

## Desain Sistem Pemantauan Tekanan Digester Biogas Berbasis Internet of Things Studi Kasus: Digester Biogas 10 m<sup>3</sup> di Desa Rejosari, Kabupaten Demak

Rizky Adi Nugraha<sup>1,\*</sup>, Yan Herwindo Arita<sup>2</sup>, Muhammad Rifqy Arya Marendra<sup>3</sup>, Aan Aria Nanda<sup>4</sup>, dan Esa Apriaskar<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Cabang Dinas ESDM Wil. Semarang - Demak, Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, Semarang, Indonesia

<sup>3</sup>Bidang Energi Baru Terbarukan, Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, Semarang, Indonesia

<sup>4</sup>Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

<sup>5</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

\*)Corresponding : [nugraha.adi.rizky@gmail.com](mailto:nugraha.adi.rizky@gmail.com)

(Submit pada : 16 Oktober 2024 | Terbit pada : 30 November 2024)

### Abstract

*The initiative by the Central Java Provincial Government to reduce the use of conventional energy through processing livestock manure into cooking fuel by building biogas digesters is crucial. By the end of 2023, a total of 563 biogas digester units have been constructed across Central Java. However, monitoring these units requires high surveillance costs. This research aims to create an effective and efficient monitoring system without physical site visits by installing a prototype monitoring system on the constructed digesters. The method involves installing pressure sensors on the biogas digesters to measure gas pressure in real-time. These sensors are connected to a microcontroller that collects and sends data to a server using wireless communication modules. The data is processed and displayed through a web-based interface in the form of pressure graphs, digital manometers, and light indicators. The research results indicate that the prototype on a 10 m<sup>3</sup> biogas digester in Rejosari Village successfully displays real-time pressure data. This digester reaches an optimal pressure of 10 kPa with an average deviation of +0.3 kPa. A pressure drop to 7,4 kPa indicates usage on stoves, while a pressure rise back to 10 kPa shows routine manure refills. These pressure changes effectively represent biogas utilization activities, eliminating the need for field surveillance.*

### Abstrak

Langkah pemerintah Provinsi Jawa Tengah mengurangi penggunaan energi konvensional melalui pengolahan kotoran ternak menjadi bahan bakar kompor dengan pembangunan digester biogas adalah inisiatif penting. Akhir 2023, telah dibangun 563 unit digester biogas di seluruh Jawa Tengah. Namun, pemantauan unit-unit ini memerlukan biaya pengawasan tinggi. Penelitian ini bertujuan menciptakan sistem pengawasan efektif dan efisien tanpa kunjungan lokasi fisik dengan memasang *prototype* sistem pemantauan pada digester yang dibangun. Metode yang digunakan meliputi pemasangan sensor tekanan pada digester biogas untuk mengukur tekanan gas secara *real-time*. Sensor ini terhubung ke mikrokontroler yang mengumpulkan dan mengirimkan data ke server menggunakan modul komunikasi nirkabel. Data diproses dan ditampilkan melalui antarmuka berbasis web dalam bentuk grafik tekanan, manometer digital, dan indikator lampu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe pada digester biogas berkapasitas 10 m<sup>3</sup> di Desa Rejosari berhasil menampilkan data tekanan secara *real-time*. Digester ini mencapai tekanan optimal 10 kPa dengan deviasi rata-rata + 0,3 kPa. Penurunan tekanan hingga 7,4 kPa menunjukkan pemanfaatan pada kompor, dan tekanan kembali naik hingga 10 kPa menunjukkan rutinitas pengisian kotoran. Perubahan tekanan ini merepresentasikan aktivitas pemanfaatan biogas dengan baik sehingga pengawasan lapangan tidak lagi diperlukan.

**Keyword:** *biogas, IoT, monitoring, tekanan, renewable energy*

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan biogas sebagai sumber energi terbarukan telah menjadi fokus utama dalam upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Di Indonesia, Provinsi Jawa Tengah telah menetapkan visi dan strategi dalam pengembangan sektor energi melalui berbagai dokumen perencanaan pemerintah, seperti Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) [1], Rencana Umum Energi Daerah (RUED) [2], dan Rencana Strategis (RENSTRA) Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah [3]. Tertuang dalam RUEN bahwa hingga tahun 2050 ditargetkan mampu dibangun infrastruktur biogas mencapai  $1.958,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Melalui RUED Provinsi Jawa Tengah, rumah tangga di kabupaten dan kota Provinsi Jawa Tengah ditargetkan mampu dibangun infrastruktur biogas hingga  $400 \text{ m}^3/\text{tahun}$  (2018),  $800 \text{ m}^3/\text{tahun}$  (2019-2025) dan  $1200 \text{ m}^3/\text{tahun}$  (2026-2050). Dan mekanisme pelaksanaannya diatur dalam RENSTRA yang disusun oleh Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Provinsi Jawa Tengah. Total hingga akhir tahun 2023 telah dibangun infrastruktur biogas di Jawa Tengah sebesar  $41.000 \text{ m}^3$  dan  $12.669 \text{ m}^3$  diantaranya telah dikerjakan oleh Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah dengan APBD melalui kegiatan pembangunan infrastruktur biogas sejumlah 563 unit yang tersebar di seluruh Jawa Tengah. Dan pada Tahun Anggaran 2024 akan dibangun kembali 261 unit dengan total kapasitas  $2.220 \text{ m}^3$ . Namun yang perlu diperhatikan adalah keberlanjutan dari pemanfaatan infrastruktur biogas tersebut. Kurangnya media pemantauan yang efektif telah menghambat efisiensi pengelolaan dan operasional infrastruktur biogas. Diperlukan biaya operasional yang cukup besar dalam pemantauan keberlangsungan biogas secara langsung di lapangan. Maka perlu dibuat perangkat untuk mengetahui aktifitas biogas sehingga tidak diperlukan kunjungan lokasi untuk mengetahui status biogas yang telah dibangun.

Seiring dengan perkembangan teknologi, *Internet of Thing* (IoT) telah banyak dibahas dalam berbagai penelitian. Jember, digester biogas berbahan dasar limbah tahu telah dipasang perangkat IoT untuk memantau tekanan yang dihasilkan [4]. Parameter lain yang biasa di pemantauan melalui IoT diantaranya gas metan ( $\text{CH}_4$ ), suhu dan kelembaman. Diketahui bahwa dalam proses pembentukan biogas kelembaman tidak signifikan memberikan dampak [5]. India, perangkat IoT dikembangkan untuk proses pemantauan dan kontrol diantaranya untuk mengatur kadar pH melalui kontrol keran penambahan asam, mengatur volume campuran air melalui sensor level dan pemantauan penghematan yang dikonversi dari aliran biogas yang terpakai melalui pembacaan sensor aliran / arus [6]. Pada penelitian ini teknologi IoT diterapkan dalam perancangan *prototype* sistem pemantauan tekanan pada biogas  $10 \text{ m}^3$ . Prototype akan dipasang pada digester biogas baru yang telah dibangun oleh Cabang Dinas ESDM Wilayah Semarang Demak. Melalui pembacaan tekanan secara *real-time*, tersimpan dalam *database* dan ditampilkan dalam bentuk grafik maka pemantauan sistem biogas yang telah dibangun dapat dilakukan tanpa melakukan kunjungan lokasi.

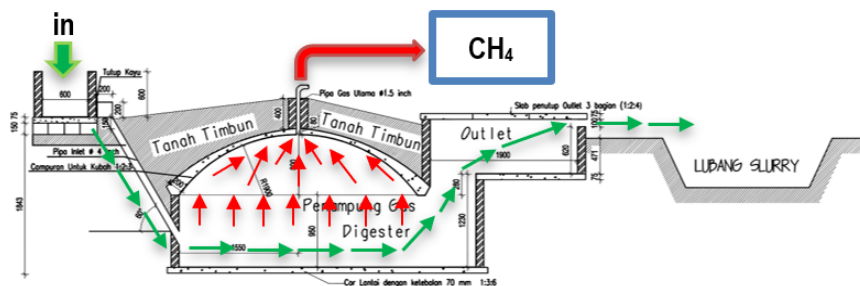
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk menguji efektivitas sistem pemantauan tekanan berbasis Internet of Things pada digester biogas. Desain penelitian ini

memungkinkan pengumpulan data secara langsung dari *prototype* yang dipasang pada digester biogas, sehingga memungkinkan evaluasi yang akurat terhadap performa sistem. Pengujian awal dilakukan dengan melakukan kalibrasi terhadap pembacaan sensor tekanan. Kalibrasi dilakukan melalui validasi nilai tekanan yang ditunjukkan oleh manometer tekanan dengan nilai sensor yang tertera pada program yang sedang berjalan. Selisih nilai kemudian dicatat sebagai deviasi hasil pembacaan *prototype*. Langkah kedua adalah melakukan klasifikasi nyala api terhadap hasil pemantauan tekanan. Langkah ketiga adalah pengumpulan data tekanan digester biogas secara *real-time*. Data yang dikumpulkan meliputi tekanan dalam digester pada interval waktu tertentu untuk memungkinkan analisis performa sistem secara komprehensif. Data yang terkumpul dianalisis divisualisasikan dalam bentuk grafik selama kurun waktu tiga hari sehingga evaluasi terhadap efektivitas sistem pemantauan tekanan dapat dilakukan. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola, tren, dan hubungan antara variabel yang diamati guna mendapatkan wawasan yang mendalam tentang pemanfaatan digester biogas.

### Biogas

Pada tahun anggaran 2024 Cabang Dinas ESDM Wilayah Semarang Demak akan melakukan pekerjaan pembangunan biogas salah satunya dibangun di Desa Rejosari Kabupaten Demak. Besar kapasitas digester biogas yang akan dibangun adalah  $10 \text{ m}^3$ .



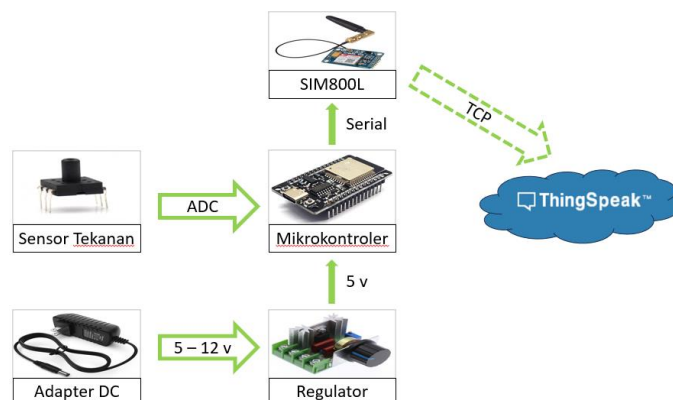
Gambar 1. Tampak Samping Desain Digester Biogas  $10 \text{ m}^3$

Bentuk digester yang telah dibangun dapat dilihat pada Gambar 1. Kotoran ternak dimasukkan pada sisi “in” dan dicampur dengan air untuk kemudian disalurkan pada digester utama. Digester dibuat dalam bentuk silindris dengan atap kerucut seperti kubah, secara efektif gas yang dihasilkan ( $\text{CH}_4$ ) terkumpul pada satu titik dan disalurkan menuju masyarakat untuk dimanfaatkan. Sedangkan sisa material berupa ampas kotoran ternak yang sudah terpisahkan dengan gas  $\text{CH}_4$  pada level ketinggian tertentu akan terdorong menuju sisi “outlet”. Dan di akhir proses material sisa berbentuk cair yang terpisah dialirkan menuju “lubang *slurry*” dapat dimanfaatkan sebagai cairan penyubur tanaman atau lahan pertanian masyarakat. Pemanfaatan gas  $\text{CH}_4$  oleh masyarakat melalui penggunaan kompor biogas dimana bahan bakar yang digunakan kompor tersebut adalah gas  $\text{CH}_4$ . Untuk digester biogas kapasitas  $10 \text{ m}^3$  diperkirakan mampu menyalakan empat unit kompor. Pada penelitian ini perangkat pemantauan akan di pasang pada saluran gas di dekat kompor masyarakat penerima manfaat. Beberapa hal yang mendasari dibangunnya infrastruktur biogas diantaranya permasalahan kebersihan lingkungan akibat buangan kotoran sapi yang tidak terorganisir, tidak adanya pengolahan kotoran menjadi bahan bermanfaat lainnya seperti biogas dan pupuk yang memiliki nilai ekonomis menjadi beberapa alasan kenapa perlu

dilakukan pembangunan digester biogas. Adapun proses pembentukan biogas diawali dengan memasukkan kotoran ternak yang sudah di campur dengan air 1:1 kedalam digester. Pada tahap pengisian awan dilakukan secara maksimal hingga digester penuh. Selanjutnya pada hari 1-8 gas CO<sub>2</sub> mulai terbentuk dan di hari kesepuluh biogas sudah terbentuk dengan komposisi CO<sub>2</sub> 27%, CH<sub>4</sub> 54% dan sisanya adalah zat lain. Dan secara efektif dihari ke 14 biogas dapat dimanfaatkan [7]. Selain dimanfaatkan gasnya, cairan sisa proses biogas / *slurry* dapat digunakan sebagai pupuk setelah dilakukan penambahan unsur NPK dan dapat digunakan sebagai pupuk [8]. Perubahan tekanan mampu dipakai sebagai indikasi bahwa terjadi proses pemanfaatan biogas. Digester mulai menghasilkan biogas pada hari ke 10 dengan tekanan 3.9 kPa. Setelah dilakukan pemanfaatan melalui proses memasak dengan kompor, tekanan turun menjadi 1.6 kPa. Kemudian terjadi kenaikan kembali menjadi 2.3 - 3.9 kPa setelah dilakukan pengisian dan menandakan bahwa biogas siap digunakan [9]. Tekanan biogas cukup bervariasi, pada penelitian lain dilakukan pengukuran tekanan digester *fixed dome* pada siang hari memiliki nilai tekanan 1.1 kPa [10]. Digester tipe *floating dome* dengan kapasitas 25 m<sup>3</sup> memiliki tekanan antara 7.2 - 9.8 mBar atau 0.72 - 0.98 kPa [11]. Digester biogas dengan ukuran galon mineral mampu menghasilkan biogas dengan tekanan 101-103 n/m<sup>3</sup> atau 0.103 - 0.103 kPa [12]. Digester berbahan HDPE dengan kapasitas 1 m<sup>3</sup> menghasilkan tekanan puncak pada hari ke 15 sebesar 2000 Pascal atau 2 kPa [8]. Penambahan material campuran pada kotoran sapi dapat meningkatkan tekanan pada proses produksi biogas, contohnya limbah rumah tangga / dapur [13], kulit nanas [14], kulit durian [15] dan ampas umbi ganyong. Penambahan material – material tersebut dengan komposisi yang optimal mampu meningkatkan nilai pH sehingga terjadi peningkatan tekanan [16]. Kondisi puncak tekanan dapat digunakan sebagai penanda bahwa bakteri anaerob pembentuk biogas telah selesai dalam proses penguraian dan gas siap untuk dimanfaatkan. Selain kotoran sapi, digester 1 m<sup>3</sup> dengan bahan dasar limbah tahu mampu menghasilkan biogas tekanan puncak hingga 12,2 kPa pada hari ke 20 [17].

### Perancangan Prototype

Gambar 2 adalah adalah desain *prototype* yang diaplikasikan pada penelitian ini. Mikrokontroler yang berfungsi sebagai otak *prototype* digunakan ESP32. Agar perangkat ESP32 diperlukan tegangan 5 volt DC yang dipasok oleh adapter DC *portable* yang tersedia banyak di pasaran dan di atur agar stabil menggunakan regulator tegangan.



Gambar 2. Desain Perangkat Keras Pada *Prototype*

Untuk mengukur tekanan digunakan sensor tekanan MPS20N0040D-S yang bekerja pada tegangan 3.3 – 5 volt DC dengan *range* tekanan 0 – 4 kPa. Data dari sensor tekanan akan di proses dari nilai adc ke satuan Pascal(Pa), yang selanjutnya dikirimkan oleh SIM800L ke server thingspeak dengan protokol TCP (*Transmission Control Protocol*) yang dipilih karena untuk memastikan data yang terkirim ke server hanya jika koneksi ke server dalam kondisi baik.

### Alur Program

---

Algoritma pengiriman data thingspeak

---

```

1. Init Serial
2. Init GSM
3. Init Pressure Sensor
4. GSM.Print("AT")
5. GSM.Print("AT+CREG?")
6. GSM.Print("AT+CSQ")
7. GSM.Print("AT+CIPSPRT=0")
8. while(1) do
9.   getPressureData
10.  if(Timer > 10 menit) then
11.    GSM.Print("AT+CGATT=1")
12.    GSM.Print("AT+CIPSHUT")
13.    GSM.Print("AT+CSTT="internet"")
14.    GSM.Print("AT+CIICR")
15.    GSM.Print("AT+CIFSR")
16.    GSM.Print("AT+CIPSTART="TCP";"api.thingspeak.com,"80"")
17.    GSM.Print("AT+CIPSEND")
18.    GSM.Print("GET "thingspeak channel" + "pressure data"")
19.    if(response == "SEND OK") then
20.      Serial.Print("SENDING OK")
21.      Timer = 0
22.    else then
23.      Serial.Print("SENDING ERROR")
24.      Timer = 10 Menit
25.    GSM.Print("AT+CIPSHUT")
26.  end-while

```

Gambar 3. Psuedocode Program Dalam Pengiriman Data

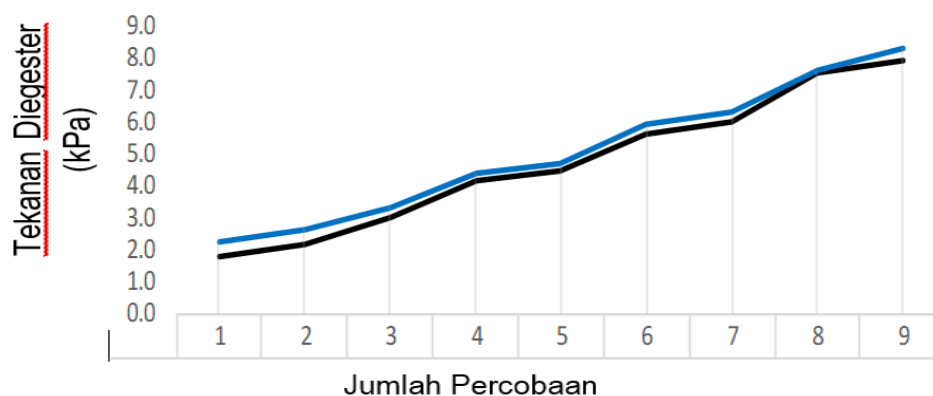
Psuedocode untuk algoritma pengiriman data dari mikrokontroler ke thingspeak dapat dilihat pada Gambar 3. Proses dimulai dari proses inisiasi komunikasi serial antara mikrokontroler dengan modul sim, dan dilanjutkan dengan inisialisasi sensor tekanan. Setelah inisialisasi awal dilakukan maka akan dilanjutkan dengan ke proses perulangan yang dalam setiap proses akan dilakukan pengambilan data sensor tekanan, dan jika timer sudah masuk ke 10 menit maka dilakukan proses pengiriman ke server thingspeak. Proses pengiriman ke thingspeak diawali dengan melakukan koneksi ke GPRS, yang dilanjutkan dengan melakukan pengaturan APN dan mengaktifkan koneksi nirkabel. Setelah koneksi aktif dilanjutkan dengan mendapatkan *local ip address*. Kemudian dapat dilakukan koneksi ke *api.thingspeak.com* dan melakukan proses pengiriman data tekanan ke *channel* thingspeak. Terakhir dilakukan pengecekan proses pengiriman, jika gagal maka proses perulangan akan dilakukan dari awal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Validasi Sensor

Validasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar *error* antara pembacaan sensor dengan manometer. Pembacaan dilakukan sebanyak 9 kali percobaan dengan hasil pada Gambar 4. Grafik biru menunjukkan hasil pembacaan sensor dan grafik hitam menunjukkan hasil pembacaan manometer. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa sensor memiliki

selisih dengan kondisi aktual di lapangan yang ditunjukkan manometer. Selisih tersebut yang kemudian disebut sebagai *error* positif karena nilai pembacaan sensor lebih besar dari kondisi aktual. Terdapat variasi *error* antara 0.1 kPa hingga 0.5 kPa dengan rata – rata *error* 0.3 kPa.



Gambar 4. Perbandingan Tekanan Pada Manometer dan Sensor

### Perbandingan Nyala Kompor Terhadap Tekanan

Untuk mengetahui keterkaitan antara tekanan terhadap nyala kompor maka telah dilakukan komparasi nilai tekanan terhadap kondisi nyala api kompor melalui observasi visual. Hasil observasi menunjukkan Tabel 1 bahwa secara efektif biogas dapat dimanfaatkan pada tekanan minimum 5 kPa. Pada saat turun menjadi 4 kPa kondisi nyala api meredup dan pada tekanan kurang dari 2 kPa nyala api redup dan tidak dapat dimanfaatkan.

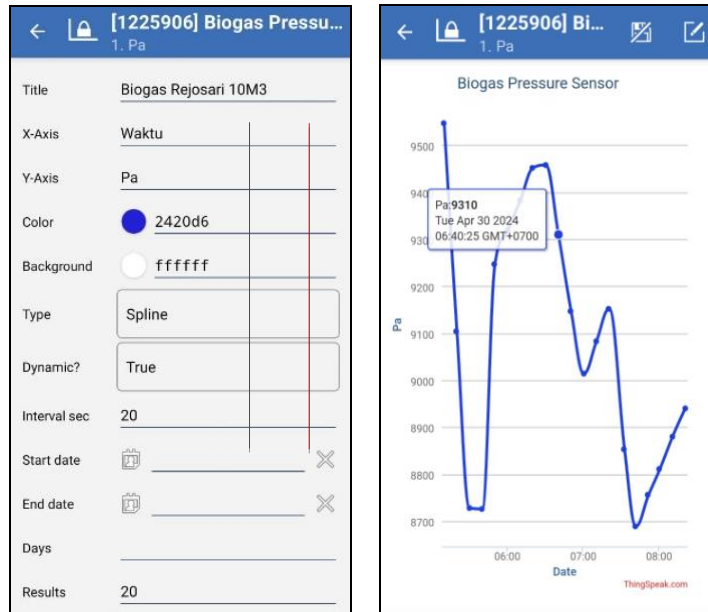
Tabel 1. Perbandingan antara tekanan terhadap nyala api

Tekanan (kPa)		Percobaan		
Gauge	Sensor	1	2	3
8	8.4	menyala	menyala	menyala
7	7.2	menyala	menyala	menyala
6	6.3	menyala	menyala	menyala
5	5.2	menyala	menyala	menyala
4	4.2	meredup	meredup	meredup
3	3.4	meredup	meredup	meredup
2	2.5	redup	redup	redup
1	1.4	redup	redup	redup

### Tampilan Pemantauan Pada *Smartphone*

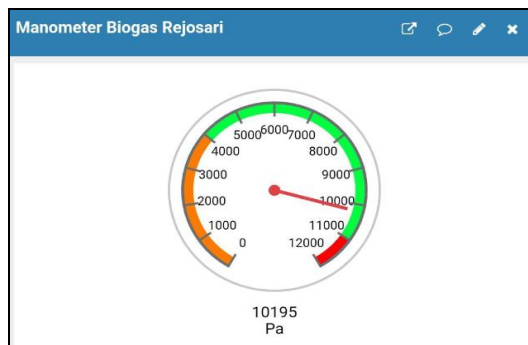
Pemantauan tekanan biogas sudah mampu di tampilkan pada *smartphone* melalui aplikasi ThingShow sebagaimana di tampilkan pada Gambar 5. Pada gambar sisi kiri adalah *dashboard* untuk melakukan pengaturan tampilan sedangkan gambar sisi kanan adalah hasil tampilan. Tampak bahwa nama judul, X-Axis dan Y-Axis sudah sesuai dengan pengaturan. Pemilihan warna dan tipe grafik sudah sesuai. Untuk data yang ditampilkan sudah sesuai dengan program yang diberikan dimana hasil pembacaan sensor dikirimkan per 10 menit sehingga total terdapat 6 data tekanan yang dikirimkan dalam kurun waktu 1 jam. Untuk mengetahui nilai tekanan dapat dilakukan dengan memilih titik waktu yang dikehendaki.





Gambar 5. Tampilan Sistem Pemantauan Melalui *Smartphone*

Secara *real-time* pembacaan tekanan juga dapat ditampilkan dalam bentuk manometer digital seperti pada Gambar 6. User dapat melakukan pengaturan warna terhadap range nilai tekanan sesuai kebutuhan.



Gambar 6. Tampilan Sistem Pemantauan

Pada penelitian ini nilai tekanan pada kondisi normal dimana nyala kompor masuk dalam kategori “menyala” berada pada *range* tekanan 4 kPa sampai dengan 11 kPa dengan warna indikasi hijau. Ketika biogas diindikasikan kurang dalam pengisian kotoran sehingga masuk dalam kategori “meredup” dan “redup” maka tekanan berada dibawah 4 kPa dengan warna indikasi orange. Sedangkan kondisi dimana tekanan memungkinkan melebihi kondisi normal diberikan warna indikasi merah.

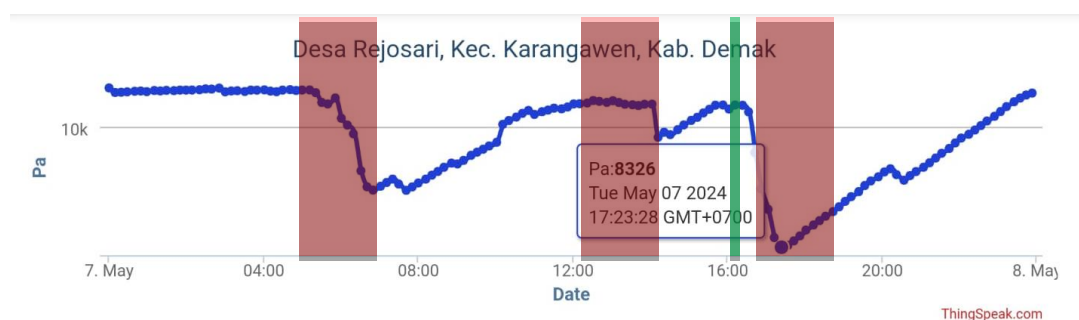


Gambar 7. Tampilan Sistem Pemantauan

Sebagai tambahan sistem pemantauan juga mampu ditambahkan lokasi koordinat dimana digester biogas dibangun seperti yang ditampilkan pada Gambar 7. Hal tersebut dapat digunakan dalam pengembangan untuk memantau sebaran pembangunan biogas di masa yang akan datang.

### Hasil Pembacaan Tekanan Per Hari

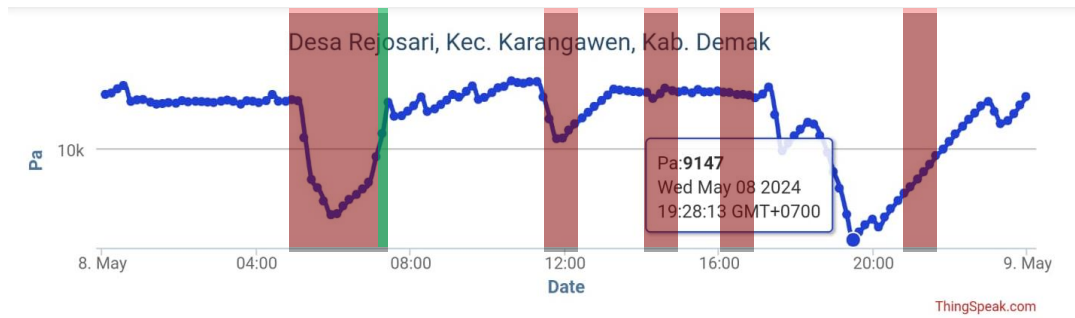
Untuk mengevaluasi hubungan antara waktu pengisian kotoran pada digester, waktu pemakaian kompor, serta grafik penurunan dan kenaikan tekanan, data diambil selama tiga hari (7-9 Mei 2024). Waktu pemakaian kompor dicatat tanpa memperhitungkan volume nyala api, sementara waktu pengisian digester dicatat hanya hingga lubang *inlet* penuh tanpa mempertimbangkan volume kotoran yang dimasukkan. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat mengidentifikasi dan menganalisis pola hubungan antara variabel-variabel ini selama periode pengambilan data yang ditetapkan. Hasil pembacaan dapat dilihat pada Gambar 8 sampai 10 dengan nilai tekanan ditunjukkan oleh grafik biru, waktu pemakaian daerah warna merah dan waktu pengisian daerah warna hijau.



Gambar 8. Pembacaan Tekanan Digester Biogas 10 m<sup>3</sup> H ke 1

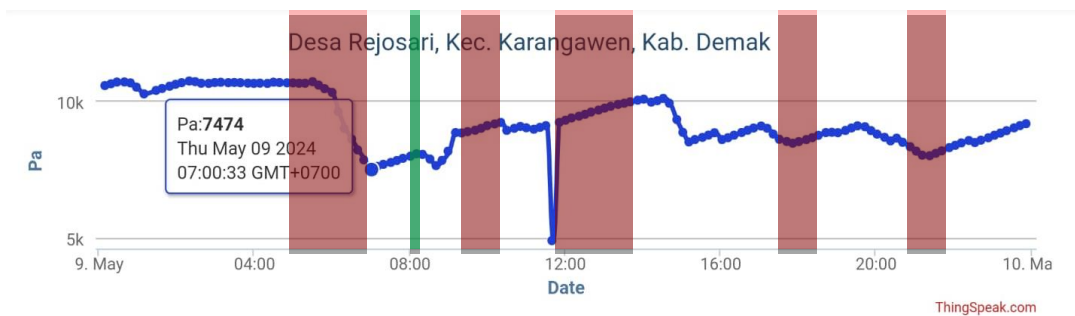
Gambar 8 adalah hasil pembacaan tekanan pada tanggal 7 Mei 2024. Hasil pembacaan menunjukkan bahwa tekanan digester menunjukkan pada rata – rata diatas 10 kPa. Melalui Gambar 8 diketahui bahwa secara aktual terjadi pemanfaatan pada Pukul 05:00 – 07:00, Pukul 12:00 – 14:00 dan Pukul 17:00 – 19:00. Kesesuaian pemakaian aktual dengan grafik penurunan tekanan hanya terjadi pada periode waktu Pukul 05:00 – 07:00. Hal tersebut dapat terjadi karena pada rentang waktu tersebut produksi gas oleh digester tidak optimal sehingga pemanfaatan hanya mengambil biogas yang sudah terbentuk sebelumnya. Dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa bakteri anaerob secara efektif bekerja pada rentang suhu optimal 35-40° C atau berkisar antara Pukul 09:00 – 15:00. Sehingga nampak bahwa tidak terjadi penurunan tekanan secara signifikan pada rentan waktu pukul Pukul 12:00 – 14:00 karena pada waktu tersebut biogas yang dihasilkan digester lebih besar dari gas yang dimanfaatkan. Kemudian tekanan turun pada titik terendah pada tekanan 8,3 kPa dan kembali pada nilai 10 kPa menunjukkan terjadinya produksi biogas oleh bakteri anaerob. Sedangkan waktu pengisian kotoran ke digester pada Pukul 16:00 tidak terdapat korelasi secara langsung terhadap kenaikan grafik tekanan pada hari yang sama karena diperlukan waktu jeda antara waktu pengisian hingga terbentuknya biogas yaitu 14 hari. Namun demikian kenaikan grafik tekanan pada waktu yang lain menuju titik stabil diatas 10 kPa membuktikan bahwa terjadi rutinitas pengisian kotoran pada digester.





Gambar 9. Pembacaan Tekanan Digester Biogas 10 m<sup>3</sup> H ke 2

Gambar 9 adalah hasil pembacaan tekanan pada tanggal 8 Mei 2024. Hasil pembacaan menunjukkan hal yang sama dimana penurunan cukup tinggi terjadi pada rentan waktu bakteri tidak optimal bekerja. Pemanfaatan pada Pukul 05:00 – 07:00 menyebabkan tekanan turun hingga 9,3 kPa dan titik terendah 9,1 kPa pada Pukul 19:28. Untuk pencatatan waktu pengisian pada hari tersebut dilakukan pada Pukul 07:00.



Gambar 10. Pembacaan Tekanan Digester Biogas 10 m<sup>3</sup> H ke 3

Gambar 10 adalah hasil pembacaan tekanan pada tanggal 9 Mei 2024. Hasil pembacaan menunjukkan terjadi penurunan pada rentan waktu bakteri tidak optimal bekerja yaitu pada Pukul 05:00 – 07:00, Pukul 18:00 – 19:00 dan Pukul 21.00 – 22.00. Pemanfaatan pada Pukul 05:00 – 07:00 menyebabkan tekanan turun hingga titik terendah pada hari tersebut adalah 7,4 kPa. Untuk pencatatan waktu pengisian pada hari tersebut dilakukan pada Pukul 08:00.

Dari pengamatan selama tiga hari, beberapa hal yang dapat disimpulkan yaitu penurunan pada grafik tekanan dapat menjadi indikator adanya pemanfaatan biogas terutama saat bakteri anaerob tidak bekerja secara efektif. Saat bakteri anaerob bekerja efektif, grafik tekanan menunjukkan stabil tanpa penurunan yang signifikan karena produksi gas lebih besar daripada yang digunakan. Waktu pengisian tidak langsung mempengaruhi grafik kenaikan tekanan dalam satu hari, namun kenaikan tekanan hingga mencapai 10 kPa setiap saat menandakan aktivitas pembentukan biogas yang terkait dengan pengisian rutin. Temuan ini memberikan informasi mengenai hubungan antara waktu pengisian kotoran, aktivitas bakteri anaerob, dan produksi serta pemanfaatan biogas dalam konteks digester selama periode pengamatan yang ditetapkan.

## KESIMPULAN

Pemantauan sistem biogas 10 m<sup>3</sup> di Desa Rejosari telah berhasil dilakukan. Hasil pembacaan data tekanan secara real-time berhasil dilakukan dalam kurun waktu tiga hari. Tekanan biogas tertinggi secara konstan mampu mencapai lebih dari 10 kPa dengan toleransi + 3 kPa. Pada beberapa variasi waktu pemanfaatan terpantau menyebabkan penurunan tekanan pada waktu pagi hari dimana bakteri anaerob belum optimal bekerja. Tekanan

digester turun pada titik terendah 7,4 kPa pada hari ke tiga. Tekanan kembali naik pada tekanan 10 kPa dalam kurun waktu 3 sampai 6 jam. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengisian kotoran pada digester rutin dilakukan. Pada tekanan tersebut nyala kompor masih dalam katagori menyala dan optimal untuk digunakan. Melalui pembacaan data tekanan maka beberapa hal yang dapat diketahui diantaranya rutinitas warga dalam pengisian kotoran ternak kedalam digester, waktu pemanfaatan biogas untuk memasak dan tekanan optimal yang dapat dicapai oleh digester. *Prototype* yang dibuat telah menunjukkan bahwa pemantauan secara real-time berhasil dilakukan sehingga kegiatan pengawasan yang efektif dan efisien dapat dilakukan tanpa adanya kunjungan ke lokasi.

Adapun beberapa temuan dalam penelitian yang dapat dijadikan dasar dalam pengembangan penelitian selanjutnya diantaranya ketersediaan sumber tegangan cadangan karena pada beberapa waktu sistem mati karena listrik padam atau stop kontak tidak sengaja dimatikan serta penggunaan SIM Card khusus IoT sehingga sisa kuota dapat dipantau karena pada beberapa kesempatan sistem tidak berhasil mengirimkan data disebabkan kehabisan kuota.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kepala Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah atas seluruh bantuan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Presiden Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional*. Indonesia, 2017, Pp. 1–227.
- [2] Gubernur Jawa Tengah, *Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 12 Tahun 2018 Tentang Rencana Umum Energi Daerah Provinsi Jawa Tengah*. Indonesia: Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah, 2018, Pp. 1–113.
- [3] Pemerintah Provinsi Jawa Tengah And Dinas Energi Dan Sumber Daya Mineral, *Rencana Strategis Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah Tahun 2024-2026*. INDONESIA, 2023, Pp. 1–424.
- [4] M. Rahmat *Et Al.*, “Solusi Pemanfaatan Limbah Tahu Menjadi Biogas Berbasis Iot Di Pabrik Tahu Al-Jalil, Jember,” *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, Vol. 3, No. 3, Pp. 109–113, 2023, [Online]. Available: [https://Jurnalfkip.Samawa-University.Ac.Id/Karya\\_Jpm/Index](https://Jurnalfkip.Samawa-University.Ac.Id/Karya_Jpm/Index)
- [5] H. Soebagia, D. Notosudjono, And K. Baehaki, “Analisis Peningkatan Gas Metana (CH<sub>4</sub>) Pada Digester Portabel Dengan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Energi Biogas Berbasis Internet Of Things (Iot),” *Jurnal Teknik*, Vol. 22, No. 1, Pp. 19–26, 2021.
- [6] A. Gupta, “Making Biogas SMART Using Internet Of Things (Lot),” In *2020 4th International Conference On Electronics, Materials Engineering And Nano-Technology, Iementech 2020*, Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc., Oct. 2020. Doi: 10.1109/Iementech51367.2020.9270067.
- [7] Isyaturriyadhah *Et Al.*, “Pengolahan Limbah Kotoran Sapi Menjadi Biogas Dan Pupuk Organik Dalam Upaya Pemberdayaan Kelompok Tani Ternak Di Desa Tirta Mulya

- Kecamatan Pelepat Ilir Kabupaten Bungo,” *Pengabdian KITA*, Vol. 5, No. 2, Pp. 36–46, Oct. 2022, [Online]. Available: <https://Tirtamulya.Desa.Id/First>.
- [8] H. Harmiansyah, R. D. Pratama, L. P. Afisna, M. Syaokani, And R. Efendi, “Karakteristik Sisa Slurry Pada Produksi Biogas Berbahan Kotoran Sapi,” *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, Vol. 6, No. 2, Pp. 46–53, Dec. 2022, Doi: 10.18196/Jmpm.V6i2.16175.
- [9] E. Purnama Dewi, J. Sumarsono, And I. Gusti Made Kompyang, “Pengembangan Akuisisi Data Pada Sistem Pemantauan Biogas Berbasis Iot Development Of Data Acquisition Biogas Pemantauan System Based On Iot,” Vol. 11, No. 1, P. 2024.
- [10] J. F. Tanaya, T. Soehartanto, And P. Y. Aisyah, “Perancangan Sistem Pemantauan Flowrate, Kandungan Gasmetana, Dan Tekanan Gunamendapatkan Informasi Kondisi Pada Bioreaktor Anaerob,” *JURNAL TEKNIK ITS*, Vol. 11, No. 2, Pp. F43–F48, 2022.
- [11] N. Padole, S. Adhau, And A. Kadu, “Intelligent Automation Based Gas Valve Control Mechanism In Biogas Plant,” In *Proceedings Of The 3rd International Conference On Intelligent Sustainable Systems, ICISS 2020*, Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc., Dec. 2020, Pp. 611–615. Doi: 10.1109/ICISS49785.2020.9315847.
- [12] A. Lingga Ratna Sari, S. Maria Ulva, And J. Fisika, “Analisis Tekanan Biogas Dari Kotoran Sapi Pada Miniatur Reaktor Biogas Dari Galon Bekas,” *Jurnal Sains Benuanta*, Vol. 2, No. 1, Pp. 51–57, Jun. 2023, [Online]. Available: [Http://Journal.Unikaltar.Ac.Id/Index.Php/JSB/Index](http://Journal.Unikaltar.Ac.Id/Index.Php/JSB/Index)
- [13] Z. Binti Mat Zuini, E. Binti Zulkifli, P. Sultan Idris Shah, And S. Bernam, “Efektivitas Produksi Biogas Mini Dari Limbah Dapur (KW) Dan Kotoran Sapi (CM),” *Jurnal Ilmiah Agrineca*, Vol. 24, No. 1, Pp. 27–40, 2024, Doi: 10.36728/Afp.V22i2.2834.
- [14] D. Suanggana *Et Al.*, “Potensi Produksi Biogas Dari Anaerobic Digestion Kotoran Sapi Dan Kulit Nanas Sebagai Sumber Energi Rice Cooker Biogas,” *Unira Malang* |, Vol. 06, No. 1, 2022.
- [15] D. Suanggana, A. Djafar, And G. Gunawan, “Analisis Pemanfaatan Energi Biogas Dari Campuran Limbah Kotoran Sapi Dan Kulit Durian Sebagai Energi Alternatif,” *119JURNAL TEKNOLOGI TERPADU*, Vol. 8, No. 2, Pp. 119–125, 2020.
- [16] S. Rohmah, F. Novia, And A. N. Muchamad, “Pengaruh Rasio Substrat Ampas Ganyong Dan PH Terhadap Tekanan Dan Waktu Retensi Biogas,” *Jurnal SEOI-Fakultas Teknik Universitas Sahid Jakarta*, Vol. 3, No. 2, Pp. 33–43, 2021.
- [17] K. Rajagukguk, “Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Menggunakan Reaktor Biogas Portabel,” *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, Vol. 1, No. 2, Pp. 63–71, 2020, Doi: 10.18196/Jqt.010210.