

Pemanfaatan Sampah Organik Rumah Tangga Menjadi Biogas Sebagai Energi Terbarukan dan Terintegrasi dengan *Internet of Things*

1st Andhika S
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

[iamdhikka@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:iamdihika@student.telkomuniversity.ac.id)

2nd Rendy Munadi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rendymunadi@telkomuniversity.ac.id

3rd Sussi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

sussiss@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Peningkatan kebutuhan energi dan keinginan untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya fosil mendorong pengembangan sumber energi terbarukan, salah satunya adalah biogas. Proyek tugas akhir ini berfokus pada implementasi sistem Internet of Things (IoT) untuk memonitor dan mengoptimalkan produksi biogas. Sistem ini dirancang untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menampilkan data real-time dari proses produksi biogas menggunakan berbagai sensor yang terhubung melalui jaringan IoT. Sistem IoT ini mencakup sensor suhu, kelembaban, dan tekanan gas yang semuanya terintegrasi ke dalam sebuah platform. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini dikirim ke server untuk dianalisis dan kemudian ditampilkan dalam bentuk yang mudah dipahami melalui antarmuka pengguna yang ramah. Analisis data dilakukan untuk mengidentifikasi pola dan anomali yang dapat mempengaruhi efisiensi produksi biogas, serta untuk memberikan rekomendasi dalam pengelolaan sistem.

Kata kunci: Biogas, Internet of Things (IoT), energi terbarukan, sensor, monitoring, analisis data.

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat, dengan ekspansi bidang industri menyebabkan peningkatan permintaan energi dan penurunan kualitas lingkungan [1]. Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak dan gas, namun berkurangnya cadangan minyak, dan pencabutan subsidi menyebabkan harga minyak naik serta turunnya kualitas lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber-sumber energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan menjadi pilihan yang tepat [2].

Biogas merupakan salah satu dari energi terbarukan yang memiliki peluang yang besar dalam pengembangannya [3]. Energi biogas dapat diperoleh dari air buangan rumah tangga, kotoran cair dari peternakan, sampah organik dari pasar, industri makanan dan segala bentuk limbah organik [4]. Biogas terbentuk melalui proses fermentasi secara anaerobik oleh bakteri methan dan bakteri biogas, melalui proses tersebut gas yang dihasilkan berupa gas metana (CH_4) yang bersifat mudah terbakar [5].

Kami melakukan penelitian untuk menghasilkan biogas yang berasal dari limbah organik rumah tangga. Limbah organik merupakan salah satu substrat yang dianggap paling cocok sebagai sumber pembuat biogas, karena limbah organik terutama dalam rumah tangga sangatlah banyak sehingga perlu untuk dimanfaatkan secara baik [6].

II. KAJIAN TEORI

A. *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) untuk biogas melibatkan integrasi sensor, aktuator, dan sistem kontrol berbasis internet untuk meningkatkan efisiensi dan pemantauan proses produksi biogas. Sensor IoT dipasang di digester biogas untuk mengukur parameter penting seperti suhu, kelembaban, tekanan, dan konsentrasi gas metana secara real-time. Data dari sensor ini dikirim ke platform IoT, memungkinkan analisis data secara mendalam dan pengambilan keputusan yang lebih baik. Sistem kontrol otomatis, yang didasarkan pada algoritma seperti PID atau kontrol fuzzy logic, dapat menyesuaikan kondisi operasional digester untuk memastikan efisiensi optimal. IoT juga memungkinkan deteksi dini masalah dan pemeliharaan prediktif, mengurangi downtime dan biaya operasional. Dengan integrasi IoT, manajemen produksi biogas menjadi lebih cerdas, terhubung, dan responsif terhadap perubahan lingkungan dan kondisi operasional, yang pada akhirnya meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sistem biogas.

B. Suhu dan Kelembaban

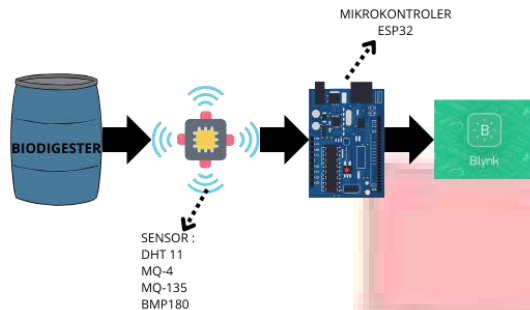
Suhu dan kelembaban memainkan peran penting dalam proses produksi biogas. Suhu mempengaruhi aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi anaerobik, dengan kondisi mesofilik ($30\text{--}40^\circ\text{C}$) dan termofilik ($50\text{--}60^\circ\text{C}$) yang masing-masing menghasilkan laju produksi biogas yang optimal. Pada suhu yang lebih tinggi, mikroorganisme bekerja lebih efisien, mempercepat proses dekomposisi bahan organik dan meningkatkan produksi metana, tetapi juga membutuhkan kontrol yang lebih ketat untuk mencegah kematian mikroba. Kelembaban, atau kadar air dalam bahan baku, juga kritis karena mempengaruhi pergerakan dan aktivitas mikroorganisme. Kadar air yang optimal memfasilitasi reaksi biokimia dan transportasi nutrisi, sementara kelembaban yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menghambat aktivitas mikroba dan mengurangi efisiensi produksi biogas. Kombinasi suhu dan kelembaban yang tepat sangat penting untuk mencapai produksi biogas yang maksimal dan berkelanjutan.

III. METODE

Biogas *Internet of Things* dapat dirancang dengan menggunakan metode berikut:

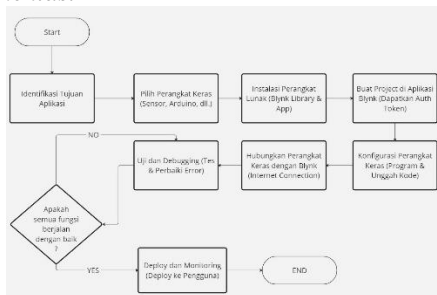
A. Arsitektur Sistem

Pada gambar dibawah menjelaskan mengenai cara kerja sistem pada alat biogas. Saat system monitoring dinyalakan, sensor akan bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing. Kemudian setelah semua sensor mendapatkan nilai data maka selanjutnya akan dikirim ke mikrokontroler yang kemudian akan di lanjutkan dikirim ke blynk untuk ditampilkan pada dashboard yang telah disiapkan. Berikut merupakan tampilan dari *software* yang digunakan pada Gambar 1.



GAMBAR 1.
Sistem Kerja Alat

B. Implementasi



GAMBAR 2.
Flowchart Sistem Kerja Alat

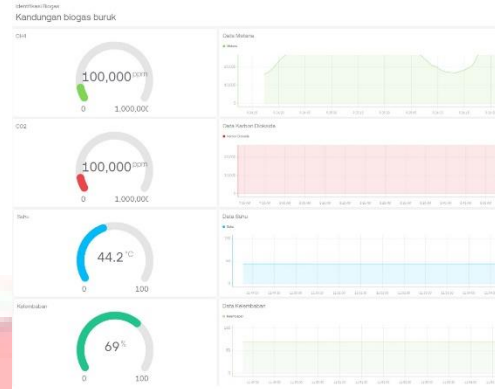
Sistem desain pada Gambar 2 terdiri dari beberapa komponen yang saling terhubung untuk membuat sistem monitoring pada biogas. Pada sistem monitoring menggunakan beberapa sensor seperti DHT11, MQ-4, MQ-135 dan BMP180. Sensor ini akan ditempatkan pada tabung biodigester dan tabung penyimpanan gas, yang kemudian output dari sensor ini akan dibaca oleh mikrokontroler dengan model *ESP32* untuk menampilkan hasil pemindaian aplikasi blynk. Blynk adalah platform IoT yang dapat digunakan sebagai user interface untuk menampilkan hasil monitoring. Setelah pemindaian selesai, nilai data akan diolah sesuai dengan perintah yang dimasukkan kedalam source code pada mikrokontroler. Setelah nilai data diolah, selanjutnya akan dikirimkan pada blynk yang kemudian akan ditampilkan pada dashboard yang telah disediakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Skenario Pengujian

Pengujian merupakan proses yang bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem monitoring biogas. Pengujian software dilakukan secara bersamaan dengan *hardware*. Pengujian dilakukan dengan menyambungkan *software* ke *hardware* menggunakan kabel sebagai konektivitasnya. Setelah itu masuk ke

bagian *software* tersebut, sambungkan terlebih dahulu ke port yang sesuai dengan komputer yang digunakan. Jika belum terdaftar, masuk ke "device manager" pada pengaturan komputer, lalu pilih "other device" dan update drive dari port COM yang terdaftar. Setelah itu lakukan penyambungan *hardware* ke *software* dengan menekan tombol "CONNECT", lalu lakukan proses monitoring terhadap biogas dengan menekan dashboard monitoring biogas pada blynk. Hasil pemindaian monitoring akan muncul pada layar seperti pada gambar 3 berikut ini:



GAMBAR 3.
Hasil Monitoring Biogas

Selanjutnya untuk melihat hasil monitoring dari tekanan gas dapat dilihat dengan menekan dashboard *pressure gas*, hasil akan muncul pada seperti pada Gambar 4.



GAMBAR 4.
Hasil Monitoring Tekanan Gas

Hasil monitoring dapat dilihat secara real-time maupun secara jangka waktu, ini bisa kita atur dalam pembuatan dashboard pada blynk nantinya. Fitur jangka waktu ini sangatlah penting karena kita dapat melihat kapan biogas terproduksi dengan baik dan buruk. Sehingga kita dapat memaksimalkan produksi biogas pada waktu tersebut dan juga dapat meminimalisir pada waktu dimana produksi biogas buruk. Setelah melihat monitoring biogas kita dapat melakukan logout pada menu dashboard yang telah disediakan, jika tidak ingin melakukan logout kita dapat langsung menutup aplikasi blynk dan aplikasi akan tetap berjalan.

B. Hasil Pengujian

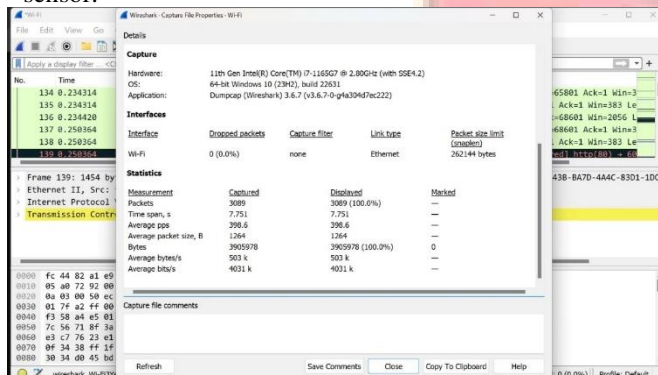
Setelah menjalani serangkaian uji coba, dapat diketahui bahwa suhu, kelembaban, methana dan karbondioksida adalah faktor penting dari produksi biogas ini. Sehingga faktor-faktor tersebut perlu dimonitoring secara real-time agar produksi biogas yang dihasilkan dapat sesuai dengan yang diharapkan

Suhu	Kelembaban	Metana	Karbon Dioksida	Biogas	Kualitas
28,4°C	87,27 %	372 ppm	730 ppm	1102 ppm	Buruk
24,18°C	92,29 %	4330 ppm	4867 ppm	9197 ppm	Buruk
37,9°C	81,59 %	1269 ppm	1998 ppm	3267 ppm	Buruk
24,96°C	91,66 %	7148 ppm	10414 ppm	17.562 ppm	Buruk
35,81°C	82,62 %	1145 ppm	1880 ppm	3.025 ppm	Buruk
27,16°C	86,83 %	2462 ppm	1790 ppm	4.252 ppm	Baik
36,34°C	81,59 %	888 ppm	1014 ppm	1.902 ppm	Buruk

GAMBAR 5.
Hasil Pengujian Sistem

C. Analisis Hasil Pengujian

Tingkat keberhasilan solusi pada pengujian *software* dalam sistem monitoring biogas cukup baik. Ini dapat dilihat melalui parameter QoS serta keakuratan nilai yang didapatkan oleh sensor.



GAMBAR 6.
Hasil Parameter QoS

Pada Gambar 6 diatas menunjukkan bahwa *software* dapat berjalan dengan baik dan mampu membaca data dari hasil pemindaian alat secara akurat, sehingga dapat memberikan hasil yang memadai dalam monitoring biogas. Dengan Throughput, delay, packet loss dan jitter yang cukup baik membuat integrasi cukup baik. Keberhasilan ini telah membuktikan bahwa alat tersebut mampu menyajikan informasi yang bermanfaat bagi pengguna terkait produksi biogas.

Faktor pendukung keberhasilan mencakup desain yang baik, kemampuan untuk berintegrasi dengan komponen lain seperti mikrokontroler ESP32, dan kemampuan mengha- silkan visualisasi data dengan baik. Faktor-faktor ini men- dukung kinerja *software* dalam memberikan informasi yang jelas dan mudah dipahami oleh pengguna. Sementara itu, keterbatasan dalam solusi bergantung pada konektivitas internet yang stabil. Di daerah pedesaan atau terpencil, ketersediaan jaringan internet yang memadai sering kali menjadi kendala, sehingga dapat menghambat pengiriman data secara real-time. Sistem IoT untuk biogas juga memerlukan sumber daya energi yang stabil untuk menjalankan sensor dan perangkat komunikasi. Sensor dan perangkat IoT memiliki masa pakai tertentu dan rentan terhadap kerusakan atau malfungsi, terutama dalam lingkungan yang ekstrem seperti instalasi biogas.

Ini dapat mempengaruhi akurasi data dan efisiensi sistem secara keseluruhan maka dari itu dibutuhkannya perawatan secara rutin.

Proses kalibrasi dan verifikasi sensor-sensor yang digunakan dalam sistem Biogas IoT masih merupakan tantangan. Meskipun telah dilakukan kalibrasi awal, namun perlu dilakukan penyesuaian secara berkala untuk memastikan keakuratan pengukuran gas dan parameter lainnya. Selain itu, verifikasi hasil pengukuran dengan standar yang sudah ditetapkan juga membutuhkan perhatian khusus. Proses ini dapat memerlukan waktu dan sumber daya tambahan, serta dapat memengaruhi kehandalan dan akurasi keseluruhan sistem.

V. KESIMPULAN

Tugas akhir ini telah berhasil menunjukkan potensi dan manfaat teknologi Internet of Things (IoT) dalam pengembangan sistem biogas. Integrasi sensor-sensor IoT telah memungkinkan monitoring yang lebih efisien dari proses produksi biogas. Dengan adanya sistem monitoring secara real-time melalui IoT, para pengguna dapat memantau kondisi fermentasi secara lebih akurat. Hal ini memungkinkan untuk penyesuaian faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, dan pH, sehingga meningkatkan efisiensi dan hasil produksi biogas.

Implementasi IoT dalam sistem biogas tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga membantu dalam mengurangi dampak lingkungan. Dengan kontrol yang lebih baik terhadap proses fermentasi, dapat mengurangi emisi gas rumah kaca serta meminimalkan limbah organik yang masuk ke lingkungan. Melalui penggunaan teknologi IoT, sistem biogas dapat diakses dan dimonitor dari jarak jauh melalui perangkat mobile atau komputer. Hal ini memudahkan pemantauan dan manajemen bagi pengguna, serta memungkinkan untuk tindakan responsif secara cepat terhadap perubahan kondisi.

REFERENSI

- [1] C. A. S. Hall, "The 50th Anniversary of The Limits to Growth: Does It Have Relevance for Today's Energy Issues?," *Energies*, vol. 15, no. 14, 2022, doi: 10.3390/en15144953.A. Maharani, A. Wibawa, and I. N. Adiputra, "Perbedaan kelincahan antara normal foot dan flat foot pada anak usia 10-12,," *Majalah Ilmiah Fisioterapi Indonesia*, vol. 8, no. 3, p. 7, 2020.
- [2] M. Farghali et al., *Strategies to save energy in the context of the energy crisis: a review*, vol. 21, no. 4. Springer International Publishing, 2023. doi: 10.1007/s10311-023-01591-5..
- [3] N. Scarlat, J. F. Dallemand, and F. Fahl, "Biogas: Developments and perspectives in Europe,," *Renew. Energy*, vol. 129, pp. 457–472, 2018, doi: 10.1016/j.renene.2018.03.006..
- [4] A. H. Abdurrahman, M. R. Kirom, and A. Suhendi, "Biogas Production Volume Measurement and Internet of Things based Monitoring System,," 2020 IEEE Int. Conf. Commun. Networks Satell. Comnetsat 2020 - Proc., pp. 213–217, 2020, doi: 10.1109/Comnetsat50391.2020.9328948.

- [5] T. E. Rasimphi and D. Tinarwo, "Relevance of biogas technology to Vhembe district of the Limpopo province in South Africa," *Biotechnol. Reports*, vol. 25, p. e00412, 2020, doi: 10.1016/j.btre.2019.e00412.
- [6] A. Haryanto and D. Cahyani, "Greenhouse gas emission of household plastic biogas digester using life cycle assessment approach," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 258, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/258/1/012015.
- [7] M. Logan, M. Safi, P. Lens, and C. Visvanathan, "Investigating the performance of internet of things based anaerobic digestion of food waste," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 127, pp. 277–287, 2019, doi: 10.1016/j.psep.2019.05.025.
- [8] K. Maurus, N. Kremmeter, S. Ahmed, and M. Kazda, "High-resolution monitoring of VFA dynamics reveals process failure and exponential decrease of biogas production," *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 13, no. 12, pp. 10653–10663, 2023, doi: 10.1007/s13399-021-02043-2.
- [9] R. P. P. de Oliveira, M. E. K. Fuziki, P. M. L. Z. Costa, A. M. Tusset, and G. G. Lenzi, "Syngas Generation Process Simulation: A Comparative Study," *Int. J. Robot. Control Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 187–200, 2022, doi: 10.31763/ijrcs.v2i1.584.
- [10] A. Mukasine, L. Sibomana, K. Jayavel, K. Nkurikiyeyezu, and E. Hitimana, "Correlation Analysis Model of Environment Parameters Using IoT Framework in a Biogas Energy Generation Context," *Futur. Internet*, vol. 15, no. 8, 2023, doi: 10.3390/fi15080265.
- [11] S. Wang, F. Ma, W. Ma, P. Wang, G. Zhao, and X. Lu, "Influence of temperature on biogas production efficiency and microbial community in a two-phase anaerobic digestion system," *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 1, 2019, doi: 10.3390/w11010133.
- [12]

