

DETEKSI SEBARAN GAS METANA (CH₄) DI TEMPAT PENAMPUNGAN AKHIR (TPA) PAKUSARI JEMBER MENGGUNAKAN SENSOR TGS 2611

Sri Indariyatul Masruroh^{*)}, Bowo Eko Cahyono dan Agung Tjahjo Nugroho

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

^{*)} sri.indariyatul@gmail.com

ABSTRACT

Waste is an important issue in urban environments and will continue to be faced by governments and communities. Most waste disposal sites are concentrated in the Final Disposal Site (TPA). Waste accumulation in the landfill can create methane gas which can spread to the environment. The purpose of this research is to know the application of TGS 2611 sensor as methane gas detector and use it to measure methane gas distribution at TPA Pakusari Jember. This research is conducted by detecting the distribution of methane gas in TPA Pakusari. Data retrieval is performed by placing the sensor directly above the garbage pile and then observe the voltage value that appears on the LCD screen. The obtained data of voltage values are normalized and then they are visualized into 2 dimension contour graph by using Matlab application. The results show that methane gas in TPA Pakusari is not spread evenly but it spreads randomly. This is due to the unequal garbage composition and the height random garbage at each measurement point. The largest methane gas is located in the area of the pile of organic waste that suffers from decay and the lowest methane gas is located in areas with little piles of rubbish and dominant with the soil. Thus it can be concluded that TGS 2611 sensor can be applied to detect the spread of methane gas in TPA Pakusari Jember.

Key words: *Waste, methane gas, distribution, TGS 2611 sensor*

PENDAHULUAN

Persoalan mengenai sampah merupakan masalah penting di lingkungan perkotaan dan akan terus dihadapi oleh pemerintah dan masyarakat. Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat akan berpengaruh terhadap jumlah timbunan sampah. Umumnya lokasi pembuangan akhir bersifat terpusat sehingga akan terdapat banyak sampah pada suatu tempat pembuangan akhir (TPA).

Penumpukan volume sampah pada suatu area dapat memunculkan gas metana yang mampu tersebar ke lingkungan. Gas metana (CH₄) memiliki sifat tidak berwarna dan mudah terbakar sehingga berpotensi terjadi ledakan dan kebakaran pada *landfill*. Gas metana dapat juga menyebabkan terjadinya pemanasan global karena mampu menyerap dan meneruskan radiasi sinar matahari (gelombang pendek) namun mampu memantulkan kembali radiasi gelombang panjang yang dipancarkan dari permukaan bumi sehingga mengakibatkan kenaikan suhu bumi.

TPA Pakusari merupakan tempat pembuangan sampah terbesar di Kabupaten Jember. TPA ini bersifat sistem terbuka yang disebut dengan *open dumping*. Komposisi sampah yang berada di TPA tersebut terdiri dari sampah organik dan anorganik yang berasal dari pasar tradisional dan perumahan yang berada di kawasan perkotaan. Sampah yang terdapat di TPA Pakusari dibiarkan menumpuk sehingga dapat menyebabkan pembusukan sampah yang mengundang aroma bau tak sedap dan sumber penyakit. Selain itu, dampak

dari pembusukan sampah juga dapat menghasilkan gas metana yang teremisikan secara langsung di udara.

Berdasarkan hal tersebut, penulis terinspirasi untuk merancang suatu instrumen elektronik yang bisa digunakan untuk mengukur sebaran konsentrasi gas metana (CH₄) pada lokasi penumpukan sampah. Untuk itu diperlukan suatu alat yang bisa bekerja dengan menggunakan sensor gas. Sebuah sensor gas memiliki resistansi yang akan berubah bila sensor tersebut mendeteksi adanya gas-gas polutan. Sehingga pada penelitian ini digunakanlah sensor gas Figaro TGS 2611, dimana sensor ini memiliki sensitifitas tinggi untuk mendeteksi keberadaan gas metana (CH₄).

LANDASAN TEORI

SAMPAH

Sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Sampah merupakan bahan yang tidak memiliki nilai dan sumber daya yang tidak siap pakai. Bentuk sampah bisa berada dalam setiap fase materi, yaitu: padat, cair, dan gas^[1].

Berdasarkan bahan asalnya, sampah dibagi menjadi dua jenis, yaitu sampah organik dan sampah anorganik.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Sampah Organik Limbah Pasar.
(b) Sampah Anorganik
(Sumber: Mulyono, 2014)^[2].

Gas Metana

Metana adalah gas yang molekulnya tersusun dari satu atom karbon dan empat atom hidrogen. Metana merupakan gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik oleh bakteri anaerob^[3].

Rumus kimia	:	CH₄
Berat molekul (Mr)	:	16,04
Struktur molekul	:	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} $
Titik leleh	:	- 182°C
Titik didih	:	- 161°C

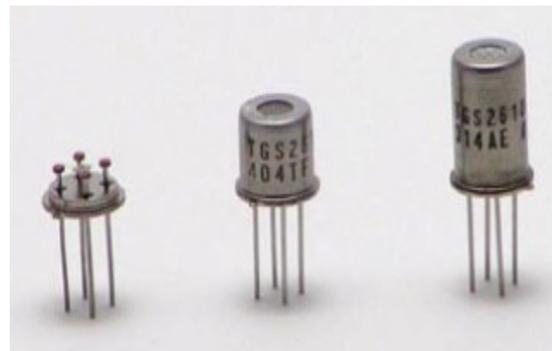
Gambar 2. Struktur Kimia Metana
(Sumber: Indarto, 2007).

Sensor TGS 2611

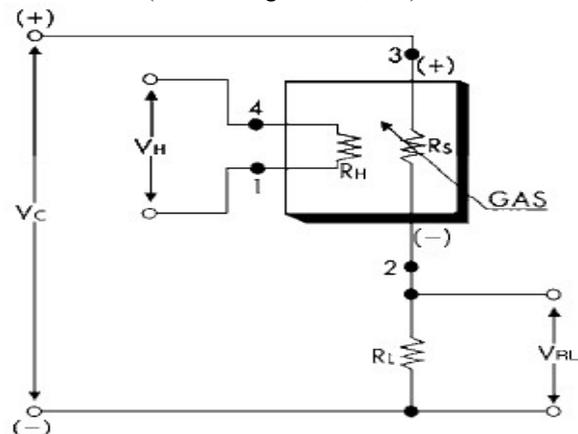
Sensor adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi dan sering berfungsi untuk mengukur magnitude sesuatu. Sensor adalah jenis transduser yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor biasanya dikategorikan melalui pengukuran dan memegang peranan penting dalam pengendalian proses kalibrasi pabrikasi modern. Sensor memberikan ekivalen,

mata, pendengaran, hidung, lidah untuk menjadi otak mikropesesor dari sistem otomatis industri^[4].

Sensor TGS 2611 dari figaro ini memiliki tingkat sensitivitas dan selektifitas yang baik terhadap gas metana (CH₄). Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas metana dan juga memiliki sebuah pemanas (*heater*) yang berfungsi untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Sensor TGS 2611 membutuhkan tegangan sumber sebesar 5 Volt yang teregulasi dengan baik. Sensor ini memerlukan dua buah tegangan masukan yakni tegangan pemanas (V_H) dan tegangan rangkaian (V_C).

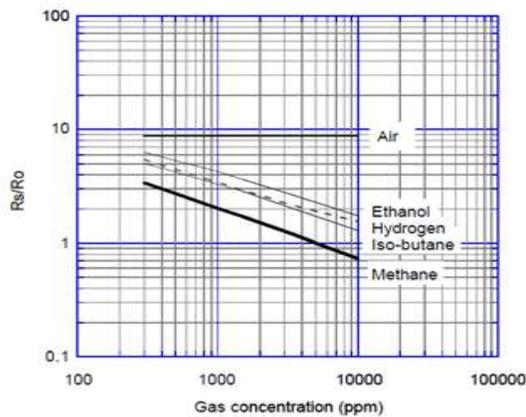


Gambar 3. Bentuk Fisik Sensor TGS 2611
(Sumber: Figaro USA, Inc)^[5].



Gambar 4. Rangkaian Sensor TGS 2611
(Sumber: Figaro USA, Inc)^[5].

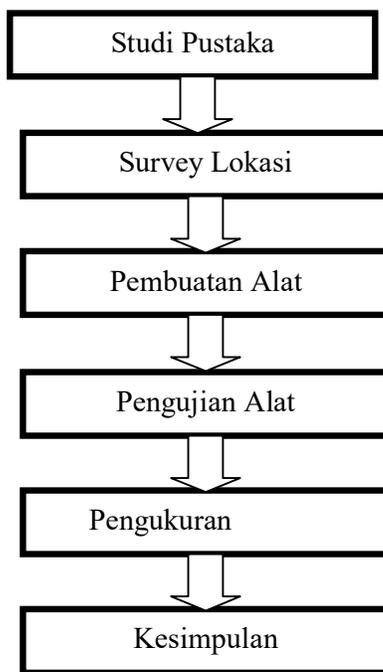
Sensitivity Characteristics:



Gambar 5. Sensitivitas Sensor TGS 2611. (Sumber: Figaro, USA)^[5].

METODOLOGI

Perancangan dimulai dengan membuat blok diagram penelitian. Seperti yang terlihat pada gambar 6 di bawah ini:

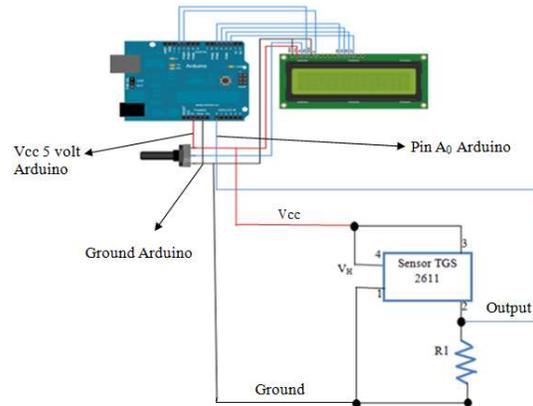


Gambar 6. Diagram Penelitian

Pembuatan Alat

Pada tahap pembuatan alat dibuat suatu blok diagram fungsional dari rangkaian yang direncanakan. Pembuatan rangkaian dilakukan secara bertahap pada tiap-tiap blok untuk mempermudah pembuatan alat. Adapun alat yang dibuat untuk dapat mengukur nilai sebaran

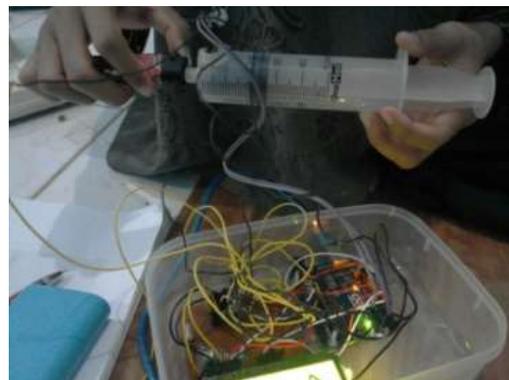
konsentrasi gas metana yang terkandung dalam tumpukan sampah di lokasi TPA, yaitu dengan menerapkan prinsip kerja dari sensor TGS 2611 yang dirancang memiliki resistansi yang akan berubah apabila sensor tersebut mendeteksi kandungan gas metana (CH_4). Sistem alat ini meliputi rangkaian sensor TGS 2611, modul mikrokontroler Arduino Uno, dan LCD.



Gambar 7. Skema Rangkaian Alat Deteksi Gas Metana.

Pengujian Sensor TGS 2611

Untuk mengetahui bagaimana respon sensor terhadap keberadaan gas, maka harus dilakukan pengujian terhadap sensor TGS 2611. Gas yang digunakan dalam pengujian ini yaitu gas butana, dikarenakan gas butana lebih mudah didapatkan daripada gas metana. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan gas butana yang terdapat di dalam korek api dengan jumlah gas tetap pada sebuah pet suntik yang di dalamnya sudah dipasang sensor TGS 2611. Kemudian volume ruang dari pet suntik divariasikan. Nilai tegangan sensor diamati perubahannya.



Gambar 8. Proses Pengujian Sensor

Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan setelah sistem alat sudah terangkai dan dapat berfungsi dengan baik. Data yang diukur pada tahap ini yaitu sebaran gas metana yang terdapat pada tumpukan sampah di TPA, nilai sebaran gas yang terukur dapat ditampilkan pada layar LCD dalam bentuk tegangan. Model pengukuran yang dilakukan untuk mengukur sebaran gas metana yaitu mengukur terlebih dahulu daerah tanpa sebaran gas metana yang dijadikan titik acuan 0 (daerah tanpa ada gas). Selanjutnya melakukan pengukuran pada daerah timbunan sampah dengan cara meletakkan sensor di atas tumpukan sampah kemudian nilai tegangan yang muncul pada layar LCD diamati perubahannya. Data yang didapat dari penelitian dinormalisasi yang kemudian dibuat grafik *contour* 2 dimensi dengan menggunakan aplikasi Matlab. Pola grafik yang dihasilkan dianalisis pola persebarannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

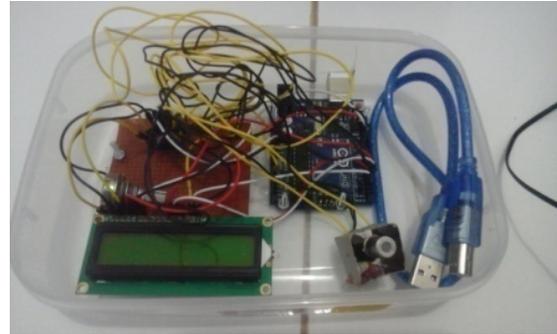
Hasil Pengujian Sensor TGS 2611

Berdasarkan dari hasil pengujian sensor TGS 2611 yaitu dengan jumlah gas yang sama tetapi variasi ruang yang berbeda, menunjukkan bahwa semakin meningkatnya jumlah volume ruang di dalam pet suntik menyebabkan nilai tegangan sensor semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin besarnya ruang di dalam pet suntik menyebabkan pergerakan gas semakin luas sehingga gas yang mengenai sensor akan semakin berkurang hal ini ditunjukkan dengan semakin menurunnya nilai tegangan sensor.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor TGS 2611

No.	Volume Pet Suntik (ml)	Tegangan (Volt)
1	20	2,27
2	25	2,14
3	30	1,95
4	35	1,88
5	40	1,82
6	45	1,73
7	50	1,60

Hasil dari keseluruhan komponen alat deteksi gas metana ditampilkan pada gambar 4.3. Alat deteksi gas metana yang dihasilkan merupakan gabungan dari rangkaian sensor TGS 2611, Mikrokontroler Arduino UNO, dan LCD 16x2.

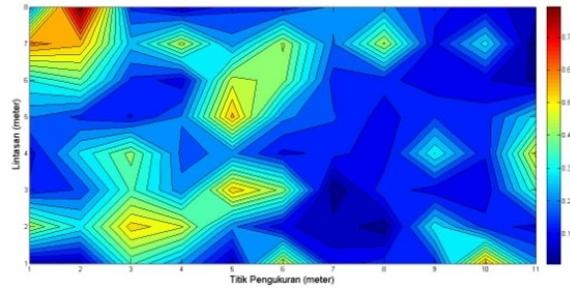


Gambar 10. Alat Deteksi Gas Metana

Cara penggunaan dari sistem alat deteksi gas metana ini yaitu dengan cara menghubungkan port kabel tegangan Arduino dengan sumber tegangan 5 volt yang bisa didapatkan dari sumber daya *powerbank*. Sedangkan sensor diletakkan secara langsung di atas tumpukan sampah. Kemudian ditunggu sampai nilai tegangan yang terbaca dilayar LCD stabil.

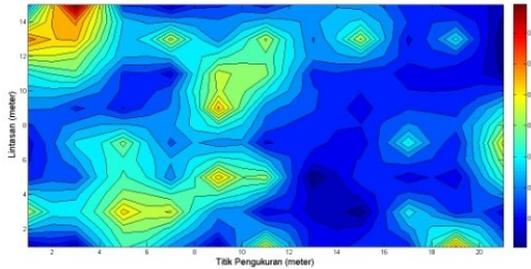
Hasil Deteksi Sebaran Gas Metana di TPA Pakusari

Pengujian sistem alat deteksi gas metana dilakukan di TPA Pakusari. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur secara langsung sebaran konsentrasi gas metana di atas tumpukan sampah. Keberadaan gas metana yang terdeteksi dapat diketahui dengan semakin meningkatnya nilai tegangan dari sensor yang ditampilkan pada layar LCD.



Gambar 11. Pola Persebaran Gas Metana Hasil Pengukuran

Untuk memperhalus pola *contour* pada gambar 11 dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode *central difference*, yaitu membangun data baru diantara titik-titik data pengukuran yang dapat dilakukan dengan cara mencari rata-rata keliling diantara data-data tersebut.



Gambar 12. Pola Persebaran Gas Metana di TPA Pakusari

Berdasarkan dari pola pemetaan sebaran gas metana pada gambar 12 dapat dianalisis bahwa sebaran gas metana tidak tersebar secara merata atau konsentrasi gas metana tersebar secara acak. Hal ini disebabkan karena komposisi sampah yang tidak sama dan ketinggian sampah yang tidak teratur disetiap titik pengukuran.

Gas metana dalam jumlah besar tersebar merata di sepanjang titik 1 sampai titik 4 di lintasan 12 sampai 15 dengan nilai normalisasi berkisar di antara 0,475 sampai 0,831. Kondisi sampah pada daerah ini merupakan tumpukan sampah organik limbah pasar dalam keadaan kering dan basah. Gas metana tersebar acak di sepanjang lintasan 9 sampai 13 berada pada titik 9 sampai 12, lintasan 1 sampai 7 titik ke 4 sampai 11, lintasan 1 dan 2 titik ke 11 dan 19, lintasan ke 6 sampai 8 titik ke 21. Kondisi sampah pada daerah ini berupa campuran sampah organik dan anorganik yang sudah mengering, dan juga tumpukan sampah dalam keadaan relatif tinggi. Gas metana juga tersebar di beberapa titik tertentu yaitu di lintasan ke 3 titik ke 1, lintasan ke 13 titik ke 8 dan 15. Kondisi sampah pada daerah ini berupa campuran sampah organik dan anorganik yang sudah mengering, tetapi tumpukan sampah dalam keadaan tidak terlalu tinggi.

Selain dari daerah yang disebutkan di atas merupakan daerah dengan jumlah gas metana relatif kecil atau mendekati *null set*, keadaan dimana tidak terdapat adanya gas metana dengan nilai normalisasi mendekati 0. Hal ini disebabkan daerah sampah pada keadaan tersebut berupa campuran sampah organik dan anorganik yang sudah mengering dengan tumpukan sampah relatif rendah. Pada lintasan ke 11 sampai 14 pada titik ke 21 hampir tidak terdapat tidak terdapat gas metana karena daerah tersebut berada dipinggir dimana komposisi sampah hampir tidak ada atau berupa daerah tanah.

Berdasarkan dari penelitian di TPA Pakusari, dapat disimpulkan bahwa sistem alat instrumentasi yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik untuk mendeteksi keberadaan sebaran gas metana di TPA Pakusari. Kelebihan dari sistem alat ini yaitu lebih mudah dan efisien dalam mengetahui keberadaan gas metana pada tumpukan sampah. Selain itu, sistem alat deteksi gas metana

yang telah dilengkapi dengan sensor gas metana ini lebih praktis dan mudah dibawa kemana-mana. Kekurangan dari alat ini yaitu masih belum bisa membaca nilai konsentrasi gas metana.

KESIMPULAN

Pada sistem alat deteksi gas metana sensor TGS 2611 dirangkai seri dengan resistor 2,2 k Ω , yang selanjutnya rangkaian tersebut diaplikasikan dengan Arduino UNO dan LCD yang dihubungkan dengan sumber tegangan 5 volt. Untuk melihat sensor yang didesain berfungsi atau tidak, dilakukan pengujian rangkaian sensor dengan menggunakan gas butana yang terdapat pada korek gas yang dimasukkan ke dalam pet suntik. Jumlah gas butana di dalam pet suntik dibuat tetap tetapi volume ruang dari pet suntik divariasikan. Hasil dari pengujian yaitu ketika volume ruang dari pet suntik 20 ml nilai tegangan sensor 2,27 volt dan ketika volume pet suntik 50 ml nilai tegangan sensor 1,6 volt. Dengan demikian, semakin besar volume ruang dari pet suntik menyebabkan gas butana yang mengenai sensor semakin berkurang sehingga menyebabkan nilai tegangan sensor menurun.

Hasil pengukuran sebaran konsentrasi gas metana di TPA Pakusari Jember menggunakan sensor TGS 2611 menunjukkan bahwa sebaran gas metana tidak tersebar secara merata. Nilai tegangan sensor terbesar berada pada daerah tumpukan sampah organik yang masih basah dengan nilai 1,30 volt. Sedangkan nilai tegangan terkecil berada pada daerah tanah dengan nilai 0,23 volt. Pada daerah tersebut hampir tidak terdapat gas metana karena nilai tegangan yang terukur beda tipis dengan nilai tegangan yang terukur pada ruang tanpa ada gas metana yaitu 0,22 volt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hadnyanawati, H. 2003. *Pengolahan Sampah*. Universitas Jember. Jember.
- [2] Mulyono. 2014. *Membuat MOL dan Kompos dari Sampah Rumah Tangga*. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka.
- [3] Indarto, A. M. 2007. Pengaruh Kematangan Sampah Terhadap Produksi Gas Metana (CH₄) di TPA Putri Cempo Mojosongo. *Tesis*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [4] Petruzella, F. D. 2001. *Elektronika Industri*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [5] Figaro USA Inc. Tanpa Tahun. TGS 2611 for Detection of Methane.