

Pengujian Sistem *Internet of Things* pada Implementasi Biogas dari Limbah Organik Rumah Tangga

1st Zaky Ibnu Kusumah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

zakyibnukusumah@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Meta Kallista
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

metakallista@telkomuniversity.ac.id

3rd Prasetya Dwi Wibawa
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

prasdwibawa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pembuatan biogas adalah proses yang rumit dan membutuhkan pengawasan dan pengendalian yang tepat untuk mencapai hasil terbaik. Kami menyelidiki penggunaan sistem *Internet of Things* (IoT) untuk memantau dan mengontrol proses pembuatan biogas secara *real-time*. Sistem *Internet of Things* menggunakan sensor untuk memantau parameter penting seperti gas, suhu, dan tekanan dalam digester biogas. Data yang dikumpulkan oleh sensor dikirim ke *platform* bot Telegram, yang memungkinkan analisis data dan pengambilan keputusan cepat untuk pengendalian proses. Selain itu, sistem ini memiliki aktuator otomatis yang dapat mengumpulkan data dan mengatur kondisi di dalam digester. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem *Internet of Things* (IoT) dapat meningkatkan efisiensi produksi biogas melalui pemantauan yang lebih akurat dan respons yang lebih cepat.

Kata kunci — limbah organik, biogas, *Internet of Things*, pemantauan *real-time*, pengendalian proses.

I. PENDAHULUAN

Pembuatan biogas, salah satu sumber energi terbarukan, memiliki potensi besar untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi dampak negatif yang ditimbulkannya terhadap lingkungan. Proses pembuatan biogas melibatkan mikroorganisme yang menghancurkan bahan organik secara anaerobik, menghasilkan gas metana yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Namun, proses ini membutuhkan kondisi lingkungan yang konsisten dan ideal untuk memaksimalkan efisiensi produksi.

Untuk memastikan proses berjalan dengan baik, pengendalian dan pemantauan parameter penting seperti suhu, tekanan, dan komposisi gas dalam digester biogas sangat penting. Pengendalian dan pemantauan ini biasanya dilakukan secara manual, yang tidak hanya memakan waktu tetapi juga berpotensi menyebabkan kesalahan dan penundaan dalam respons terhadap perubahan kondisi.

Proses pembuatan biogas adalah salah satu dari banyak peluang baru yang muncul sebagai hasil dari pengembangan teknologi *Internet of Things* (IoT). Operator dapat memantau kondisi digester secara terus-menerus dan melakukan penyesuaian otomatis berdasarkan data yang mereka peroleh dari sensor *Internet of Things* (IoT) yang dapat mengumpulkan dan mengirimkan data secara *real-time* ke *platform* bot Telegram.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa efektif penggunaan sistem *Internet of Things* (IoT) dalam memantau dan mengendalikan proses pembuatan biogas secara *real-time*. Oleh karena itu, diharapkan bahwa sistem ini dapat meningkatkan efisiensi produksi biogas, mengurangi kemungkinan kegagalan proses, dan mendukung pengembangan energi terbarukan yang lebih berkelanjutan.

II. KAJIAN TEORI

A. Limbah organik

Limbah organik adalah sisa bahan organik yang dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme. Ini termasuk sisa makanan, kotoran hewan, dedaunan, dan sisa tanaman. Proses anaerobik biasanya menghasilkan biogas dari limbah organik. Proses ini mengubah limbah organik menjadi energi terbarukan.

B. Biogas

Biogas merupakan bahan-bahan yang berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerobik (tanpa oksigen). Komponen utama biogas terdiri dari metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂), bersama dengan sejumlah kecil gas lainnya, seperti hidrogen sulfida (H₂S). Biogas adalah bahan bakar alternatif yang dapat dibuat dari limbah organik seperti sisa makanan, kotoran hewan, dan limbah pertanian.

C. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah istilah yang mengacu pada jaringan internet yang menghubungkan berbagai perangkat fisik, seperti sensor, aktuator, dan lainnya. Jaringan ini memungkinkan perangkat ini berkomunikasi dan berinteraksi satu sama lain, yang memungkinkan otomatisasi dan kontrol jarak jauh untuk berbagai tujuan, seperti memantau dan mengontrol proses pembuatan biogas.

D. Bot Telegram

Bot Telegram merupakan aplikasi yang memungkinkan pengguna berinteraksi melalui pesan dengan programnya untuk melakukan berbagai fungsi, seperti memberikan informasi, mengotomatiskan respons, atau mengintegrasikan sistem lain seperti *Internet of Things* (IoT) untuk memberikan data atau notifikasi, serta memantau kondisi sistem kepada pengguna secara *real-time* dengan respons cepat.

E. Monitoring

Monitoring adalah proses terus-menerus melihat, mengukur, dan mencatat data tentang sistem atau proses. Dalam pembuatan biogas, monitoring melibatkan pengumpulan data tentang parameter seperti suhu, tekanan, dan gas. Hal tersebut digunakan untuk memastikan bahwa proses produksi biogas berjalan secara efisien dan optimal.

F. Limbah organik

Limbah organik adalah sisa bahan organik yang dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme. Ini termasuk sisa makanan, kotoran hewan, dedaunan, dan sisa tanaman. Proses anaerobik biasanya menghasilkan biogas dari limbah organik. Proses ini mengubah limbah organik menjadi energi terbarukan.

G. Fermentasi

Fermentasi adalah proses metabolisme di mana mikroorganisme menguraikan bahan organik dalam kondisi anaerobik untuk menghasilkan produk akhir seperti alkohol, asam organik, atau gas seperti metana.

III. METODE

A. Persiapan Pengembangan Sistem IoT

Dimulai dengan perancangan dan pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT), yang mencakup sensor, seperti suhu, tekanan, gas, serta *Wi-Fi* dan bot Telegram. Sistem ini dimaksudkan untuk memantau dan mengontrol kondisi digester secara *real-time*.



GAMBAR 1.
DHT22



GAMBAR 2.
BMP180



GAMBAR 3.
MQ4



GAMBAR 4.
Bot Telegram

Sensor MQ-4 adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gas metana dan gas alam. Sensor ini bekerja dengan cara mengukur perubahan resistansi internal yang disebabkan oleh gas, sehingga cocok digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas.

Sensor BMP180 adalah sensor tekanan barometrik yang juga memiliki kemampuan untuk menghitung suhu. Sensor ini sangat berguna untuk perhitungan ketinggian teledirigible, pegunungan, maupun dalam biodigester, karena ketinggian tekanan akan menunjukkan perubahan.

Sensor DHT22 adalah sensor digital suhu dan kelembapan. Sensor ini menggunakan termistor dan sensor kapasitas untuk digital datang yang terakurat.

B. Pemasangan Sistem pada Digester Biogas

Langkah selanjutnya adalah memasang sensor dan aktuator pada digester biogas. Sensor ditempatkan untuk memantau parameter penting, dan aktuator dihubungkan ke digester untuk mengubah kondisi di dalamnya berdasarkan data yang dikumpulkan.



GAMBAR 5.
Pemasangan Aktuator

Pemasangan aktuator dalam pengujian sistem *Internet of Things* (IoT) untuk implementasi biogas dari limbah organik rumah tangga merupakan fitur sistematis yang memastikan sistem berjalan dengan baik dan kawal penuh proses pembuatan biogas. Aktuator digunakan untuk menggerakkan badan mekanik seperti pengadukan otomatis yang diperlukan dalam sistem biogas. Aktuator dipasang dengan menghubungkannya ke kontrolor *Internet of Things* (IoT) yang juga menerima sinyal dari sensor seperti sensor suhu, sensor tekanan, sensor gas. Berdasarkan data-data yang dikumpulkan oleh sensor, kontrolor mengirimkan perintah ke aktuator untuk melakukan tindakan yang diperlukan.

C. Pengolahan Limbah Organik

Limbah organik rumah tangga, seperti sisa makanan dikumpulkan dan diproses untuk mencapai rasio yang ideal dan di campurkan dengan air dengan perbandingan 1:1. Setelah itu, limbah kemudian disiapkan untuk dimasukkan ke dalam digester.



GAMBAR 6.
Limbah Organik

D. Pengujian dan Kalibrasi Sistem

Pada pengujian dan kalibrasi sistem ini, sensor dan aktuator yang telah dipasang diuji dan dikalibrasi untuk memastikan keakuratan pengukuran dan respons otomatis yang tepat. Pengujian juga mencakup verifikasi konektivitas sistem dengan bot Telegram

untuk memastikan bahwa data dapat dikumpulkan dan dianalisis secara *real-time*.

E. Pembuatan Biogas

Sistem *Internet of Things* (IoT) memantau kondisi fermentasi anaerobik di digester saat limbah organik telah diproses. Untuk memastikan produksi biogas berjalan secara efisien dan optimal, sistem ini juga mengontrol lingkungan digester.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan pada penelitian ini diperoleh dari pengujian sistem yang bertujuan untuk memastikan alat berfungsi sesuai dengan perancangan. Pengujian mencakup masing-masing komponen dalam sistem serta pengujian sistem secara keseluruhan. Komponen komponen yang diuji meliputi:

- 1. Pengujian sensor suhu (DHT22)
- 2. Pengujian sensor tekanan (BMP180)
- 3. Pengujian sensor gas (MQ4)
- 4. Pengujian keseluruhan sistem

A. Pengujian Sensor Suhu (DHT22)

Pengujian sensor DHT22 bertujuan untuk memastikan keakuratan dan keandalan sensor dalam mengukur suhu dan kelembapan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data suhu dan kelembapan yang dihasilkan oleh sensor ini dengan data dari alat pengukur yang lebih akurat. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran suhu dan kelembapan dari kedua sumber untuk menilai konsistensi dan presisi sensor DHT22. Pengujian sensor suhu DHT22 dilakukan sebanyak 7 kali, yaitu pada tanggal 7, 8, 9, 11, 13, 14, dan 15 Juli 2024.

TABEL 1.
Data Suhu yang Tercatat

Waktu (Tanggal)	Suhu (Celcius)
07/07/2024	29.69
08/07/2024	29.87
09/07/2024	29.97
11/07/2024	29.97
13/07/2024	30.06
14/07/2024	30.79
15/07/2024	31.16

Tabel 1 menunjukkan data suhu yang tercatat. Diketahui pada pencatatan pengujian pertama sampai dengan pengujian ketujuh temperatur suhu selalu naik, di mana suhu terendah yaitu pada tanggal 7 Juli 2024, sedangkan suhu tertinggi yaitu pada tanggal 15 Juli 2024



GAMBAR 7.

Grafik Hasil Pengujian Sensor DHT22

Gambar 7 menunjukkan grafik hasil pengujian sensor DHT22. Grafik selalu menuju kearah naik mulai dari titik pertama, di tanggal 7 Juli 2024 sampai dengan titik terakhir tanggal 15 Juli 2024.

B. Pengujian Sensor Tekanan (BMP180)

Pengujian sensor BMP180 dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan dan keandalan dalam mengukur tekanan udara dan suhu. Proses ini melibatkan perbandingan data tekanan dan suhu yang diperoleh dari sensor BMP180 dengan data dari perangkat pengukur yang lebih presisi. Dengan membandingkan hasil dari kedua sumber, pengujian ini memberikan wawasan mendalam tentang konsistensi dan ketepatan sensor BMP180, sehingga memastikan bahwa sensor ini siap untuk digunakan dalam aplikasi. Pengujian sensor tekanan BMP180 dilakukan sebanyak 7 kali, yaitu pada tanggal 7, 8, 9, 11, 13, 14, dan 15 Juli 2024.

TABEL 2.
Data Tekanan yang Tercatat

Waktu (Tanggal)	Tekanan (kPa)
07/07/2024	94.20
08/07/2024	94.21
09/07/2024	94.22
11/07/2024	94.22
13/07/2024	94.24
14/07/2024	94.30
15/07/2024	94.41

Tabel 2 menunjukkan data tekanan yang tercatat. Diketahui pada sensor tekanan BMP180 pencatatan tekanan selalu bertambah di tiap pengujian, namun pada tanggal 9 Juli 2024 dan 11 Juli 2024 tekanan sama, yaitu

sebesar 94.22. Selanjutnya tekanan kembali bertambah pada pengujian kelima sampai dengan pengujian terakhir, di tanggal 15 Juli 2024.



GAMBAR 8.
Grafik hasil pengujian sensor BMP180

Gambar 8 menunjukkan grafik hasil pengujian sensor BMP180. Grafik pada garis yang sama pada tanggal 9 Juli 2024 dan 11 Juli 2024 menunjukkan tekanan sama, yaitu sebesar 94.22.

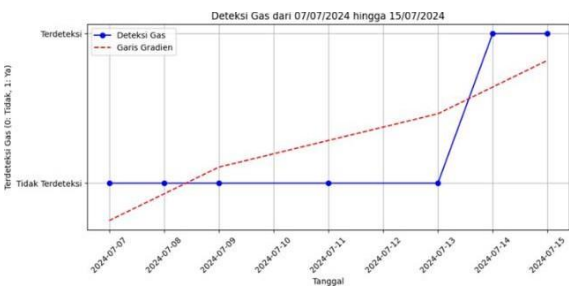
C. Pengujian Sensor Gas (MQ4)

Pengujian sensor MQ4 dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan dan keandalan dalam mendeteksi konsentrasi gas metana. Proses ini melibatkan perbandingan data konsentrasi gas metana yang diperoleh dari sensor MQ4 dengan data dari perangkat pengukur gas yang lebih presisi. Dengan membandingkan hasil dari kedua sumber, pengujian ini memberikan wawasan mendalam tentang konsistensi dan sensitivitas sensor MQ4, sehingga memastikan bahwa sensor ini siap digunakan dalam aplikasi. Pengujian sensor gas MQ4 dilakukan sebanyak 7 kali, yaitu pada tanggal 7, 8, 9, 11, 13, 14, dan 15 Juli 2024.

TABEL 3.
Data Gas yang Tercatat

Waktu (Tanggal)	Terdeteksi Ada atau Tidaknya Gas
07/07/2024 	Gas tidak terdeteksi
08/07/2024 	Gas tidak terdeteksi
09/07/2024 	Gas tidak terdeteksi
11/07/2024 	Gas tidak terdeteksi
13/07/2024 	Gas tidak terdeteksi
14/07/2024 	Gas terdeteksi
15/07/2024 	Gas terdeteksi

Tabel 3 menunjukkan data gas yang tercatat. Diketahui pada pencatatan pengujian pertama sampai dengan pengujian kelima tidak terdeteksi adanya gas pada sensor MQ4, selanjutnya pada pengujian keenam dan ketujuh gas sudah terdeteksi oleh sensor MQ4.



GAMBAR 9.
Grafik hasil pengujian sensor MQ4

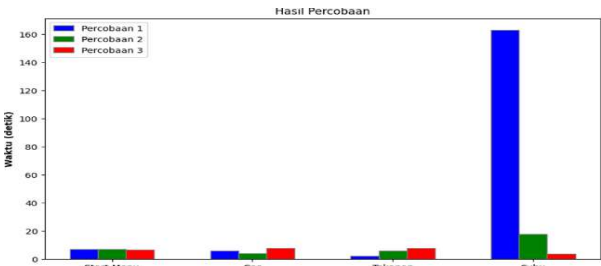
Gambar 9 menunjukkan grafik hasil pengujian sensor MQ4. Grafik mulai naik pada titik di tanggal 13 Juli 2024 ke tanggal 14 Juli 2024. Sehingga diketahui sensor MQ4 siap digunakan dalam aplikasi.

D. Pengujian Sistem Keseluruhan

TABEL 4.
Data Delay pada Bot Telegram yang Tercatat

Start Menu	
Percobaan 1	06.86 detik
Percobaan 2	07.12 detik
Percobaan 3	06.55 detik
Gas	
Percobaan 1	05.77 detik
Percobaan 2	03.83 detik
Percobaan 3	07.67 detik
Tekanan	
Percobaan 1	02.30 detik
Percobaan 2	05.83 detik
Percobaan 3	07.67 detik
Suhu	
Percobaan 1	02.43.18 menit
Percobaan 2	17.61 detik
Percobaan 3	03.61 detik

Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan Wemos ESP32 untuk menjawab perintah yang dikirim melalui bot Telegram. Empat perintah "Start Menu", "Suhu", "Tekanan", dan "Gas" diuji. Untuk setiap perintah, eksperimen dilakukan dalam tiga siklus. Hasil analisis data percobaan dapat dilihat di sini.



GAMBAR 10.
Grafik Delay Bot Telegram

1. Start Menu

- a. Rata *delay*: $(6.86 + 7.12 + 6.55) / 3 = 6.84$ detik
- b. Rentang waktu: 6.55 detik hingga 7.12 detik
- c. Konsistensi: *Delay* relatif konsisten dengan variasi yang kecil di sekitar rata-rata.
- d. Relatif stabil dengan rata-rata *delay* sekitar 6.84 detik.13

2. Suhu

- 1) Percobaan pertama (2.43.18 menit) menunjukkan anomali yang signifikandibandingkan dengan percobaan lainnya.
- 2) Rata-rata *delay*: $(143.18 + 17.61 + 3.61) / 3 = 54.13$ detik
- 3) Rentang waktu: 3.61 detik hingga 143.18 detik
- 4) Konsistensi: *Delay* pada perintah ini sangat tidak konsisten, terutama dengan adanya percobaan pertama yang sangat tinggi. Mengabaikan percobaan pertama, rata-rata *delay* lebih masuk akal: $(17.61 + 3.61) / 2 = 10.61$ detik.
- 5) Sangat tidak konsisten, terutama karena satu anomali percobaan pertama. Mengabaikan percobaan anomali, perintah ini membutuhkansekitar 10.61 detik.

3. Tekanan

- a. Rata-rata *delay*: $(2.30 + 5.83 + 7.67) / 3 = 5.27$ detik
- b. Rentang waktu: 2.30 detik hingga 7.67 detik
- c. Konsistensi: *Delay* menunjukkan variasi yang cukup besar, dengan satu percobaan (2.30 detik) yang jauh lebih cepat dari yang lain.
- d. Fluktuasi besar dengan satu percobaan jauh lebih cepat, menunjukkan bahwa sistem bisa sangat cepat namun kadang lambat.

4. Gas

- a. Rata-rata *delay*: $(5.77 + 3.83 + 7.67) / 3 = 5.76$ detik
- b. Rentang waktu: 3.83 detik hingga 7.67 detik
- c. Konsistensi: *Delay* bervariasi dengan cukup signifikan, menunjukkan bahwa ada fluktuasi dalam respons perintah ini.
- d. Variasi yang lebih besar, dengan rata-rata 5.76 detik dan fluktuasi yang menunjukkan beberapa ketidakstabilan.

E. Analisis Hasil Pengujian

Hasil pengujian teknologi alat pengaduk limbah yang dapat diaktifkan secara otomatis menunjukkan banyak hal penting tentang pengolahan limbah. Meskipun alat ini mungkin meningkatkan efisiensi operasional, penelitian ini menemukan beberapa keterbatasannya. Faktor utama yang mempengaruhi kinerja sistem termasuk ketergantungan pada pasokan daya yang konstan, perbaikan rutin, dan batasan kapasitas pemrosesan. Sebaliknya, analisis menunjukkan bahwa resolusi sensor dan efek lingkungan sangat penting dalam mengukur ketepatan pengukuran dalam penelitian yang melibatkan penggunaan sensor suhu dan tekanan udara untuk menjaga kualitas biogas. Temuan ini memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana teknologi ini digunakan dan apa artinya untuk aplikasi dunia nyata.

V. KESIMPULAN

Identifikasi faktor kunci dalam teknologi pengelolaan limbah dan pemantauan biogas secara canggih yang diterapkan, mencakup penggunaan alat pengaduk yang otomatis, dan sistem sensor. Selain itu, Alat pengaduk yang bergerak secara otomatis menggunakan motor DC 775 dan dikendalikan oleh Wemos ESP32 yang memberikan notifikasi secara *real-time* melalui bot Telegram, dan pengaduk juga memusatkan waktu berputar suatu jadwal. Namun, penyusuan juga memberikan tantangan karena ketergantungan atas pasokan energi listrik bebas gangguan dan perawatan rutin diperlukan. Ini mengimplikasikan bahwa sensor MQ4 untuk mendeteksi gas metana mendiadaptasikan tingkat sentifitas yang menggunakan Standar dan cukup untuk mencapai optial akurasi.

Sistem pemantauan biogas mengukur kualitas biogas menggunakan sensor tekanan udara BMP180 dan sensor suhu DHT22. Sensor-sensor ini secara otomatis mengirimkan data harian melalui bot Telegram, menampilkan suhu antara 29.69°C hingga 31.16°C dan tekanan udara antara 94.20 kPa hingga 94.41 kPa. Namun, keterbatasan resolusi sensor BMP180 dan ketergantungan pada koneksi internet untuk komunikasi dengan bot Telegram mempengaruhi keandalan sistem. Efisiensi operasional dan respons terhadap perubahan lingkungan dapat ditingkatkan dengan integrasi sistem yang lebih baik dan manajemen yang cermat.

REFERENSI

- [1] I. Daruwati, R. G. Hatika, and D. Mardiansyah, "MQ-4 gas sensor using micro controller arduino uno for LPG leakage with short message service as a media information," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2021, p. 012068.
- [2] A. S. Puspaningrum, F. Firdaus, I. Ahmad, and H. Anggono, "Perancangan Alat Deteksi Kebocoran Gas Pada Perangkat Mobile Android Dengan Sensor MQ-4," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [3] W. Waris, I. Kharismawati, and M. S. Aswan, "Utilization of producing biogas from food waste in anaerob biodegester at thermophilic temperature," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2021, p. 012166.
- [4] C. Ismail, F. Wioproprano, T. Takama, J. Lieu, and L. D. Virla, "Frugal Eco-innovation for Addressing Climate Change in Emerging Countries: Case of Biogas Digester in Indonesia," in *Handbook of Climate Change Management: Research, Leadership, Transformation*, Springer, 2021, pp. 693–719.
- [5] I. Budiman, "The complexity of barriers to biogas digester dissemination in Indonesia: challenges for agriculture waste management," *J Mater Cycles Waste Manag*, vol. 23, no. 5, pp. 1918–1929, 2021.
- [6] I. Abbas *et al.*, "Development and performance evaluation of small size household portable biogas plant for domestic use," *Biomass Convers Biorefin*, pp. 1–13, 2020.

- [7] R. A. Koestoer, N. Pancasaputra, I. Roihan, and H. Harinaldi, "A simple calibration methods of relative humidity sensor DHT22 for tropical climates based on Arduino data acquisition system," in *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, 2019.

