

**TEKNOLOGI TEPAT GUNA**

**LAPORAN AKHIR**  
**PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**  
**Pemanfaatan Biogas Sebagai Solusi Mandiri**  
**Pemenuhan Kebutuhan Listrik**



**Wahyu Panji Asmoro, ST, MT (0709058105)**  
**Diah Willis Lestaring Basuki, ST, MT (0713108603)**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**TAHUN 2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**LAPORAN AKHIR PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT SWADANA**

Judul : Pemanfaatan Biogas Sebagai Solusi Mandiri Pemenuhan Kebutuhan Listrik

**Pengabdi/Pelaksana**

Nama Lengkap & Gelar : Wahyu Panji Asmoro, ST, MT  
NIDN / NIP : 0709058105 / P. 1031000437  
Fakultas / Program Studi : Fakultas Teknologi Industri / Teknik Mesin S-1  
Alamat Surel (E-mail) : wahyupanji@fti.itn.ac.id  
No. HP :  
Jabatan Fungsional : Tenaga Pengajar

**Anggota (1)**

Nama Lengkap & Gelar : Diah Wilis Lestarinings Basuki, ST., MT  
NIDN / NIP : 0713108603 / P. 1031500502  
Fakultas / Program Studi : Fakultas Teknologi Industri / Teknik Mesin S-1  
Institusi Mitra (jika ada)  
Nama Institusi Mitra :  
Alamat Institusi Mitra :  
Penanggung Jawab :  
Tahun Pelaksanaan : 2024  
Biaya Keseluruhan : Rp. 5.000.000,00  
Sumber Dana :



Mengetahui,  
Ketua LPPM ITN Malang

**(Martinus Edwin Tjahjadi, ST., MGeomSc., PhD)**  
**NIP. P. 1039800320**

Malang, 17 Desember 2024  
Ketua,

**(Wahyu Panji Asmoro, ST, MT)**  
**NIP. P. 1031000437**

## **JUDUL**

### **Pemanfaatan Biogas Sebagai Solusi Mandiri Pemenuhan Kebutuhan Listrik**

## **RINGKASAN**

Pengembangan energi yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui serta memiliki nilai ekonomis pada saat ini banyak dikembangkan oleh para peneliti para peneliti diseluruh jagad raya. Hal itu disebabkan oleh mulai menipisnya cadangan energi yang kita miliki terutama energi yang berasal dari fosil. Salah satu energi yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui serta memiliki nilai ekonomis yang sedang dikembangkan para peneliti adalah biogas. Di wilayah kota malang dan sekitar kota batu untuk mengurangi bahan bakr minyak tanah untuk keperluan rumah tangga dan memanfaatkan bahan baku energi yang ada didesa itu sendiri dapat dianggap layak jika dilihat dari segi teknis, ekonomi dan lingkungan. Program Bio-Energi merupakan suatu upaya pemenuhan energi secara swadaya oleh masyarakat khususnya didesa berupa pemanfaatan kotoran ternak sapi atau limbah-limbah organik dari produk pertanian untuk diolah sebagai bahan bakar gas. Dilakukan penyuluhan pada masyarakat dalam upaya pembuatan dan perawatan instalasi biogas skala rumah tangga. Keberlanjutan dari penyuluhan ini sebagai bentuk dari pengabdian kepada masyarakat, penduduk yang akan membuat reaktor biogas.

## **KATA KUNCI**

Pengabdian Kepada Masyarakat, Bio-Energi, Kotoran Sapi dan Limbah Organik.

## **PENDAHULUAN**

Salah satu permasalahan nasional yang kita hadapi dan harus dipecahkan serta dicarikan jalan keluarnya pada saat ini adalah masalah energi, baik untuk keperluan rumah tangga, maupun untuk industri dan transportasi. Terkait dengan masalah tersebut salah satu kebijakan pemerintah yaitu dengan mengembangkan energi alternatif yang dapat digali dari potensi yang ada di lingkungan masyarakat. Pada saat ini banyak para peneliti sedang mencari dan mengembangkan energi yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui serta ekonomis. Salah satu energi yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui serta ekonomis yang sedang dikembangkan para peneliti adalah biogas. Dengan melihat potensi yang ada pada daerah Malang dan sekitarnya terutama Kota Batu, maka sangatlah tepat jika melaksanakan program Bio Energi yaitu suatu upaya pemenuhan energi secara swadaya oleh masyarakat khususnya di desa berupa pemanfaatan kotoran ternak sapi dan limbah organik dari sisa pertanian untuk diolah sebagai bahan bakar gas. Hal ini sangat dimungkinkan karena Malang terutama Kota Batu yang terkenal dengan sebutan “Kota Apel” ternyata juga menyimpan potensi lain sebagai penghasil susu dari peternakan sapi perah atau sapi potong yang ada. Melihat dari fenomena tersebut, layak kiranya program Bio Energi dapat diterapkan di daerah ini, karena banyak sekali kotoran sapi dari para peternak dan sisa hasil pertanian yang belum dimanfaatkan secara maksimal karena hanya dimanfaatkan sebagai pupuk saja, padahal sebelum dibuat sebagai pupuk, kotoran sapi dan sisa hasil pertanian tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber penghasil gasbio yang cukup baik, baru sisa dari proses fermentasi gasbio itulah yang digunakan sebagai pupuk.

## **PERMASALAHAN DAN SOLUSI**

Survei yang dilakukan ternyata di daerah dataran tinggi atau pegunungan terutama yang bertempertur relatif rendah ternyata produksi gasbio pada instalasi biogas kurang maksimal, dikarenakan perbedaan suhu yang cukup tinggi sehingga mempengaruhi temperatur hidup dari bakteri metanogenik yang memfermentasi bahan-bahan organik menjadi gasbio. Dari penjelasan diatas yang menyatakan bahwa temperatur hidup dari bakteri metanogenik idealnya kurang lebih  $25^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$  maka dapat dimunculkan solusi sebagai berikut :

- Sebaiknya material pembuat digester tidak terbuat dari bahan yang mudah teroksidasi dan juga bukan konduktor.
- Temperatur uar dinding digester diupayakan tidak dibawah atau terlalu tinggi dari temperatur hidup bakteri metanogenik.

- Proses pengomposan limbah organik yang menghasilkan suhu 50° C - 70° C dapat dijadikan salah satu solusi untuk mengupayakan agar temperatur pada digeser dapat stabil pada temperatur hidup bakteri metanogenik.

Tujuan kegiatan ini untuk mendukung program pemerintah mengenai pengembangan energi alternatif, dimana pada Program Diseminasi Teknologi Spesifik Lokasi (Speklok) yang diselenggarakan oleh Kementerian Riset Dan Teknologi bekerjasama dengan Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik – LIPI, Institut Teknologi Nasional Malang mendapat undangan untuk mengikuti Pelatihan Pembuatan dan Perakitan Bio-gas / Bio-trik yang bertempat di P2TELIMEK-LIPI, sesuai dengan surat undangan Asisten Deputi Iptek Masyarakat Kementerian Riset dan Teknologi Nomor : 74/AD.IM/D-PI/VI/2011. Dimana setelah mengikuti program tersebut ITN Malang melalui Dosen dan pihak yang terkait didalamnya diharapkan dapat :

1. Memberikan penjelasan tentang manfaat pengolahan kotoran sapi, kotoran ternak yang lain dan limbah organik sisa hasil pertanian untuk menghasilkan biogas.
2. Penjelasan manfaat pemakaian biogas dan limbah kotoran setelah proses pembuatan biogas.
3. Melatih masyarakat tentang pembuatan, perakitan dan perawatan instalasi biogas sederhana untuk skala rumah tangga.
4. Sebagai kegiatan sosial dalam upaya aplikasi teknologi tepat guna khususnya energi alternatif untuk keperluan masyarakat dan mampu dilaksanakan oleh masyarakat.

Di wilayah Malang khususnya Kota Batu banyak penduduknya yang memelihara ternak terutama sapi dan juga sebagai petani sayur, oleh karena itu pemanfaatan kotoran sapi dan limbah organik sisa hasil pertanian harus dimaksimalkan pemanfaatannya. Selain untuk pupuk organik dapat juga dikembangkan untuk diproses terlebih dahulu menjadi gasbio sehingga kebutuhan energi untuk memasak dalam rumah tangga akan terpenuhi. Penggunaan kotoran sapi dan limbah organik sisa hasil pertanian untuk dibuat gasbio sebagai bahan bakar alternatif sangat bermanfaat karena :

1. Energi biogas adalah sebagai pengganti bahan bakar khususnya minyak tanah yang dipergunakan untuk memasak.
2. Proses fermentasi pada instalasi biogas akan dihasilkan sisa hasil fermentasi yang dapat langsung digunakan sebagai pupuk organik pada tanaman / bididaya pertanian.
3. Meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

## METODE

### Sejarah Pemanfaatan Biogas di Indonesia

Biogas mulai diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1970-an, pada tahun 1981 melalui Proyek Pengembangan Biogas dengan dukungan dana dari FAO dibangun contoh instalasi biogas di beberapa provinsi. Penggunaan biogas belum cukup berkembang luas antara lain disebabkan oleh karena masih relatif murah harganya BBM bersubsidi, sementara teknologi yang diperkenalkan selama ini masih memerlukan biaya yang cukup tinggi karena berupa konstruksi beton dengan ukuran yang cukup besar. Mulai tahun 2000-an mulai dikembangkan reaktor biogas yang skala kecil (rumah tangga) dengan konstruksi sederhana, terbuat dari plastik secara siap pasang (*knockdown*) dan dengan harga yang relatif murah.

### Gas-Bio

Biogas sendiri adalah bahan bakar berupa gas yang dihasilkan dari proses anaerob didalam digester oleh mikro organisme (bakteri metanogenik) dari bahan organik seperti limbah pertanian, kotoran ternak, kotoran manusia atau campurannya. Unsur – unsur yang terdapat dalam biogas adalah *gas metan* ( $CH_4$ ) sebesar 50 - 70%, *gas karbon dioksida* ( $CO_2$ ) sebesar 30 – 40%, *Hidrogen* ( $H_2$ ) sebesar 5 – 10% serta gas – gas lain yang jumlahnya hanya sedikit (Yadafa and Hesse, 1981; Abdulah, et al., 1991). Sumber utama energi biogas adalah kotoran ternak sapi, kerbau, babi, kuda serta beberapa kotoran ternak yang lain, tentunya juga dapat dari limbah organik lainnya. Berikut kesetaraan energi yang dihasilkan setiap 1 m<sup>3</sup> biogas terhadap sumber energi lain.

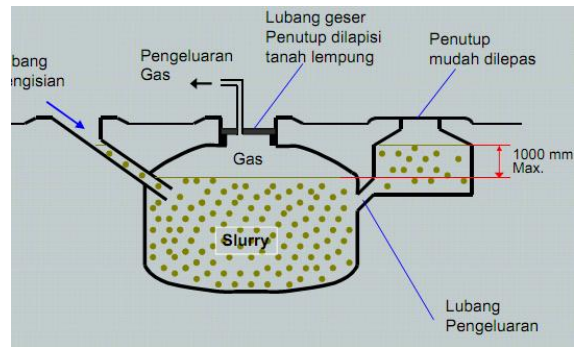
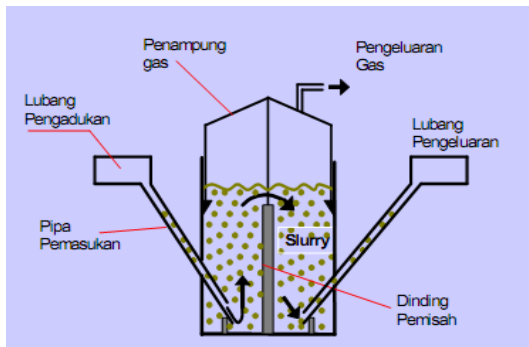
**Tabel** Perbandingan setiap 1 m<sup>3</sup> biogas dengan energi lainnya

Elpiji	0,46 kg
Minyak Tanah	0,62 liter
Minyak Solar	0,52 liter
Bensin	0,80 liter
Gas Kota	1,50 m <sup>3</sup>
Kayu Bakar	3,50 kg

### Digester

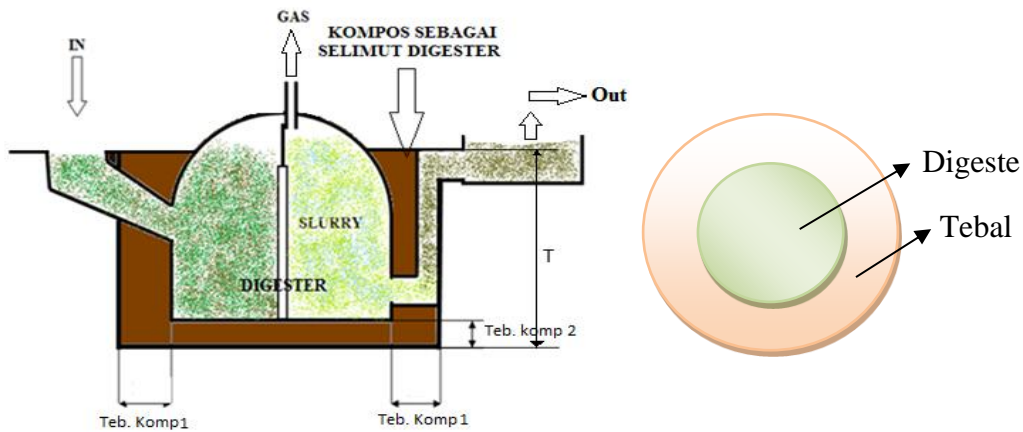
Digester adalah tempat fermentasi bahan organik dan tempat terjadinya proses pencernaan bahan organik oleh mikroba anaerob (bakteri metanogenik) untuk menghasilkan biogas. Digester yang sering digunakan dalam pembuatan biogas diantaranya adalah jenis fixed dome

dan floating dome. Jenis digester ini banyak digunakan karena mudah dalam proses pembuatan dan perawatannya.



Skema Digester Tipe Floating Dome dan Skema Digester Tipe Fixed Dome

(Teguh Wikan Widodo dan A.Asasi,2009)



Rancangan teknologi yang diterapkembangkan

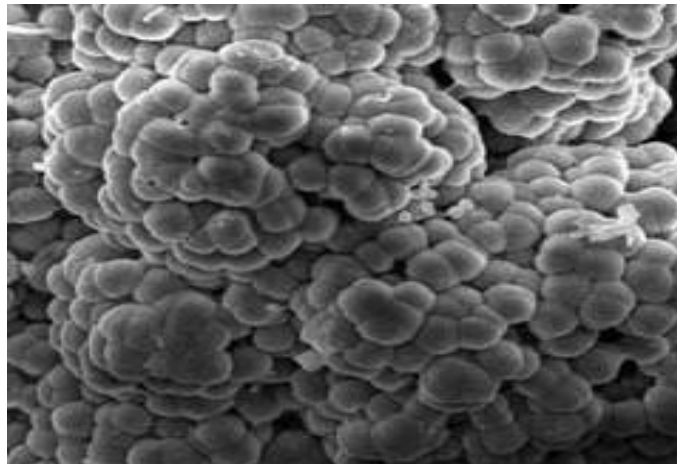


Salah Satu Contoh Digester Yang Belum Dipasang

(Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id) diakses tanggal 19-08-2011)

## **Bakteri Metanogenik**

Bakteri metanogenik merupakan salah satu jenis bakteri yang dapat menghasilkan sumber energi. Sumber energi yang dapat dihasilkan oleh bakteri ini adalah biogas. Biogas merupakan gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik difermentasi atau mengalami proses metanisasi. Proses terjadinya biogas meliputi hidrolisa substrat utama seperti selulosa, lemak, dan protein dalam limbah ternak menjadi senyawa-senyawa sederhana, seperti asam asetat, alkohol, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> dan sulfida. Bakteri metanogenik menggunakan H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, dan asetat untuk pertumbuhannya, serta memproduksi CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>. Urea yang berasal dari protein dihidrolisa oleh bakteri menjadi gas metan (CH<sub>4</sub>) dan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Asam asetat serta asam propionat dari lemak difermentasi menjadi gas metan dan CO<sub>2</sub> kemudian CO<sub>2</sub> yang dihasilkan direduksi menjadi CH<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>O. Gas-gas yang terkandung didalam biogas antara lain metana (55-75%), karbon dioksida (25-45%), nitrogen (0-0.3%), hidrogen (1-5%), hidrogen sulfida (0-3%), dan oksigen (0.1-0.5%). Persentase terbesar dalam biogas ini adalah gas metan yang membuat gas ini mudah terbakar dan dapat disamakan kualitasnya dengan gas alam setelah dilakukan pemurnian terhadap gas metan. Bakteri ini dapat hidup dan aktif pada suhu 25<sup>0</sup> – 30<sup>0</sup>. Apabila suhu yang ada pada tempat bakteri metanogenik terlalu tinggi atau terlalu rendah, maka bakteri tersebut tidak dapat aktif untuk memproduksi biogas (Teguh Wikan Widodo dan A.Asasi,2009).



Bakteri Metanogenik

(Sumber: [www.upsaps.com](http://www.upsaps.com) diakses tanggal 19-8-2011)



## Kompos

Kompos adalah produk akhir dari hasil fermentasi bahan organik oleh jasad renik dalam keadaan lingkungan yang hangat, basah dan berudara ( aerob ) (Sastraatmaja,2003). Bahan penghasil kompos banyak kita jumpai didaerah sekitar, mulai dari limbah rumah tangga, limbah peternakan serta limbah pertanian. Limbah-limbah tersebut apabila tidak dimanfaatkan dengan baik dapat menimbulkan banyak masalah, mulai dari pencemaran lingkungan, sumber penyakit serta mengganggu keindahan lingkungan. Proses pengomposan secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan. Selama tahap-tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Temperatur tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat. Demikian pula akan diikuti dengan peningkatan pH kompos. Temperatur akan meningkat hingga di atas 50° - 70° C. Temperatur akan tetap tinggi selama waktu tertentu. Temperatur inilah yang nantinya dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk menyelimuti digester biogas, agar temperature didalam digester tetap stabil sehingga bakteri metanogenik dapat bekerja optimal didalam digester.



Limbah Organik Penghasil Kompos dan Bahan Pembuatan Selimut Digester ( limbah organik, biomix atau starter kompos, terpal)

(Sumber: [www.google.co.id](http://www.google.co.id) diakses tanggal 19-8-2011)

### **Kerangka Pemecahan Masalah**

- a. Menyusun Tim dari ITN Malang terdiri dari dosen dan mahasiswa yang melakukan bakti desa.
- b. Identifikasi permasalahan dengan lebih mendalam meliputi temperatur dimana instalasi biogas dipasang dan lingkungan sekitar.
- c. Ruang dan lokasi pemasangan instalasi biogas.
- d. Penyuluhan kepada masyarakat tentang hasil identifikasi yang telah ditemukan cara untuk penyelesaiannya.

### **Realisasi Pemecahan Masalah**

- a. Menyusun data tempat pemasangan instalasi biogas di desa setempat.
- b. Tim dari ITN Malang melakukan penyuluhan serta penjelasan tentang solusi dari permasalahan yang ada melalui program acara ITips yang disiarkan secara live pada stasiun ATV Kota Batu.
- c. Secara berkelanjutan membantu dan membimbing masyarakat bagaimana membuat, merakit dan merawat instalasi biogas dengan penjadwalan yang disepakati bersama sebagai wujud pengabdian kepada masyarakat Tim ITN Malang.

### **Khalayak Sasaran**

Masyarakat Malang dan Kota Batu, khususnya desa Tambuh yang selama ini digunakan mahasiswa Teknik Mesin S1 ITN sebagai tempat untuk melaksanakan kegiatan bakti desa dan penerapan teknologi tepat guna. Dimana didesa ini sudah dipasang instalasi biogas oleh Tim dari ITN Malang. Selain itu penyuluhan yang disiarkan di stasiun ATV Kota Batu ini tentang pemanfaatan kotoran ternak dan bahan dari limbah organik sebagai energi alternatif dalam bentuk gas untuk bahan bakar diutamakan pada masyarakat:

1. Masyarakat peternak sapi dan kandangnya ada disekitar rumah induk atau dapur.
2. Masyarakat bukan peternak sapi namun rumahnya didekat kandang sapi.
3. Para karang taruna dan pengurus desa yang kompeten pada kesejahteraan masyarakat.

### **Metode Yang Digunakan**

Agar tujuan kegiatan sosial dalam bentuk Pengabdian Kepada Masyarakat ini tercapai maka dilakukan pendekatan dengan cara :

1. Penjelasan manfaat pemakaian kotoran ternak dan limbah organik untuk dibuat biogas sebagai bahan bakar alternatif.
  - Penyampaian informasi pemanfaatan kotoran ternak dibiogas dan manfaatnya dilakukan oleh Tim ITN Malang.
2. Penjelasan pembuatan instalasi biogas secara sederhana untuk skala rumah tangga atau untuk tiap-tiap rumah.
  - Langkah-langkah pembuatan instalasi biogas dijelaskan menggunakan simulasi pada tampilan silde.
  - Materi yang dijelaskan :
    - ❖ Pemilihan bahan dasar untuk memproduksi gasbio
    - ❖ Pengoperasian reaktor biogas
    - ❖ Penampungan gasbio
    - ❖ Sistem saluran gas
    - ❖ Pemakaian dan pengoperasian pemanfaatan gas
3. Perawatan sarana pembuatan biogas dan alat-alat yang digunakan masyarakat untuk memanfaatkan gas.
  - Penjelasan bahaya kebocoran gas pada sistem saluran gas terutama pada daerah sambungan dan langkah-langkah untuk mendeteksi kebocoran serta cara mengatasinya
  - Proses penyalaan api di kompor gas dan langkah-langkah mematikannya
  - Membersihkan secara berkala mulai reaktor gas, sistem saluran dan tempat pembakaran gas

## **HASIL PELAKSANAAN ABDIMAS**

Dari hasil pemecahan masalah pada instalasi yang telah terpasang, diperoleh temuan bahwa selain temperatur lingkungan yang memiliki perbedaan cukup tinggi diwaktu siang dan malam adalah bahan yang digunakan sebagai digester terbuat dari logam, dimana sebaiknya bahan digester adalah tidak terbuat dari bahan yang mudah teroksidasi, karena bakteri metanogenik bereaksi secara anaerob yaitu sistem reaksi tanpa adanya kandungan oksigen, sehingga oksidasi akan memperlambat produksi gasbio oleh bakteri metanogenik. Selain itu logam merupakan konduktor yang baik, artinya jika suhu disekitarnya mengalami kenaikan maka material yang terbuat dari bahan dengan nilai konduktivitas tinggi juga akan berbanding lurus dengan kondisi yang ada, yaitu jika temperatur naik maka dinding digester juga akan mengalami kenaikan suhu, begitu juga sebaliknya jika temperatur pada luar dinding digester mengalami penurunan maka digester akan mengalami penurunan temperatur pula. Hal ini yang kurang tepat untuk temperatur hidup dari bakteri metanogenik. Seperti yang dibahas pada bab sebelumnya bahwa bakteri metanogenik ini dapat hidup dan aktif pada suhu  $25^{\circ} - 30^{\circ}$ . Apabila suhu yang ada pada tempat bakteri metanogenik terlalu tinggi atau terlalu rendah, maka bakteri tersebut tidak dapat aktif untuk memproduksi biogas (Teguh Wikan Widodo dan A.Asasi,2009).

### **Solusi Terhadap Permasalahan**

Dari penjelasan diatas yang menyatakan bahwa temperatur hidup dari bakteri metanogenik idealnya kurang lebih  $25^{\circ} C - 30^{\circ} C$  maka dapat dimunculkan solusi sebagai berikut :

- Sebaiknya material pembuat digester tidak terbuat dari bahan yang mudah teroksidasi dan juga bukan konduktor.
- Temperatur uar dinding digester diupayakan tidak dibawah atau terlalu tinggi dari temperatur hidup bakteri metanogenik.
- Proses pengomposan limbah organik yang menghasilkan suhu  $50^{\circ} C - 70^{\circ} C$  dapat dijadikan salah satu solusi untuk mengupayakan agar temperatur pada digeser dapat stabil pada temperatur hidup bakteri metanogenik.

Berdasarkan uraian diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif yang sangat mungkin untuk dikembangkan di Indonesia, terutama di daerah Malang dan Kota Batu. Hal ini didukung oleh adanya peternakan sapi yang cukup banyak, penerapan teknologi yang bisa secara mandiri oleh masyarakat dan juga tidak mahal. Akan tetapi untuk lebih diperhatikan yaitu temperatur hidup dari bakteri metanogenik agar

kelangsungan produksi gasbio dapat sesuai dengan yang diharapkan. Untuk mensiasati hal tersebut dapat dengan membuat selimut dari proses pengomposan limbah organik, karena dengan proses pengomposan tersebut upaya penyetabilan temperatur digester akan dapat sedikit teratasi, selain itu pemilihan material digester juga sangat mempengaruhi. Material yang terbuat dari logam yang mengandung Ferro akan mudah teroksidasi sehingga akan mengganggu proses anaerob dari fermentasi didalam digester, dimana bakteri metanogen tersebut bereaksi secara anaerob.

### **STATUS LUARAN**

Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat ini direncanakan akan di publish pada jurnal nasional, adapun pelaksanaan publish ini akan kami lakukan pada semester depan (genap) pada tahun akademik 2023/2024.

### **KENDALA PELAKSANAAN ABDIMAS**

Perlunya sebuah keberlanjutan pendampingan agar diperoleh hasil yang optimal dari kegiatan ini, mengingat potensi lokal yang dimiliki cukup besar. Diharapkan masyarakat dapat terus menggali potensi yang ada disekitarnya sebagai sumber energi alternatif, tentunya kotoran sapi dan limbah organik dari hasil sisa pertanian dapat terus dimanfaatkan, sehingga tercapai kesejahteraan masyarakat yang mandiri akan energi pengganti bahan bakar minyak yang sudah mulai habis dan mahal. Dengan memanfaatkan sumber energi alternatif, kita akan ikut melestarikan sumber daya alam kita.

## DOKUMENTASI



















## DAFTAR PUSTAKA

Widodo, TW. & Asari, A; 2009: *Teori dan Instalasi Biogas*. Serpong; Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.

Sudrajat, Yaya; 2011: *Cara Pembuatan Kompos Dengan Biomix*; Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik-LIPI.

Rahman, B; (2005): Biogas, Sumber Energi Alternatif; Kompas 8 Agustus, Diakses tanggal 19 Agustus 2011

<http://majalahenergi.com/terbaru/bakteri-penghasil-sumber-energi>. Diakses tanggal 19 agustus 2011

<http://www.google.co.id/imgres?q=limbah+pertanian>. Diakses tanggal 19 agustus 2011

<http://www.google.co.id/imgres?q=digester+biogas>. Diakses tanggal 19 agustus 2011

<http://www.alpensteel.com/article/51-108-energi-lain-lain/262-reaktor-biogas-skala-kecilmenengah-bagian-kedua.pdf>. Diakses tanggal 22 Agustus 2011