

Implementasi Pemanfaatan *Biogas* Sebagai Energi Pendingin Susu Di Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali

Suroto Munahar*, Bagiyo Condro Purnomo, Andi Widiyanto

Universitas Muhammadiyah Magelang

Email: suroto@ummgl.ac.id

Abstrak - Provinsi Jawa tengah merupakan provinsi yang memiliki daerah penghasil susu, diantaranya Kabupaten Boyolali. Daerah ini dikenal sebagai daerah penghasil susu yang dapat menyuplai kebutuhan susu di wilayah Semarang, Klaten dan Solo. Namun demikian, Industri pengolahan susu belum sepenuhnya mendukung para peternak sapi perah. Kondisi ini dapat diketahui ketika industri pengolah susu menentukan standar kualitas yang terlalu tinggi, sehingga menimbulkan permasalahan bagi peternak sapi perah. Efek ini menyebabkan susu dari peternak sapi perah dibuang. Masalah yang lain muncul akibat ketidaktepatan waktu pengambilan dengan waktu pemerasan susu untuk ditampung di KUD. Alat penyimpan dan pendingin susu yang dimiliki peternak sapi tidak maksimal karena menggunakan energi listrik yang bersumber dari PLN, sehingga meningkatkan biaya produksi. Untuk itu dalam menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara membuat alat penyimpan dan pendingin susu dengan energi dari biogas. Hasil dari implementasi teknologi ini mampu menurunkan biaya produksi karena dalam proses penyimpanan susu tidak membutuhkan energi dari PLN. Selain itu, dapat mengurangi pemborosan susu karena kesalahan pemilihan waktu pengumpulan dan pemesanan susu.

Kata kunci: alat penyimpan susu, alat pendingin susu, biogas.

Abstract - Central Java Province is a province that has dairy producing areas, including Boyolali Regency. This area is known as a dairy producing area that can supply milk needs in the Semarang, Klaten and Solo regions. However, the milk processing industry has not fully supported the dairy farmers. This condition can be known when the milk processing industry sets too high quality standards, causing problems for dairy farmers. This effect causes milk from dairy farmers to be thrown away. Another problem arises due to the inaccurate time of collection with the time of milk extraction to be accommodated in the KUD. Milk storage and cooling equipment owned by cattle farmers are not optimal because they use electricity sourced from PLN, thus increasing production costs. For that reason, in solving these problems by making milk storage devices and coolers with energi from biogas. The results of the implementation of this technology can reduce production costs because the milk storage process does not require energi from PLN. Besides, it can reduce milk wasted due to wrong timing of milk collection and order.

Keyword: Milk storage devices, milk cooling devices, biogas.

1. PENDAHULUAN

Kemandirian teknologi menjadi salah satu pilar dalam arah pembangunan nasional. Pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan menjadi salah satu target orientasi, terutama pemanfaatan dari Bahan Bakar Gas (BBG) sebagai sumber energi pembangkit listrik [1]. Kondisi tersebut disebabkan oleh keterbatasan energi fosil yang tidak sebanding dengan peningkatan pemakaian energi, baik konsumsi energi skala nasional maupun skala internasional. Dalam hal ini diperlukan pengembangan dan eksplorasi sumber energi alternative terutama sumber energi baru dan terbarukan. Beberapa tahun terakhir kebutuhan energi nasional terus meroket. Untuk mengimbangi antara ketersediaan sumber energi dan pemenuhan kebutuhan energi nasional, pemerintah

mengeluarkan PP No.5 tahun 2006 tentang *mix* energi nasional. Pemerintah telah mencanangkan dalam pemenuhan energi nasional dengan pemanfaatan energi gas sebesar 30% serta energi *renewable* 17% [2].

Ada beberapa jenis energi baru dan terbarukan yang dapat dijadikan *mix* untuk kebutuhan pemenuhan energi nasional, diantaranya energi *Compresses Natural Gas* (LNG), *Liquid Petroluem Gas* (LPG), gas alam, energi kincir angin maupun energi *biogas*. Selain jenis energi Beberapa energi tersebut ada energi yang berasal dari alam yang tidak dapat *renewable*, namun dapat dijadikan sebagai energi *mix* karena memiliki jumlah cukup memadai dalam kurun waktu tertentu. Ada juga energi yang dapat *renewable* sehingga keberadaannya dapat didaur ulang. *Biogas*

merupakan salah satu energi yang dapat *renewable* sehingga ketersediaan dan sustainability energi dapat diperbaharui[3] ³ serta aman bagi lingkungan karena kandungan gas ini dapat dinetralkan oleh alam sekitar. Dalam Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) biogas termasuk dalam skim Bidang Kemandirian Teknologi Pembangkit Listrik. Skim ini memiliki beberapa bidang selain *biogas*, diantaranya skim Rancangan Bangun Pembangkit Listrik Tenaga (PLT) panas bumi dan Rancangan Bangun PLT mikrohidro darat dan marine.

Kendala yang dihadapi dalam skim PLT tenaga panas bumi belum memiliki *resource* baik berupa sumber daya, perlengkapan dan peralatan yang dimiliki dalam negeri. *Resource* ini hampir semuanya 100 % import dari luar negeri, sehingga dalam investasi awalnya membutuhkan biaya sangat tinggi. Disamping itu, Dalam teknologi ini belum memiliki tenaga ahli yang berasal dari dalam negeri. Untuk rancangan bangun PLT mikrohidro darat memiliki kendala sangat tergantung dengan sumber daya dari alam. Dimana saat ini, Kondisi alam memiliki ketidakpastian yang cukup besar karena terpengaruh dari pemanasan global. Lain halnya dengan biogas, resourcenyanya lebih mudah didapatkan karena sumbernya berasal dari kotoran hewan/manusia, limbah organik maupun yang lainnya, sehingga tinggal metode pengelolaannya yang perlu ditingkatkan.

Manfaat *biogas* selain sebagai sumber energi baru dan terbarukan yang digunakan sebagai bahan bakar, *biogas* dapat juga digunakan sebagai bahan *Direct Biogas Solid Oxide Fuel Cell* – (DBSOFC)[4]. *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC) sebagai bahan *fuel cell* pada dapat juga dibuat dari *biogas*[5]. *Biogas* biasanya terbentuk melalui proses aktivitas *anaerobic* yang dibangkitkan melalui proses fermentasi. Aktivitas *anaerobic* ini merupakan suatu aktivitas yang dilakukan oleh *mikroorganisme* yang dapat tumbuh, hidup maupun berkembang tanpa menggunakan udara (oksigen). Dalam proses perkembangan aktivitas *mikroorganisme* dapat meningkat apabila proses yang membantu dari luar, namun juga dapat mati jika terkena zat kimia, yang mencegah pertumbuhan *mikroorganisme*. Kandungan senyawa yang menyebabkan *biogas* mudah terbakar diantaranya mengandung gas *Oksigen* (O₂), *Hidrogen* (H₂), *Nitrogen* (N₂), *Metana* (CH₄) dan *Hidrogen Sulfida* (H₂S). Kandungan prosentase senyawa yang paling dominan dalam biogas oleh gas methan. Adapun prosentase senyawa biogas terdapat dalam tabel 1. Bahan – bahan *organic* seperti sampah – sampah yang dihasilkan oleh tumbuhan (kompos)[6], kotoran hewan[7][8] yang berupa faeces dan limbah etanol[9] dapat juga digunakan untuk membuat *biogas*.

Tabel 1. Kandungan senyawa dalam biogas[10].

No.	Nama Gas	Rumus Kimia	Jumlah
1.	Gas methan	CH ₄	54%-70%
2.	Karbon dioksida	CO ₂	27%-45%
3.	Nitrogen	N ₂	3%-5%
4.	Hidrogen	H ₂	1%-0%
5.	Karbon monoksida	CO	0,1%
6.	Oksigen	O ₂	0,1%
7.	Hidrogen Sulfida	H ₂ S	Sedikit

Untuk meningkatkan pengelolaan teknologi biogas, agar dapat sebagai energi bahan bakar, penelitian – penelitian tentang biogas terus ditingkatkan. Baik dari sisi teknologi pemanfaatan biogas, produksi maupun pengelolaannya, agar tercapainya standar kualitas biogas yang baik. Baru – baru ini pemanfaatan dan pengembangan teknologi *biogas* secara internasional lebih ditingkatkan, baik untuk bidang *electric* maupun bidang transpostasi [11][12]. Hal ini dilatarbelakangi karena *biogas* masih mengandung zat – zat pengotor yang menyebabkan korosi seperti H₂S, SO₂, CO₂, maupun H₂O. Bahkan dalam rentang waktu tertentu intalasi *biogas* dapat gagal berfungsi. Sistem produksi *biogas* tidak dapat menghasilkan gas dengan kualitas baik. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh inputan *reactor biogas* yang memiliki *logistic* yang kurang memadai[13]. Perbaikan – perbaikan teknologi *biogas* terus disempurnakan baik dari sisi produksinya, kandungan senyawa maupun teknologi pemanfaatannya. Penggunaan material *carbon*, zat *amine* maupun *calcium hydroxide* dapat meningkatkan kualitas *biogas*[14], sedangkan untuk menambah kuantitas gas dapat menggunakan panas matahari[15]. Dengan penyempurnaan - penyempurnaan teknologi tersebut, maka *biogas* dapat menjadi *mix* untuk pemenuhan kebutuhan energi nasional sebagai energi alternative.

Boyolali merupakan daerah yang memiliki banyak kelompok peternak sapi. Terutama peternak sapi perah yang menghasilkan susu dengan jumlah cukup banyak. Salah satunya sentra ternak sapi perah di Cepogo. Anggotanya tergabung dalam Kelompok Tani Ternak (KTT) Ngudi Utomo yang memiliki anggota mencapai 40 orang. Populasi sapi yang dternakkan oleh KTT mencapai puluhan, sehingga limbah yang dihasilkan oleh ternak sapi cukup banyak. Terutama limbah kotoran sapi yang dimanfaatkan menjadi *biogas*. *Biogas* yang diproduksi oleh KTT Ngudi Utomo cukup banyak. Namun demikian, pemanfaatannya belum maksimal. Selama ini *biogas* yang dihasilkan oleh kotoran ternak sapi perah hanya digunakan untuk memasak saja, sehingga kelebihan gas.

Saat ini para peternak sapi menghadapi beberapa permasalahan, diantaranya ketidakjelasan penetapan standar kualitas yang ditetapkan oleh industri pengolah susu, sehingga susu yang tidak lolos uji akan dibuang begitu saja. Disisi lain ketidaktepatan waktu pengambilan susu dengan waktu pemerasan susu untuk ditampung di koperasi. Untuk menghadapi kondisi tersebut para peternak sapi menyimpan susu yang telah diperah ke dalam almari pendingin. Namun energi yang digunakan untuk mendinginkan susu menggunakan energi listrik dari PLN, sehingga menambah biaya produksi. Melihat permasalahan tersebut dalam kegiatan ini mengembangkan teknologi tepat guna melalui implementasi pemanfaatan *biogas* sebagai energi pendingin susu.

2. METODE

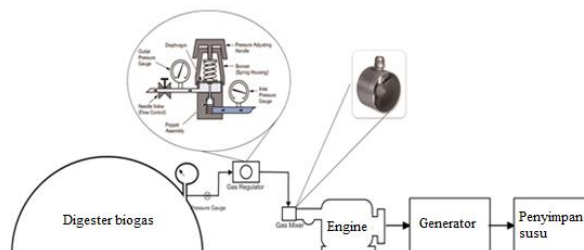
Metode pendekatan yang digunakan

Pada tahap awal perlu pengenalan terhadap permasalahan dan kebutuhan mitra. Proses yang dilakukan dengan observasi dan diskusi untuk mendapatkan permasalahan yang dihadapi. Selanjutnya mengidentifikasi permasalahan yang akan diselesaikan. Permasalahan yang diangkat diantaranya banyak susu yang terbuang akibat tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh industri pengolahan susu dan ketidaktepatan antara proses pemerasan susu dan pengambilan susu untuk penampungan. Penggunaan alat penyimpanan dan pendingin susu yang kurang maksimal akibat konsumsi energi listrik yang besar. Pemanfaatan *biogas* yang melimpah hanya sebatas memasak dan belum dimanfaatkan untuk sumber energi alat pendingin susu.

Design dan aplikasi alat penyimpanan dan pendingin susu

Dalam merancang alat penyimpanan dan pendingin susu dengan memanfaatkan sumber energi dari *biogas* ada beberapa pekerjaan yang harus dilakukan, diantaranya melakukan pengamatan terhadap aliran *biogas* yang dihasilkan oleh *digester*. Kebutuhan untuk *device supporting* pada alat penyimpanan dan pendingin susu, diantaranya *biogas digester*, *gas regulator*, *gas mixer*, *engine*, *generator* dan pendingin susu. *Biogas digester* sebagai tempat penampungan *biogas* yang telah dihasilkan oleh *reactor*. *Biogas* akan keluar dari *digester* melalui pipa yang dipasangkan pada bodi *digester*. *Gas regulator* digunakan untuk menjaga kestabilan gas yang akan masuk ke dalam *engine*. *Gas mixer* difungsikan untuk mencampur udara dan *biogas* sesuai dengan stoikiometri gas. *Engine* yang difungsikan untuk merubah energi *biogas* menjadi energi gerak menggunakan *gasoline engine* yang sebelumnya dilakukan penyesuaian. Baik penyesuaian saat pengapian, campuran bahan

bakar maupun kompresi *engine*. *Generator* berfungsi merubah energi gerak menjadi energi *electric* yang digunakan untuk menghidupkan pendingin susu. Adapun *design* instalasi *device supporting* alat penyimpanan dan pendingin susu terlihat dalam gambar 1.



Gambar 1. *Design* instalasi *device supporting* alat penyimpanan dan pendingin susu dengan *biogas*.

Alat penyimpanan dan pendingin susu yang sudah terpasang dalam kondisi nyata memiliki prinsip kerja sebagai berikut. *Biogas* yang berasal dari *digester* mengalir ke *engine* melalui *gas regulator* dan *gas mixture*. *Gas mixture* dipasang pada karburator yang berada pada bodi *engine*. *Gasoline engine* dapat hidup dengan baik jika memiliki tekan gas konstan sekitar 0,2 bar (gauge). Untuk memonitor tekanan *biogas*, *pressure gauge* dipasangkan pada pipa saluran luar dari *digester*. Campuran *biogas* dengan udara dalam menghasilkan campuran yang homogen dipasangkan *gas mixer*. Dimensi *gas mixer* terutama diameter lubang *biogas* dan udara mengacu berdasarkan kapasitas *gasoline engine* yang akan digunakan. *Gas regulator* selain digunakan untuk mengatur tekanan gas juga dipasangkan *water filter* yang berfungsi untuk mengurangi kadar air yang masuk ke *engine*.

Engine dengan energi *biogas* memiliki karakteristik berbeda dengan *gasoline engine*. Untuk itu penyetulan saat pengapian (*timing ignition*) harus disesuaikan, dengan cara menggeser *pulsa* pengapian agar menyala lebih maju. *Settingan* ini perlu dilakukan karena gas *metan* memiliki kecepatan rambat api yang lebih rendah dibandingkan dengan *gasoline*/bensin. *Settingan* lain selain *pulsa* pengapian diantaranya *settingan main jet* dan *idle mixture screw*, agar diperoleh campuran yang homogen dan pencapaian campuran stoikiometri antara *biogas* dengan udara. Setelah itu *engine* dengan energi *biogas* dapat menggerakkan *generator* yang menghasilkan arus listrik. Sistem pendingin susu dapat dihidupkan oleh *generator*. Setelah selesai pembuatan, alat diuji cobakan pada kondisi nyata.

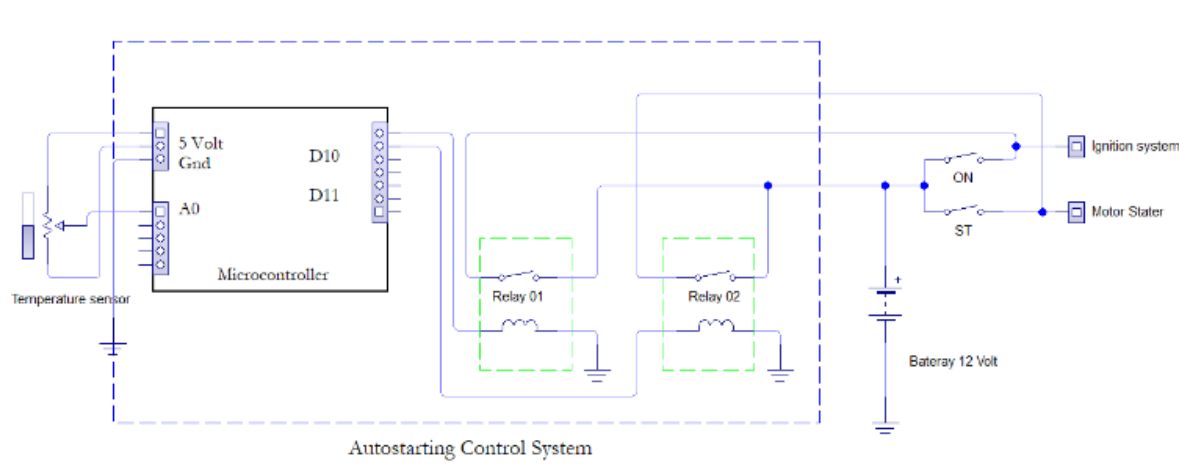
Pendampingan

Pendampingan perlu dilakukan untuk menginformasikan kepada mitra bagaimana cara penanganan alat penyimpan dan pendingin susu dengan baik. Dalam pendampingan ini ada tiga item yang perlu diinformasikan diantaranya pendampingan pengoperasian, pendampingan perawatan dan SOP sistem kerja. Pendampingan pengoperasian lebih difokuskan pada petunjuk operasional *engine*, *controller* dan sistem instalasi. Dalam pendampingan petunjuk operasional *engine*, terlebih dahulu mitra diinformasikan tentang item-item kritikal atau bahaya yang timbul jika terjadi kesalahan pengoperasiannya. Setelah mengetahui item – item tersebut baru dilanjutkan tentang cara mengoperasikan *engine*. Penanganan sistem *controller* dan instalasi diinformasikan secara detail kepada mitra untuk lebih memperdalam pengetahuan tentang teknologi sistem pengendali. Pendampingan selanjutnya tentang perawatan dan SOP alat penyimpan dan pendingin susu. Pendampingan ini lebih difokuskan kepada *maintenance engine*, instalasi dan *controller*. Item yang diinformasikan diantaranya petunjuk penggantian minyak pelumas, *monitoring* jumlah *electrolite accu* dan perawatan baterai (baterai *engine* dan *controller*) dan lain – lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam instalasi pemasangan alat penyimpan dan pendingin susu dengan menggunakan energi *biogas* dipasangkan secara integral perlu perhatian serius. *Engine* sebagai penggerak *generator* pembangkit *electric* untuk menghidupkan alat penyimpan dan pendingin susu didesign dapat bekerja secara otomatis. Dalam sistem *engine*

memiliki tiga sistem *controller* yang digunakan dalam pengendalian operasional *engine*. Sistem *controller* pertama difungsikan untuk mengendalikan putaran *engine* ketika beban *electric* yang mengalami fluktuasi atau naik turun. Sistem ini akan mengendalikan putaran *engine* secara otomatis. Pada saat beban *electric* besar, sistem *controller* akan membuka *throttle valve* yang terpasang pada *fuel system*, sehingga putaran *engine* tidak mengalami penurunan atau drop. Kondisi selanjutnya saat beban *electric* 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 ± 1500 rpm dengan frekuensi 50-60 hertz, sehingga *output electric* yang dihasilkan *generator* tetap stabil walaupun terjadi perubahan beban. Sistem *controller* kedua digunakan untuk posisi kerja *ECO*. Posisi ini menjaga agar *engine* dapat beroperasi pada posisi dengan efisiensi bahan bakar tinggi. Dengan sistem *ECO controller*, akan mengendalikan operasi *engine* dengan pemakaian bahan bakar paling hemat. Sistem *controller* yang ketiga digunakan untuk *autostarting*. Sistem ini dirancang untuk menjalankan *engine* secara otomatis ketika suhu dalam alat penyimpan dan pendingin susu mengalami kenaikan sesuai *set point* yang diembedkan dalam sistem *controller*. Pada kegiatan ini sistem *controller* ketiga merupakan hasil rancangan dari team untuk di *install* dalam *engine*. Sedangkan sistem *controller* pertama dan kedua merupakan *default* bawaan *engine*. Adapun *wiring diagram* hasil sistem *controller* ketiga yang dirancang dan diaplikasikan dalam *engine* terlihat dalam gambar 2.



Gambar 2. Wiring diagram sistem controller autostarting engine.

Autostart control system bekerja berdasarkan prinsip kenaikan suhu yang ada di dalam alat penyimpanan dan pendingin susu. Saat suhu pada alat penyimpanan dan pendingin susu pada kondisi mulai tinggi (hangat) akan dibaca oleh *temperature sensor*. Sensor ini akan memberikan *trigger* ke terminal A0 pada *microcontroller*. Dengan *triger* yang diberikan oleh *temperature sensor*, *microcontroller* mengolah data dan memberikan *decision* untuk menghidupkan *relay* 01 dan *relay* 02. Kedua *relay* yang telah aktif mengalirkan arus *electric* dari *bateray* ke *ignition system* dan *motor stater* pada *engine*, sehingga *controller* akan menghidupkan *engine*. *Engine* selanjutnya menggerakkan *generator* untuk menghasilkan *electric*. Setelah suhu pada alat penyimpanan dan pendingin susu mencapai suhu kerja, *engine* akan beroperasi pada kondisi *ECO* sehingga konsumsi bahan bakar mencapai efisiensi paling tinggi. Ketika suhu terus mengalami penurunan (semakin dingin) melebihi *set point*, *engine* akan dimatikan oleh *automatic control system*, sehingga alat penyimpanan dan pendingin susu tidak membutuhkan asupan *electric*. Agar frekuensi *start-stop* tidak tinggi maka *range set point controller* di *setting* sedemikian rupa agar kerja *engine* menjadi optimal. Adapun *autostart control system* yang diaplikasikan dalam *engine* terlihat dalam gambar 3.



Gambar 3. *Autostart control system* yang diaplikasikan dalam *engine*.

Intalasi dan pemasangan *engine* dilakukan secara integral pada kondisi nyata. Pemasangan saluran bahan bakar *biogas* sebagai sumber bahan bakar mesin penggerak *generator* dihubungkan pada pipa saluran keluar dari pipa *digester*. Pada kondisi nyata *biogas* yang berasal dari *digester* memiliki *flowrate* cukup besar dan stabil, sehingga penggunaan *pressure regulator* tidak perlukan lagi. *Engine* ketika di *set up* pada kondisi nyata mudah dihidupkan. Untuk mengatur tekanan *biogas* yang masuk ke *engine* cukup dengan kran/katub gas *adjustable*, agar pencapaian campuran yang homogen pada *mixture* mudah tercapai. Pembukaan kran/katub gas *adjustable* dalam kondisi *engine* dapat hidup dengan lembut hanya membutuhkan pembukaan sekitar 25%. Kalau dinaikkan lagi campuran *biogas* dengan udara cenderung lebih kaya, sehingga *engine* sulit hidup saat *start up*. Namun kalau pembukaan kran/katub gas *adjustable* campuran menjadi lebih kurus. Kondisi ini *engine*

akan hidup namun kurang stabil. Hasil aplikasi pemasangan *engine* pada intalasi *biogas* yang diatur aliran gasnya menggunakan kran/katub gas *adjustable* (merah) terlihat dalam gambar 4.



Gambar 4. Aplikasi pemasangan *engine* pada intalasi *biogas* (kiri) dan saluran *biogas* yang berasal dari *digester* (kanan).

Engine yang berhasil diaplikasikan dengan energi *biogas* mampu menghasilkan daya *electric* lebih dari 3000 watt dan mampu menghidupkan alat penyimpanan dan pendingin susu dengan kapasitas 200 liter. Dengan aplikasi ini dapat menurunkan susu yang terbuang ke lingkungan, karena susu hasil perahan dapat diawetkan di alat penyimpanan dan pendingin susu. Susu yang telah diawetkan dapat dijual setelah ada permintaan dari industri pengolah susu atau dapat digunakan untuk sebagai olahan susu bentuk lain (*diversifikasi produk*). Energi yang digunakan untuk menghidupkan pendingin susu sudah tidak perlu dikeluarkan lagi, sebab energi sudah tersedia yang berasal dari *biogas*. Dengan demikian biaya produksi susu dapat diturunkan. Alat penyimpanan dan pendingin susu yang digunakan dalam kegiatan ini terlihat dalam gambar 5.



Gambar 5. Alat penyimpanan dan pendingin susu (kiri) dan kandang penghasil kotoran untuk membangkitkan *biogas* (kanan).

4. KESIMPULAN

Kegiatan implementasi pemanfaatan *biogas* sebagai energi pendingin susu di Cepogo Boyolali dapat disimpulkan bahwa implentasi 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 karena dapat menurunkan biaya produksi pembuatan susu. Hal ini dapat terjadi karena dalam

penyimpanan susu tidak membutuhkan lagi energi dari PLN, namun cukup dari *biogas* yang dihasilkan oleh peternak sapi. Mengurangi susu yang terbuang akibat ketidaktepatan pemerahan dengan permintaan susu dari koperasi atau industri pengolah susu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini merupakan hasil dari Pengabdian Kepada Masyarakat dengan Skim PKM yang telah didukung oleh Universitas Muhammadiyah Magelang serta didanai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM) pada Tahun Anggaran 2018-2019. Ucapan terima kasih diucapkan kepada kedua lembaga tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ristekdikti, 2016, "Rencana Induk Riset Nasional 2015-2045," [Online]. Available: <http://risbang.ristekdikti.go.id/regulasi/RIRN.pdf>.
- [2] D. S. P. Muhammad Firdaus, Mangara Tambunan, 2010, "Perkembangan Konsumsi dan Penyediaan Energi Dalam Perekonomian Indonesia," *Indones. J. Agric. Econ. (IJAE)*, vol. 2, no. 1, pp. 97–119, 2010, <https://www.neliti.com/id/publications/9049/perkembangan-konsumsi-dan-penyediaan-energi-dalam-perekonomian-indonesia>.
- [3] I. Oktavia and A. Firmansyah, 2016, "Pemanfaatan Teknologi Biogas sebagai Sumber Bahan Bakar Alternatif di Sekitar Wilayah Operasional PT . Pertamina EP Asset 2 Prabumulih Field (Biogas Technology Utilization as Alternative Fuel Source Around Operational Area of PT . Pertamina EP Asset 2 Pr," *J. Resolusi Konflik, CSR, dan Pemberdaya.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–36, <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalcare/article/viewFile/15292/11189>.
- [4] A. Saengprajak, A. Katcharoen, W. Chockua, and J. Piamdee, 2019 "Prospective study of application the direct-biogas solid oxide fuel Prospective study of application the solid oxide fuel cell system to the biogas plant in Thailand Assessing the feasibility of using the heat d," in *Energy Procedia*, vol. 158, pp. 978–983. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.239>
- [5] S. A. Saadabadi, A. Thallam, L. Fan, R. E. F. Lindeboom, H. Spanjers, and P. V Aravind, 2019 "Solid Oxide Fuel Cells fuelled with biogas : Potential and constraints," *Renew. Energy*, vol. 134, pp. 194–214, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.028>.
- [6] M. B. P. dan D. B. Destilia A., 2012 "Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas Dari Sampah Organik," *J. Tek. Kim.*, vol. 18, no. 1, pp. 17–23.
- [7] V. Varho, E. Winquist, and P. Rikkinen, 2019 " Is biogas an energy or a sustainability product ? - Business opportunities in the Finnish biogas branch," *J. Clean. Prod.*, vol. 233, pp. 1344–1354, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.181>.
- [8] D. Darmawati, 2009 "Peranan Biogas Limbah Ternak Sapi Bantuan PT . Petrochina Bagi Peternak Di Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi," *J. Ilm. Ilmu Peternak.*, vol. XII, no. 4, pp. 191–195, <https://doi.org/10.22437/jiiip.v0i0.168>.
- [9] Gita K. dan Ika R, 2013 "Pengaruh pH dan Rasio COD : N Terhadap Produksi Biogas Dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse)," *J. Tek. Kim. dan Ind.*, vol. 2, no. 3, pp. 1–7, <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.31315/e.v11i1.324> .
- [10] P. K. Kudus, 2017, "Biogas," *Diskominfo Pemerintah Kabupaten Kudus*, [Online]. Available: <http://kuduskab.go.id/p/79/biogas>. [Accessed: 02-Sep-2019].
- [11] N. Scarlat, J. Dallemard, and F. Fahl, 2018, "Biogas : Developments and perspectives in Europe," *Renew. Energy*, vol. 129, pp. 457–472, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006>.
- [12] M. Torrijos, "State of Development of Biogas Production in Europe, 2016," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 35, pp. 881–889, <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.043>,
- [13] E. Tumusiime, J. B. Kirabira, and W. B. Musinguzi, 2019, "Long-life performance of biogas systems for productive applications : The role of R & D and policy," *Energy Reports*, vol. 5, pp. 579–583, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.egypr.2019.05.002>.
- [14] Ratchphon, S. and Khanita K. A. S., 2017, "Development of Biogas Purification Using Calcium Hydroxide and Amine Solution Using Calcium Hydroxide and Amine Solution," in *Energy Procedia*, vol. 138, pp. 441–445, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.196>..
- [15] 15H.M. Mahmudul, M.G.Rosul., D.Akbar and M.Mofijur, 2019, "Opportunities for solar assisted biogas plant in subtropical climate and Cooling climate Opportunities for International solar assisted biogas in subtropical in Australia : A review in Australia : A review Assessing the feasibility using the heat temperat," in *Energy Procedia*, vol. 160, no. 2018, pp. 683–690, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.192>..