

Pemanfaatan Sampah Organik Rumah Tangga Menjadi Biogas Sebagai Energi Terbarukan Dan Terintegrasi Dengan Internet Of Things

1st Pradipa Catya Wisesa
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
pradipawisesa@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. Hasil dari implementasi sistem IoT pada reaktor biogas menunjukkan peningkatan efisiensi produksi dan pengurangan gangguan operasional. Sistem ini memungkinkan pengawasan yang lebih akurat dan responsif terhadap kondisi reaktor, serta membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat berdasarkan data real-time. Dengan demikian, proyek ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT dalam produksi biogas dapat menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan kinerja dan keberlanjutan sistem energi terbarukan.

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

I. PENDAHULUAN

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, dan 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]. 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]. Tujuan dari penelitian ini di antaranya adalah untuk memaksimalkan pemanfaatan limbah organik khususnya limbah rumah tangga dan mempermudah proses produksi biogas dalam skala rumah tangga, karena dengan melihat dari segi ekonomi, bahan bakar LPG (*Liquified Petroleum Gas*) yang didapat dari penyulingan minyak bumi yang sedang dilanda krisis energi saat ini, adanya krisis energi harga gas LPG pastinya mengalami peningkatan, kami melakukan berbagai metode mulai dari produksi biogas tetap, biogas tanam, dan juga biogas *portable*

II. DASAR TEORI, METODOLOGI DAN PERANCANGAN

A. Dasar Penentuan Spesifikasi

Dalam proses pembuatan biogas terdapat spesifikasi yang harus dipenuhi untuk hasil biogas yang baik dan aman digunakan. Spesifikasi tersebut diantaranya adalah suhu substrat yang terjaga di antara 25-35°C, hal ini perlu diperhatikan lantaran mikroorganisme yang bekerja sebagai pengasil gas metana yaitu bakteri metanogen dapat bekerja secara optimal di kisaran suhu tersebut [1]. Selain itu kandungan biogas juga memiliki standar spesifikasi berupa gas metana (CH₄) dengan kandungan 50-70% serta karbon dioksida (CO₂) sebanyak 30% ke bawah [2]. Hal ini didasari oleh gas metana yang berlebihan dapat memicu ledakan seperti yang pernah terjadi di terowongan SW China [3]. CO₂ yang berlebihan juga dapat menimbulkan dampak negatif berupa emisi gas rumah kaca [4]

B. Batasan dan Spesifikasi

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

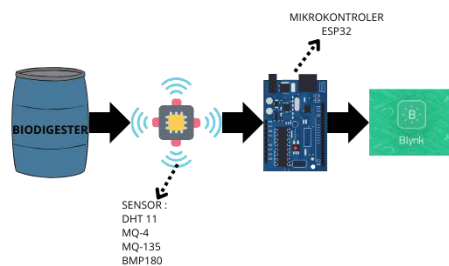
TABEL 1.
Spesifikasi

Bagian	Spesifikasi
--------	-------------

Tabung Digester	Daya tampung : 150 – 500 liter Bahan anti korosi Kemudahan dalam perawatan Efektifitas biaya tinggi (biaya terjangkau)
Tabung Penyimpanan	Fleksibilitas tinggi
Mikrokontroler	Dapat terhubung ke wifi untuk integrasi ke IoT Memiliki jumlah pin yang cukup untuk penggunaan multi sensor
Sensor Suhu dan Kelembaban	Toleransi akurasi $\pm 2^{\circ}\text{C}$ Toleransi akurasi $\pm 2\%$
Sensor Gas Metana	Akurasi pengukuran yang tepat sesuai dengan situasi dan kondisi
Sensor Karbon Dioksida	Toleransi akurasi sekitar 1-10 ppm
Sensor Tekanan Gas	Toleransi akurasi ± 1 psi
Power Supply	Tahan lama dan Mobilitas tinggi
Aplikasi	Mudah digunakan

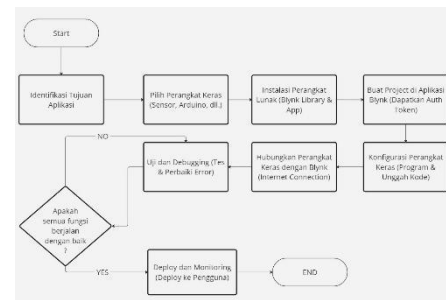
1. Arsitektur Sistem

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 dibawah.



GAMBAR 1.
Sistem Kerja Alat

2. Implementasi



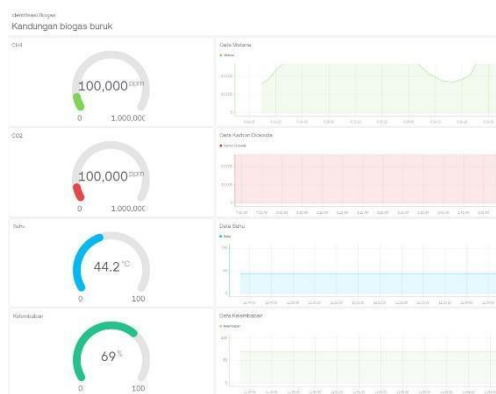
GAMBAR 2.
Flowchart Sistem Kerja Alat

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.

III. 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.

A. 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

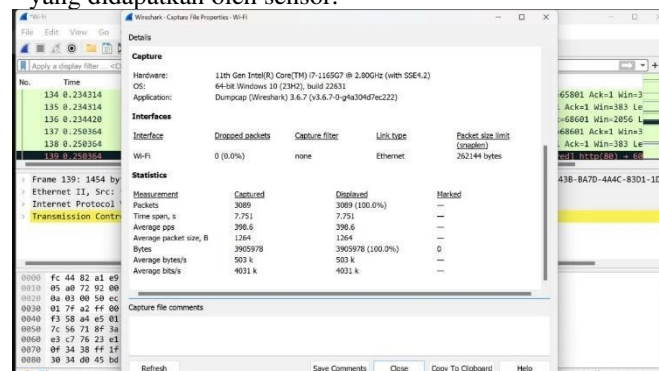
Suhu	Kelembaban	Metana	Karbon Dioksida	Biogas	Kualitas
28,4°C	87,27 %	372 ppm	730 ppm	1102 ppm	Buruk
24,18°C	92,29 %	4330 ppm	4867 ppm	9197 ppm	Buruk
37,9°C	81,59 %	1269 ppm	1998 ppm	3267 ppm	Buruk
24,96°C	91,66 %	7148 ppm	10414 ppm	17.562 ppm	Buruk
35,81°C	82,62 %	1145 ppm	1880 ppm	3.025 ppm	Buruk
27,16°C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

B. 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 Througput, 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 mengah- 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.

IV. 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] B. N. Eason, and I.N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529-551, April 1955. (*references*)
- [2] J. C. Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [3] I. S. Jacobs and C.P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G.T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.
- [4] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [5] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," *J. Name Stand. Abbrev.*, in press.
- [6] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," *IEEE Transl. J. Magn. Japan*, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, p. 301, 1982].