



POLICY BRIEF

Dr. Suroto Munahar, ST., MT.

Perancangan Kontrol Synchronizer pada Sistem Bahan Bakar Engine Biogas

RINGKASAN EKSEKUTIF (EXECUTIVE SUMMARY)

Biogas merupakan energi baru dan terbarukan yang memiliki banyak kelebihan. Energi ini dapat diperbaharui, lebih ramah lingkungan, mampu mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Selain itu, biogas memiliki nilai oktan yang tinggi sehingga mampu digunakan pada engine yang memiliki kompresi tinggi. Penggunaan biogas sebagai bahan bakar engine harus memiliki kualitas yang memadai. Kualitas ini sangat dibutuhkan karena tidak semua biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar. Berdasarkan penelitian sebelumnya kualitas bahan bakar dibagi menjadi beberapa kluster. Kluster pertama, biogas memiliki kandungan metana cukup tinggi sehingga dengan mudah dapat digunakan untuk menghidupkan engine. Kluster kedua, biogas memiliki kandungan metana kurang tinggi sehingga sulit digunakan untuk menghidupkan engine. Kluster ketiga, biogas memiliki kandungan metana cukup rendah, sehingga tidak dapat digunakan untuk menghidupkan engine. Penelitian ini digunakan untuk menyelesaikan pada permasalahan penggunaan biogas kluster kedua. Pada kluster kedua ini sistem kontrol synchronizer digunakan untuk mengendalikan proses peralihan bahan bakar dari bensin ke biogas. Metode yang diterapkan dengan merancang sistem kontrol synchronizer secara electronic dan bekerja dengan sistem step. Hasilnya berupa rancangan sistem kontrol synchronizer yang dapat mengendalikan biogas saat masuk ke engine dengan fungsi step. Mengingat Provinsi Jawa Tengah memiliki potensi dalam menghasilkan biogas yang cukup banyak baik sektor peternakan maupun industri tahu, maka hasil penelitian ini dirokomendasikan untuk dapat diterapkan secara masif. Disamping itu, teknologi ini mampu menghemat cost energi cukup tinggi, karena bahan bakarnya berasal dari limbah yang mencemari lingkungan, namun dapat memberikan nilai ekonomi. Penghematan biaya yang dilakukan bisa mencapai 39.000 watt per bulan dengan asumsi per hari menggunakan 1500 watt selama 26 hari. Teknologi dirancang dapat digunakan pada biogas kluster 2

PENDAHULUAN

Peningkatan konsumsi energi saat ini menjadi masalah yang sangat esensial. Pertumbuhan konsumsi energi secara global dan nasional mengalami peningkatan

yang sangat signifikan [1][2]. Pada saat yang sama produksi energi minyak ditingkatkan global telah mengalami menurun secara drastis [3]. Baru-baru ini Indonesia menghadapi beberapa permasalahan untuk mencapai target pembangunan nasional bidang energi. Ketergantungan terhadap energi fosil, terutama minyak bumi dalam pemenuhan konsumsi di dalam negeri masih sangat tinggi, yaitu sebesar 96% dari total konsumsi energi nasional. Untuk menyelesaikan masalah ini pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi solusi masuk akal yang dapat ditempuh. Biogas sebagai salah satu komponen EBT yang memiliki beberapa kelebihan diantaranya sumber energi dapat diperbaharui, lebih ramah lingkungan dan mampu bekerja di engine yang memiliki tekanan kompresi cukup tinggi. Upaya untuk memaksimalkan pemanfaatan EBT saat ini belum optimal. Dengan telah ditetapkannya Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (sampai dengan tahun 2050) pada tanggal 17 Oktober 2014 [4] yang diharapkan dapat menjawab semua tantangan dalam pengelolaan energi pada masa mendatang dan sekaligus dapat meningkatkan ketahanan dan kemandirian energi nasional.

Seiring dengan upaya percepatan pengembangan EBT, Pemerintah melalui Kementerian ESDM mengupayakan untuk pengembangan biogas sebagai sumber energi alternatif. Pemanfaatan biogas menjadi salah satu target pengembangan energi terbarukan berbasis bioenergi yang ditetapkan dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Meski demikian, capaian pemanfaatan biogas masih jauh dari target RUEN tahun 2025. Saat ini potensi pengembangan biogas di Indonesia masih belum masif, sedangkan potensi secara nasional terutama di Provinsi Jawa Tengah memiliki potensi yang cukup besar sekitar 348.900 Kilo Watt [5], diantaranya seperti potensi biogas di sentra tahu daerah Kabupaten Batang [6], Pekalongan[7], Surakarta[8] maupun Magelang. Saat ini Pemerintah Jawa Tengah berusaha keras untuk mensejahterakan rakyatnya melalui program-program besar yang tersurat dalam visi misi yang dicanangkan. Pemerintah Jawa Tengah memiliki visi Sebagai Penumpu Pangan dan Industri Nasional yang Maju, Sejahtera, Berbudaya, dan Berkelanjutan. Disamping itu, Pemerintah Jawa Tengah memiliki 8 misi. Penelitian yang dilakukan mendukung misi ke-2 : Transformasi Ekonomi “Mewujudkan perekonomian daerah yang berdaya saing, inklusif, dan berkelanjutan” dan misi ke-7: Sarana Prasarana Berkualitas dan Ramah Lingkungan. Penelitian yang dilakukan untuk membantu mendorong perekonomian Provinsi Jawa Tengah tepatnya wilayah Sambak, Kajoran, Kab. Magelang, Khususnya pada Kelompok Biogas Lestari Sambak (KBLS) yang merupakan kelompok pengusaha usaha industri tahu yang memiliki beberapa anggota. Selain di Sambak, penelitian/pengembangan teknologi tentang pemanfaatan biogas menjadi bahan bakar engine penggerak telah dilakukan dan menghasilkan beberapa produk teknologi yang sudah digunakan oleh masyarakat, diantaranya:

- a. Produk teknologi pertama, berupa teknologi PLTBg yang telah mampu digunakan untuk mendinginkan susu sapi untuk mengurangi biaya produksi dari penggunaan listrik di KTT daerah Cepogo, Boyolali. Yang produknya terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Teknologi PLTBg (a) yang untuk mendinginkan susu sapi di freezer (b).

- b. Produk teknologi kedua, ditingkatkan levelnya dengan perancangan teknologi PLTBg yang mampu membantu memenuhi listrik desa, sehingga menjadikan daerah uji coba menyandang desa mandiri energi. Kegiatan ini mendapat pendanaan dari Ristek Dikti tahun 2020 dengan Skema PPDM. Protipe teknologi terlihat pada Gambar 2(a&b).
- c. Produk teknologi ketiga, berupa PLTBg yang dikembangkan di daerah Banyumanik, Gerobogan, Semarang yang memiliki sumber energi biogas dari limbah tahu. Protipe teknologi ketiga terlihat di Gambar 2 (c & d).



Gambar 2. Teknologi PLTBg di Boyolali yang pada saat setting (a) dan penghasilkan protipe teknologi (b) untuk mendukung desa mandiri energi. PLTBg di Semarang yang dicoba secara beban simulasi (c) dan dengan beban listrik secara nyata (d) di UMKM industri tahu Sugih Manik, Grobogan, Semarang.

Penelitian tentang “Perancangan Kontrol Synchronizer pada Sistem Bahan Bakar Engine Biogas” dilakukan di Sambak yang merupakan penyempurnaan dari Produk teknologi ketiga yang dikembangkan di Sugih Manik, Grobogan, Semarang. Penelitian tentang perancangan kontrol synchronizer ini dilakukan pada KBLS. KBLS ini pada awalnya membuang limbah tahu ke lingkungan sehingga mencemari lingkungan. Pada proses berikutnya limbah ini diolah menjadi energi biogas. Namun, KBLS masih memiliki permasalahan diantaranya kebutuhan listrik untuk pemenuhan industri tahu seperti penerangan rumah produksi, energi listrik untuk penggilingan kedelai dan pompa air listrik untuk memenuhi kebutuhan produksi yang masih sangat tinggi. KBLS untuk pemenuhan listriknya masih tergantung dengan PLN. Selain masalah kebutuhan listrik, KBLS menghasilkan energi biogas dari hasil limbah produksi tahu yang hanya digunakan untuk memasak saja serta disalurkan ke warga sekitar yang membutuhkan. Energi biogas KBLS memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik karena memiliki jumlah yang memadai. Digester yang dimiliki kelompok ini memiliki kapasitas lebih dari 20 m³. Berdasarkan penelitian kami sebelumnya kualitas biogas sebagai bahan bakar memiliki kualitas yang beragam. Namun secara globalnya kualitas biogas dibagi menjadi tiga kluster. Kluster pertama, biogas memiliki kandungan metana cukup tinggi sehingga dengan mudah dapat digunakan untuk menghidupkan engine. Kluster kedua, biogas memiliki kandungan metana kurang tinggi sehingga sulit digunakan untuk menghidupkan engine. Kluster

ketiga, biogas memiliki kandungan metana cukup rendah, sehingga tidak dapat digunakan untuk menghidupkan engine. Penelitian ini digunakan untuk menyelesaikan pada permasalahan penggunaan biogas kluster kedua. Pada kluster kedua ini sistem kontrol synchronizer digunakan untuk mengendalikan proses peralihan bahan bakar dari bensin ke biogas. Metode yang diterapkan dengan merancang sistem kontrol synchronizer secara electronic dan bekerja dengan sistem step. Kondisi biogas yang dimiliki KBLS ditunjukkan pada Gambar 3.

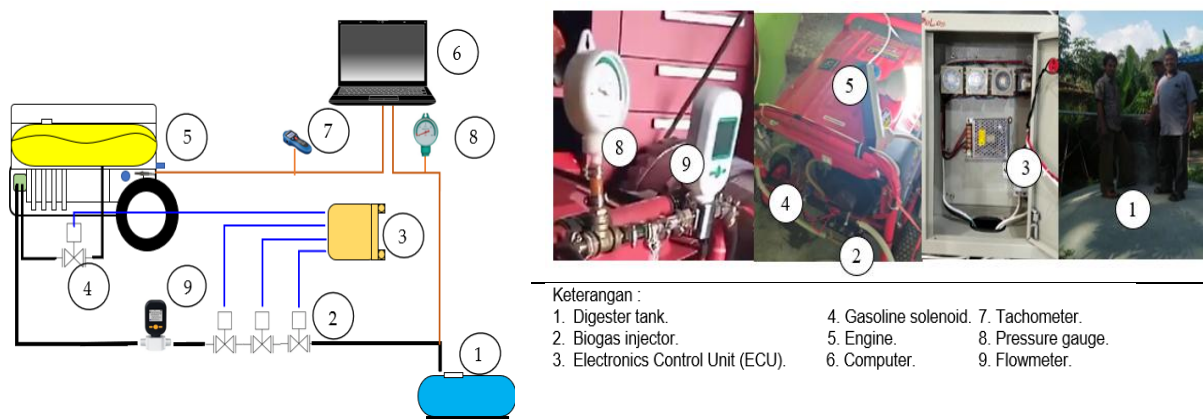


Gambar 3. (a) Hasil biogas untuk memasak, (b) industri pengolahan tahu dan (c) digester serta impal pengolahan limbah industri tahu milik KLBS

METODE

Set Up Penelitian

Dalam melakukan penelitian tentang perancangan sistem kontrol synchronizer untuk set-up penelitiannya disajikan pada Gambar 4. Sistem kontrol ini memiliki beberapa komponen diantaranya digester (1) yang digunakan untuk membangkitkan biogas. Pengendali aliran biogas (2) yang terdiri dari tiga injektor Electronic control unit (3) yang berfungsi untuk mengatur aliran biogas dan bensin secara bergantian dan bertahap berdasarkan logika step. Gasoline solenoid (4) untuk mengalirkan aliran bensin ke engine. Engine (5) sebagai penggerak generator untuk pembangkit listrik. Komputer (6) pengolah data yang diambil dari engine. Tacho meter (7) mengukur kecepatan putaran engine. Pressure gauge (8) pengukur tekanan biogas yang masuk ke intake manifold. Flow meter (9) sebagai alat pengukur aliran biogas.



Gambar 4. Set up penelitian

Peralatan dan perlengkapan dalam perancangan sistem kontrol synchronizer memiliki beberapa item yang berupa engine penggerak, injektor maupun solenoid. Adapun spesifikasinya peralatan dan perlengkapan penelitian menggunakan engine

tipe single piston, tipe 4 tak dengan kapasitas generator 2500 watt, dan tegangan 220 volt.

Algoritma Kontroll Synchronizer

Sistem kontrol synchronizer yang dirancang dalam mengendalikan engine memiliki tiga injektor untuk pengendali biogas dan sebuah solenoid untuk mengatur aliran bensin. ECU sebagai pusat pengendali sistem kontrol synchronizer terdiri dari tiga buah timer electronic, main switch, electronic power suply, lampu indikator, Miniature Circuit Breaker-MCB dan panel. Sistem kontrol synchronizer ini bekerja berdasarkan algoritma sequensial. Pada saat main switch diaktifkan "ON", maka timer gasoline akan "ON" dan mengaktifkan solenoid sampai ke detik-20. Solenoid gasoline berakhir beroperasi pada detik ke-20, maka timer injektor biogas mulai hidup (ON) yang diawali dengan injektor biogas nomor satu hidup (ON). Detik ke-40, injektor biogas nomor dua hidup (ON) dan pada detik ke-65, injektor nomor tiga hidup (ON).

Sistem kontrol synchronizer dirancang berdasarkan logika step. Logika ini memberikan aliran biogas agar dapat mengalir ke engine secara bertahap. Kondisi bertahap ini membantu agar pembakaran engine dapat tetap terjadi walaupun engine menggunakan dua jenis bahan bakar yang berbeda. Gasoline merupakan bahan bakar berbentuk cair yang memiliki karakter cukup berbeda dengan biogas. Biogas merupakan bahan bakar berbentuk gas dengan kandungan metana cukup dominan.

Dalam proses awal pembakaran menggunakan bensin akan sangat membantu biogas dapat terbakar di engine walaupun biogas memiliki kualitas yang rendah. Kualitas biogas rendah memiliki karakter sulit terbakar sehingga engine tidak mampu menciptakan pembakaran yang optimal dalam ruang bakar. Sistem kontrol synchronizer yang dirancang cukup membantu agar engine dapat beroperasi walaupun menggunakan biogas kualitas rendah. Sistem ini memberikan keuntungan bahwa bahan biogas yang rendah tidak perlu dibuang namun dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi ramah lingkungan untuk bahan bakar engine penggerak. Wiring diagram dari sistem kontrol synchronizer diinstall secara terintegrasi. Rangkaian ECU yang terdiri tiga buah timer electronic, main switch, electronic power suply, lampu indikator, MCB yang terpasang pada panel terintegrasi dengan engine secara parsial.

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

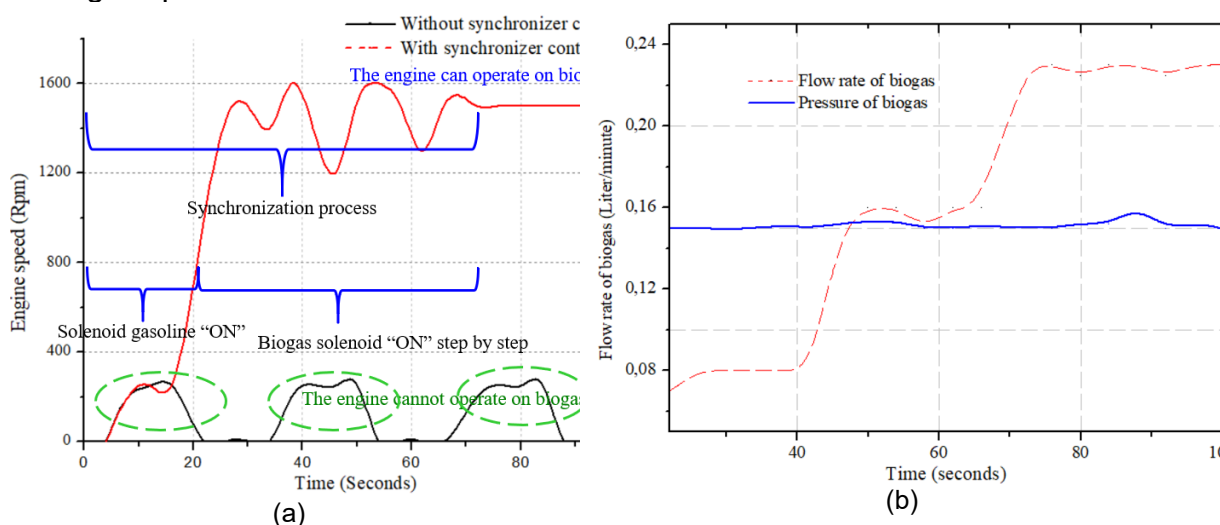
Karakteristik Putaran Engine

Sistem kontrol synchronizer yang dirancang memiliki dua sistem pengendali bahan bakar yang terdiri dari sistem pengendali bahan bakar bensin dan biogas. Sistem bahan bakar bensin memiliki beberapa komponen diantaranya tangki bahan bakar, saluran bahan bakar cair, solenoid gasoline, karburator dan intake manifold. Sistem bahan bakar biogas memiliki beberapa komponen diantaranya digester, saluran bahan bakar gas, katup kontrol, injektor dan intake manifold. Sistem kontrol synchronizer bekerja menggunakan fungsi step secara bertahap yang bekerja telah dijelaskan pada sub judul algoritma kontrol synchronizer. Karakteristik putaran engine dengan sistem kontrol synchronizer disajikan pada Gambar 4(a). Putaran engine tanpa sistem kontrol synchronizer memiliki dinamika antara 0 sampai ± 250 rpm. Artinya engine ini tidak dapat beroperasi dengan sistem bahan bakar biogas. Engine tidak dapat hidup dengan biogas karena bahan bakar gas ini memiliki kualitas yang kurang baik, sehingga tidak dapat terjadi pembakaran di dalam engine. Putaran engine 0 sampai ± 250 rpm menunjukkan putaran engine saat distater.

Sedangkan engine dengan sistem kontrol synchronizer memiliki dinamika yang cukup berbeda. Periode 0 sampai 20 detik, Gasoline solenoid posisi "ON" dan engine memiliki putaran engine dari 0 sampai 800 rpm. Periode 0 – 3 detik, engine diputar oleh

motor stater. Periode detik ke-4 sampai 14, Engine berputar ± 250 rpm. Periode ke-20 sampai 63, engine berputar dari 800 rpm naik menjadi 1500 rpm namun dengan kondisi belum stabil. Pada periode ini solenoid gasoline sudah mati namun masih ada sisa gasoline dalam karburator. Kondisi ini engine beroperasi dengan dua bahan bakar (gasoline dan biogas) sehingga campuran terlalu kaya. Campuran terlalu kaya memiliki dampak engine berputar kurang stabil (naik-turun pada rentang 1500 rpm). Pada detik ke 64 putaran engine mulai stabil karena gasoline dalam karburator telah habis dan engine menggunakan bahan bakar biogas. Periode detik ke-20 sampai 63 merupakan proses sinkronisasi antara perpindahan dari sistem bahan bakar gasoline ke sistem bahan bakar biogas. Engine yang dirancang mampu beroperasi secara smooth dari peralihan gasoline ke biogas.

Proses sinkronisasi antara perpindahan kedua bahan bakar ini juga terlihat karakternya dalam Gambar 4(b). Dalam figure ini memang tidak mengukur aliran gasoline, namun aliran biogas diukur sehingga terlihat dinamikanya. Aliran biogas yang masuk ke engine dikendalikan oleh tiga buah injektor yang membuka secara bertahap. Periode detik ke 23 sampai 40, injektor bekerja satu buah sehingga aliran biogas berada pada rentang 0,08 liter/minute. Periode detik ke 40 sampai 60, injektor bekerja dua buah, maka aliran biogas naik menjadi 0,15 liter/minute. Periode detik ke 60 sampai 100, injektor bekerja tiga buah aliran biogas naik menjadi 0,23 liter/minute. Dalam Figure 5 ini terlihat bahwa injektor biogas membuka secara bertahap dan aliran biogas naik secara bertahap. Biogas diukur tekanannya menggunakan pressure gauge berada pada rentang 6 Kpa.



Gambar 5. Karakteristik putaran engine dengan sistem kontrol synchronizer (a) dan Aliran dan tekanan biogas (b).

Dengan perancangan sistem kontrol synchronizer menjadikan engine dapat menggunakan biogas sebagai bahan bakar walaupun memiliki kualitas yang kurang bagus. Sistem kontrol ini memberikan keuntungan dengan biogas kualitas rendah mampu menghasilkan output yang lebih optimal sebagai bahan bakar engine. Penelitian yang dilakukan mendukung pada penelitian sebelumnya tentang kualitas biogas [9], dimana riset ini menyelesaikan permasalahan untuk penggunaan biogas yang memiliki kurang bagus namun dapat digunakan sebagai bahan bakar pada engine. Selain itu, penelitian ini mendukung pada potensi pengembangan biogas sebagai bahan bakar engine pembangkit listrik[10]–[12].

REKOMENDASI KEBIJAKAN

Banyak keberhasilan untuk pemanfaatan limbah menjadi energi biogas yang ramah lingkungan menjadi atau menghasilkan energi listrik yang bermanfaat dan memiliki nilai ekonomi. Disamping itu, Penelitian ini dapat membantu menangani limbah dan meningkatkan pendapatan ekonomi masyarakat pengusaha tahu. Hasil penelitian ini dapat dikembangkan di sentra tahu yang memiliki potensi menghasilkan biogas diantaranya sentra tahu daerah Kabupaten Batang, Pekalongan, Surakarta, Magelang dan lain-lain.

Maka Rekomendasinya Kebijakannya yang diusulkan sebagai berikut

1. Kebijakan untuk mendorong agar sektor yang menghasilkan potensi biogas di daerah Jawa Tengah seperti sektor industri tahu, peternakan maupun yang lainnya terus dilakukan, agar membantu menyelamatkan lingkungan dari limbah yang dihasilkan dan dapat meningkatkan ekonomi masyarakat. Seperti :
 - a. Kebijakan untuk mengadakan pengolahan limbah jangan dibuang dilingkungan bebas (sungai, sawah dan lain-lain). Disarankan untuk diolah menjadi biogas.
 - b. Kebijakan pengolahan biogas menjadi energi alternatif yang dapat menjadi bahan bakar PLTBg atau engine penggerak.
 - c. Kebijakan pemanfaatan biogas terutama pada sektor peternakan dan sektor industri tahu secara komunal.
 - d. Kebijakan pendampingan pengolahan limbah menjadi biogas.
 - e. Kebijakan pemberdayaan/pembiayaan dengan program-program inovatif untuk mendukung pengolahan limbah menjadi biogas.
2. Kebijakan daerah di Sentra tahu di daerah Kabupaten Batang, Pekalongan, Surakarta, Boyolali, Grobogan-Semarang, Sambak-Kajoran-Magelang dan Mejing-Candimulyo-Magelang dan lain-lain untuk terus ditingkatkan pemanfaatan biogasnya.
3. Kebijakan mulai diarahkan ke circular economy dengan memanfaatkan barang sisa/limbah.

REFERENSI

- [1] Bob Dudley, "BP Statistical Review of World Energy Statistical Review of World," 2019.
- [2] D. Siswanto, "Out Look Energi Indonesia 2019," *Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional*, 2019.
- [3] Al-fattah and SM, "Journal of Petroleum Science and *Engineering* Non-OPEC conventional oil : Production decline , supply outlook and key implications," *J. Pet. Sci. Eng.*, vol. 189, p. 107049, 2019.
- [4] P. RI, "Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi," 2014.
- [5] Parikesit and SB, "Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional," 2017. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/68772>.
- [6] H. Atmim, "Pusat Industri Tahu Pertama Di Kecamatan Batang, Kabupaten Batang," *Kumparan*, 2024. <https://kumparan.com/hatmaatmim3/pusat-industri-tahu-pertama-di-kecamatan-batang-kabupaten-batang-22oblJp5oge/full>
- [7] T. K. Publik, "Diresmikan, Kota Pekalongan Kini Miliki Sentra Kampung Tahu Sodu," *Pemerintah Kota Pekalongan*, 2023. <https://pekalongankota.go.id/berita/diresmikan-kota-pekalongan-kini-miliki-sentra-kampung-tahu-sodu.html>
- [8] A. F. Herwinda, "Potret Industri Rumahan: Pabrik Tahu Sari Murni di Kampung Krajan, Surakarta," *Kompasiana*, 2024. <https://www.kompasiana.com/windafajar0371/6662fadf34777c0eb51f4fe2/potret-industri->

- rumahan-pabrik-tahu-sari-murni-di-kampung-krajan-surakarta
- [9] S. Hartini, S. Munahar, D. C. Anindito, and B. C. Purnomo, "Sugihmanik Tofu Industry MSME Strengthening with Integrated Implementation of Biogas Energy Conversion to Electricity," *Jati Emas (Jurnal Apl. Tek. dan Pengabd. Masyarakat)*, vol. 8, no. 4, pp. 173–180, 2024.
 - [10] M. J. B. Kabeyi and O. A. Olanrewaju, "Technologies for biogas to electricity conversion," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 774–786, 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2022.11.007.
 - [11] W. Uddin *et al.*, "Biogas potential for electric power generation in Pakistan: A survey," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 54, pp. 25–33, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.09.083.
 - [12] I. W. Surata, T. G. T. Nindhia, I. K. A. Atmika, D. N. K. P. Negara, and I. W. A. E. P. Putra, "Simple conversion method from gasoline to biogas fueled small *engine* to powered electric generator," *Energy Procedia*, vol. 52, pp. 626–632, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.07.118.