

## Optimasi Kinerja Panel Surya Menggunakan Sistem Pendingin Pasif Berbasis Alumunium Fin

Arief Hidayat

Universitas Negeri Semarang

Alamat: Jl. Raya Banaran, Sekaran, Kec. Gn. Pati, Kota Semarang

Korespondensi penulis: [ahidayat23@gmail.com](mailto:ahidayat23@gmail.com)

**Abstract:** Solar panels are one of the renewable energy solutions that are widely developed in Indonesia. However, one of the main obstacles in its implementation is the decrease in efficiency due to the increase in the surface temperature of the panel when exposed to intensive sunlight. This study aims to examine the effectiveness of a passive cooling system based on aluminum fins in optimizing the performance of solar panels. The experimental method was used by comparing two solar panel units: one unit using a passive cooling system with aluminum fins and one unit without a cooling system. The parameters observed included panel surface temperature, output voltage, current, and power efficiency. The results showed that the use of aluminum fins was able to reduce the average surface temperature of the panel by 8–10°C compared to panels without cooling. This temperature reduction had a positive impact on increasing the efficiency of solar panels by 12.5%. Aluminum was chosen as the main material because of its high thermal conductivity and is lightweight and economical. With the implementation of this system, it is hoped that the use of solar panels in tropical areas such as Indonesia can be more optimal without additional energy consumption. This study recommends the use of a passive cooling system as an effective and low-cost solution in the development of small to medium-scale solar energy systems.

**Keywords:** Solar panels, passive cooling, aluminum fin, energy efficiency, renewable energy

**Abstrak:** Panel surya merupakan salah satu solusi energi terbarukan yang banyak dikembangkan di Indonesia. Namun, salah satu kendala utama dalam implementasinya adalah penurunan efisiensi akibat peningkatan suhu permukaan panel saat terpapar sinar matahari secara intensif. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas sistem pendingin pasif berbasis alumunium fin dalam mengoptimalkan kinerja panel surya. Metode eksperimen digunakan dengan membandingkan dua unit panel surya: satu unit menggunakan sistem pendingin pasif dengan fin alumunium dan satu unit lainnya tanpa sistem pendingin. Parameter yang diamati meliputi suhu permukaan panel, tegangan output, arus, dan efisiensi daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan alumunium fin mampu menurunkan suhu rata-rata permukaan panel sebesar 8–10°C dibanding panel tanpa pendingin. Penurunan suhu ini berdampak positif terhadap peningkatan efisiensi panel surya sebesar 12,5%. Alumunium dipilih sebagai material utama karena konduktivitas termalnya yang tinggi serta ringan dan ekonomis. Dengan penerapan sistem ini, diharapkan pemanfaatan panel surya di wilayah tropis seperti Indonesia dapat menjadi lebih optimal tanpa tambahan konsumsi energi. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan sistem pendingin pasif sebagai solusi efektif dan berbiaya rendah dalam pengembangan sistem energi surya skala kecil hingga menengah.

**Kata Kunci:** Panel surya, pendingin pasif, alumunium fin, efisiensi energi, energi terbarukan

### 1. LATAR BELAKANG

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerobik. Di Indonesia, pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif terus berkembang seiring dengan tersedianya bahan baku yang berlimpah, seperti kotoran ternak dan limbah pertanian. Namun, tantangan utama dalam produksi biogas adalah efisiensi proses fermentasi serta pemantauan kadar metana yang dihasilkan agar dapat dimanfaatkan secara optimal.

Penggunaan biodigester sangat penting dalam produksi biogas karena menciptakan lingkungan anaerobik yang optimal bagi mikroorganisme pengurai. Namun biodigester konvensional sering mengalami kendala, seperti produksi gas yang tidak stabil dan rendahnya kualitas biogas yang dihasilkan. Selain itu, pemantauan produksi gas masih dilakukan secara manual, sehingga hambatan dalam proses fermentasi sulit dideteksi secara cepat karena tidak adanya sistem pemantauan real-time.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dalam penelitian ini dikembangkan sebuah prototipe biodigester yang dilengkapi dengan sensor MQ-2 berbasis Internet of Things (IoT) yang berfungsi untuk mendeteksi kadar metana gas. Dengan sistem pemantauan berbasis IoT, pengguna dapat melihat dan menganalisis proses produksi biogas secara real-time melalui aplikasi Blynk. Teknologi ini memungkinkan pemantauan jarak jauh yang lebih efisien dan akurat dibandingkan metode konvensional.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menguji kinerja sensor MQ-2 berbasis IoT yang dipasang pada biodigester dalam melakukan pengukuran kadar metana. Diharapkan, sistem ini dapat meningkatkan akurasi pengukuran serta memberikan akses data yang lebih mudah bagi pengguna. Dengan adanya teknologi ini, proses produksi biogas dapat dipantau secara lebih efektif, sehingga meningkatkan efisiensi dan kualitas gas yang dihasilkan.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan biodigester yang lebih modern dan efisien. Implementasi sistem berbasis IoT dalam pemantauan produksi biogas tidak hanya mempermudah pengguna dalam mengendalikan fermentasi, tetapi juga berpotensi meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan secara lebih luas di Indonesia.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **Biogas**

Biogas merupakan salah satu energi terbarukan yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerob. Proses ini menghasilkan gas utama berupa metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil (Aslami, 2021). Ketersediaan bahan baku biogas yang melimpah, seperti kotoran ternak, limbah pertanian, dan limbah organik rumah tangga, menjadikan biogas sebagai solusi potensial dalam pengembangan energi ramah lingkungan di Indonesia (Lukhi et al., 2022).

### **Biodigester**

Biodigester merupakan reaktor anaerob yang digunakan untuk mengelola proses fermentasi bahan organik sehingga dapat menghasilkan biogas secara optimal. Kinerja biodigester dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti suhu, pH, waktu tinggal bahan, serta sistem pengadukan (Dwi Irawan & Khudori, 2015). Menurut Dharma dan Bustomi (2017), pengaturan suhu yang stabil antara 30–35°C merupakan kondisi ideal bagi mikroorganisme metanogen untuk memproduksi gas metana dengan efisiensi tinggi. Selain itu, desain biodigester yang baik turut mendukung peningkatan produksi biogas secara berkelanjutan.

### **Sensor MQ-2**

Sensor MQ-2 adalah salah satu sensor gas yang banyak digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas yang mudah terbakar, termasuk metana (CH<sub>4</sub>). Sensor ini bekerja dengan prinsip perubahan resistansi material sensitif terhadap gas saat terpapar zat tertentu. Menurut Mushoffa et al. (2021), akurasi pengukuran sensor MQ-2 sangat dipengaruhi oleh proses kalibrasi berkala guna meminimalisir error serta menjaga kestabilan pembacaan data dalam jangka panjang.

### **Internet of Things (IoT) dalam Monitoring Biogas**

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat elektronik ke dalam jaringan internet untuk saling bertukar data secara real-time. Penggunaan IoT dalam sistem monitoring biogas sangat membantu dalam pemantauan kondisi produksi, termasuk kadar metana, tekanan, dan suhu biodigester, tanpa harus melakukan pemeriksaan manual di lokasi (Dani Sasmoko, 2020). Penelitian Fahriza et al. (2024) menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi operasional biodigester karena data yang diperoleh dapat diakses kapan saja dan di mana saja melalui aplikasi berbasis smartphone.

### **Kalibrasi Sensor**

Kalibrasi adalah proses penyesuaian alat ukur agar hasil pengukuran sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Kalibrasi rutin pada sensor gas, seperti MQ-2, diperlukan untuk menjaga keakuratan data pengukuran. Menurut Maryani (2022), kalibrasi yang tidak tepat dapat menyebabkan penyimpangan data dan berujung pada kesalahan analisis produksi biogas. Oleh karena itu, perawatan dan kalibrasi berkala menjadi kunci dalam menjaga performa sistem monitoring berbasis IoT.

## **3. METODE PENELITIAN**

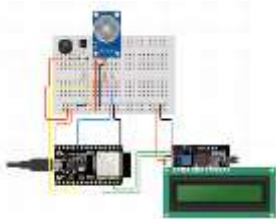

Untuk uji coba kinerja alat, digunakan kotoran sapi sebagai bahan baku pembuatan biogas. Dan digester yang akan digunakan terbuat dari bahan HDPE berkapasitas 50 liter

dengan kondisi operasi 28°C-35°C. Selanjutnya, perlu di siapkan sensor yang telah disambungkan dengan sistem IoT sehingga dapat digunakan sebagai alat pengukuran kadar metana secara *real time* pada proses produksi biogas yang dilakukan. Berikut alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

### Alat

Alat yang digunakan untuk pengukuran hasil produksi yaitu:



**Tabel 1** Alat






No	Gambar	Keterangan
1		Rangkaian sensor MQ-2 sebagai alat untuk pengukur konsentrasi biogas
2		Sensor mestek CGD02 untuk pembanding akurasi sensor

### Bahan

Bahan yang digunakan untuk perakitan biodigester yaitu:

**Tabel 2** Bahan perakitan Biodigester

No	Gambar	Keterangan
1	 Drum HDPE	Drum dengan bahan HDPE digunakan sebagai bahan pembuata biodigester biogas
2	 Pipa	Pipa digunakan untuk aliran <i>input</i> umpan dan <i>output</i> bahan

3	 Termometer	Bi-metal temperature gauge digunakan untuk melakukan pengukuran suhu pada biodigester
4	 Valve	Nepel valve digunakan untuk <i>output</i> biogas yang dihasilkan
5	 Selang	Selang digunakan untuk mengalirkan biogas ke dalam gas holder
6	 Dirigen	Jerigen digunakan untuk sebagai wadah penampungan biogas
7	 Drat pipa	Drat pipa digunakan sebagai sambungan pada pipa

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Pengujian sistem

Berikut hasil pengukuran konsentrasi biogas dengan menggunakan 2 alat :

**Tabel 3** Hasil pengukuran konsentrasi biogas

No	Sensor MQ-2 (%)	Gas detector (%)
1.	100	71
2.	36	38
3.	77	82
4.	66	58
5.	44	39
6.	37	45
7.	78	74
8.	21	24
9.	16	8
10.	35	37

Dapat dilihat dari data yang didapatkan dalam proses pengukuran konsentrasi gas, terdapat bahwa terjadinya banyak perbedaan antara nilai pengukuran sensor dan gas detektor. Setelah dilakukan pengamatan lebih lanjut, dalam proses pengukuran konsentrasi gas ini banyak mengalami kendala diantaranya yaitu terjadinya putusnya sambungan kabel ke sensor dan modul, terbenturnya sensor dan modul dari gangguan luar sehingga menyebabkan penurunan peforma sensor dalam proses pengukuran gas. Selain itu menurut (Maryani, 2022), Sensor harus dikalibrasi secara berkala untuk memastikan keakuratan deteksinya. Kalibrasi yang tidak tepat dapat menyebabkan hasil pembacaan menjadi tidak akurat.

Dalam pengukuran ini sendiri sensor pada percobaan pertama ini sensor mengalami gangguan pihak luar yang menyebabkan putusnya arus dan korsleting pada sensor sehingga menyebabkan sensor terbakar pada bagian dinding luar. Dengan permasalahan yang terjadi ini menyebabkan terjadinya lonjakan nilai pengukuran konsentrasi gas hingga mencapai 100%.

Pada pengukuran selanjutnya sensor dilakukan perbaikan kembali dan juga dilakukan kembali perakitan ulang guna memastikan kabel sambungan terpasang dengan sempurna dan juga dilakukan kembali kalibrasi ulang. Dalam proses ini sensor dapat medeteksi konsentrasi gas dengan normal dan juga memiliki perbandingan nilai yang tidak jauh dari hasil pengukuran dengan gas detektor. Jika dilihat dari hasil perbandingan antara pengukuran sensor dan gas detektor ini memiliki nilai erorr berada dari range sekitar 2-8 %.

Hal yang menyebabkan terjadinya perbedaan nilai ini ialah dengan semakin seringnya dilakukan kalibrasi terhadap sensor maka akan mendapatkan nilai erorr yang semakin kecil juga. Dengan kalibrasi sensor gas secara teratur tidak hanya meningkatkan akurasi pengukuran tetapi juga memperpanjang umur alat dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan. Dengan demikian, semakin sering kalibrasi dilakukan,

semakin kecil kemungkinan nilai kesalahan dalam pengukuran gas, yang sangat penting untuk menjaga keselamatan di lingkungan kerja. (Maryani, 2022)

Dari hasil penjumlahan data pengukuran gas dengan menggunakan sensor didapatkan nilai rata rata pengukuran ini sebesar 83,019 dengan nilai error sebesar 16,98. Nilai rata rata pengukuran ini sendiri masih jauh dari akurat, karena dari 10 kali pengukuran, data pengukuran gas cenderung berubah. Perubahan data ini di sebabkan karena kurangnya dalam proses melakukan kalibrasi terhadap sensor.

Nilai akurasi yang paling tinggi dari proses pengukuran konsentrasi gas ini berada pada percobaan ke 2 yang memiliki nilai akurasi sebesar 94,72% yang dimana memiliki nilai akurasi yang paling tinggi dari 10 data pengukuran yang ada. Semakin tinggi nilai akurasi sensor hingga mencapai 99% maka sensor tersebut bisa dikatakan akurat dalam pembacaannya (Mushoffa et al., 2021). Hal ini menandakan sensor dapat bekerja dengan maksimal tanpa adanya gangguan dari luar. Dengan nilai akurasi yang hampir mencapai 99% ini bisa dikatakan sensor MQ-2 memiliki akurasi yang tinggi.

### **Pengujian fitur *Internet of Things* (IoT)**

*Internet of Things* (IoT) dapat didefinisikan sebagai jaringan objek fisik yang terhubung ke internet, yang memiliki kemampuan untuk mengirim dan menerima data. Modul atau perangkat yang mampu terkoneksi dengan *Internet of Things* (IoT) umumnya adalah mikrokontroler atau modul jaringan yang mendukung konektivitas internet seperti modul ESP 32, ESP8266, Arduino + Modul Wi-Fi, Raspberry Pi, dll. (Dani Sasmoko, 2020).

Dalam penelitian ini digunakan ESP 32 sebagai modular dalam proses pengukuran kadar biogas dengan menambahkan sensor MQ-2 untuk mendeteksi konsentrasi gas. Dalam penelitian ini ESP 32 ini dapat terkoneksi dengan internet, sehingga hasil dari pembacaan sensor bisa ditampilkan baik itu di LCD maupun di kirimkan ke aplikasi Blynk.



(a)

(b)



(c)

**Gambar 1** Gambar (a) Penampilan konsentrasi pada LCD, (b) &(c) Penampilan konsentrasi pada aplikasi Blynk

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan sistem berbasis IoT berkontribusi signifikan terhadap peningkatan produksi biogas. Integrasi teknologi IoT memungkinkan pemantauan yang lebih efisien, akurat, dan *real-time*. Dalam pengukuran dengan sensor MQ-2 dapat melakukan pengukuran konsentrasi biogas ditandainya dengan didapatkannya sepuluh data hasil pengukuran gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang ada pada biogas, namun data ini masih memiliki nilai error sebesar 16,98 % yang dimana nilai error ini harus diminimalkan dengan melakukan kalibrasi dan pengecekan kondisi alat yang rutin.

## DAFTAR REFERENSI

- Akbar, M. F. (2021). Pemanfaatan sensor MQ-135 sebagai monitoring kualitas udara pada aula gedung Fasilkom.
- Aufa, A., Rubiono, G., & Mujiyanto, H. (2016). Pengaruh rasio diameter pipa terhadap perubahan tekanan pada Bernoulli Theoreme Apparatus.
- Dharma, U. S., & Bustomi, H. (2017). Pengaruh temperatur digester sistem kontinyu terhadap produksi biogas berbahan baku blotong. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro*, 6(2), 218-225.
- Fahriza, A. N., Ekki, K., & Jangkung, R. (2024). Perancangan sistem monitoring tekanan dan konsentrasi gas metana pada biodigester. *E-Proceeding of Engineering*, 11(1), 93-99.
- Irawan, D., & Khudori, A. (2015). Pengaruh suhu anaerobik terhadap hasil biogas menggunakan bahan baku limbah kolam ikan gurame. *TURBO*, 4(1), 17-22.
- Khairullah, A. (2021). Optimasi temperatur pada produksi biogas dari limbah rumah makan di Kota Pontianak.
- Mamanua, E., et al. (2023). Kombinasi feses ternak babi dan limbah sayuran untuk optimalisasi produksi biogas.
- Maryani, S. (2022). Pentingnya kalibrasi sensor gas untuk menjamin keakuratan pengukuran. *Jurnal Teknologi Sensor*, 8(2), 134-142.
- Masyrroh, A., et al. (2021). Pembuatan recycle plastik HDPE sederhana menjadi asbak, 3(1), 53.
- Mushoffa, M., Rahman, F., & Widodo, A. (2021). Analisis kinerja sensor gas MQ series pada sistem deteksi gas berbahaya. *Jurnal Teknologi Elektro*, 10(1), 44-51.
- Putra, H., & Lestari, D. (2019). Optimalisasi produksi biogas dengan pengadukan otomatis pada biodigester. *Jurnal Rekayasa Energi Terbarukan*, 4(1), 11-18.
- Rahmad, F., & Yuliana, S. (2020). Desain dan implementasi monitoring suhu dan kelembaban berbasis IoT pada proses fermentasi biogas. *Jurnal Teknik Energi*, 9(2), 56-63.
- Santoso, B., & Nugroho, A. (2023). Pengembangan sistem monitoring kualitas gas metana berbasis wireless sensor network (WSN). *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 11(3), 223-231.



- Sasmoko, D. (2020). Internet of Things (IoT) dan implementasinya dalam pengembangan smart system. *Jurnal Teknologi Informasi*, 5(1), 22-29.
- Shitophyta, L. M., Darmawan, M. H., & Rusfudiantoni, Y. (2022). Produksi biogas dari kotoran sapi dengan biodigester kontinyu dan batch: Review. *Journal of Chemical Process Engineering*, 7.