

## POTENSI ENERGI LISTRIK DARI KONVERSI BIOGAS DI KAMPUNG TEMATIK SAPI PERAH DESA GEDAWANG KECAMATAN BANYUMANIK KOTA SEMARANG

Agus Subagio<sup>1</sup>, Kusworo Adi<sup>1</sup>, Bambang Waluyo Hadi Eko Prasetyono<sup>2</sup>,  
Baginda Iskandar Moeda Tampoebolon<sup>2</sup>, Eflita Yohana<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, S. H. Tembalang, Semarang 50275

<sup>2</sup> Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, S. H. Tembalang, Semarang 50275

<sup>3</sup> Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, S. H. Tembalang, Semarang 50275  
Email: agussubagio@lecturer.undip.ac.id

### Abstrak

*Desa Gedawang merupakan salah satu desa yang ada di kecamatan Banyumanik, Kota Semarang yang secara geografis mempunyai keunikan berkaitan dengan letaknya yang berada di daerah Semarang atas sehingga masih banyak perbukitan dan lahan pertanian yang mempunyai potensi cukup besar dibidang peternakan maupun pertanian. Seiring dengan perkembangan kota Semarang dengan banyaknya perumahan-perumahan yang dibangun di area perbukitan di wilayah Semarang atas maka tidak dapat dipungkiri lagi munculnya benturan-benturan permasalahan berkaitan dengan lahan peruntukan. Sebagian masyarakat asli desa Gedawang yang sebelumnya memelihara ternak sapi di pekarangan rumah-rumah mendapatkan protes oleh warga pendatang sehingga oleh pihak kelurahan dipinjam lahan kelurahan untuk memelihara ternak secara bersama-sama dan dibentuk kelompok tani sapi perah. Namun demikian karena di sekitar lahan juga telah dibeli pengembangan dan menjadi perumahan, maka muncul persoalan berkaitan dengan bau kotoran ke area perumahan. Saat ini ada sekitar 40 sapi yang dipelihara di kelompok tani sapi perah Puspa Hati dengan hasil utama adalah susu yang dijual ke masyarakat umum maupun disetor ke KUD Banyumanik. Konflik terus terjadi karena dari pihak peternak biasanya hanya menumpuk kotoran sapi tersebut dan menunggu pihak yang akan membeli atau mengambil untuk pupuk. Aktivitas inilah yang memicu permasalahan terus menerus sehingga pihak kelurahan Gedawang meminta bantuan Universitas Diponegoro untuk menyelesaikan permasalahan dengan memanfaatkan teknologi yang ada. Berdasarkan latar belakang tersebut maka Tim Pengabdian kepada Masyarakat Program IBDU dilaksanakan dengan tujuan untuk mengkonversi biogas yang dihasilkan dari kotoran sapi menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan oleh peternak sendiri dan otomatis menyelesaikan persoalan pencemaran lingkungan di sekitarnya. Pada kegiatan ini dipilih genset dengan kapasitas 2000 W yang disesuaikan dengan kapasitas limbah kotoran sapi yang dihasilkan per hari. Generator (genset) Bio Elektrik BG 2000 W berbahan bakar biogas ini merupakan kelengkapan (compatible) bagi digester dalam mengolah limbah kotoran sapi menjadi energi listrik.*

**Kata kunci:** energi listrik, biogas, kotoran sapi, kampung tematik

### 1. PENDAHULUAN

Kelurahan Gedawang merupakan daerah pengembangan kawasan pemukiman setelah kelurahan Banyumanik, namun memiliki keunikan tersendiri, karena masih ada perkumpulan kelompok tani yang mengelola sapi perah, yaitu Kelompok Tani "Puspa Hati", sehingga kawasan ini mendapat penghargaan dari Pemerintah Kota Semarang sebagai Kampung Tematik "Susu Sapi Perah Sendiri" sejak tahun 2016 dalam rangka rintisan Kawasan Agrowisata di wilayah perkotaan. Kelompok tani "Puspa Hati" sampai saat ini mengelola sapi perah yang menempati lahan milik Pemerintah Kota Semarang seluas 5978 m<sup>2</sup> dengan Nomer Sertifikat 00007 Tertanggal 30 April 2007. Kelompok tani "PUSPA HATI" memiliki jumlah anggota 35 orang dengan populasi sapi perah yang dimiliki adalah 40 ekor dengan pembinaan dari Dinas Pertanian Kota Semarang (Anonimus, 2017).

Perkembangan Kampung Tematik "Susu Sapi Perah Sendiri" sebagai rintisan agrowisata, sejak Desember 2016 kurang berjalan optimal. Pada tahun 2017 Tim Undip telah melakukan pendampingan melalui program UFST2D dengan kegiatan peningkatan pengetahuan dan ketrampilan tentang manajemen pakan sapi perah dan sanitasi lingkungan, teknologi pengolahan produk susu, manajemen agrowisata; implementasi teknologi suplementasi protein dalam ransum sapi perah, pembangunan instalasi gas bio model baru serta pengolahan pupuk organik; serta pendampingan implementasi teknologi suplementasi protein dalam ransum sapi perah serta operasional instalasi gas bio. Program-program tersebut selanjutnya diintegrasikan dengan kegiatan program Iptek Bagi Desa Binaan Undip (IDBU) melalui program konversi biogas ke energi listrik untuk mendapatkan sumber energi bagi mendukung keberlanjutan kampung tematik tersebut. Berdasarkan

hasil observasi awal dan informasi dari laporan kelurahan bahwa kebutuhan akan energi listrik cukup besar jika program eco-tourism dilaksanakan sehingga biaya untuk kebutuhan daya listrik terlalu berat untuk mengcover kawasan tersebut. Di sisi lain pengujian reaktor biogas di tahun 2017 telah dapat menghasilkan kestabilan aliran gas yang baru digunakan untuk kompor dan lampu petromak. Oleh karena itu pengajuan program IDBU sangat strategis untuk mengubah biogas menjadi PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Biogas) mini di kawasan tersebut. Kebutuhan akan energi listrik dengan kapasitas daya yang cukup akan mendukung pengembangan kampung tematik sapi perah ini menjadi kawasan rujukan untuk model konversi energi yang terbarukan dan mereduksi atau bahkan menghilangkan kontaminasi udara melalui bau kotoran yang selama ini dikeluhkan oleh masyarakat sekitarnya. Selain itu seiring dengan pengembangan sistem konversi yang akan dilakukan maka untuk pengembangan selanjutnya diharapkan masyarakat di sekitarnya juga dapat menikmati konsumsi energi listrik ini khususnya yang berdekatan dengan kampung tematik sapi perah.

Telah banyak implementasi energi listrik yang dihasilkan dari proses konversi biogas. Biogas adalah campuran metana, karbon dioksida, air dan hidrogensulfida yang diproduksi selama dekomposisi anaerob bahan organik. Biogas dapat digunakan secara langsung untuk memasak, penerangan (melalui lampu petromak) atau pun bisa ditransformasikan dalam segala jenis energi termal, listrik atau mekanik. Metana adalah komponen berharga dalam aspek penggunaan bahan bakar biogas. Nilai kalor dari biogas adalah sekitar 6 kWh/m<sup>3</sup> yang setara dengan sekitar setengah liter minyak diesel (Joshi, dkk., 2017). Jika terdapat 1000 kg limbah kotoran per hari, maka akan dihasilkan listrik dengan kapasitas sebesar 600KW (Surroop, D., 2012). Kapasitas elektrisitas maksimum yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik mini biogas bias dinaikkan menjadi 720KW dengan jumlah limbah 1200 kg per hari (Mydin, dkk., 2014).

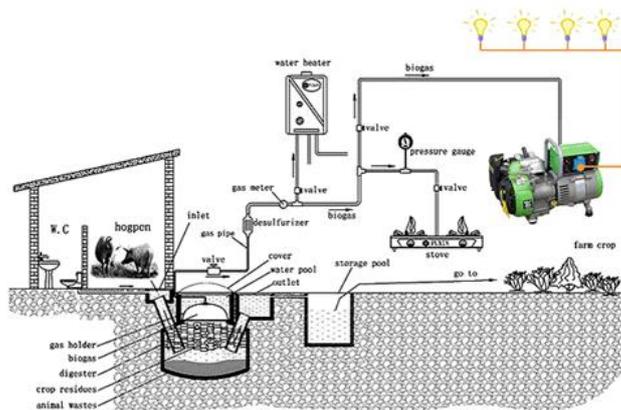
Pada sisi lain, sebagai bagian dari proses perawatan maka biogas sendiri perlu difilter untuk melindungi peralatan dari korosi oleh kandungan gas yang terdapat di dalamnya. Peningkatan nilai kalor biogas juga membutuhkan pemurnian untuk menghilangkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S. Kinetika pemurnian biogas dapat dilakukan dengan KOH untuk mengurangi gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S (Elasri, dkk., 2015). Penggabungan material karbon aktif (AC) dengan KOH-KI juga merupakan absorben yang sangat efektif untuk mereduksi H<sub>2</sub>S seperti yang disyaratkan oleh penggunaan biogas dalam sistem sel bahan bakar suhu tinggi (Barelli, 2017).

Potensi yang besar terhadap pengelolaan biogas menjadi energi listrik sangat dibantu oleh perkembangan teknologi baik perancangan, pembuatan maupun perawatannya. Sistem digester yang kedap udara juga sudah diimplementasikan menggunakan fiber, dimana sebelumnya cukup dengan membuat lubang cor di bawah tanah namun sering terjadi kebocoran karena retakan dindingnya. Sistem pemfilteran bertingkat juga membantu untuk mengurangi gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S yang dapat menyebabkan korosi pada peralatan kelistrikan. Oleh karena itu melalui kegiatan program IDBU ini telah dapat diimplementasikan sistem kelistrikan dari limbah kotoran sapi di Kampung Tematik "Susu Sapi Perah Sendiri" Desa Gedawang Kecamatan Banyumanik Kota Semarang.

## **2. METODE PENGABDIAN**

Program Iptek Bagi Desa Binaan Undip (IDBU) adalah salah satu skema program pengabdian kepada masyarakat yang bertujuan untuk mewujudkan peranan Undip secara lebih nyata pada pembangunan masyarakat desa. Isu-isu penting dalam program ini adalah konservasi lingkungan, kedaulatan pangan dan energi, eco-tourism, percepatan kemandirian ekonomi kreatif, pembentukan klaster/sentra-sentra potensi masyarakat, penataan dan pengelolaan wilayah/sumber daya/keuangan desa, peningkatan kemampuan sumber daya manusia, perbaikan moral, karakter dan etika, serta konservasi dan promosi budaya atau lainnya. Berdasarkan isu-isu penting yang dapat mendorong percepatan pembangunan di wilayah pedesaan, maka khususnya kegiatan IDBU yang dilakukan di Kampung Tematik "Susu Sapi Perah Sendiri" di desa Gedawang sangat relevan dengan kedaulatan pangan dan energi yang mengarah pada eco-tourism.

Transfer pengetahuan dan teknologi dilakukan dengan membuat sistem digester biogas yang dilengkapi dengan tabung untuk penyimpanan gas (*gas storage*) yang dihubungkan dengan sistem filter dan genset. Selanjutnya dari genset bisa langsung dimanfaatkan luaran kelistrikannya untuk berbagai keperluan khususnya untuk penerangan dan sistem kelistrikan lainnya. Sistem yang telah terbangun ini selanjutnya dioperasikan bersama-sama dengan kelompok peternak yang ada di Kampung Tematik dan pendampingan untuk melakukan perawatan sistem menjadi bagian penting di dalam mendukung keberlanjutan pengoperasiannya. Gambar 1 menunjukkan skema sistem konversi energi listrik dari biogas yang diterapkan di Kampung Tematik "Susu Sapi Perah Sendiri" Desa Gedawang Kecamatan Banyumanik Kota Semarang.



Gambar 1. Skema sistem konversi energi listrik dari biogas (Joshi, dkk., 2017).

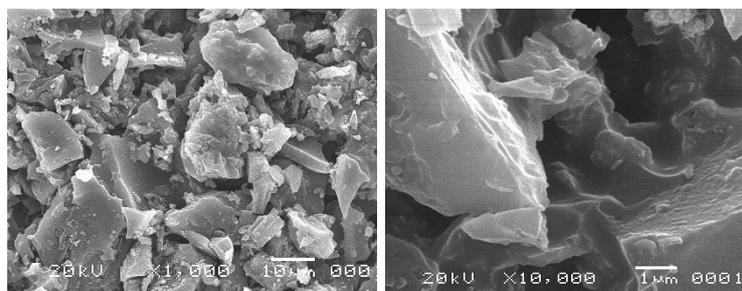
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat program IBDU difokuskan pada penerapan sistem pengkonversian biogas menjadi energi listrik dengan diawali proses pemurnian biogas melalui pemanfaatan kotoran sapi dari hasil samping biogas sebagai bahan utama penyerap dalam bentuk serbuk karbon teraktivasi. Proses aktivasi serbuk karbon dari limbah kotoran sapi dilakukan dengan melakukan pembakaran pada temperatur sekitar 400 °C. Setelah menjadi arang selanjutnya dilakukan aktivasi dengan dipanaskan pada temperatur sekitar 700 °C dalam lingkungan gas N<sub>2</sub> atau Argon untuk mendapatkan material karbon aktif. Gambar 2 menunjukkan limbah kotoran sapi yang dapat digunakan sebagai karbon teraktivasi.



Gambar 2. Limbah kotoran sapi

Gambar 3 menunjukkan citra SEM dari material karbon aktif hasil dari proses pengkarbonan dan aktivasi limbah kotoran sapi. Material karbon aktif dari limbah kotoran sapi ini selanjutnya digunakan untuk memfilter biogas yang akan dimasukkan ke dalam genset listrik.



Gambar 3. Citra SEM material karbon aktif hasil proses karbonasi dan aktivasi

## Agus Subagio, dkk., Potensi Energi Listrik...

Selanjutnya dilakukan penginstalan sistem biogas untuk konversi listrik dengan memasang penyimpan gas (*gas storage*) didekat digester. Gambar 4 menunjukkan penginstalan sistem penyimpan gas dari bahan fiber.



Gambar 4. Sistem penyimpan gas dari bahan fiber.

Pada sistem perpipaan dilakukan penginstalasian dari mulai keluaran digester menuju ke penyimpan gas selanjutnya ke filter dan diakhir step masuk ke genset. Gambar 5 menunjukkan tabung filter yang dipasang sebelum genset. Tabung filter berisi bahan KOH dan karbon aktif yang sudah diproses untuk menyerap  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$ .



Gambar 5. Pengujian sistem tabung filter biogas.

Selanjutnya pemilihan genset atau generator harus disesuaikan dengan kapasitas biogas atau gas metan. Pada kegiatan ini dipilih genset dengan kapasitas 2000 W yang disesuaikan dengan kapasitas limbah kotoran sapi yang dihasilkan per hari. Generator (genset) Bio Elektrik BG 2000 W berbahan bakar biogas ini

## Agus Subagio, dkk., Potensi Energi Listrik...

merupakan kelengkapan (*compatible*) bagi digester dalam mengolah limbah kotoran sapi menjadi energi listrik. Genset modifikasi ini menyediakan listrik dengan daya hingga 2 KVA atau 2000 watt. Pemenuhan konsumsi bahan bakar, dengan kesetaraan Fuel Gasoline 9 liter utk 8 Jam, adalah 1,2 m<sup>3</sup> biogas murni/jam.

Gas selanjutnya dialirkan ke dalam alat pemurnian (purifikasi atau methan purifier) dari kandungan impurites (H<sub>2</sub>S, Amoniak, CO<sub>2</sub>), akan menjadi murni (CH<sub>4</sub>> 70 %) yang kemudian dikategorikan sebagai biometan RNG. Kesetaraan energi biogas tiap 1 m<sup>3</sup> setara dengan 0.46 kg LPG = 0.62 liter minyak tanah = 0.80 liter bensin = 3.50 kg kayu bakar (PT. Swen Inovasi Transfer, 2016). Gambar 6 menunjukkan pengaturan pipa pada tabung penyimpanan biogas dan persiapan penempatan genset.



Gambar 6. Setting pipa pada tabung penyimpanan biogas dan persiapan penempatan genset

Beberapa kendala yang dihadapi adalah di dalam menggerakkan para peternak memanfaatkan waktu semaksimal mungkin untuk mempelajari sistem yang telah terpasang. Namun demikian karena sehari-hari disibukkan oleh kegiatan mencari pakan rumput untuk ternaknya, maka perlu ada cara lain untuk melakukan kegiatan tersebut secara efektif. Salah satunya dengan pertemuan di malam hari melalui diskusi dan masukan terkait kebutuhan dari para peternak, khususnya untuk pengembangan pengelolaan. Berdasarkan diskusi-diskusi yang telah dilakukan maka ditetapkan tempat khusus untuk pusat kegiatan di gasibu yang dapat digunakan untuk pertemuan, sosialisasi, pelatihan dan rembung antar peternak, antar warga, ibu-ibu PKK maupun karang taruna. Oleh karena itu selanjutnya sistem kelistrikan dan genset ditempatkan di dekat gasibu untuk memudahkan dalam penggunaan. Gambar 7 menunjukkan penempatan sistem di dekat gasibu sebagai pusat kegiatan. Keberhasilan program konversi dari biogas ke sistem kelistrikan ini sangat dirasakan tidak hanya oleh para peternak tetapi juga warga sekitar terutama ibu-ibu PKK yang dapat melakukan kegiatan untuk membuat olahan-olahan makanan ringan, es krim maupun yoghurt dari susu sapi.



Gambar 7. Penempatan genset di dekat gasibu sebagai pusat kegiatan.

#### 4. SIMPULAN

Pengabdian masyarakat program IBDU di Kampung Tematik Susu Sapi Perah Sendiri” di desa Gedawang Kecamatan Banyumanik Kota Semarang telah berhasil menerapkan instalasi kelistrikan dari konversi biogas dengan kapasitas daya maksimum 2000 Watt. Sistem ini memberikan dua manfaat yakni: (1) meningkatkan pemanfaatan biogas untuk kelistrikan selain digunakan untuk kompor, (2) sistem kelistrikan yang dihasilkan dapat digunakan untuk penerangan dan sebagai sumber daya listrik untuk alat-alat rumah tangga.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian program IBDU menyampaikan terima kasih kepada Universitas Diponegoro yang telah memberikan pendanaan melalui Program Pengabdian Kepada Masyarakat skema Program Iptek Bagi Desa Binaan Undip (IDBU) sumber dana selain APBN Universitas Diponegoro tahun 2019 dengan kontrak no. 286-02/UN7.P4.3/PM/2019 yang telah mendanai kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini serta kepada perangkat Desa Gedawang Kecamatan Banyumanik Kota Semarang yang telah memberikan perijinan serta kelompok Tani di Kampung Tematik “Susu Sapi Perah Sendiri” sebagai tempat pelaksanaan kegiatan pengabdian.

#### DAFTAR PUSTAKA

Anonimus. 2017. Statistik Kelurahan Gedawang.

Barelli. L., Bidini. G., Arespachoga. N., Perez. L., Sisani. E. (2017). Biogas use in high temperature fuel cells: Enhancement of KOH-KI activated carbon performance toward H<sub>2</sub>S removal. *International Journal of Hydrogen Energy* 42, 10341-10353.

## **Agus Subagio, dkk., Potensi Energi Listrik...**

- Elasri, O., Afilal, M.E., Hafidi, I., Boujibar. O., Chafik. T. (2015). Proposition of biogas filtration system. *Journal Material Environment Science*. 6 (10), 2804-2810.
- Joshi, A., Jose, J., Bansiwat, N., Soni, N. (2017). Study on Electricity Generation through biogas on small scale. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 6, Issue 4, 6662-6669.
- Mydin, M.A.O., Abllah, N.F.N., Ghazali, N. (2014). Development of Environmental Friendly Mini Biogas to Generate Electricity by means of Food Waste. *Journal Material Environment Science*. 5 (4), 1218-1223.
- PT. Swen Inovasi Transfer, *BIOGAS – Sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan pupuk organik*, Bogor.
- Surroop, D., Mohee, R. (2012). Technical and Economic Assessment of Power Generation from Biogas. *International Conference on Environmental Science and Technology. IPCBEE vol.30*, 108-112.