah di Indonesia. Penting sekali untuk bisa memanfaatkan limbah buah lokal tersebut secara maksimal. Berdasarkan literatur yang telah dianalisis, sedikitnya terdapat dua wilayah di Indonesia yang menghasilkan limbah buah lokal yaitu Semarang dan Malang. Kedua daerah tersebut dapat berpotensi untuk dilakukan pengembangan dan pengolahan limbah buah lokal sebagai bahan dasar biogas. Selain produksi gas, hasil degradasi limbah buah lokal melalui pencernaan anaerobik menawarkan keuntungan lain, seperti pencegahan pencemaran lingkungan dan peluang pembangunan daerah. Selain itu, residu tercerna yang kaya nutrisi dapat digunakan sebagai pupuk organik. Pemanfaatan limbah buah untuk produksi biogas dapat menjadi alternatif yang berkelanjutan untuk memenuhi tantangan energi untuk generasi saat ini dan generasi yang akan datang.

1. PENDAHULUAN

Limbah buah lokal merupakan salah satu limbah yang paling banyak dihasilkan setiap tahunnya di beberapa wilayah di Indonesia. Penting sekali untuk bisa memanfaatkan limbah buah lokal tersebut secara maksimal yaitu dengan digunakannya limbah sebagai bahan dasar pembuatan biogas. Selain untuk kepentingan energi, biogas tentu saja dapat mengurangi berbagai masalah lingkungan, seperti pencemaran serta dapat menjadi

peluang untuk membuka lapangan pekerjaan khususnya di masa pandemi saat ini.

Saat ini banyak sekali limbah padat yang dihasilkan di pasar tradisional meliputi limbah buah dan sayuran yang kebanyakan dibuang ke TPA kota atau tempat pembuangan, sehingga dapat menyebabkan masalah lingkungan. Karena sifat dan komposisinya, mereka mudah rusak dan menyebabkan bau busuk. Mengingat tingginya kadar air dan organik,



limbah ini dapat diolah dalam pengolahan biologis seperti pencernaan anaerobik atau teknik lain seperti insinerasi dan pengomposan.

Dilihat dari komposisinya, kandungan limbah buah sebenarnya memiliki potensi untuk diproduksi. Komposisi dan kandungan bahan limbah buah terdiri dari sejumlah mikroorganisme yang berfungsi sebagai bahan organik. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan dalam mengatasi masalah tersebut salah satunya adalah dengan mengubah limbah buah menjadi biogas.

Biogas merupakan energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam menggantikan bahan bakar fosil karena hampir sama dengan gas alam dan juga sebagai sumber energi potensial untuk memproduksi panas, listrik dan bahan bakar [1]. Biogas banyak difokuskan pada kotoran hewan sebagai bahan baku, namun saat ini biogas dapat dibuat dari limbah organik. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Hammid *et al.* (2019) [2] tentang *co-digestion* limbah kulit semangka yang menghasilkan 68% metana dengan 20% karbon dioksida, sedangkan *co-digestion* limbah kulit nanas yang menghasilkan 71% metana dan 18% karbon dioksida.

Mengenai biogas tersebut, telah dilakukan beberapa penelitian yang bervariasi diantaranya yaitu pada penelitiannya Yenny *et al* (2012) [3] yang melakukan uji pembentukan biogas dari limbah sayur dan buah dengan penambahan ko-substrat limbah rumen sapi. Penelitian tersebut memperoleh hasil yang mana dengan penambahan ko-substrat limbah rumen sapi ke dalam limbah sayur dan buah ternyata dapat mempercepat waktu yang dibutuhkan dalam pembentukan biogas. hal ini juga sebanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Sanjaya *et al* (2015) [4], yang mana total volume biogas yang dihasilkan ternyata juga dipengaruhi oleh komposisi substrat. Sedangkan pada penelitian Aysia *et al* (2012) [5] dilakukan inovasi mengenai proses pembuatan biogas yang bersumber dari kotoran sapi dengan menggunakan Metode Taguchi.

Oleh karena itu, limbah buah menjadi salah satu bahan organik yang sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan biogas. Ulasan ini menyajikan gambaran umum potensi limbah buah yang bertujuan sebagai sumber pembuatan biogas.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode *narrative review*. Menurut Okoli *et al.* (2010) [6], *narrative review* merupakan metode yang runtut, jelas dan reproduisibel untuk melakukan suatu identifikasi dan evaluasi pada hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh para peneliti dan praktisi. *Narrative review* bertujuan untuk membuat analisa terhadap pengetahuan yang sudah ada mengenai topik yang akan diteliti untuk menemukan ruang kosong (gaps) bagi penelitian yang akan dilaksanakan [7].

Penulisan *narrative review* dilakukan melalui beberapa tahapan diantaranya yaitu:

2.1 Perumusan Masalah

Tahapan ini dimulai dengan melakukan observasi secara daring mengenai isu lingkungan dan energi saat ini. Indonesia kaya akan sumber daya buah lokal yang juga sebanding dengan banyaknya limbah yang dihasilkan dari sisa buah-buahan tersebut. Pemanfaatan limbah organik seperti limbah buah yang belum maksimal saat ini, sedangkan limbah-limbah tersebut berpeluang untuk dapat dijadikan sumber energi seperti biogas. Berdasarkan hasil observasi tersebut maka tema yang diangkat dalam *narrative review* ini adalah mengenai potensi limbah buah lokal sebagai bahan dasar dalam pembuatan biogas.

2.2 Penentuan Topik Utama

Penyusunan *narrative review* perlu difokuskan pada topik-topik utama saja yang akan dibahas. Topik tersebut ditentukan berdasarkan tujuan utama *narrative review* ini disusun. Dalam artikel ini, topik pertama adalah penjelasan biogas secara umum, topik kedua adalah potensi



buah lokal di Indonesia, topik ketiga adalah pengolahan limbah buah untuk pembuatan biogas, dan topik keempat adalah potensi pengembangan limbah buah.

2.3 Penelusuran Referensi

Pada penyusunan *narrative review* ini, referensi jurnal atau artikel terdahulu mengenai pembuatan biogas diakses melalui beberapa situs pencarian jurnal seperti *science direct*, *DOAJ*, *research gate* dan *google scholar*.

2.4 Analisis Referensi

Referensi dipilih berdasarkan beberapa jurnal yang judul dan pembahasannya sesuai dengan poin-poin pembahasan *narrative review* yang akan disusun. Referensi yang digunakan diambil dari jurnal dan artikel dalam dan luar negeri yang bereputasi. Hanya 23% jurnal yang sesuai dan dapat dipakai sebagai referensi untuk penyusunan *narrative review* ini.

2.5 Penyusunan Narrative Review

Pada penyusunan *narrative review* ini terdapat beberapa tahapan atau langkah, yaitu:

- Penentuan tema dan judul yang akan digunakan pada *narrative review* serta sebagai kata kunci untuk mencari referensi.
- Pembuatan rancangan isi bahasan seperti bab dan sub bab yang akan dijadikan dasar penulisan.
- Mencari jurnal atau artikel ilmiah untuk dijadikan referensi dalam pembahasan yang akan diangkat dalam *narrative review*.
- Menyusun *narrative review* berdasarkan sistematika yang telah ditentukan, dalam *narrative review* ini juga akan ditelaah mengenai limbah buah lokal apa saja yang berpotensi menjadi biogas, termasuk metode dalam pembuatan biogas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Marzali (2016) [8], kajian literatur merupakan suatu langkah pertama yang penting dalam penyusunan sebuah rencana penelitian guna menghasilkan satu

tulisan yang berkenaan dengan satu topik tertentu. Topik utama yang diangkat dalam penyusunan *narrative review* ini adalah potensi limbah buah lokal sebagai bahan dasar dalam pembuatan biogas.

Narrative review ini akan menyajikan gambaran umum potensi limbah buah lokal yang bertujuan sebagai sumber pembuatan biogas. Gambaran umum tersebut dibagi menjadi beberapa poin diantaranya yaitu pembahasan biogas secara umum, potensi buah lokal di Indonesia, pengolahan limbah buah untuk pembuatan biogas, dan potensi pengembangan limbah buah lokal.

3.1 Biogas Secara Umum

Biogas yaitu gas yang terakumulasi dari proses penguraian bahan organik yang dibantu oleh mikroorganisme dalam keadaan tanpa udara atau anaerob [9]. Hasil dari biogas tersebut dapat digunakan untuk berbagai keperluan manusia diantaranya yaitu penerangan, gas untuk memasak, pompa air, boiler, dan sebagainya [10]. Hal tersebut dikarenakan didalam biogas mengandung gas-gas yang dapat berfungsi sebagai bahan energi alternatif untuk pembakaran yaitu gas metana (CH_4) dan gas lainnya yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Kandungan Gas Yang Terdapat Dalam Biogas

Jenis Gas	Jumlah (%)
Metana (CH_4)	50,0 - 70,0
Nitrogen (N_2)	0 - 0,3
Karbon Dioksida (CO_2)	25,0 - 45,0
Hidrogen (H_2)	1,0 - 5,0
Oksigen (O_2)	0,1 - 0,5
Hidrogen Sulfida (H_2S)	0 - 3,0

Sumber: Agusman *et al.* (2017)

Penguraian anaerobik terjadi melalui serangkaian proses alami dengan menggunakan substrat organik yang mengandung protein, karbohidrat dan lemak dengan melibatkan sejumlah mikroorganisme yang bertugas untuk



menguraikan bahan senyawa organik menjadi gas metan (CH_4), [11]. Serangkaian proses tersebut meliputi hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Berikut ini merupakan tahap-tahap pembentukan biogas dalam pencernaan anaerob [12]. Tahapan pembentukan biogas dimulai dari; (1) Hidrolisis adalah tahap penguraian bahan organik kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana [13]. Pada proses ini, substrat organik seperti protein, karbohidrat dan lemak, dipecah menjadi asam amino, gula dan asam lemak oleh mikroorganisme [14]. (2) Tahap selanjutnya adalah asidogenesis yang merupakan proses perubahan gula, asam amino, dan asam lemak menjadi alkohol dan keton, asetat, CO_2 , dan H_2 oleh bakteri asidogenik [13]. Hasil dari proses asidogenesis yang tidak dapat secara langsung diolah menjadi metana oleh bakteri metanogenik, akan diproses lebih lanjut melalui tahap selanjutnya yaitu asetogenesis [15]. Asam lemak volatile dan alkohol dioksidasi menjadi substrat (asetat, hidrogen, dan karbondioksida) untuk proses metanogenesis [16]. (3) Metanogenesis adalah proses akhir dalam pembuatan biogas yang mana bakteri metanogenik akan menghasilkan gas metan, karbondioksida, dan sedikit gas lain [14].

3.2 Potensi Buah Lokal di Indonesia

Buah lokal yang terdapat di Indonesia terdiri dari jenis buah-buahan lokal yang tumbuh secara alami di wilayah Indonesia [17]. Tercatat paling sedikit terdapat 4 marga dari 4 suku buah-buahan lokal Indonesia yang mempunyai nilai ekonomi cukup tinggi dan juga mempunyai keanekaragaman jenis yang tinggi. Empat suku tersebut adalah suku Anacardiaceae (marga Mangifera), Clusiaceae (marga Garcinia), Sapindaceae (marga Nephelium) dan suku Bombacaceae (marga Durio). Empat macam komoditi buah-buahan dari keempat marga tersebut telah ditunjuk sebagai "buah-buahan unggulan nasional", masing-masing buah tersebut yaitu mangga, manggis, rambutan dan durian [18].

Banyaknya jenis buah-buahan berarti

juga banyak macam pengolahan dari buah-buahan tersebut, seperti contohnya keripik buah yang paling sering dijadikan olahan. Terdapat beberapa upaya dalam mempertahankan mutu dan daya simpan buah salah satunya adalah dengan mengolahnya menjadi makanan kering (keripik buah), [19]. Dari berbagai pengolahan buah-buahan tersebut, biasanya terdapat limbah yang tidak digunakan dan dibuang. Bagian buah yang umumnya dijadikan sebagai limbah adalah kulit buah. Pada penelitian Juradi *et al.* (2019) [20] dilakukan salah satu cara untuk memanfaatkan sisa limbah pertanian yaitu dengan melalui suatu proses pengolahan kulit buah kakao untuk dijadikan pupuk organik (kompos).

Kandungan bahan organik yang tinggi pada limbah buah-buahan lokal sangat berpotensi untuk pembentukan biogas dari hasil fermentasi secara *anaerob*. Oleh karena itu menurut Fajri *et al.* (2015), biogas dari terbentuk dari bahan dasar limbah organik mempunyai potensi yang cukup menjanjikan untuk dikembangkan di Indonesia agar dapat menjadi salah satu solusi permasalahan energi saat ini.

3.3 Pengolahan Limbah Buah Untuk Pembuatan Biogas

Dalam *narrative review* tersebut juga dibahas mengenai pengolahan limbah buah lokal untuk pembuatan biogas. Proses pembuatan biogas dapat dilakukan melalui dua tahapan yaitu tahap persiapan bahan baku dan tahap proses biodegradasi anaerobik menggunakan mikroorganisme yang berfungsi untuk mempertahankan gas metan [21]. Pembuatan biogas secara umum dimulai dengan mencampurkan bahan organik pada digester. Kemudian bahan organik yang terakumulasi pada digester tersebut akan dipech lagi menjadi dua tahap oleh mikroorganisme. Tahap pertama bahan organik akan didegradasi menjadi asam lemak dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Bakteri tersebut akan memecah limbah pada tingkat hidrolisis dan asidifikasi. Setelah bahan organik berubah menjadi asam, maka akan melanjutkan ke tahap berikutnya yaitu



pembentukan gas metana oleh pembentuk metana seperti methanococcus, methanosarcina, methano bacterium [22].

Di era saat ini telah banyak teknologi yang dikembangkan untuk menghasilkan biogas, sehingga dengan semakin majunya teknologi maka biogas dapat disesuaikan dengan karakteristik wilayah, jumlah, jenis dan pengelolaannya. Berdasarkan hal tersebut, telah dilakukan penelitian oleh Subeni *et al.* (2013) [23], mengenai dua teknologi yang dapat digunakan untuk memperoleh biogas. Pertama, menggunakan reaktor atau digester yang dirancang dalam kondisi kedap udara atau anaerob untuk melakukan proses fermentasi kotoran ternak. Kedua, teknologi baru yang didesain khusus untuk menangkap langsung gas metan dari lokasi kumpulan limbah tanpa harus menggunakan digester khusus.

Delvis Agusman pada tahun 2017 melakukan penelitian dengan limbah buah sebanyak 15 kg dan ragi sebagai starter dan difermentasi selama 21 hari mampu menghasilkan biogas dengan kecepatan debit gas yang menggunakan ragi $1,5 \times 10^{-3}$ m³/s dan kecepatan debit gas yang tidak menggunakan ragi 2×10^{-3} m³/s.

Menurut Horvath *et al.* (2016) [24], hasil biogas paling utama bergantung pada komposisi dan kemampuan terurai secara hayati (di bawah kondisi anaerobik) limbah. Secara teoritis yield biogas tertinggi dapat dicapai dari lipid (1,01 Nm³ CH₄/kg VS), diikuti oleh protein (0,50 Nm³ CH₄/kg VS), dan karbohidrat (0,42 Nm³ CH₄/kg VS) [24]. Di sisi lain, biodegradabilitas menentukan seberapa banyak bahan tertentu benar-benar digunakan selama proses tersebut. Beberapa senyawa seperti gula terdegradasi dengan cepat dan sempurna, sedangkan degradasi beberapa bahan lain membutuhkan waktu lebih lama, seperti misalnya, biomassa lignoseluloserik terdegradasi dengan kecepatan yang sangat rendah [24].

3.4 Potensi Pengembangan Limbah Buah Lokal

Limbah buah lokal merupakan komoditas sampah organik yang dapat diolah secara anaerobik untuk produksi

energi yang berkelanjutan. Penguraian anaerobik limbah telah secara luas diakui sebagai teknik pengolahan berkelanjutan yang menghasilkan produk gas bernilai tinggi. Selama penguraian limbah dalam kondisi anaerobik, bahan organik diubah menjadi biogas melalui aktivitas mikroba.

Penggunaan biogas sebagai energi alternatif yang bersih dan tidak merusak lingkungan telah menghasilkan pengaruh yang positif terhadap isu ekonomi, ekologi, dan energi (Hidayati *et al.*, 2019). Dampak positif penggunaan biogas terhadap ekonomi ialah dapat menghemat biaya pengeluaran untuk pembelian bahan bakar jadi seperti gas *Liquefied Petroleum Gas* (LPG). Pada proses pembuatan biogas ini dapat dibuat dalam skala rumah tangga dengan menggunakan reaktor atau biodigester mini. Kemudian pada sisi ekologi, penggunaan biogas ini juga merupakan upaya dalam menjaga kelestarian lingkungan. Karena dengan adanya pembuatan biogas ini dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat banyaknya limbah. Hasil samping pembuatan biogas yang berupa lumpur biogas juga dapat digunakan untuk pupuk organik. Dampak positif yang terakhir adalah pada sisi energi. Biogas merupakan salah satu energi terbarukan yang dapat dikembangkan karena bahan baku yang melimpah untuk digunakan, sehingga mempunyai potensi untuk menggantikan LPG yang tidak terbarukan karena merupakan sumber daya alam yang sewaktu-waktu dapat habis sehingga dengan adanya biogas ini diharapkan mampu menjadi solusi alternatif bahan pembakaran.

Mengingat banyaknya limbah buah lokal yang dihasilkan setiap tahunnya di beberapa wilayah di Indonesia. Penting sekali untuk bisa memanfaatkan limbah buah lokal tersebut secara maksimal. Berdasarkan literatur yang telah dianalisis, sedikitnya terdapat dua wilayah di Indonesia yang menghasilkan limbah buah lokal yaitu Semarang dan Malang. Kedua daerah tersebut dapat berpotensi untuk dilakukan pengembangan dan pengolahan limbah buah lokal sebagai bahan dasar



biogas. Semarang merupakan daerah yang terkenal sebagai produsen buah durian terbesar di Ibu kota Propinsi Jawa Tengah ini. Menurut Maharani dan Zuhro (2017) [25], pada saat musim durian, produksi limbah dari kulit durian dalam 1 wilayah penghasil, dapat mencapai rata-rata 100 ton/hari. Hal ini dikarenakan kulit durian merupakan 70% bagian dari buah durian itu sendiri yang merupakan limbah yang tidak dapat dimanfaatkan. Hal ini dapat memicu permasalahan karena dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Malang dan Kota Batu adalah kawasan utama penghasil apel di Indonesia. Sekitar 80% populasi tanaman buah apel di Jawa Timur terkumpul di Kabupaten Malang dan Kota Batu [26]. Berdasarkan data Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu, pada tahun 2010, total apel yang dihasilkan di Kota Batu dapat mencapai 2.574.852 pohon dengan daya produksinya yang mencapai 17 kg/pohon (Kusumawati *et al.*, 2013 dalam Gazali dan Munawwaroh, 2017). Kemudian menurut Saprianti *et al.* (2009) dalam Novita *et al.* (2017) [27], pada setiap kali pembuatan sari apel di UKM Brosem dapat memperoleh 100% ampas apel dari bahan baku apel yang telah dipakai. Ampas apel yaitu sisa potongan buah yang telah diserap sarinya, bentuknya masih berupa potongan buah apel utuh namun teksturnya lebih lunak. Bila rata-rata per-harinya menghasilkan 10 kg ampas, maka selama enam hari kerja dapat memperoleh 60 kg ampas yang tidak terpakai dan terbuang. Kondisi ampas apel tersebut masih bagus dan dapat diolah lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

Limbah buah lokal Indonesia berpotensi sebagai sumber biogas. Hal ini juga akan memberikan alternatif solusi pencemaran lingkungan akibat banyaknya penumpukan limbah buah lokal di Indonesia, serta dapat memberikan informasi peluang pembangunan daerah di Indonesia yang limbahnya dapat dibuat biogas. Limbah buah berpotensi untuk dijadikan bahan dasar dalam pembuatan biogas setelah melalui tahap fermentasi.

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, terdapat dua daerah yang berpotensi untuk dilakukan pengembangan dan pengolahan limbah buah lokal sebagai bahan dasar dalam pembuatan biogas yaitu Semarang dan Malang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Paper ini merupakan hasil penelitian dalam Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) bidang Penelitian pada tahun 2020. Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan atas dukungan dana dalam Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) tahun 2020.

REFERENSI

- [1] N. Indrawan, S. Thapa, E. W. M, M. Ridwan, and P. D. H, "The Biogas Development in the Indonesian Power Generation Sector," *Environ. Dev.*, vol. 25, pp. 85–99.
- [2] H. S. A, A. N, and S. R, "Anaerobic Digestion of Fruit Wastes for Biogas Production," *IJARIE*, vol. 5, no. 4.
- [3] Y. D. Yenni and S. M. S, "Uji Pembentukan Biogas dari Substrat Sampah Sayur dan Buah dengan Ko-Substrat Limbah Isi Rumen Sapi," *J. Tek. Lingkung. UNAND*, vol. 9, no. 1, pp. 26–36.
- [4] D. Sanjaya, A. Haryanto, and Tamrin, "Produksi Biogas dari Campuran Kotoran Sapi dengan Kotoran Ayam," *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol. 4, no. 2, pp. 127–136.
- [5] A. D. A. Y, P. T. W. S, and A. Y. R, "Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi dengan Metode Taguchi," in *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV*, .
- [6] C. Okoli and S. K. A, "Guide to Connducting a Systematic Literature Review of Information System Research," *Sprout Work. Pap. Inf. Syst.*, vol. 10, no. 26.
- [7] R. Carnwell and W. Daly, "Strategies for the construction of a critical review of the literature," *Nurse Educ. Pract.*,



- vol. 1, no. 2, pp. 57–63.
- [8] A. Marzali, "Menulis Kajian Literatur," *J. Etnosia*, vol. 01, no. 02.
- [9] C. Afrian, A. Haryanto, U. Hasanudin, and Zulkarnain, "Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Rumput Gajah (Pennisetum Purpureum)," *J. Tek. Pertanian Lampung*, vol. 6, no. 1, [Online]. Available: p:21-32.
- [10] D. Agusman and B. A. K. Rifky, "Pengaruh Starter Ragi dalam Proses Pembentukan Biogas Limbah Buah," *Semin. Nas. TEKNOKA ke 2*, vol. 2, no. N No, pp. 2502–8782.
- [11] B. Salam, B. S, and R. M. S, "Biogas from Mesophilic Anaerobic Digestion of Cow Dung Using Silica Gel as Catalyst," *Procedia Eng.*, vol. 105, pp. 652 – 657.
- [12] S. T. A *et al.*, *Biogas Handbook*. Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg.
- [13] W. I. H. F, W. A, E. C, and I. H, "Investigation Into The Effect of High Concentrations of Volatile Fatty Acids in Anaerobic Digestion on Methanogenic Communities," *Waste Manag.*, pp. 34 2080–2089.
- [14] A. Fatimah. and Grace, *Pengaruh Penambahan Trace Metal (Molybdenum & Selenium) Terhadap Pembuatan Biogas Dari Sampah Organik Dan Kotoran Sapi*, vol. 6, no. 4. Jurnal Teknik Kimia USU.
- [15] M. Bavutti, L. Guidetti, G. Allesina, A. Libbr, A. Muscio, and S. Pedrazzi, "Thermal Stabilization of Digesters of Biogas Plants by Means of Optimization of The Surface Radiative Properties of The Gasometer Domes," *Energy Procedia*, vol. 45, pp. 1344–1353.
- [16] U. P. A and N. M.N, "Comparative study of Biogas Production from Cow Dung, Cow Pea, and Cassava Peeling Using 45 Liters Biogas Digester," *Appl. Sci. Res.*, vol. 3, no. 3, pp. 1864–1869.
- [17] T. Uji, "Review: Keanekaragaman Jenis Buah-Buahan Asli Indonesia dan Potensinya," *Biodiversitas*, vol. 8, no. 2, pp. 157–167.
- [18] A. M. H and I. R. P. J. B. L. I. K. K. R. Purwodadi, "Pendataan Jenis Buah Lokal Indonesia Koleksi Kebun Raya Purwodadi," *Jambura Edu Biosf. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 41–46.
- [19] E. Kamsiati, "Peluang Pengembangan Teknologi Pengolahan Keripik Buah Dengan Menggunakan Penggoreng Vakum," *J. Litbang Pertan.*, vol. 29, no. 2.
- [20] J. M. A, T. E, and S. K, *Inovasi Teknologi Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (Theobroma cacao L*, vol. 2, no. 2. Sebagai Pupuk Organik Ramah Lingkungan. Agroradix.
- [21] M. F. Budiyo, A. F, M. H, and S. S, *Production of Biogas from Organic Fruit Waste in Anaerobic Digester using Ruminant as The Inoculum*, vol. 156. MATEC Web of Conferences.
- [22] M. Rizqi, *Implementasi Sistem Biogas Dari Kotoran Hewan Ternak Untuk Menanggulangi Kelangkaan LPG Dan Meningkatkan Perekonomian Kelompok Tani Sumber Urip Di Wonogiri*. Surakarta: Perpustakaan Universitas Sebelas Maret.
- [23] S. Subeni and U. B. S. P. B. D. L. S. D. Pemanfaatan, *Pembuatan Biogas Dari Limbah Sapi Dan Pemanfaatan Limbah Biogas Sebagai Pupuk Organik*. Agros, vol. 15, no. 1. Limbah Biogas Sebagai Pupuk Organik. Agros.
- [24] H. I. S, T. M, K. K, and K. R, "Recent Updates On Biogas Production-A Review," *Biofuel Res. J.*, vol. 10.
- [25] L. Maharani and F. Zuhro, "Identifikasi Faktor Kimiawi Kulit Durian Sebagai Potensi Sumber Antikolesterol Alami," *J. Bionature*, vol. 18, no. 1.
- [26] A. Gazali and A. Munawwaroh, "Pemanfaatan Buah Apel (Malus Sylvestris Mill.) Lewat Matang Sebagai Substrat Nata De Apple," *J. Biota*, vol. 3, no. 2.
- [27] D. Novita, K. B. W, and E. Susilo, "Aplikasi Pupuk Organik Cair Berbahan Limbah Kulit Buah Aren (Arenga Pinnata Merr.) Untuk Meningkatkan Potensi Pertumbuhan Dan Hasil Kedelai Di Tanah Ultisol," *J. Agroqua*, vol. 15, no. 1.