

Optimalisasi Produksi Biogas dengan Sistem Monitoring Berbasis IoT Pendampingan Masyarakat Berkelanjutan Kelompok Tani Guo Mandiri di Kelurahan Kuranji Kota Padang

Herix Sonata MS^{1*}, Firmansyah David², Eko Kurniawanto Putra³

^{1,2,3} Institut Teknologi Padang

Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Kp. Olo, Nanggalo, Kota Padang, Sumatera Barat

*Correspondent email: herix_sonata@yahoo.com

Received: 7 Oktober 2025 | Accepted: 20 Desember 2025 | Published: 21 Desember 2025

Abstract. *Biogas production as a renewable energy source has great potential in supporting energy security and environmental sustainability. This article discusses the optimization of biogas production through the application of an Internet of Things (IoT)-based monitoring system implemented by the Guo Mandiri Farmer Group in Kuranji Village, Padang. The IoT monitoring system enables real-time monitoring of fermentation conditions such as temperature, pH, and pressure, allowing for more efficient control of the production process. Continuous community assistance is an important factor in increasing technological management capacity and implementation success. The results show that the integration of this technology can significantly increase the volume and quality of biogas as well as strengthen the role of the community in the development of independent energy. This community service provides recommendations for the development of community-scale biogas through technology and participatory approaches for sustainability.*

Keywords: *biogas; internet of things; monitoring system; Guo mandiri farmer group; Kuranji Village*

PENDAHULUAN

Optimalisasi produksi biogas berbasis sistem monitoring IoT di Kelurahan Kuranji, Kota Padang, berangkat dari kebutuhan akan pemanfaatan energi terbarukan sebagai solusi atas permasalahan energi fosil yang semakin terbatas dan berdampak negatif pada lingkungan. Biogas sebagai sumber energi alternatif memiliki potensi besar, terutama di daerah agraris seperti Kelurahan Kuranji, yang kaya akan limbah organik dari kegiatan pertanian dan peternakan. Namun, produksi biogas selama ini masih menghadapi kendala berupa kurangnya efisiensi proses yang disebabkan oleh minimnya informasi real-time mengenai kondisi fermentasi dan manajemen sistem.

Penggunaan teknologi *Internet of Things (IoT)* dalam sistem monitoring produksi biogas memungkinkan pemantauan yang lebih akurat dan cepat terhadap parameter-parameter penting seperti suhu, pH, dan tekanan dalam digester biogas. Hal ini dapat meningkatkan kendali kualitas produksi dan mempercepat pengambilan keputusan untuk mengoptimalkan hasil produksi biogas. Selain itu, pendampingan berkelanjutan terhadap masyarakat khususnya Kelompok Tani Guo Mandiri menjadi elemen kunci untuk memastikan transfer teknologi berjalan efektif, meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam mengelola biogas secara mandiri dan berkelanjutan (Basri, *et.al*, 2019).

Masalah pemasaran dan produksi adalah masalah yang dihadapi mitra ini. Kelompok Tani "Guo Mandiri" ini mengalami masalah dengan hasil produksi biogas mereka yang kurang memuaskan. Ini karena proses fermentasi bahan baku dilakukan secara tradisional tanpa alat khusus untuk mengontrol apakah parameter seperti suhu, kelembaban, pH, dan tekanan udara sudah sesuai. Dengan kata lain, selama proses fermentasi tidak ada penjaminan atau pengendalian terhadap mutu atau kualitas gas yang dihasilkan setelah proses. "Walaupun kami sudah bisa menghasilkan biogas dari olahan kotoran sapi, tapi kami tidak punya kesempatan untuk mempromosikannya, karena kami tidak tahu dengan siapa dan kemana," kata Jamaris, ketua kelompok tani. Ini menunjukkan bahwa mitra bisnis Guo Mandiri sangat terbatas dalam hal bahan, produksi, proses, produk, jasa, distribusi, pemasaran, dan sarana.

Tujuan kegiatan PKM ini adalah sebagai berikut: 1. Meningkatkan keberdayaan kemitraan dalam hal produksi, dengan meningkatkan kapasitas produksi, khususnya produksi biogas; 2. Meningkatkan

keberdayaan kemitraan dalam hal pemasaran, dengan meningkatkan kemampuan untuk merancang strategi pemasaran dan membuat desain kemasan.

Permasalahan prioritas adalah sebagai berikut: a. Masalah Aspek Produksi. Ternak sapi/kambing menghasilkan produk daging hewan dan menghasilkan produk buangan/limbah kotoran hewan. Dari 16 anggota mitra saat ini terbagi menjadi 6 kelompok dengan satu kelompok ada 2 ekor sapi, 3 ekor kambing dan 5 ekor ayam, Dari enam kelompok tani ini hanya satu kelompok (kelompok Jamaris) yang sudah melakukan pengolahan kotoran ternak menjadi sesuatu yang bernilai guna, yaitu biogas dengan membuat tangki digester sederhana dengan produksi biogas 3 kg/hari untuk kebutuhan sehari-hari pak Jamaris berserta keluarga, karena produksi biogas masih menggunakan sistem konvensional maka hasil produksi biogas masih terbatas dan belum optimal. Sedangkan 5 kelompok tani yang lain belum melakukan pengolahan terhadap kotoran ternak mereka, hal ini merupakan masalah yang harus diselesaikan dan menjadi prioritas utama pada kegiatan PKM ini untuk diselesaikan. Dari masalah aspek produksi ini dapat disimpulkan ada dua sub permasalahan yaitu: (a) Tidak ada suatu sistem/alat yang bisa memantau/mengendalikan/memonitoring kualitas atau mutu dari biogas yang akan dihasilkan, baik secara kuantitas/ jumlah maupun kualitasnya; (b) Pengetahuan anggota kelompok tani terkait sistem pengendalian/monitoring proses pembuatan biogas ini relatif rendah (Ismail, 2020).

Masalah Aspek Pemasaran, Semua anggota kelompok tani Guo Mandiri ini tidak mempunyai pengetahuan/keterampilan dalam merancang strategi bagaimana memasarkan produksi biogas mereka. Hal ini disebabkan dari 16 anggota kelompok tani hanya satu orang yang tamat SMA/ sederajat, selebihnya tidak tamat sekolah, selama ini tidak ada pelatihan terkait pemasaran hasil produk terhadap kelompok tani, bagaimana mengemas hasil produk, dengan siapa berhubungan terkait pembeli dan instansi yang berwenang terkait pemasaran produk hasil tani dan lain-lain, sehingga hasil produksi gas hanya dimanfaatkan oleh internal kelompok tani dan keluarga saja. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa dalam masalah aspek pemasaran kelompok tani Guo Mandiri adalah ketrampilan anggota kelompok tani sangat relatif rendah. Dari masalah aspek pemasaran dapat disimpulkan ada dua sub permasalahan yaitu: (a) Hasil kemasan produksi biogas belum ada, dan (b) Pengetahuan anggota kelompok tani terkait merancang strategi pemasaran juga relatif rendah. masyarakat sangat tertarik terhadap manfaat dan keuntungan yang didapatkan apabila mereka bisa menghasilkan biogas dari kotoran ternak yang mereka punya, pada saat diskusi masyarakat sangat antusias dan bertanya tentang bagaimana cara pembuatan biogas tersebut, karena bisa mengatasi ketergantungan mereka terhadap gas elpiji yang semakin mahal dan kadang-kadang langka, minimal untuk kebutuhan gas harian mereka terpenuhi seperti memasak, pada saat itu dibuat satu tangki digester sederhana dan diakhir acara warga daerah lain juga mohon untuk mendapatkan kegiatan dan tangki digester yang sama supaya dilakukan di daerah mereka (Mulyati, 2020)

Dengan latar belakang tersebut, penerapan sistem monitoring IoT dan pendampingan berkelanjutan diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas biogas, sekaligus memperkuat peran masyarakat dalam menjaga ketahanan energi lokal serta mendukung pembangunan yang ramah lingkungan di Kota Padang

METODE PENERAPAN

a. Tahapan pelaksanaan solusi dari persoalan PKM ini adalah melaksanakan:

Sosialisasi

Sosialisasi kegiatan PKM dilakukan pada hari pertama tim berkunjung ke mitra sasaran dengan mengadakan pertemuan dengan ketua/pengurus serta semua anggota mitra sasaran, tim PKM menjelaskan latar belakang, maksud dan tujuan kegiatan PKM ini.

Pelatihan/workshop

Pelatihan terbagi dua: pertama pelatihan/workshop pembuatan sistem monitoring biogas berbasis IoT dilakukan hari pertama (dilakukan pre-test diawal kegiatan dan post-test diakhir kegiatan) dan Pelatihan pemasaran dan pembuatan desain produk kemasan yang representatif dilakukan pada hari ketiga (dilakukan pre-test diawal kegiatan dan post-test diakhir kegiatan).

Penerapan Teknologi

Penerapan teknologi dilakukan dalam bentuk pendampingan selama 4 bulan dalam pembuatan reaktor digester biogas dengan sistem monitoring berbasis IoT pada hari kedua, dimana semua anggota mitra yang ikut pelatihan pada hari pertama, wajib ikut dan berpartisipasi langsung dalam proses

pembuatan reaktor digester dengan sistem monitoring berbasis IoT dari pemasangan komponen alat, sampai dengan pemantauan proses menghasilkan biogas pada hari ke-7 dan hari ke-14 setelah alat selesai dibuat. Sistem monitoring berbasis Wireless Sensor Network (WSN), yang mampu memantau parameter seperti suhu, pH, dan tekanan di dalam reaktor digester serta kantong biogas. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, dapat dengan mudah mengakses data secara real-time melalui perangkat dan memantau data perkembangan dari produksi biogas.

Pendampingan dan evaluasi

Pendampingan dan evaluasi dilakukan dalam bentuk pemantauan oleh tim PKM ITP selama 4 bulan setelah sistem monitoring dipasang pada reaktor digester, pada hari ke-7 dan hari ke-14 dicek alat digester dan biogas yang dihasilkan dan memastikan alat reaktor berfungsi dengan baik.

Keberlanjutan Program

Bentuk keberlanjutan dari program ini adalah dengan tersedianya produk kemasan biogas yang representatif sesuai dengan rencana dan disain yang dilakukan, Tim PKM ITP melakukan pendampingan pemasaran produk biogas kelompok tani selama tiga bulan berturut-turut kepada UMKM yang sudah dijangkau, sehingga produk kelompok tani dapat dipasarkan dan laku sehingga perekonomian kelompok tani meningkat, sedangkan rencana jangka panjang adalah menjadikan wilayah mitra sasaran yaitu Kelurahan Kuranji, sebagai desa/kelurahan binaan, dalam hal ini semua bentuk kegiatan dosen Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Padang, baik hasil penelitian maupun pengabdian kepada masyarakat dengan topik yang berbeda akan diterapkan di wilayah binaan tersebut.

b. Partisipasi mitra dalam pelaksanaan program antara lain:

1. Mitra bersedia menyediakan tempat yang memadai untuk pelatihan pembuatan sistem monitoring biogas berbasis IoT dan pelatihan pemasaran
2. Mitra bersedia sebagai peserta pelatihan pembuatan sistem monitoring biogas berbasis IoT dan pelatihan pemasaran
3. Pada saat money PKM dari Kemdiktisaintek, mitra bersedia datang menghadiri money tersebut.
4. Mitra bersedia melanjutkan PKM ini sampai nantinya menjadi skala besar.

c. Evaluasi pelaksanaan program dan keberlanjutan program di lapangan setelah kegiatan PKM selesai dilaksanakan.

Evaluasi pelaksanaan program dan keberlanjutan program dilakukan dengan:

1. Setiap selesai dilaksanakan pelatihan, dapat di evaluasi dengan mengecek kemampuan tingkat pengetahuan mengenai proses pembuatan sistem monitoring biogas berbasis IoT dan sampai dengan meningkatkan produktifitas biogas, dengan melakukan pre-test di awal pelatihan, dan Post-test di akhir pelatihan.
2. Selesai pelatihan pemasaran dilakukan evaluasi dalam bentuk mengecek kemampuan peserta terkait strategi pemasaran dengan melakukan pre-test di awal pelatihan, dan Post-test di akhir pelatihan.
3. Untuk evaluasi selanjutnya, setelah selesai pelatihan seharusnya mitra sudah bisa membuat sistem monitoring biogas berbasis IoT sendiri, kemudian mitra memproduksi sendiri.

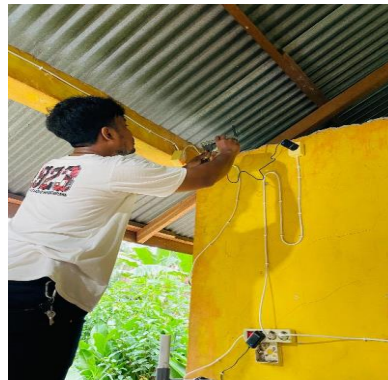
Dengan adanya kegiatan PKM ini, tujuan yang diharapkan adalah meningkatkan level keberdayaan kemitraan dari aspek produksi dan aspek pemasaran mitra sasaran dengan memberdayakan potensi mitra yang belum terduga menjadi lebih maju dan berkembang sehingga mampu melakukan kolaborasi dengan mitra yang lain dalam bidang yang berbeda, serta bentuk penerapan teknologi yang ramah lingkungan dalam mengatasi masalah limbah. Bentuk keberlanjutan setelah selesai program PKM ini adalah dengan tersedianya produk kemasan biogas yang representatif sesuai dengan rencana dan disain yang dilakukan, Tim PKM ITP melakukan pendampingan pemasaran produk biogas kelompok tani Guo Mandiri selama tiga bulan berturut-turut kepada UMKM-UMKM yang sudah dijangkau, sehingga produk kelompok tani dapat dipasarkan dan laku sehingga perekonomian kelompok tani meningkat, sedangkan rencana jangka panjang adalah menjadikan wilayah mitra sasaran yaitu Kelurahan Kuranji, sebagai desa/kelurahan binaan, dalam hal ini semua bentuk kegiatan dosen Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Padang, baik hasil penelitian maupun pengabdian kepada masyarakat dengan topik yang berbeda akan diterapkan di wilayah binaan tersebut.

HASIL

Kegiatan pemantauan produksi biogas di Desa Guo, Kecamatan Kuranji, dengan memanfaatkan teknologi Wireless Sensor Network (WSN) sebagai metode utama. Biogas yang dihasilkan dari limbah organik, khususnya kotoran ternak, menjadi salah satu solusi energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Namun, proses produksi biogas membutuhkan pengawasan yang intensif terhadap beberapa parameter penting, seperti suhu, pH, kelembaban, dan tekanan, agar kualitas serta kuantitas gas yang dihasilkan tetap optimal. Untuk itu, sistem Wireless Sensor Network dirancang guna memudahkan pemantauan secara real-time tanpa harus melakukan pengecekan manual yang memakan waktu dan tenaga. Melalui sensor-sensor yang terpasang pada reaktor biogas, data dikumpulkan dan dikirim secara nirkabel menuju pusat monitoring. Data ini kemudian dianalisis untuk mengetahui kondisi produksi biogas secara cepat dan akurat, sehingga potensi penurunan kualitas dapat segera diantisipasi.

Penerapan metode ini di Desa Guo tidak hanya bertujuan meningkatkan efisiensi produksi energi alternatif, tetapi juga mendukung pemberdayaan masyarakat desa dalam memanfaatkan limbah ternak menjadi sumber energi bersih. Dengan adanya laporan ini, diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai implementasi teknologi WSN pada sistem biogas, serta menjadi rujukan untuk pengembangan energi terbarukan di wilayah pedesaan lainnya.

Pemasangan Alat



Gambar 1. Pemasangan Alat

Gambar 1. ini merupakan proses pemasangan Node 1 yang berguna untuk menerima data dari Node 2 yang berisi sensor suhu DS18B20 dan pH 4502C yang berada pada biogester, dan menerima data dari Node 3 yang berisi sensor gas MQ-4 yang berada pada kantong gas. Proses ini menjadi tahap awal yang penting dalam implementasi sistem pemantauan berbasis IoT, karena Node 1 berperan sebagai titik penghubung utama antara sensor di lapangan dengan sistem pemantauan berbasis server atau aplikasi. Dengan terpasangnya Node 1, data sensor seperti suhu, pH, atau tekanan dapat dikirim secara real-time, sehingga efektivitas produksi biogas di Desa Guo dapat terus terpantau dan dikendalikan dengan baik.



Gambar 2 Pemasangan Node 2

Pada Gambar 2 adalah proses pemasangan Node 2 yang berisi sensor suhu DS18B20 dan pH 4502C yang berada pada biogester, perangkat Node 2 ini dilengkapi dengan modul komunikasi nirkabel sehingga data hasil pengukuran suhu dan pH dapat langsung dikirimkan ke pusat monitoring atau server.

Pemasangan di dekat biogester bertujuan agar sensor dapat membaca kondisi lingkungan secara langsung dan akurat. Dengan adanya Node 2 yang dilengkapi sensor suhu dan pH, sistem pemantauan produksi biogas di Desa Guo menjadi lebih efektif. Peternak atau pengelola biogas dapat mengetahui kondisi fermentasi secara real-time, tanpa harus melakukan pengukuran manual, sehingga permasalahan dalam produksi dapat segera diantisipasi.



Gambar 3 Pemasangan Node 3

Pada Gambar 3 adalah proses pemasangan Node 3 yang berisi sensor MQ-4 untuk membaca tekanan gas yang telah masuk pada kantong biogas, node 3 kemudian mengirimkan data hasil pembacaan sensor secara nirkabel ke pusat monitoring. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat memantau kandungan metana secara real-time tanpa harus melakukan pengujian manual berulang-ulang. Hal ini membantu memastikan bahwa gas yang tersimpan memiliki kualitas baik dan layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Pemasangan Node 3 dengan sensor MQ-4 di Desa Guo ini menjadi salah satu langkah penting dalam mewujudkan sistem monitoring biogas berbasis IoT, karena mampu memberikan gambaran menyeluruh mulai dari proses fermentasi (suhu & pH) hingga kualitas gas metana yang dihasilkan.

Pengujian



Gambar 4. Pengujian Sistem Monitoring Biogas

Gambar 4. tersebut memperlihatkan proses pengujian sistem monitoring biogas yang terdiri dari Node 1, Node 2, dan Node 3 yang telah terpasang pada biogester. Dimana Penguji melakukan pengecekan melalui laptop untuk memastikan bahwa data dari seluruh node dapat terkirim dengan baik ke website monitoring. Dalam pengujian ini Node 1 bertugas mengirimkan data komunikasi utama sebagai penghubung ke gateway. Node 2 mengukur suhu dan pH di dalam biogester untuk memantau kestabilan proses fermentasi. Node 3 memantau kadar gas metana (CH_4) menggunakan sensor MQ-4 pada kantong biogas.

Semua data sensor tersebut dikirimkan secara wireless melalui jaringan komunikasi IoT menuju server, lalu ditampilkan dalam bentuk dashboard website. Pada layar laptop terlihat antarmuka website yang menampilkan hasil pengukuran secara real-time. Hal ini memudahkan pengguna untuk memantau kondisi produksi biogas tanpa harus melakukan pengukuran manual langsung di lapangan. Tahap pengujian ini menjadi bukti bahwa sistem Wireless Sensor Network berfungsi dengan baik, mulai dari akuisisi data sensor, pengiriman data nirkabel, hingga visualisasi dalam bentuk grafik atau tabel di website.

Dengan demikian, keberhasilan integrasi Node 1, Node 2, dan Node 3 menunjukkan bahwa sistem monitoring produksi biogas di Desa Guo dapat dioperasikan secara efektif dan efisien.

Pengambilan Data

Tabel 1 . Laporan Monitoring Biogas Hari 1

No	Waktu	Suhu (°C)	pH	Tekanan Biogas (ppm)
1	2025-09-27 11:44:50	31.44 °C	4.34	15.33 ppm
2	2025-09-27 11:44:47	31.44 °C	4.41	15.35 ppm
3	2025-09-27 11:44:44	31.44 °C	4.37	15.36 ppm
4	2025-09-27 11:44:41	31.44 °C	4.41	15.41 ppm
5	2025-09-27 11:44:38	31.44 °C	4.33	15.41 ppm
6	2025-09-27 11:44:35	31.44 °C	4.3	15.43 ppm
7	2025-09-27 11:44:33	31.44 °C	4.31	15.45 ppm
8	2025-09-27 11:44:29	31.44 °C	4.35	15.48 ppm
9	2025-09-27 11:44:27	31.44 °C	4.41	15.49 ppm
10	2025-09-27 11:44:25	31.44 °C	4.31	15.52 ppm

Tabel 1. tersebut menunjukkan hasil pengambilan data pada hari pertama yaitu tanggal 27 September 2025, dari sistem monitoring biogas berbasis Wireless Sensor Network. Data yang ditampilkan mencakup suhu reaktor (°C), pH, serta tekanan biogas (ppm) yang diperoleh dari Node 2 dan Node 3, kemudian dikirim dan ditampilkan melalui website monitoring. Berdasarkan tabel:

1. Suhu terpantau stabil pada angka 31.44 °C, yang menunjukkan kondisi reaktor berada pada kisaran suhu mesofilik yang sesuai untuk proses fermentasi anaerob. pH berada pada rentang 4.30 – 4.41, menunjukkan kondisi reaktor cenderung asam. Nilai pH ini masih perlu dikendalikan agar tidak terlalu rendah, karena bakteri metanogen lebih optimal bekerja pada pH netral (6.5 – 7.5).
2. Tekanan biogas yang terukur berada pada kisaran 15.33 – 15.52 ppm, menunjukkan adanya produksi gas metana dari proses fermentasi. Nilai ini masih pada tahap awal, karena umumnya pada hari-hari pertama produksi gas belum terlalu tinggi akibat adaptasi mikroba di dalam biogester.

Secara umum, data hari pertama memperlihatkan bahwa sistem sensor telah berhasil bekerja dengan baik, data dapat terekam secara real-time, serta memberikan gambaran awal kondisi lingkungan dalam biogester. Informasi ini menjadi dasar untuk pemantauan hari-hari berikutnya, sehingga dapat dianalisis bagaimana perubahan suhu, pH, dan tekanan gas memengaruhi peningkatan produksi biogas.

Tabel 2. Laporan Monitoring Biogas Hari 2

No	Waktu	Suhu (°C)	pH	Tekanan Biogas (ppm)
1	2025-09-28 16:07:17	25 °C	6.94	13.91 ppm
2	2025-09-28 16:07:15	25 °C	7.06	13.92 ppm
3	2025-09-28 16:07:12	25 °C	6.98	13.91 ppm
4	2025-09-28 16:07:10	25 °C	7	13.93 ppm
5	2025-09-28 16:07:06	25 °C	7.03	13.93 ppm
6	2025-09-28 16:07:03	25 °C	7.08	13.94 ppm
7	2025-09-28 16:07:01	25 °C	6.94	13.98 ppm
8	2025-09-28 16:06:58	25 °C	7.1	13.97 ppm
9	2025-09-28 16:06:55	25 °C	6.92	13.98 ppm
10	2025-09-28 16:06:53	25 °C	7.09	14 ppm

Tabel 2. tersebut merupakan hasil laporan monitoring biogas pada hari kedua, yaitu tanggal 28 September 2025, dengan parameter suhu reaktor, pH, dan tekanan biogas yang diperoleh dari sistem Wireless Sensor Network. Berdasarkan tabel data:

1. Suhu reaktor tercatat stabil di angka 25 °C. Suhu ini lebih rendah dibandingkan dengan hari pertama (31.44 °C), yang menunjukkan adanya penyesuaian kondisi lingkungan reaktor. Suhu 25 °C masih dalam rentang aktivitas bakteri mesofilik, namun produksi biogas biasanya lebih optimal jika suhu mendekati 30–37 °C.
2. pH berada pada rentang 6.92 – 7.10, artinya kondisi reaktor sudah mendekati netral. Perubahan ini cukup signifikan dibandingkan hari pertama (sekitar 4.3 – 4.4) yang cenderung asam. Hal ini menunjukkan bahwa proses fermentasi mulai stabil dan bakteri metanogen dapat bekerja lebih baik dalam menghasilkan metana.
3. Tekanan biogas berada pada kisaran 13.91 – 14.00 ppm. Nilai ini relatif stabil dan sedikit meningkat dibandingkan hari pertama (15.33 – 15.52 ppm), meskipun secara angka lebih rendah, hal ini dipengaruhi oleh suhu yang menurun. Namun, kestabilan pH pada kondisi netral memberikan indikasi bahwa kualitas gas akan membaik pada hari-hari berikutnya.

Proses produksi biogas menunjukkan perkembangan positif, terutama pada aspek pH yang sudah netral, sehingga lebih mendukung aktivitas mikroba metanogen. Walaupun suhu mengalami penurunan, kondisi reaktor tetap mampu menghasilkan gas dengan tekanan yang stabil. Data ini menjadi tanda bahwa sistem monitoring berhasil memberikan gambaran perubahan kondisi fermentasi dari hari ke hari.

Tabel 3. Laporan Monitoring Biogas Hari 3

No	Waktu	Suhu (°C)	pH	Tekanan Biogas (ppm)
1	2025-09-29 18:27:05	26.12 °C	2.7	13.97 ppm
2	2025-09-29 18:26:59	26.12 °C	2.5	14.15 ppm
3	2025-09-29 18:26:56	26.12 °C	2.5	14.28 ppm
4	2025-09-29 18:26:53	26.12 °C	2.5	13.4 ppm
5	2025-09-29 18:26:49	26.12 °C	2.5	13.73 ppm
6	2025-09-29 18:26:45	26.12 °C	2.5	12.81 ppm
7	2025-09-29 18:26:42	26.12 °C	2.5	13.52 ppm
8	2025-09-29 18:26:39	26.12 °C	2.5	13.75 ppm
9	2025-09-29 18:26:36	26.12 °C	2.5	13.52 ppm
10	2025-09-29 18:26:34	26.12 °C	2.5	14.84 ppm

Tabel 3. tersebut menunjukkan hasil laporan monitoring biogas pada hari ketiga, yaitu tanggal 29 September 2025, yang menampilkan data suhu reaktor, pH, dan tekanan biogas. Data ini diambil melalui sistem Wireless Sensor Network yang mengintegrasikan Node 2 (sensor suhu & pH) serta Node 3 (sensor gas MQ-4). Berdasarkan tabel:

1. Suhu reaktor stabil di angka 26.12 °C. Suhu ini sedikit lebih tinggi dibandingkan hari kedua (25 °C), namun masih berada pada kisaran rendah untuk bakteri metanogen yang idealnya bekerja optimal pada 30–37 °C.
2. pH menunjukkan angka yang cukup rendah, yaitu berkisar 2.5 – 2.7. Kondisi ini menandakan bahwa lingkungan reaktor sangat asam. Jika dibandingkan hari kedua (pH netral 6.9 – 7.1), terjadi penurunan yang drastis. Kondisi asam berlebihan dapat menghambat aktivitas bakteri metanogen, sehingga berpotensi menurunkan kualitas produksi metana.
3. Tekanan biogas berada pada rentang 12.81 – 14.84 ppm. Nilai ini masih menunjukkan adanya produksi gas, namun fluktuatif akibat pengaruh kondisi pH yang terlalu rendah. Pada beberapa titik data terlihat penurunan tekanan, yang menjadi indikasi bahwa aktivitas mikroba tidak stabil.

Pengambilan data tanggal 29 September 2025 memperlihatkan adanya masalah pada proses fermentasi biogas, khususnya karena pH turun drastis hingga kisaran 2.5. Hal ini menyebabkan kondisi reaktor sangat asam, sehingga berpotensi menghambat bakteri penghasil metana. Walaupun masih ada gas

yang dihasilkan, kualitas dan volumenya cenderung tidak optimal. Perlu adanya tindakan koreksi, misalnya dengan menambahkan bahan penyangga (buffer) seperti kapur atau abu untuk menetralkan pH agar proses produksi biogas kembali stabil.

Tabel 4. Laporan Monitoring Biogas Hari 4

No	Waktu	Suhu (°C)	pH	Tekanan Biogas (ppm)
1	2025-09-30 19:07:29	27.69 °C	2.5	12.09 ppm
2	2025-09-30 19:07:26	27.69 °C	2.5	0 ppm
3	2025-09-30 19:07:23	27.75 °C	2.5	0 ppm
4	2025-09-30 19:07:20	27.69 °C	2.5	4228.3 ppm
5	2025-09-30 19:07:16	27.75 °C	2.58	0 ppm
6	2025-09-30 19:07:10	27.69 °C	2.5	0 ppm
7	2025-09-30 19:07:03	27.75 °C	2.5	0 ppm
8	2025-09-30 19:07:01	27.69 °C	2.5	8.42 ppm
9	2025-09-30 19:06:58	27.75 °C	2.5	0 ppm
10	2025-09-30 19:06:56	27.69 °C	2.5	4228.3 ppm

Tabel 4. tersebut merupakan hasil laporan monitoring biogas hari keempat, yaitu tanggal 30 September 2025, yang mencatat data suhu, pH, dan tekanan biogas dari sistem Wireless Sensor Network. Berdasarkan tabel:

1. Suhu reaktor terpantau pada kisaran 27.69 – 27.75 °C, menunjukkan adanya sedikit peningkatan dibandingkan hari ketiga (26.12 °C). Suhu ini masih relatif rendah untuk kondisi optimal fermentasi, tetapi stabil dalam setiap pengukuran.
2. pH tercatat konstan pada angka 2.5 – 2.58, yang menandakan reaktor dalam kondisi sangat asam. Hal ini menjadi masalah karena kondisi pH jauh dari kisaran ideal (6.5 – 7.5) untuk pertumbuhan bakteri metanogen. Akibatnya, proses produksi gas metana dapat terganggu.
3. Tekanan biogas menunjukkan hasil yang fluktuatif ekstrem. Beberapa data mencatat 0 ppm (tidak ada produksi gas terukur), sementara pada titik tertentu muncul lonjakan tinggi, misalnya 4228.3 ppm. Selain itu terdapat nilai menengah seperti 12.09 ppm dan 8.42 ppm. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh ketidakstabilan sensor MQ-4 dalam membaca kondisi gas saat pH sangat rendah, atau adanya gelembung gas yang keluar secara tidak merata dari biogester.

Monitoring pada 30 September 2025 memperlihatkan bahwa meskipun suhu reaktor relatif stabil, kondisi pH yang terlalu asam (sekitar 2.5) mengakibatkan produksi gas tidak stabil. Hal ini ditandai dengan data tekanan yang fluktuatif, bahkan ekstrem antara 0 ppm hingga 4228 ppm. Kondisi ini mengindikasikan adanya gangguan proses fermentasi akibat akumulasi asam berlebih di dalam biogester. Diperlukan tindakan korektif, misalnya dengan penambahan bahan penyangga (buffer) atau pengadukan ulang substrat agar pH kembali mendekati netral, sehingga produksi biogas dapat stabil.

PEMBAHASAN

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik (kotoran ternak, sampah organik, limbah pertanian, atau limbah industri makanan) oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen). Gas yang terkandung dalam biogas adalah Metana (CH₄): ± 50-70% ± Sumber energi utama (Mudah Terbakar). Karbon dioksida (CO₂): ± 30-40%. Gas lain dalam jumlah kecil: hydrogen sulfida (H₂S), Nitrogen (N₂), Hidrogen (H₂), dan Oksigen (O₂). Nilai kalori biogas tergantung pada komposisi metana dan karbondioksida, dan kandungan air di dalam gas. Gas mengandung banyak kandungan air akibat dari temperatur pada saat proses pembentukan, kandungan air pada bahan dapat menguap dan bercampur dengan metana. Pada biogas dengan kisaran normal mengandung 60-70% metana dan 30-40% karbondioksida, nilai kalori antara 20-26 J/cm³ (Ritonga, A. M. (2018).

Filter Biogas

a. Air,

Air adalah senyawa kimia dengan rumus H_2O , berupa cairan jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Air merupakan zat pelarut universal yang mampu melarutkan banyak senyawa, baik organik maupun anorganik. Dalam konteks filter biogas, air tidak hanya berfungsi sebagai cairan biasa, tetapi juga sebagai media penyerap untuk mengurangi kandungan gas pengotor. Penambahan filter air pada biogas dengan menggunakan Housing Filter 10 inci, dan tinggi volume air = 14 cm, sehingga memiliki headspace = 11 cm sehingga memberikan ruang untuk kontak gas-air dengan penambahan batu aerator di dalamnya seperti pada gambar berikut: Penggunaan batu aerator pada housing filter yang berisi air Adalah untuk memecah aliran udara/gas menjadi gelembung-gelembung kecil saat melewati pori-porinya, akibatnya gelembung metana naik melalui air, dan selama proses itu berlangsung air membersihkan biogas dari Hidrogen Sulfida (H_2S) atau Karbon dioksida (CO_2), sementara Metana (CH_4) lolos ke permukaan, menghasilkan biogas yang relatif lebih kaya metana (Mustafa, R, 2025).

Dalam pemurnian biogas, air sering digunakan sebagai water scrubber (penyaring basah). Fungsi utamanya:

1. Menyerap Karbon Dioksida (CO_2)
 CO_2 larut dalam air lebih mudah dibandingkan metana (CH_4). Dengan melewati biogas ke dalam air, sebagian CO_2 akan terikat sehingga kadar metana meningkat. Hasilnya → biogas lebih murni dan nilai kalor (daya bakar) lebih tinggi.
2. Mengurangi Hidrogen Sulfida (H_2S)
 H_2S adalah gas berbau busuk (seperti telur busuk) dan bersifat korosif terhadap logam. Air bisa menyerap sebagian H_2S , meskipun tidak seefektif bahan kimia khusus. Kadang dikombinasikan dengan larutan alkali ($NaOH$, $Ca(OH)_2$) agar penyerapan H_2S lebih maksimal.
3. Melembapkan dan Mendinginkan Gas
Proses perendaman biogas dalam air membuat gas lebih “dingin” dan stabil. Gas yang lebih dingin mengurangi risiko tekanan berlebih dalam sistem pipa atau tabung.
4. Membersihkan Debu dan Partikel Halus. Air dapat menangkap partikel padat (abu, debu, sisa organik kecil) yang ikut terbawa dalam aliran gas. Hal ini mencegah pipa, kompor, atau mesin biogas tersumbat.

Batu Zeolit

Zeolit adalah mineral alam (kadang juga dibuat sintetis) yang terbentuk dari aluminosilikat (aluminium, silikon, dan oksigen) dengan struktur kristal berpori-pori. Batu zeolite mempunyai saluran dan rongga mikroskopis (seperti spons), sehingga bisa menyerap dan menukar ion atau molekul tertentu, dan juga memiliki kemampuan adsorpsi selektif yaitu bisa menangkap molekul tertentu dan melewatkan yang lain. Sifat ini menjadikannya sering dipakai sebagai penyaring (filter), penukar ion, dan katalis. Penambahan filter pada batu zeolite dengan tinggi 12 cm sehingga headspace 13 cm, hal ini bertujuan agar memberikan kontak baik tanpa menyebabkan pressure drop besar pada housing filter dan memberikan fungsi adsorpsi yang lebih merata pada batu zeolite tersebut. Batu zeolite yang memiliki sifat menyerap air (Higroskopis), sehingga Ketika batu zeolite kontak dengan gas bentuk fisiknya berubah menjadi agak gelap karena menyerap uap air dari gas metana itu sendiri dan gas pengotor seperti Hidrogen Sulfida (H_2S) dan karbon dioksida (CO_2), sehingga batu zeolite menjadi lembab atau basah (Yuwono H, R, 2018).

Arang Aktif

Arang aktif Adalah media penyaring (Filter) berbahan karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga memiliki pori-pori sangat banyak dan luas permukaan besar. Penggunaan arang aktif untuk filter biogas berfungsi sebagai menyaring, menyerap, dan memurnikan gas metana (CH_4) dari berbagai pengotor yang terbawa saat biogas diproduksi dari kotoran ternak. Pada housing filter Ketiga yang berisi arang aktif, media filter arang aktif di isi dengan tinggi 10 cm dan headspace 15 cm, kenapa demikian? Karena cukup efektif untuk mengurangi risiko kompaksi batuan yang dapat membuat gas sulit terdorong melewatinya. Arang aktif Adalah bahan berpori tinggi yang digunakan sebagai adsorben, yaitu ia menarik dan menahan molekul gas atau zat terlarut pada permukaan internal porinya Tarik elektrostatik ringan. Ketika biogas lewat melalui arang aktif, beberapa molekul pengotor lebih mudah terserap dan terikat dengan arang aktif. Sehingga metana zat yang tidak mudah di adsorpsi di banding pengotor lain, dalam prakteknya Sebagian besar metana melewati media tanpa di serap banyak, sedangkan pengotor lebih di prioritaskan untuk diserap. Pada saat dipakai arang aktif tetap hitam, tetapi bisa menjadi lebih kusam atau berubah sedikit karena gas Hidrogen Sulfida (H_2S) dan senyawa khas arang aktif bisa hilang/ diganti dengan bau sulfur setelah lama dipakai. Kesimpulannya secara visual tidak berubah banyak , tapi sifat penyerapannya menurun (Nugraha, *et.al* 2025).

KESIMPULAN

Optimalisasi produksi biogas dengan sistem monitoring berbasis IoT pada Kelompok Tani Guo Mandiri di Kelurahan Kuranji, Kota Padang, menunjukkan bahwa penerapan teknologi ini berhasil meningkatkan efisiensi dan produktivitas proses fermentasi biogas. Monitoring real-time terhadap parameter utama seperti suhu, pH, dan tekanan memungkinkan pengelolaan yang lebih tepat sehingga memperbaiki kualitas dan kuantitas biogas yang dihasilkan. Pendampingan masyarakat secara berkelanjutan terbukti menjadi faktor kunci dalam mendukung adaptasi teknologi dan pemberdayaan komunitas tani, sehingga tercipta keberlanjutan usaha biogas secara mandiri. Implementasi sistem ini tidak hanya memberikan manfaat energi terbarukan yang lebih optimal, tetapi juga memperkuat ketahanan ekonomi dan lingkungan masyarakat lokal. Oleh karena itu, kombinasi teknologi IoT dan pendampingan aktif dapat direkomendasikan sebagai model pengembangan produksi biogas skala komunitas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan pengabdian masyarakat ini mendapatkan pendanaan nasional dari Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, dan Riset, Teknologi Pendidikan Tinggi (DRPM Kemendikbud DIKTI), Republik Indonesia, untuk hibah Pemberdayaan Berbasis Masyarakat tahun 2025 dengan nomor kontrak Nomor: 86/27. O10.1.2/PM/VIII/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Basri, A. K., Kadirman., Jamaluddin. (2019). Rancang Bangun Reaktor Biogas Skala Rumah Tangga. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(1): 79-84. <https://doi.org/10.26858/jptp.v5i1.8198>.
- Ismail Marzuki., Hendri, Ritonga. (2020). *Pengembangan Desa Cerdas Berorientasi Orgaik dan Teknologi Industri*, Penerbit Tohar Media, Makasar.
- Mulyati, M. (2020). Desain Alat Biogas Dari Kotoran Sapi Skala Rumah Tangga. *Jurnal Teknik Industri* 9(1): 16. <https://ukmc.ac.id/penelitian/desain-alat-biogas-dari-kotoran-sapi-skala-rumah-tangga/> .
- Mustafa, S, Ilham Nursaid. (2025). PKM Pengembangan Genset Biogas dengan Sistem Monitoring Daya Listrik IOT untuk Mesin Perontok Kacang Tanah di Desa Pattiro Deceng, *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bhinneka*, 4 (1): DOI: <https://doi.org/10.58266/jpmb.v4i1.505>,
- Nugraha, R.A, Rita Afriani, (2025), Implementasi Internet Of Thing (IOT) Untuk Pemantauan Tekanan Digester Biogas Dalam Mendukung Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca Di Kabupaten Kendal, vol 2 no 1, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Seri III Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka*.
- Ritonga, A. M. (2018). Desiminasi Teknologi Biodigester Skala Rumah Tangga Untuk Menghasilkan Biogas Dari Limbah Peternakan P10.
- Ruhimat, M. Hasan. (2019). Sosialisasi Dan Pelatihan Pemanfaatan Biogas Skala Rumah Tangga Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Di Kampung Parabon Desa Warnasari Kecamatan Pengalengan Kabupaten Bandung.
- Yuwono H, Rahardjo S. (2018). Biogas Dari Campuran Kotoran Ayam P, Sapi K, Rumput Gajah Mini Dengan D, Yahya Y, Triyono S. Producing Biogas From Chicken Manure, Cow Manure, And Mini Elephant Grass (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) BY BATCH SYSTEM. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 6(3): 151–60.455856-none-1149cda4 sri rezeki.