

Rancang Bangun Digester Biogas Portabel Berbahan *Stainless Steel* Dilengkapi *Agitator*

Sebayuana, Tjokorda Gde Tirta Nindhia, dan I Wayan Surata
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Digester adalah suatu alat penghasil biogas yang sudah banyak dikembangkan diseluruh dunia dengan jenis dan bentuk yang bervariasi, ada yang berbahan fiberglass berbentuk silinder, berbahan Beton berbentuk dome dan berbahan plastik berbentuk balon. Di Bali sudah ada kelompok pengolah limbah ternak yang disebut dengan pertanian terintegrasi yang menggunakan digester fixed dome, namun perawatan digester fixed dome sangat sulit karena memerlukan biaya dan tenaga yang banyak serta penempatannya yang harus terjangkau dan tidak bisa dipindah-pindahkan. Sedangkan banyak peternak-peternak pedalaman yang suka berpindah lokasi ternak atau relokasi. Maka diperlukan sebuah alat digester biogas portabel kapasitas kecil dan tahan terhadap cuaca dilengkapi dengan agitator. Dimana agitator berfungsi untuk mencegah terjadinya penggumpalan pada limbah yang berada didalam digester dan meratakan bakteri sehingga biogas yang dihasilkan bagus, digester ini berbahan stainless steel dan berkapasitas kecil agar mudah dipindahkan sesuai tempat penaruhan ternak serta kuat dan tahan terhadap cuaca. Hasil penelitian dan analisis menunjukkan bahwa digester biogas portabel dilengkapi dengan agitator lebih baik dari pada digester biogas portabel tanpa agitator, karena digester biogas portabel dilengkapi dengan agitator mampu memproduksi 1177 liter biogas selama 21 hari dan bisa menghidupkan genset 2 tak 750 watt berbahan bakar biogas selama 67 menit 58 detik, sedangkan digester biogas portabel tanpa agitator hanya mampu memproduksi 474 liter biogas dan bisa menghidupkan genset 2 tak 750 watt berbahan bakar biogas selama 12 menit 05 detik. Hal ini menunjukkan bahwa digester yang dengan agitator lebih bagus.

Kata kunci : Agitator, Digester portabel, Biogas

Abstract

Digesters is a tool producing biogas that has been developed throughout the world with different types and shapes are varied, some are made of fiberglass cylindrical, made of concrete shaped dome and plastic shaped balloon. In Bali there were groups of livestock waste treatment called integrated farming that use fixed dome digester, but fixed dome digester treatment is very difficult because it requires a lot of cost and effort as well as the placement that should be affordable and could not be move around. While many farmers inland migratory location of livestock or relocation. Then it is needed a portable biogas digester device with a small capacity and weather resistance equipped with agitators. Where the agitator functions to prevent the occurrence of the rumors in the waste inside the digester and even the bacteria so that the resulting biogas is good, this digester is made of stainless steel and has a small capacity so that it is easily moved according to the livestock place and strong and weather resistant. The results of research and analysis showed that portable biogas digester with agitator better than portable biogas digester without agitator, because portable biogas digester with agitator capable of producing 1177 biogas liters for 21 days with biogas and can turn on a 750 watt 2-stroke generator set biogas for 67 minute 58 sekons, while portable biogas digester without agitator is only able to produce 474 liters of biogas and can turn on a 2 tak 750 watt generator set biogas for 12 minute 05 sekons. This shows that the digester with an agitator is better.

Keyword: Agitator, Digester portable, Biogas

1. Pendahuluan

Limbah adalah bahan yang terbuang dari kegiatan makhluk hidup dan tidak memiliki nilai ekonomis, limbah dalam jumlah yang banyak sangat berdampak buruk bagi lingkungan. Salah satunya limbah ternak, dimana limbah ternak mengandung gas metana yang merupakan salah satu penyebab efek gas rumah kaca [1].

Selain berdampak negatif, gas metana sangat menguntungkan jika diolah dengan baik, salah satu energi yang dihasilkan adalah biogas.

Pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif selain ramah lingkungan juga memberikan manfaat ekonomis. Pembuatan biogas dapat mengurangi limbah peternakan, disamping itu biogas juga dapat digunakan untuk memasak, penerangan dan menghidupkan mesin. Di Bali sudah dilakukan

pengolahan limbah ternak melalui program pertanian terintegrasi.

Biogas dihasilkan menggunakan alat digester anaerobik, digester ini sudah banyak berkembang di seluruh dunia dengan jenis dan bentuk yang bervariasi. Ada yang berbahan fiberglass, beton dan plastik, ada yang berbentuk silinder, *dome*, dan balon.

Digester yang digunakan di Bali adalah digester *fixed dome*, dimana digester ini mampu menampung limbah ternak sapi dengan jumlah sapi 15 sampai 25 ekor. Digester ini penempatannya di tempat-tempat yang terjangkau dan tidak bisa dipindahkan. Sedangkan banyak peternak pedalaman yang memiliki 2 atau 3 ekor sapi yang sering berpindah-pindah lokasi peternakan. Selain itu digester *fixed dome* perawatannya juga sangat sulit karena

memerlukan tenaga yang banyak dan biaya yang cukup besar untuk mengeluarkan limbah yang mengeras yang berada didalam digester *fixed dome* yang menyebabkan penurunan produksi biogas.

Sehingga perlu dibuatkan sebuah alat pengolah limbah yang bisa dipindah-pindahkan, berbahan yang kuat terhadap cuaca apapun dan dilengkapi dengan *agitator*, tujuan dari pengisian *agitator* adalah untuk mencegah pengerasan limbah, meratakan bakteri dan mempercepat produksi biogas didalam digester [2].

Dalam hal ini ada beberapa yang harus di kaji yaitu:

1. Bagaimana merancang dan membangun digester biogas portabel kapasitas 550 liter berbahan *stainless steel* dilengkapi dengan *agitator*?
2. Berapa produksi biogas yang dihasilkan dari digester biogas portabel kapasitas 550 liter berbahan *stainless steel* dilengkapi dengan *agitator*?
3. Berapa komposisi biogas yang dihasilkan dari digester biogas portabel kapasitas 550 liter berbahan *stainless steel* dilengkapi dengan *agitator*?
4. Berapa konsumsi bahan bakar biogas yang dihasilkan jika digunakan untuk menghidupkan genset biogas 2 tak 750 watt?

Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bahan limbah organik yang digunakan adalah limbah kotoran ternak sapi Bali yang dicampur air dengan perbandingan 1:1.
2. Suhu operasi adalah sesuai dengan keadaan sekitar.
3. *Agitator* digerakan menggunakan tangan setiap pagi, siang, sore diputar sebanyak 1000 kali dari kedua *agitator* secara bersamaan.
4. Limbah organik yang digunakan adalah limbah kotoran ternak sapi Bali dengan pakan utama rumput gajah.

2. Dasar Teori

2.1. Pengertian Biogas

Biogas merupakan campuran gas yang dihasilkan dari pengolahan limbah kotoran ternak sapi dengan proses mikroorganisme dalam kondisi tanpa udar agar bakteri didalam digester bekerja dengan sempurna [3].

Biogas adalah suatu gas yang dapat dibakar seperti *lpiji*, namun bukan berarti biogas itu sama dengan *lpiji*. Dalam jumlah yang besar biogas dapat digunakan untuk pembangkit listrik yang ramah lingkungan, biogas juga dapat menggantikan bahan bakar fosil dan memiliki hasil gas buang yang lebih baik jika dibandingkan dari bahan bakar fosil [4].

Komponen biogas yang dihasilkan berupa gas metana, gas karbondioksida, nitrogen, hidrogen, karbonmonoksida, oksigen, dan hidrogen sulfida [5].

2.2. Pengertian Digester

Digester adalah suatu alat penghasil biogas dari limbah organik dengan proses tanpa oksigen (*anaerobik*) sehingga limbah organik dapat difermentasi oleh bakteri untuk menghasilkan biogas. Sedangkan hasil dari digester dapat digunakan sebagai pupuk organik yang ramah lingkungan [6]

Beberapa jenis digester beserta keunggulan dan kelemahannya masing-masing yaitu:

1. *Fixed dome plant* adalah suatu alat penghasil biogas dengan penampungan biogas berada diatas digester. Keunggulan dari digester jenis ini adalah tidak membutuhkan ruang diatas tanah, dan tidak bergerak sehingga tidak memerlukan tenaga yang banyak. Sedangkan kekurangan dari digester jenis ini adalah tekanan biogas yang dihasilkan tidak stabil sehingga pengguna tidak tau pasti berapa jumlah biogas yang dihasilkan dari digester jenis ini.
2. *Floating drum plant* adalah suatu alat penghasil biogas dimana penampung biogasnya bisa bergerak. Keuntungan dari digester jenis ini adalah dapat mengetahui jumlah biogas yang dihasilkan, sedangkan kekurangan dari jenis digester ini adalah waktu pakainya sangat singkat sehingga pengguna harus rajin untuk merawat digester jenis ini agar berumur panjang.
3. *Balon plant* adalah suatu alat penghasil biogas yang terbuat dari plastik. Keunggulan dari digester jenis ini adalah biaya pembuatannya sangat murah dan bahannya sangat mudah untuk didapatkan. Sedangkan kekurangan dari digester jenis ini adalah waktu penggunaannya sangat singkat karena plastik tidak tahan terhadap panas dan mudah robek jika terkena benda tajam [6].

Dari konstruksi digester ada beberapa jenis digester dengan kecocokan iklim dan masing-masing memiliki perbedaan, antara lain:

1. *Converd lagoon digester* merupakan digester yang memerlukan lahan luas dengan temperatur yang hangat dan tidak cocok didaerah yang dingin dan temperature rendah.
2. *Complete mix digester* merupakan digester yg bisa ditempatkan diatas dan dibawah tanah namun digester jenis ini sangat mahal dari biaya pembuatan, pengoprasian dan perawatannya.
3. *Plug-flow digester* merupakan digester yang berbentuk persegi panjang, kedap udara dan dengan tutup yang dapat dirubah-ubah [7].

Semua jenis digester itu sama yaitu menciptakan kondisi kedap udara dan memastikan adanya kontak antara mikro organisme dan bahan organik [8].

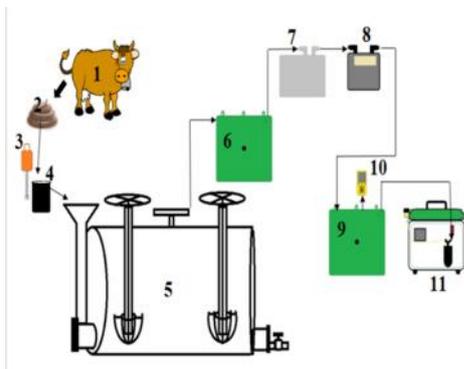
3. Metode Penelitian

3.1. Alat dan bahan penelitian

- Las TIG (*Tungsten Inert Gas*) LAKONI 200 A merupakan alat utama dalam proses pembuatan digester portabel. Dimana las TIG LAKONI 200 A adalah alat las yang menggunakan gas argon sebagai gas pelindung saat pengoperasiannya.
- Bag penampung biogas digunakan untuk menampung biogas yang dihasilkan dari digester portabel.
- Biogas *analiser* berfungsi untuk mengukur kandungan biogas CO₂: 100%Vol, CH₄: 100%Vol, H₂S: 999 ppm.
- Biogas volume meter digunakan untuk mengukur produksi biogas yang dihasilkan dari digester portabel dengan ketelitian 0,001m³.
- Pompa biogas berfungsi saat pengukuran produksi biogas dan pengukuran kandungan biogas.
- Genset biogas 2 tak 750 watt berfungsi untuk menguji konsumsi bahan bakar biogas yang dihasilkan dari digester portabel.
- Stick blender* berfungsi untuk pengadukan awal limbah ternak dengan air sebelum dimasukkan ke dalam digester portabel.
- Limbah kotoran sapi Bali sebagai bahan utama pembuatan biogas.

3.2. Instalasi penelitian

Instalasi ini menggunakan rangkaian atau instalasi yang ditunjuk pada gambar 1, pertama-tama sapi mengeluarkan kotoran, lalu kotoran sapi diambil dan masukan kedalam ember, setelah itu di campur dengan air dengan perbandingan 1:1 lalu diaduk menggunakan *stick blender* sampai tercampur rata. Setelah tercampur dengan rata masukan limbah kotoran sapi yang sudah tercampur dengan air ke dalam digester biogas portabel kapasitas 550 liter berbahan *stainless steel* dilengkapi dengan *agitator*, dan siapkan *bag* penampung biogas, pasang pada *output* saluran biogas pada digester untuk menampung biogas yang dihasilkan oleh digester biogas portabel *stainless steel* dengan *agitator*.



Gambar 1. Instalasi penelitian digester biogas portabel kapasitas 550 liter dilengkapi dengan *agitator*

Keterangan

- Sapi bali
- Kotoran sapi bali
- Stick blender*
- Ember pencampur
- Digester biogas portabel kapasitas 550 liter berbahan *stainless steel* dilengkapi dengan *agitator*
- Bag* biogas 1
- Pompa biogas
- Volume meter
- Bag* biogas 2
- Biogas *analiser*
- Genset 2 tak 750 watt berbahan bakar biogas

Lalu di aduk setiap hari, pagi, siang, dan sore masing-masing sebanyak 1000 kali putaran dari kedua *agitator*. Setelah *bag* terisi biogas dengan penuh, sambungkan *bag* biogas ke pompa biogas, volume meter, dan *bag* penampung biogas ke 2 (dalam keadaan kosong), setelah biogas pindah dari *bag* 1 ke *bag* 2, di volume meter akan terlihat berapa banyak biogas yang dihasilkan, dan biogas di *bag* 2 tersebut digunakan untuk menghidupkan genset 2 tak 750 watt yang berbahan bakar biogas.

3.3. Pengambilan data

Masukan limbah kotoran sapi yang sudah tercampur air ke dalam digester portabel yang dengan dan tanpa *agitator*, aduk kotoran sapi yang sudah berada didalam digester portabel (digester portabel dengan *agitator*), pasang *bag* pada *output* gas pada digester portabel, setelah *bag* biogas penuh salurkan ke pompa biogas, volume meter, *bag* yang ke 2 untuk disalurkan ke genset 2 tak 750 watt. Catat jumlah biogas yang dihasilkan digester portabel dengan dan tanpa *agitator* dan waktu konsumsi bahan bakar biogas.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil penelitian

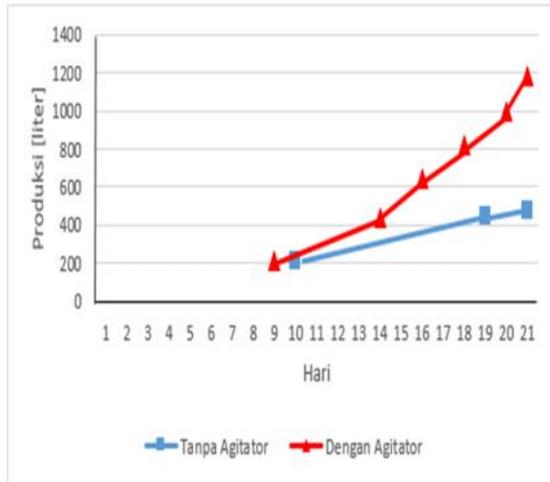
Data hasil penelitian dicatat pada saat pengukuran produksi biogas, komposisi biogas dan konsumsi bahan bakar menggunakan genset biogas 2 tak 750 watt dari biogas yang di hasilkan digester biogas portabel kapasitas 550 liter berbahan *stainless steel* tanpa dan dengan *agitator*. Kemudian rata-ratakan, sajikan dalam bentuk tabel dan bandingkan datanya sebagai berikut:

Tabel 4.1 Pengujian digester biogas portable kapasitas 550 liter tanpa *agitator*

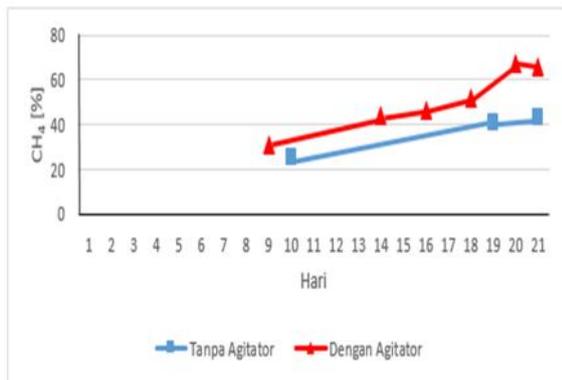
Bag Biogas	waktu [hari]	Produksi Biogas [l]	Genset Hidup [min]	Komposisi Biogas		
				CH ₄ [%]	CO ₂ [%]	H ₂ S [ppm]
Bag 1	10	211	00:00:51	25	16	167
Bag 2	19	235	00:10:51	41	34	466
Bag 3	21	28	00:00:24	43	30	392
Total	21	474	00:12:05	-		

Tabel 4.2 pengujian digester biogas portabel kapasitas 550 liter dengan *agitator*

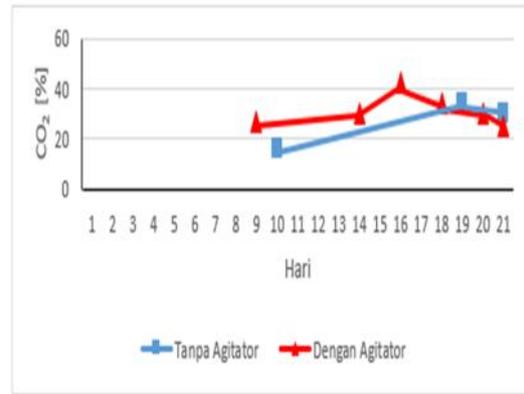
Bag Biogas	waktu [hari]	Produksi Biogas [l]	Genset Hidup [min]	Komposisi Biogas		
				CH ₄ [%]	CO ₂ [%]	H ₂ S [ppm]
Bag 1	9	208	00:03:35	31	27	707
Bag 2	14	230	00:06:33	44	30	361
Bag 3	16	202	00:08:51	46	42	705
Bag 4	18	178	00:14:43	52	34	603
Bag 5	20	175	00:16:06	67	30	531
Bag 6	21	184	00:18:11	66	25	350
Total	21	1177	01:07:58			-



Gambar 2. Grafik produksi biogas dari digester biogas portabel kapasitas 550 liter tanpa dan dengan *agitator*



Gambar 3. Grafik Komposisi CH₄ Biogas Dari Digester Biogas Portabel Kapasitas 550 Liter Tanpa Dan Dengan *Agitator*



Gambar 4. Grafik komposisi CO₂ dari digester biogas portabel kapasitas 550 liter tanpa dan dengan *agitator*



Gambar 5. Grafik komposisi H₂S biogas dari digester biogas portabel kapasitas 550 liter tanpa dan dengan *agitator*

Dari data diatas Produksi biogas yang dihasilkan dari digester biogas portabel yang tanpa *agitator* selama 21 hari sebanyak 474 liter, dapat di hitung berapa produksi biogas perharinya dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{produksi} &= \frac{\text{Total Produksi Biogas}}{\text{Waktu Penelitian}} \\
 &= \frac{474}{21} \\
 &= 22,5 \text{ liter/hari}
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui berapa penggunaan biogas per menitnya dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Total Produksi Biogas}}{\text{Waktu Konsumsi Biogas}} \\
 &= \frac{474}{12 : 05} \\
 &= 39,227 \text{ liter/menit}
 \end{aligned}$$

Sedangkan produksi biogas yang dihasilkan dari digester biogas portabel yang dilengkapi dengan *agitator* selama 21 hari sebanyak 1177 liter, dapat dihitung berapa produksi biogas perharinya dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{produksi} &= \frac{\text{Total Produksi Biogas}}{\text{Waktu Penelitian}} \\ &= \frac{1177}{21} \\ &= 56 \text{ liter/hari} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui berapa penggunaan biogas per menitnya dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Total Produksi Biogas}}{\text{Waktu Konsumsi Biogas}} \\ &= \frac{1177}{67:58} \\ &= 17,317 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

Dari data yang didapat hasil produksi dari digester biogas portabel tanpa *agitator* dapat menghidupkan genset 2 tak 750 watt selama 12 menit 05 detik dengan 474 liter biogas, sedangkan hasil produksi dari digester biogas portabel dengan *agitator* dapat menghidupkan genset 2 tak 750 watt selama 67 menit 58 detik dengan 1177 liter biogas.

4.2. Pembahasan

Pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa digester dengan *agitator* menghasilkan biogas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang tanpa *agitator*. Hal ini disebabkan oleh pengadukan yang dilakukan setiap pagi, siang, dan sore sebanyak 1000 kali putaran secara bersamaan setiap harinya. Sehingga bakteri didalam digester yang dengan *agitator* merata dan menyebabkan produksi biogas yang dihasilkan lebih cepat.

Pada Gambar 3 ditunjukkan bahwa kandungan CH₄ yang dihasilkan dari digester yang dengan *agitator* lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang tanpa *agitator*. Hal ini disebabkan oleh bakteri yang merata didalam digester yang sehingga produksi biogas lebih cepat dan mengandung CH₄ yang lebih tinggi karena proses pengadukan.

Pada Gambar 4 ditunjukkan bahwa kandungan CO₂ yang dihasilkan dari digester tanpa dan dengan *agitator* rata-rata sama. Hal ini disebabkan oleh pencampuran limbah ternak sapi dengan air yang dimasukan kedalam digester tanpa dan dengan *agitator* perbandingannya sama.

Pada Gambar 5 ditunjukkan bahwa kandungan H₂S yang dihasilkan dari digester yang dengan *agitator* mengandung H₂S yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang tanpa *agitator* namun pada akhirnya kandungan H₂S dari digester tanpa dan dengan *agitator* rata-rata sama. Hal ini disebabkan oleh produksi biogas yang dihasilkan pertama kali belum setabil karena bakteri didalam digester belum berkembang, namun setelah semakin lama bakteri

semakin berkembang dan menstabilkan biogas yang dihasilkannya.

5. Kesimpulan

Dari pengujian produksi, komposisi, dan konsumsi bahan bakar biogas dengan menggunakan biogas yang dihasilkan dari digester biogas portabel kapasitas 550 liter tanpa dan dengan *agitator* dapat disimpulkan bahwa:

1. Rancang bangun digester biogas portabel kapasitas 550 liter berbahan *stainless steel* dilengkapi dengan *agitator* dapat berkerja dengan baik. *Agitator* dapat mencampurkan limbah didalam digester dengan sempurna.
2. Digester dengan menggunakan *agitator* dapat menghasilkan biogas sebanyak 36 liter/hari sedangkan digester tanpa *agitator* hanya memproduksi biogas 22,5 liter/hari.
3. Komposisi biogas yang dihasilkan dari digester biogas portabel dengan *agitator* kandungan metananya lebih tinggi, kandungan karbon dioksidanya rata-rata sama, namun kandungan hidrogen sulfidanya petama-tama lebih tinggi namun setelah berjalan sekian lama kandungan hidrogen sulfidanya rata-rata sama jika dibandingkan dengan biogas yang dihasilkan oleh digester biogas portabel tanpa *agitator*.
4. Konsumsi bahan bakar dari biogas yang dihasilkan oleh digester tanpa *agitator* dapat menghidupkan genset 2 tak 750 watt berbahan bakar biogas selama 12 menit 05 detik. Sedangkan biogas yang dihasilkan dari digester dengan *agitator* dapat menghidupkan genset 2 tak 750 watt selama 67 menit 58 detik.

Daftar Pustaka

- [1] Irsayad, F., & Yanti, D. (2016). **Evaluasi Tekno ekonom Pemanfaatan Biogas Skala Rumah Tangga Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan.** *Teknologi Pertanian Andalas*, 20(2), 73–79.
- [2] Lemmer, A., Naegle, H. J., & Sondermann, J. (2013). **How Efficient Are Agitators In Biogas Digesters? Determination Of The Efficiency Of Submersible Motor Mixers And Incline Agitators By Measuring Nutrient Distribution In Full-Scale Agricultural Biogas Digesters.** *Energies*, 6(12), 6255–6273.
- [3] Mulyono, D., 2011, **Pemanfaatan Kotoran Ternak Sebagai Sumber Energi Alternatif dan Peningkatan Sanitasi Lingkungan.** *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(1), 27-32.
- [4] Yunus, M. Y., Tandioga, R., & Nauwir, H., 2014, **Sistim pembangkit biogas model portabel**, (2), 192–202.

- [5] Wijaya, G., Nindhia, T. T., & Surata, W., 2018, *Mengubah (Converting) Mesin Genset Diesel Silinder Tunggal Menjadi Berbahan Bakar Fleksibel Biogas Atau LPG.*, Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika Vol, 7(2), 136–142.
- [6] Sunaryo, 2014, *Rancang Bangun Reaktor Biogas untuk Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sapi di Desa Limbangan Kabupaten Banjarnegara.* Ppkm Unsiq, 21–30.
- [7] Haryati, T.,2006, *Biogas : Limbah Peternaka yang Menjadi Sumber Energi Alternatif.* Wartazoa, 16(3), 160–169.
- [8] M. Kholiq Abdul, 2017, *Mengnal Tipe-Tipe Reaktor Biogas.* *Artikel Ilmiah*, Pusat Teknologi Sumber Daya Energi Dan Industri Kimia.



Kadek Sebayuana menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Udayana pada tahun 2019 dengan area riset tentang digester biogas portabel berbahan *stainless steel* dilengkapi *agitator*.