

## **SISTEM PEMANTAUAN BIODIGESTER MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER**

### ***BIODIGESTER MONITORING SYSTEM USING MICROCONTROLLER***

**Sinta Sri Ramadania<sup>1)</sup>, Mulyadi<sup>2)</sup>**

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan  
Jalan Amal Lama Nomor 1, Tarakan  
Email: <sup>1</sup> mulyadi@borneo.ac.id

#### **ABSTRAK**

Biodigester merupakan sebuah sistem untuk pengumpulan gas metana, karbondioksida dan gas campuran lainnya yang diperoleh dari hasil penguraian material organik seperti kotoran sapi oleh bakteri yang menyebabkan metanogen pada sebuah biodigester secara anaerob. Biodigester memiliki syarat tertentu untuk menghasilkan gas metana yang optimal pada suhu 20°–40° celsius untuk pertumbuhan bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pemantauan pada biodigester menggunakan sensor gas semikonduktor MQ4 untuk mengukur kadar gas metana dan sensor HSM20G untuk mengukur kelembaban serta sensor DS18B20 untuk mengukur temperatur lingkungan yang diintegrasikan pada mikrokontroller Atmega328. Sistem yang dibangun ini akan mempermudah proses pengisian ulang reaktor biodigester dan mampu mendeteksi kebocoran gas yang terjadi pada biodigester. Nilai parameter yang diamati kemudian ditampilkan pada layar penampil digital setelah sebelumnya di proses oleh mikrokontroller. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu untuk memantau secara stabil konsentrasi gas metana pada 200 ppm dengan suhu 30° Celsius dan kelembaban relatif 61%.

**Kata Kunci : Biogas; Biodigester; Pemantauan**

#### **ABSTRACT**

*Biodigester is a system for the collection of methane gas, carbon dioxide and other mixed gases obtained from the decomposition of organic material such as cow dung by bacteria that cause methanogens in an anaerobic biodigester. Biodigester has certain requirements to produce optimal methane gas at a temperature of 20°-40° Celsius for bacterial growth. This study aims to build an electronic monitoring system on biodigesters using a MQ4 semiconductor gas sensor to measure methane gas levels and an HSM20G sensor to measure humidity and a DS18B20 sensor to measure the ambient temperature integrated on the Atmega328. This system will simplify the process of refilling biodigester reactors and is able to detect gas leaks that occur in biodigesters. The observed parameter values are then displayed on the LCD after previously being processed by a microcontroller. The test results shows the system measured methane gas concentrations at 200 ppm with temperature of 30° celsius and relative humidity of 61%.*

**Keywords: Biogas; Biodigester; Monitoring**

#### **PENDAHULUAN**

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang kini menjadi tren dikalangan masyarakat luas sebab biogas hasil fermentasi dari feses atau pun sampah organik relatif mudah dilakukan oleh orang awam (Wahyuni 2011). Pada

biogas terdapat gas metana dan karbondioksida, sebagian kecil karbon monoksida, hidrogen, hidrogen sulfida dan amoniak. Komposisinya dibutuhkan gas metana agar dapat digunakan sebagai bahan bakar sekitar 54-70% dari keseluruhan campuran gas. Berbagai

metode dan teknologi pengembangan produksi biogas telah dilakukan. Salah satunya adalah digesti anaerob (Samir, 2014). digesti anaerob adalah teknologi produksi biogas yang sangat menguntungkan, karena tidak mempersyaratkan oksigen, suhu tinggi dan tekanan, namun dapat menghasilkan metana, karbon dioksida, nutrien, dan kompos sebagai produksinya. Suhu dan kelembaban udara mempengaruhi bakteri pada proses pembentukan biogas, hal ini yang akan menentukan banyak tidaknya biogas yang akan kita peroleh. Implementasi penggunaan biogas sebagai salah satu solusi krisis energi masih menyisakan masalah karena gas yang dihasilkan dari produksi biogas didasarkan pada perkiraan. Selain itu, produksi biogas dengan teknologi digesti anaerob juga kurang efisien, salah satunya adalah perbandingan antara hasil dan bahan biogas masih kecil, sehingga perlu adanya teknologi tepat guna untuk meningkatkan efisiensi dan volume yang dihasilkan (Rahayu, 2009).

Salah satu upaya untuk mengetahui konsentrasi gas-gas pada setiap tahapan proses untuk menghasilkan biogas dapat dilakukan dengan pemantauan pada tahap produksi biogas (Boe, 2006) yaitu saat bahan baku dimasukkan ke reaktor biogas (biodigester) sampai gas sudah tidak diproduksi lagi. Pemantauan dapat dilakukan dengan memanfaatkan sensor elektronika, seperti sensor gas dan sensor-sensor lain yang sesuai dengan tujuan pemantauan. Sistem instrumentasi yang terintegrasi dengan sistem minimum berbasis mikrokontroler dapat pula digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dalam produksi biogas pada biodigester secara efisien (Dedgaonkar, 2016). Sistem tersebut dapat memantau bakteri-bakteri komponen penyusun gas metana pada biodigester tetap terjaga. Hasil pemantauan gas, suhu dan kelembaban lingkungan pada biodigester

dapat digunakan sebagai dasar pemanfaatan biodigester pada masyarakat yang menggunakan biogas sebagai bahan bakar alternatif.

## METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu pembuatan alat dan uji coba alat. Pembuatan alat dilakukan di laboratorium. Feses sapi sebagai sampel untuk mendapatkan gas metana. Sensor MQ-4 digunakan untuk mengukur kadar gas metana dalam biodigester. Sensor DS18B20 digunakan untuk mengakusisi nilai temperatur dalam lingkungan biodigester sedangkan sensor HSM20G dimanfaatkan untuk mengukur kondisi kelembaban lingkungan. Data akuisisi dari transduser elektronik tersebut kemudian akan diolah oleh mikrokontroler untuk kemudian ditampilkan pada sebuah layar penampil digital.

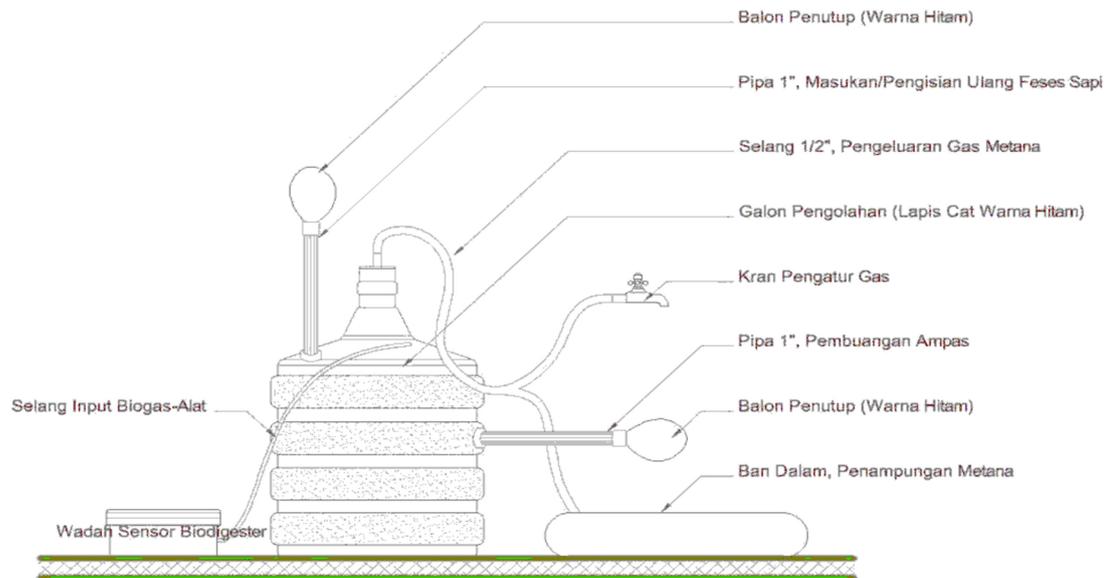
Pada dasarnya, kotoran sapi yang ditumpuk atau dikumpulkan begitu saja dalam beberapa waktu tertentu akan membentuk gas metana dengan sendirinya. Namun, karena tidak ditampung, gas itu akan hilang menguap ke udara. Karena itu, untuk menampung gas yang terbentuk dari kotoran sapi dapat dibuat beberapa model konstruksi alat penghasil biogas atau yang biasa disebut dengan digester. Berdasarkan cara pengumpulan gas, terdapat dua jenis digester yaitu model kubah tetap (*fixed dome*) dan model tangki terapung (*floating drum*), pada model kubah tetap penampung gas menjadi satu konstruksi dengan digester sedangkan pada model *floating drum*, penampung gasnya akan terapung di atas digester sehingga kapasitasnya akan naik turun sesuai dengan produksi gas yang dihasilkan. Negara tropis seperti Indonesia lebih cocok untuk menerapkan digesti anaerob sehingga termasuk dalam kategori *unheated digester* (digester tanpa pemanasan) untuk kondisi temperatur

tanah 20° - 30° C. digesti anaerob merupakan proses biologis yang sangat kuat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan. Faktor utama pengendali itu antara lain Suhu, pH, alkalinitas dan senyawa beracun (Untung, dkk, 2004). Proses perombakan anaerob bahan organik untuk pembentukan biogas dipengaruhi oleh dua faktor yaitu, biotik dan abiotik. Faktor biotik berupa mikroorganisme dan jasad aktif di dalam proses ataupun mikroba dan jasad kehidupan di antara komunitas jasad. Faktor abiotik meliputi substrat, kadar air bahan/substrat, rasio C/N dan P dalam bahan/substrat, suhu, aerasi, kehadiran bahan toksik (unsur beracun), pH dan pengadukan (Damanik, dkk, 2014). Secara umum menurut Haryati (2006), menerangkan bahwa proses fermentasi/pencernaan limbah ternak di dalam tangki pencerna dapat berlangsung 60 sampai dengan 90 hari, tetapi menurut Muryanto (2006) hanya berlangsung selama 60 hari dan perkiraan produksi dan kandungan ternak sapi potong bobot 520 kg adalah 29 kg dan bahan kering kotoran 12 kg. Memperhatikan proses fermentasi tersebut di atas berarti untuk mengganti atau memasukkan kotoran ternak baru ke dalam tangki pencerna setiap harinya adalah membagi volume kotoran yang dimasukkan pertama kali dengan lama cernanya. Misalnya kotoran sapi mula-mula pertama kali dimasukkan adalah 3,56 m<sup>3</sup> apabila menggunakan lama cerna 60 hari (pemilihan waktu didasarkan pada suhu udara atau pengalaman yang ada) karena suhu udara tinggi, maka jumlah kotoran ternak yang harus dimasukkan untuk mengganti yang lama adalah Jumlah kotoran yang dimasukkan adalah 3,56m<sup>3</sup>/60 hari maka diperoleh 0,059m<sup>3</sup>/ hari atau setara dengan 59 kg/hari. Pada sistem pemantauan ini dibutuhkan perangkat sampel berupa wadah sebagai simulasi pemantauan biodigester. Wadah sampel

digunakan sebagai pengujian seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Feses yang masih segar ditampung ke dalam wadah dicampur 1:1 dengan air diaduk hingga menjadi lumpur. Feses yang telah menghasilkan biogas akan mengambang dan keluar melalui pipa pembuangan. Pipa yang mengarah ke atas sebagai pintu isi ulang kotoran sapi. Selang dan keran yang telah disediakan digunakan untuk keluaran gas metana. Biogas akan mengisi ruang yang ada termasuk ke selang elastis dari biodigester menuju wadah alat pemantauan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode pengujian sensor MQ-4 dilakukan dengan cara menentukan nilai  $R_s$  dan  $R_0$  dari sensor.  $R_s$  merupakan nilai hambatan yang berubah ketika terpapar gas metana. Sedangkan  $R_0$  merupakan hambatan yang nilainya tetap dalam suhu dan kelembaban tertentu yaitu 20°C per 65% RH.  $R_0$  kemudian di ukur pada resistansi beban,  $R_0$  merupakan konstanta pembagi dalam perhitungan untuk mendapatkan nilai konsentrasi gas per sejuta partikel. Berdasarkan referensi dari pabrikan dan menerapkan polinomial orde 2 diperoleh persamaan  $y = 1050,48323x^2 - 2.851727802$



**Gambar 1. Rancangan Sistem Biodigester**

Mengacu pada *datasheet* dapat diketahui konsentrasi gas sampel yang mampu dideteksi oleh sensor. Hasil pengujian

sensor gas metana MQ-4 selama 1 menit diperoleh data sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor MQ-4**

$R_s/R_0$	konsentrasi menurut <i>datasheet</i> (ppm)	Konsentrasi pengukuran (ppm)
1,8	200	196, 527
1	1000	1050, 483
0,59	5000	4729, 953
0,45	10000	10240, 771

Pada kalibrasi sensor MQ-4 dilakukan beberapa kali perbandingan antara hasil pengukuran dengan *datasheet*, perbandingan ini dapat dilihat bahwa nilai resistansi  $R_s$  akan berubah saat diberikan gas metana. Nilai  $R_s$  akan semakin rendah ketika terpapar gas metana. Hasil pengukuran resistansi sangat dipengaruhi

oleh potensial listrik dari sensor sebagaimana hasil perhitungan menurut persamaan 1. Hasil pengukuran potensial listrik ( $V_{RL}$ ) dan resistansi sensor ( $R_s$ ) ditampilkan pada Tabel 2.

$$R_s = \frac{V_c}{V_{RL}-1} \times R_L \quad (1)$$

**Tabel 2. Pengukuran Potensial Listrik dan Perhitungan Resistansi Sensor**

Potensial listrik (mV)	Resistansi sensor ( $\Omega$ )
1967	12978
2188	10563
2319	9514
2760	7382
2831	6870
2956	6431
3078	6053
3164	5813
3222	5661
3473	5086

Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap kinerja sensor HSM20G dengan cara membandingkan nilai potensial listrik sensor HSM20G pada ruangan terbuka dengan nilai potensial listrik sensor

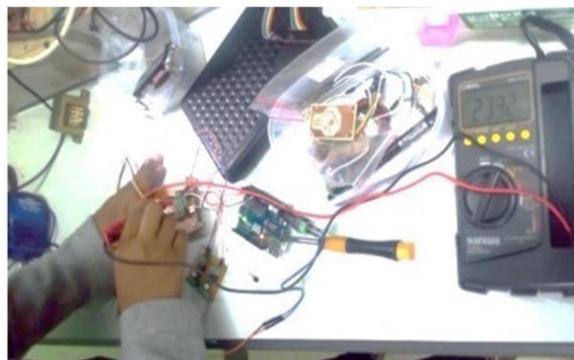
HSM20G ketika diberikan simulasi kelembaban dari tisu basah yang diletakkan di dalam wadah plastik selama 1 hari. Hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor HSM20G**

Kelembaban Relatif (%)	Ruang Terbuka (V)	Ruang Tertutup (V)
10	0,23	0,74
20	0,45	0,95
30	0,85	1,31
40	1,19	1,68
50	1,52	2,02
60	1,87	2,37
70	2,19	2,69
80	2,49	2,99
90	2,69	3,19

Hasil pengukuran kinerja sensor HSM20G menunjukkan bahwa sensor telah bekerja dengan baik, yang dibuktikan oleh data perubahan nilai potensial listrik saat dipaparkan keadaan berbeda yaitu antara ruangan terbuka dengan ruang tertutup yang dikondisikan dengan tingkat kelembaban tertentu, tampak nilai potensial listrik meningkat saat berada pada lingkungan yang terpapar oleh uap air. Data dari hasil pengujian kemudian diolah dengan menggunakan regresi linier sehingga

diperoleh persamaan  $y = 30,85475804x^{11.50381769}$  yang digunakan sebagai dasar kalibrasi sensor pada mikrokontroler. Melalui persamaan tersebut maka untuk kelembaban lingkungan sebesar 60% akan terukur nilai potensial listrik sebesar 2,3 volt. Pada gambar 2 tampak bahwa terdapat kesesuaian antara hasil perhitungan pada perancangan sistem dengan hasil penerapan sensor pada lingkungan nyata dengan karakteristik yang diharapkan.



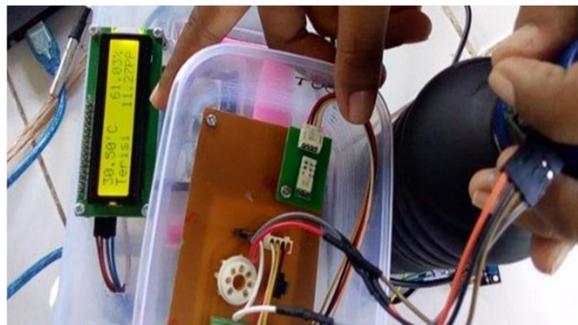
**Gambar 2. Pengujian Sensor HSM20G**

Untuk mengakuisisi data temperatur lingkungan biodigester digunakan sensor DS18B20. Luaran sensor DS18B20 sudah berupa isyarat digital yang diterapkan dalam lingkungan terkendali. Indikator

pada layar penampil sistem pemantauan biodigester ini diatur sedemikian rupa sehingga hanya menampilkan nilai temperatur, kelembaban lingkungan dan kondisi biodigester berupa keterangan

terisi atau kosong agar memudahkan masyarakat pengguna untuk melakukan pengisian ulang bahan baku penghasil gas metana. Pengisian awal feses sapi ke dalam biodigester lakukan sepuluh hari sebelum pemantauan dengan sistem dilakukan. Sistem diatur untuk menampilkan keterangan "terisi" jika jumlah gas metana yang dihasilkan telah mencapai lebih dari 200 ppm dan akan menampilkan keterangan "kosong" jika jumlah gas yang terukur kurang dari jumlah tersebut. Untuk setiap volume feses sapi sebesar 300 mL yang diproses oleh bakteri anaerob selama enam belas

hari dihasilkan gas metana sebanyak 806,22 ppm, sedangkan untuk kurun waktu empat puluh lima hari jumlah gas metana yang dihasilkan dapat terukur sebesar 1973,44 ppm dengan temperatur biodigester 30,5°C dan kelembaban yang terukur sebesar 61,03% relatif terhadap lingkungan. Tingkat kelembaban dan temperatur lingkungan yang terkendali tersebut tampaknya disukai oleh bakteri anaerob untuk berproses menghasilkan gas metana, pada gambar 3 ditunjukkan hasil pengukuran selama proses pengujian sistem.



**Gambar 3. Pengukuran Sampel**

## **KESIMPULAN**

Melalui sistem pemantauan biodigester berbasis sistem minimum mikrokontroler yang telah berhasil dibangun ini masyarakat dapat mengetahui waktu yang tepat untuk melakukan pengisian ulang bahan baku penghasil gas tanpa perlu bolak-balik memeriksa kondisi biodigester secara langsung, kemudian berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan diketahui pula bahwa bakteri anaerob yang berperan penting dalam menghasilkan gas metana pada biodigester dapat bertahan hidup dalam suatu lingkungan terkendali dengan temperatur 30°C dan kelembaban relatif sebesar 61%. Hal tersebut ditunjukkan dengan volume gas metana yang dapat dihasilkan selama kurun waktu empat puluh lima hari sebesar 1973,44 ppm melalui proses anaerob dari bahan baku feses sapi sebanyak 300 mL. Waktu proses tersebut lebih singkat dari waktu

proses fermentasi yang diutarakan dalam beberapa penelitian yang terdahulu.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Boe, K. 2006. *Online monitoring and Control of the Biogas Process*. Lyngby: Technical University of Denmark.
- Damanik, L.H., Husodo, A.H, Gunawan, T, 2014: Pemanfaatan Feses Ternak Sapi sebagai Energi Alternatif Biogas bagi Rumah Tangga dan Dampaknya terhadap Lingkungan, *Jurnal Teknosains*, 4(1): 54-63.
- Dedgaonkar, S., Mohire, A., Jadhav, A., Pawar, S., & Bane, R. 2016: Biogas Monitoring System for Measuring Volume using Micro-controller & GSM. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 6(5): 1553 -1557.

- Muryanto JP. 2006. Biogas: Energi Alternatif Ramah Lingkungan. Ungaran (ID): Cetakan 1, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Rahayu, S., Purwaningsih, D., Pujianto, 2009: Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan beserta Aspek Sosio Kulturalnya, *Inotek*, (13)(2): 150-160.
- Samir Kumar Khanal, 1994. *Anaerobic Biotechnology For Bioenergy Production*. (USA): University of Hawaii at Manoa.
- Tuti Haryati, 2006. Biogas, Limbah Peternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. Bogor (ID) Balai Penelitian Ternak Untung Surya Dharma, Kemas Ridhuan. 2004: Kajian Potensi Sumber Energi Biogas Dari Kotoran Ternak Untuk Bahan Bakar Alternatif Di Kecamatan Kalirejo Kabupaten Lampung Tengah. *Jurnal TurboISSN*. 3(2): 14.
- Wahyuni Sri. 2011. Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah. PT Agro Media. Pustaka: Jakarta.

