

## Implementasi Energi Biogas Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Kabupaten Boyolali

Bagiyo Condro Purnomo<sup>1</sup>, Andi Widiyanto<sup>2</sup>, Suroto Munahar<sup>3</sup>, Anisa Hakim Purwantini<sup>4</sup>, Lintang Muliawanti<sup>5</sup>, Moch. Imron Rosyidi<sup>6</sup>

### **Keywords :**

Biogas; Pembangkit Listrik  
Tenaga Biogas; Boyolali;  
Microcontroller; Voltage  
Sensor

### **Correspondensi Author**

<sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah  
Magelang  
Email:  
[andi.widiyanto@ummgl.ac.id](mailto:andi.widiyanto@ummgl.ac.id)

### **History Article**

**Received:** 05-08-2020;  
**Reviewed:** 14-10-2020  
**Revised:** 30-10-2020  
**Accepted:** 12-11-2020  
**Published:** 19-12-2020

**Abstrak.** Tujuan PKM adalah untuk mengimplementasikan energi biogas sebagai energi alternatif pembangkit listrik skala mikro, mengingat potensi yang cukup besar yang dimiliki oleh Desa Gedangan Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali. Metode pelaksanaan adalah pendekatan participatory rural appraisal yang melibatkan peran masyarakat secara aktif untuk menyelesaikan permasalahan atau kendala yang dihadapi peternak sapi perah. Kegiatan diawali dengan identifikasi permasalahan yang dihadapi oleh mitra kemudian desain dan implementasi konversi biogas ke energi listrik sebagai pembangkit listrik tenaga biogas skala mikro serta diakhiri dengan pendampingan kepada peternak sapi perah dan masyarakat. Kegiatan menghasilkan pembangkit listrik energi biogas di tiga lokasi dengan potensi energi sebesar 15 KW. Pemanfaatan energi listrik dapat digunakan untuk menurunkan biaya pengelolaan dan pemeliharaan sapi perah serta dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga. Kegiatan ini juga memfasilitasi transfer pengetahuan kepada masyarakat Desa Gedangan, Kecamatan Cepogo, Kabupaten Boyolali untuk dapat mengembangkan secara mandiri sumber energi biogas tersebut. Dengan demikian kegiatan pengabdian ini memberikan manfaat yang cukup besar bagi warga Desa Gedangan Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali dalam pemenuhan energi dari hasil konversi biogas ke energi listrik.

**Abstract.** The purpose of this community service activity is to implement biogas energy as an alternative energy for micro-scale power plants, given the considerable potential possessed by Gedangan Village, Cepogo District, Boyolali Regency. The implementation method used in this activity is participatory rural appraisal approach that involves the active role of the community, to resolve problems or obstacles faced by dairy farmers with. The activity begins with the identification of the problems faced by the partners, then the design and implementation of the conversion of biogas to electricity as a micro-scale biogas power plant and ends with assistance to dairy farmers and the community. The result of the activity is production of biogas energy power plants in three locations with potential

energy of 15 KW, which can be used to reduce management and maintenance costs for dairy cows and household needs as well. This activity also facilitates knowledge transfer to the people of Gedangan Village, Cepogo District, Boyolali Regency to be able to independently develop this biogas energy source. Thus this service activity provides considerable benefits for the residents of Gedangan Village, Cepogo District, Boyolali Regency in fulfilling energy from the conversion of biogas to electrical energy.



*This work is licensed under a Creative Commons Attribution  
4.0 International License*



## PENDAHULUAN

Sampai saat ini, Indonesia masih menghadapi persoalan untuk mencapai target pembangunan bidang energi. Ketergantungan terhadap energi fosil, terutama minyak bumi dalam pemenuhan konsumsi di dalam negeri masih tinggi, yaitu sebesar 96% (minyak bumi 48%, gas 18%, dan batubara 30%) dari total konsumsi energi nasional, sementara upaya untuk memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan belum dapat berjalan sebagaimana yang direncanakan. Dengan telah ditetapkannya Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (sampai dengan tahun 2050) pada tanggal 17 Oktober 2014, diharapkan dapat menjawab semua tantangan dalam pengelolaan energi pada masa mendatang, yang sekaligus dapat meningkatkan ketahanan dan kemandirian energi nasional (SEKRETARIAT JENDERAL DEWAN ENERGI NASIONAL, 2014). Dalam peraturan pemerintah tersebut dinyatakan bahwa kebijakan energi nasional dilakukan untuk memenuhi ketersediaan energi dengan meningkatkan eksplorasi sumber daya, dan / atau cadangan terbukti Energi, baik dari maupun Energi Baru dan Energi Terbarukan (Peraturan Pemerintah RI Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional, 2014).

Sementara itu konsumsi energi Indonesia mengalami peningkatan yang cukup besar, data Kementerian ESDM mencatat konsumsi energi Indonesia pada 2017 mencapai 1,23 miliar Barrels Oil

Equivalent (BOE) naik 9% dari tahun sebelumnya. Dari jumlah tersebut yang berbentuk BBM mencapai 356,33 juta BOE atau 28,88% dari total konsumsi. Kemudian terbesar kedua adalah dalam bentuk biomasa sebanyak 306,25 BOE atau 24,82%. Sedangkan konsumsi biofuel baru mencapai 79,43 juta BOE atau 6,44% dari total (Databoks, 2018).

Diversifikasi energi Indonesia sudah mulai mendapat perhatian serius setelah keluarnya peraturan pemerintah no 79 tahun 2014 mengenai kebijakan energi nasional. Pemerintah menargetkan pada tahun 2025 peran Energi Baru dan Energi Terbarukan paling sedikit 23% dan pada tahun 2050 paling sedikit 31%.

Sementara kegiatan peternakan di Indonesia termasuk salah satu dari kegiatan penghasil energi biogas yang sangat besar. Biogas merupakan campuran gas mudah terbakar yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerobik (Purnomo & Waluyo, 2017). Pemanfaatan biogas mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan BBM (bahan bakar minyak) yang berasal dari fosil diantaranya biogas mempunyai sifat yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui.

Prinsip dasar teknologi biogas adalah proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa udara (*anaerob*) untuk menghasilkan campuran dari beberapa gas, di antaranya metan ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Biogas dihasilkan dengan bantuan bakteri metanogen atau

metanogenik. Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti limbah ternak dan sampah organik. Energi yang terkandung dalam biogas cukup besar, dimana 1 meter kubik Biogas setara dengan kurang lebih 6.000 watt jam atau setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batu bara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil ("BIOGAS," 2013).

Pemanfaatan biogas di masyarakat sudah banyak dilakukan di antaranya adalah sebagai pengganti LPG (Oktavia & Firmansyah, 2017) (Semin, A.Z.M. Fathallah, B. Cahyono, 2014) (Dewi & Kholik, 2018). LPG yang digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga merupakan campuran dari beberapa gas hidrokarbon, salah satunya adalah gas propana dan butana. Sebagai bahan bakar gas, LPG memiliki efek yang baik terhadap lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar yang lain (Purnomo, Widodo, Munahar, Setiyo, & Waluyo, 2017).

Selanjutnya, penggunaan biogas juga dimanfaatkan untuk menggerakkan motor. Motor penggerak yang biasanya menggunakan bahan bakar bensin (BBM) kemudian dimodifikasi sehingga motor tersebut dapat menggunakan biogas. Pemanfaatan biogas untuk penggerak motor telah dilakukan oleh KTT Bangun Rejo di Kabupaten Semarang untuk merajang rumput. Dari penggunaan mesin perajang rumput dengan bahan bakar biogas tersebut mendapatkan efisiensi yang cukup besar, dimana biasanya untuk merajang rumput sebanyak satu mobil picup selama 2 jam, dengan mesin perajang rumput ini hanya membutuhkan waktu 40 menit (Purnomo & Waluyo, 2017). Sementara penggunaan biogas juga sudah merambah dibidang-bidang lain, seperti digunakan sebagai penggerak mula sebuah pompa air (Perdana & Wahyuni, 2012), sebagai penggerak generator listrik (Kusairi & Kelvin, 2015) dan juga sebagai sumber energi pendingin susu, (Munahar, Purnomo, & Widiyanto, 2019).

Sementara itu, pemanfaatan biogas oleh masyarakat belum optimal seperti yang dilakukan masyarakat di Kabupaten Boyolali. Kabupaten Boyolali mempunyai sektor unggulan berupa peternakan sapi perah yang

menjadi penyumbang produk domestic bruto sebesar 10,4%. Peternakan sapi perah di kabupaten Boyolali dikembangkan di beberapa kecamatan diantaranya adalah di kecamatan Cepogo, Musuk, Mojosongo, Selo dan Ampel. Populasi ternak saat ini mencapai 86.363 ekor sapi, sementara populasi sapi perah di Kecamatan Cepogo sebesar 10.784 ekor pada tahun 2015 (Badan Pusat Statistik, 2017). Selain itu, sebaran Peternak sapi perah di Kecamatan Cepogo tersebar di Desa Gedangan sebanyak 9 peternak, Desa Sumbang sebanyak 6 peternak, Desa Mliwis sebanyak 6 peternak, Desa Sukabumi sebanyak 3 peternak, Desa Genting terdapat 2 peternak, Desa Cepogo terdapat 5 peternak, Desa Jelok sebanyak 3 peternak, Desa Bakulan sebanyak 2 peternak, Desa Cabeankunti terdapat 3 peternak, Desa Candigatak sebanyak 8 peternak dan Desa Gubug sebanyak 5 peternak.

Melihat kondisi desa Gedangan tersebut mempunyai potensi energi biogas yang cukup besar. Namun demikian sampai saat ini pemanfaatan biogas di Desa Gedangan Kecamatan Cepogo masih digunakan sebagai keperluan memasak, sehingga banyak energi biogas tersebut yang terbuang sia-sia. Disisi lain peternak dalam proses pemeliharaan sapi memerlukan listrik sebagai energi menyalakan pompa air, memerlukan bahan bakar untuk menggerakkan mesin pencacah rumput dan lain-lain. Permasalahan yang dihadapi peternak adalah kemampuan serta pengetahuan merubah bahan bakar biogas menjadi energi listrik dengan memanfaatkan motor berbahan bakar bensin sangatlah kurang, sehingga diperlukan pelatihan dan pendampingan kepada para peternak di Desa Gedangan agar dapat mengubah energi biogas menjadi energi listrik.

## METODE

Penyelesaian permasalahan atau kendala yang dihadapi peternak sapi perah secara umum menggunakan metode pendekatan *participatory rural appraisal* yang melibatkan peran masyarakat secara aktif dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat.

**Tahap pertama : Identifikasi permasalahan yang dihadapi peternak sapi perah.**

Tahap pertama ini dilakukan untuk mencari informasi dari peternak permasalahan yang dihadapinya. Proses yang dilakukan dengan melakukan observasi dan diskusi. Kemudian menentukan permasalahan utama yang dapat diselesaikan bersama-sama dengan peternak. Permasalahan yang diangkat harus dapat mempertimbangkan potensi yang dimiliki masyarakat tersebut. Dari hasil observasi dan diskusi maka salah satu permasalahan yang akan diselesaikan adalah pemanfaatan sumber biogas yang melimpah sebagai pembangkit listrik (PLT biogas).

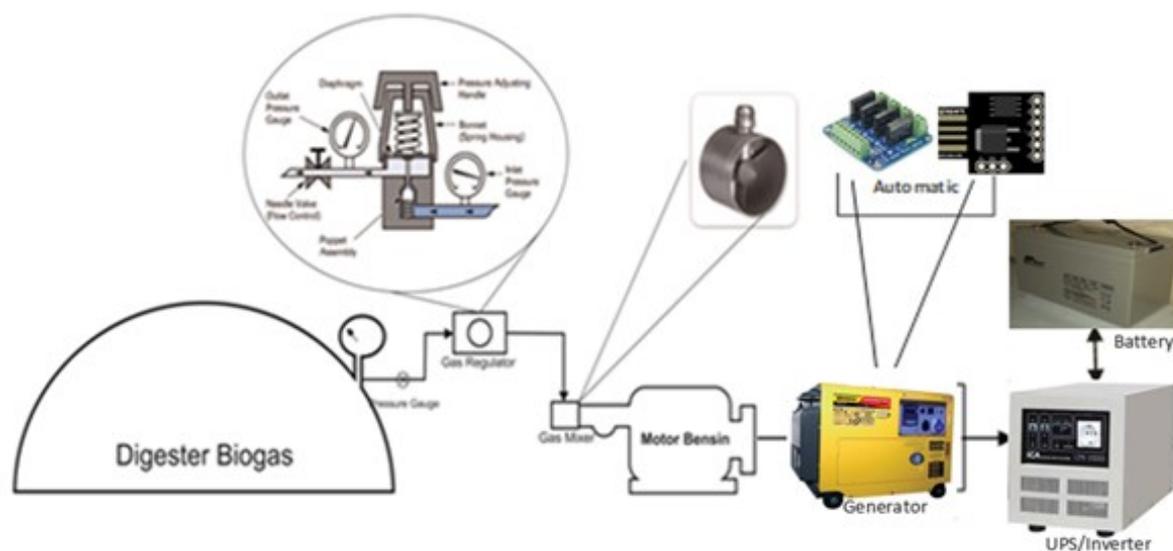
#### **Tahap kedua : Desain dan implementasi konversi biogas ke energi listrik.**

Untuk merancang PLT biogas ada beberapa hal yang harus dilakukan, diantaranya adalah pengamatan tentang aliran

biogas yang dihasilkan oleh bio-digester. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jumlah minimal biogas yang dapat disuplai ke mesin. Jumlah biogas yang disuplai tersebut akan mempengaruhi setting peralatan. Gambar 1 berikut adalah konsep PLT-Biogas.

#### **Tahap ketiga : Pendampingan implementasi konversi biogas ke energi listrik.**

Pendampingan kepada mitra pengabdian diperlukan agar keberlanjutan pengelolaan PLT biogas mendapatkan hasil yang optimal. Dalam pendampingan ini mitra dibelari bagaimana cara mengoperasikan PLT-Biogas, mengkonversi energi biogas ke PLT-Biogas dan bagaimana menyelesaikan apabila ada kerusakan.



Gambar 1. Desain intalasi dan peralatan penunjang PLT-Biogas

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kegiatan pengabdian ini diawali dengan kegiatan observasi dan diskusi antara tim pengabdian dengan mitra pengabdian. Mitra pengabdian dalam hal ini diwakili oleh kelompok tani dan ternak (KTT) Tani makmur. Dalam kesempatan tersebut ketua Tani Makmur Bapak Sutar, sekretaris Bapak Supomo dan beberapa anggota kelompok yang lain. Bapak Sutar mengatakan keinginannya untuk memanfaatkan biogas secara optimal. Dimana sampai saat ini pemanfaatan biogas masih hanya untuk memasak pengganti LPG, sehingga banyak biogas yang terbuang. Dari hasil diskusi

tersebut disepakati untuk membuat PLT-Biogas dengan memasang di 3 (tiga) lokasi bio-digester. Tim pengabdian berkewajiban untuk menyediakan teknologinya serta memasang konversi biogas ke listrik, sementara pihak mitra berkewajiban untuk menyediakan tempat dan biogas serta membantu memasang konversi biogas ke listrik.

Selanjutnya tim pengabdian melakukan pengukuran besarnya aliran atau debit biogas dari bio-digester. Pengukuran dilakukan sebagai dasar perancangan diffuser untuk mesin supaya setting alat nantinya menjadi lebih mudah. Dalam kesempatan tersebut pengukuran dilakukan di 3 lokasi bio-digester

yang dimiliki oleh beberapa anggota kelompok tani yang nantinya akan dipasang PLT-biogas. Lokasi pemasangan PLT-biogas ditempatkan di bio-digester milik Bapak

Sutar, Bapak Supomo dan Bapak Wiyono.



**Gambar 2.** FGD dengan KTT Tani Makmur untuk mengidentifikasi permasalahan mitra

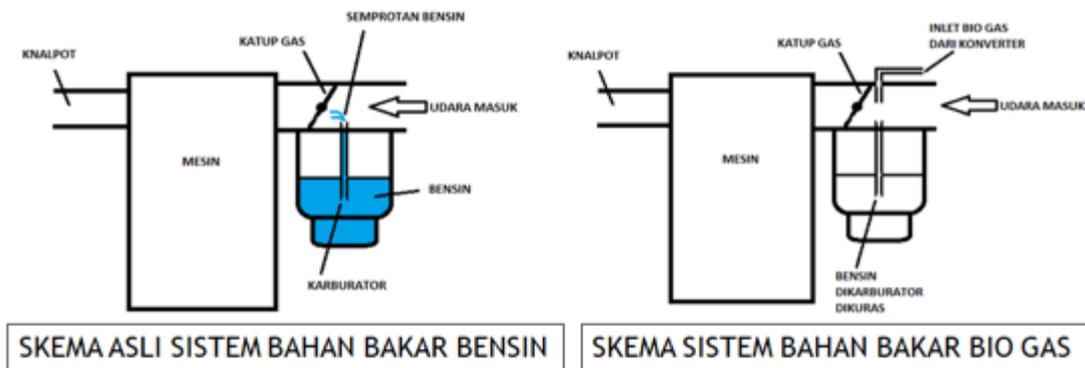
Kegiatan berikutnya adalah desain dan implementasi sumber biogas menjadi PLT-biogas. Untuk membuat PLT-Biogas skala mikro, hal pertama yang dilakukan adalah memodifikasi generator listrik tenaga bahan bakar *gasoline* menjadi generator listrik tenaga biogas. Diketahui bahwa karakteristik bahan bakar *gasoline* dengan biogas memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Komponen utama dari biogas adalah gas metana sedangkan *gasoline* adalah iso-octana (Elizabeth & S.Rusdiana, 2018), (A. Petersson, 2014). Disamping itu karakteristik fisik seperti *flash point*, *temperatur auto-ignition*, kecepatan rambat pembakaran antara biogas dan *gasoline* juga berbeda (Wiratmaja, 2010). Dengan demikian diperlukan modifikasi untuk mengubah mesin berbahan bakar *gasoline* menjadi bahan bakar biogas.

Prinsip kerja mesin dengan bahan bakar biogas hampir sama dengan mesin berbahan bakar *gasoline* atau bensin. Perbedaan utamanya adalah pada penggunaan karburator pada *gasoline engine* sedangkan pada biogas engine menggunakan mixer sebagai pengganti karburator. Perbedaan lain adalah fase bahan bakar yang dimasukkan dalam mesin, dimana untuk *gasoline engine* bahan bakar dimasukkan dalam fase cair sedangkan biogas engine bahan bakar dimasukkan dalam fase gas,

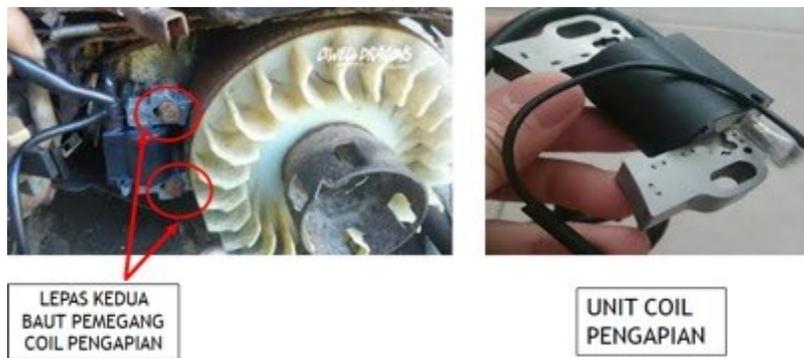
Gambar 3 berikut perbedaan prinsip kerjanya.

Untuk itu ada beberapa modifikasi yang harus dilakukan, yaitu penyetelan saat pengapian (*timing ignition*), dengan cara merubah atau menggeser pulser pengapian berlawanan dengan arah putar rotor, sehingga penyalaan menjadi lebih maju. Settingan ini diperlukan karena gas metan/biogas memiliki kecepatan rambat pembakaran yang lebih rendah dibandingkan dengan *gasoline*. Dengan pemajuan saat pengapian ini maka pembakaran akan berlangsung dengan tuntas sehingga energi yang dihasilkan akan menjadi lebih besar.

Prosedur pemajuan *timing ignition*, diawali dengan melepas baut pemegang coil pengapian, kemudian memperpanjang lubang dudukan baut pada coil pengapian. Langkah berikutnya adalah memasang coil dan mengeser kurang lebih 5 mm berlawanan arah dengan arah putar rotor. Langkah-langkah pemajuan *timing ignition* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5 serta Gambar 6.



Gambar 3. Prinsip kerja gasoline engine dan biogas engine



Gambar 4. Langkah melepas coil pengapian dari dudukannya



Gambar 5. Langkah menggeser lubang kedudukan baut pada coil pengapian



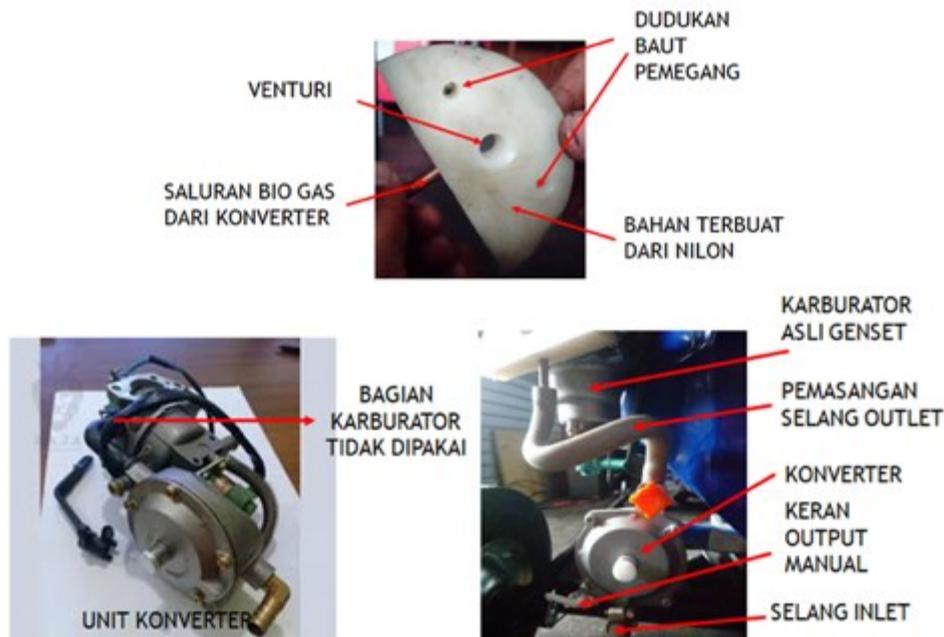
Gambar 6. Langkah Memasang coil dan menggeser 5 mm dengan arah berlawanan dengan arah putaran rotor

Modifikasi berikutnya adalah penambahan konverter. Konverter ini berfungsi menjaga tekanan gas yang masuk ke mesin tetap stabil. Setelah itu pembuatan dan pemasangan mixer. Mixer berfungsi untuk

mencampur bahan bakar biogas dengan udara, seperti karburator pada gasoline engine. Mixer dibuat dari bahan nilon yang dilubangi berbentuk seperti venturi dan terdapat lubang kecil sebagai saluran bahan

bakar masuk seperti pada Gambar 7. Berikutnya adalah prosedur pemasangan mixer. Pemasangan diawali dengan membuka

tutup filter udara, kemudian dilanjutkan dengan memasang mixer. Mixer dipasang didepan karburator seperti pada Gambar 9.



**Gambar 7.** Unit mixer dan Konverter serta pemasangannya



**Gambar 8.** Melepas box filter udara



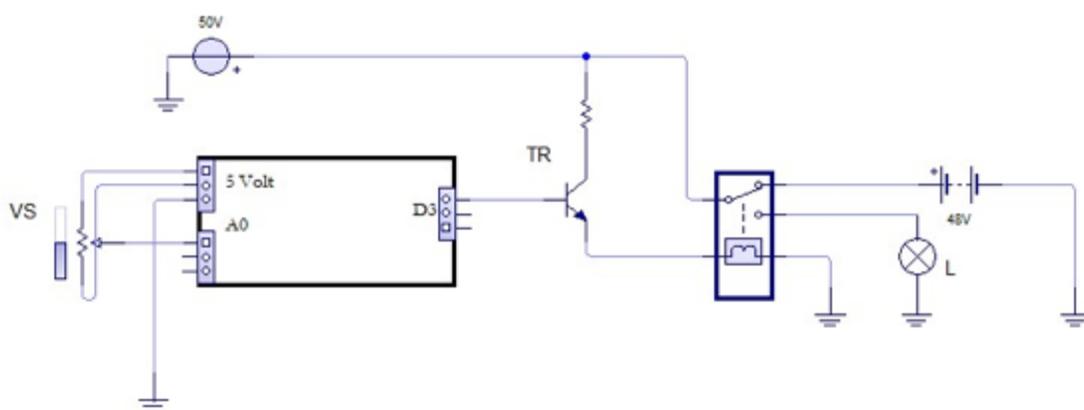
**Gambar 9.** Pemasangan mixer

*Biogas engine* sebagai penggerak generator pembangkit listrik didesain dapat bekerja secara otomatis. Dalam sistem engine memiliki beberapa sistem *controller* yang digunakan dalam pengendalian operasional

engine. Sistem *controller* pertama difungsikan untuk mengendalikan putaran *engine* ketika beban *listrik* yang mengalami fluktuasi atau naik turun. Sistem ini akan mengendalikan putaran engine secara otomatis. Pada saat

beban listrik besar, sistem controller akan membuka throttle valve yang terpasang pada fuel system, sehingga putaran engine tidak mengalami penurunan atau drop. Kondisi selanjutnya saat beban listrik mulai berkurang, sistem controller akan mengurangi pembukaan throttle valve. Posisi ini menjaga putaran engine tidak mengalami kenaikan. Sistem controller akan menjaga putaran engine pada posisi konstan  $\pm 1500$  rpm dengan frekuensi 50-60 hertz, sehingga output listrik yang dihasilkan generator tetap stabil walaupun terjadi perubahan beban.

Sistem controller yang berikutnya digunakan untuk autostarting. Sistem ini dirancang untuk menjalankan engine secara otomatis ketika tegangan battery mengalami penurunan sesuai set point yang diatur oleh microcontroller, dan akan mematikan engine pada saat tegangan battery penuh. Pada kegiatan ini sistem controller ini merupakan hasil rancangan dari team untuk diinstall dalam engine. Adapun wiring diagram hasil sistem controller ketiga yang dirancang dan diaplikasikan dalam engine terlihat dalam gambar 10.



Gambar 10. Wiring diagram sistem controller autostarting engine

Autostarting control system bekerja berdasarkan prinsip kondisi tegangan battery penyimpanan. Saat tegangan battery penyimpanan pada kondisi turun sekitar 45 volt maka akan dibaca oleh voltage sensor. Sensor ini akan memberikan trigger ke terminal A0 pada microcontroller. Dengan trigger yang diberikan oleh voltage sensor, microcontroller mengolah data dan memberikan decision untuk menghidupkan relay 01 (R01) dan relay 02 (R02). Kedua relay yang telah aktif mengalirkan arus listrik dari battery ke ignition system (R01) dan motor starter (R02) pada engine, sehingga menghidupkan engine. Engine selanjutnya menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Setelah tegangan battery penyimpanan mencapai mencapai 48 volt, engine akan dimatikan oleh automatic control system dengan mematikan R01. Hal tersebut dilakukan supaya tidak terjadi over charge pengisian battery.

Tiga lokasi biogas engine yang berhasil diaplikasikan menjadi PLT-biogas memerlukan potensi listrik sebesar 15.000 Watt atau 15 kW. Dengan PLT-biogas ini

dapat menurunkan jumlah biogas yang terbuang sia-sia, sementara itu listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk proses pemeliharaan peternakan serta dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga. Agar kegiatan ini dapat berkembang dan berkelanjutan maka dilaksanakan pelatihan bagaimana cara mengkonversi biogas menjadi PLT-biogas dan bagaimana cara merawat dan melakukan perbaikan ketika ada kerusakan. Gambar 11 memperlihatkan proses pemasangan peralatan yang digunakan untuk PLT-biogas. Tim pengabdian sedang men-setting otomatis charging dan otomatis starting pada PLTB di tempatnya Bapak Supomo dan Bapak wiyono. Dari hasil setting tersebut maka generator listrik bekerja secara otomatis ketika baterai kosong akan menghidupkan generator dan sebaliknya ketika baterai penuh akan mematikan generator. Gambar 12 merupakan PLT biogas yang sudah berhasil dibuat oleh tim pengabdian.

Gambar 13 adalah proses pendampingan dan pelatihan yang dilaksanakan oleh tim pengabdian. Ada beberapa materi yang disampaikan dalam

pelatihan yaitu tentang konversi energi dari biogas ke energi listrik dan energi lainnya, yang kedua adalah pendampingan bagaimana mengubah generator berbahan bakar bensin menjadi generator berbahan bakar biogas, yang ketiga adalah pelatihan penggunaan mikrokontroler arduino dalam mengontrol kerja generator. Hasil pendampingan dan

pelatihan adalah penambahan pengetahuan dan ketrampilan dalam mengkonversi generator berbahan bakar bensin ke generator berbahan bakar biogas.



**Gambar 11.** Proses pemasangan PLT-biogas



**Gambar 12.** Rumah PLT-biogas

## **SIMPULAN DAN SARAN**

Kegiatan implementasi pengembangan PLT-biogas menggunakan sumber energi biogas peternakan sapi perah di Desa Gedangan Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali dapat disimpulkan bahwa implementasi teknologi ini dapat digunakan sesuai dengan fungsi dan tujuan kegiatan. Dengan kegiatan ini teknologi tepat guna yang sudah diimplementasikan memberikan manfaat bagi peternak sapi perah dan masyarakat sekitar, karena dapat menurunkan biaya perawatan pemeliharaan ternak sapi perah, serta dapat dimanfaatkan masyarakat untuk keperluan rumah tangga. Disamping itu dengan

kegiatan ini masyarakat dapat mengembangkan secara mandiri PLT-biogas.

## **DAFTAR RUJUKAN**

- A. Petersson, A. W. (2014). "Biogas upgrading technologies – developments and innovations", IEA Bioenergy. *IEA Bioenergy*, (August), 21.
- Badan Pusat Statistik. (2017). Badan Pusat Statistik. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1040325>
- BIOGAS. (2013). Retrieved from

- <http://id.wikipedia.org/wiki/Riset>
- Databoks. (2018). Berapa Konsumsi Energi Nasional? Retrieved from <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2018/10/10/berapa-konsumsi-energi-nasional>
- Dewi, R. P., & Kholik, M. (2018). Kajian potensi pemanfaatan biogas sebagai salah satu sumber energi alternatif di wilayah magelang. *Journal of Mechanical Engineering*, 2(1), 8–14.
- Elizabeth, R., & S.Rusdiana. (2018). Efektivitas Pemanfaatan Biogas Sebagai Sumber Bahan Bakar Dalam Mengatasi Biaya Ekonomi Rumah Tangga Di Perdesaan. *Jurnal Ekonomi*, 220–234.
- Kusairi, A., & Kelvin, S. (2015). Pemanfaatan Biogas Sebagai Bahan Bakar Generator Set Motor Bensin. *Info Teknik*, 16(1), 113–128.
- Munahar, S., Purnomo, B. C., & Widiyanto, A. (2019). Implementasi Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Pendingin Susu Di Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali. *JATI EMAS (Jurnal Aplikasi Teknik Dan Pengabdian Masyarakat)*, 3(2), 149. <https://doi.org/10.36339/je.v3i2.222>
- Oktavia, I., & Firmansyah, A. (2017). Pemanfaatan Teknologi Biogas sebagai Sumber Bahan Bakar Alternatif di Sekitar Wilayah Operasional PT. Pertamina Asset 2 Prabumulih Field. *Jurnal Care: Jurnal Resolusi Konflik, Csr, Dan Pemberdayaan*, 1(1), 32–36.
- Peraturan Pemerintah RI Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional (2014). Jakarta.
- Perdana, A. W., & Wahyuni, S. (2012). Penggunaan Bahan Bakar Biogas sebagai Energi Penggerak Mula Pompa Air Model CCWP-30. *Rekayasa Teknologi*, 4(2).
- Purnomo, B. C., & Waluyo, B. (2017). APLIKASI TEKNOLOGI KONVERSI BAHAN BAKAR MINYAK KE BAHAN BAKAR BIOGAS UNTUK KELOMPOK TERNAK SAPI POTONG DI KABUPATEN SEMARANG JAWA TENGAH. *DIANMAS*, 6(April), 19–26.
- Purnomo, B. C., Widodo, N., Munahar, S., Setiyo, M., & Waluyo, B. (2017). Karakteristik Emisi Gas Buang Kendaraan Berbahan Bakar LPG untuk Mesin Bensin Single Piston (pp. 7–12).
- SEKRETARIAT JENDERAL DEWAN ENERGI NASIONAL. (2014). *RENCANA STRATEGIS 2015 s.d. 2019*. Jakarta.
- Semin, A.Z.M. Fathallah, B. Cahyono, I. M. A. dan S. (2014). Kajian Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Bahan Bakar Biogas Murah Dan Terbarukan Untuk Rumah Tangga Di Boyolali. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 11(2), 212–220. Retrieved from [seminits@yahoo.com](mailto:seminits@yahoo.com)
- Wiratmaja, I. (2010). Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 4(2).