



**DETEKSI SEBARAN GAS METANA (CH_4) DI TPA PAKUSARI JEMBER
MENGUNAKAN SENSOR TGS 2611**

SKRIPSI

Oleh
Sri Indariyatul Masruroh
NIM 121810201048

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017



**DETEKSI SEBARAN GAS METANA (CH_4) DI TPA PAKUSARI JEMBER
MENGUNAKAN SENSOR TGS 2611**

SKRIPSI

Oleh
Sri Indariyatul Masruroh
NIM 121810201048

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017



**DETEKSI SEBARAN GAS METANA (CH_4) DI TPA PAKUSARI JEMBER
MENGUNAKAN SENSOR TGS 2611**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Fisika (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Fisika

Oleh
Sri Indariyatul Masruroh
NIM 121810201048

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, skripsi ini penulis persembahkan dengan penuh rasa cinta dan syukur kepada:

1. Ayahanda tercinta Abdul Basir dan Ibunda tersayang Mahmudah, saya ucapkan beribu terimakasih atas curahan cinta dan kasih sayang serta do'a yang selalu tercurahkan untuk kesuksesan saya;
2. Adik saya Muhammad Saiful Bahri, terimakasih atas segala kasih sayang dan canda tawanya;
3. Seluruh pendidik sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah mengajarkan ilmu serta pengetahuan dalam berbagai bidang;
4. KH. Ahmad Hisyam Syafaat selaku pengasuh ponpes Darussalam Blokagung serta Ibu Nyai Hj. Handariyatul Masruroh selaku pengasuh ponpes putri utara Darussalam Blokagung yang telah mengajarkan berbagai ilmu dan pengetahuan tentang agama;
5. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu.
Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu.
Allah Maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui”

(Terjemahan QS. Al baqarah: 216)^[1]



^[1] Tim Pelaksana. 2006. *Al Qur'an Al Karim dan Terjemahan Bahasa Indonesia*.
Kudus: Menara Kudus

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sri Indariyatul Masruroh

NIM : 121810201048

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “Deteksi Sebaran Gas Metana (CH₄) di TPA Pakusari Jember Menggunakan Sensor TGS 2611” adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya. Belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas kesalahan dan kebenaran isinya sesuai sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa, dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen dan pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2017

Yang menyatakan,

Sri Indariyatul Masruroh
NIM 121810201048

SKRIPSI

**DETEKSI SEBARAN GAS METANA (CH₄) DI TPA PAKUSARI JEMBER
MENGUNAKAN SENSOR TGS 2611**

Oleh:

Sri Indariyatul Masruroh
121810201048

Pembimbing:

Pembimbing Utama : Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

Pembimbing Anggota : Agung Tj. Nugroho, S.Si., MPhil., PhD.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Deteksi Sebaran Gas Metana (CH_4) di TPA Pakusari Jember Menggunakan Sensor TGS 2611” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197202101998021001

Agung Tj. Nugroho, S.Si., MPhil., PhD.
NIP. 196812191994021001

Anggota II,

Anggota III,

Ir.Misto, M.Si.
NIP. 195911211991031002

Supriyadi, S.Si., M.Si.
NIP. 198204242006041003

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Deteksi Sebaran Gas Metana (CH₄) di TPA Pakusari Jember Menggunakan Sensor TGS 2611: Sri Indariyatul Masruroh, 121810201048: 54 Halaman; Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Persoalan sampah merupakan masalah penting di lingkungan perkotaan dan akan terus dihadapi oleh pemerintah dan masyarakat. Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat berpengaruh terhadap jumlah timbunan sampah. Pada umumnya lokasi pembuangan sampah terpusat di Tempat Pembuangan sampah Akhir (TPA). Penumpukan sampah di TPA dapat memunculkan gas metana yang mampu tersebar ke lingkungan. Metana adalah gas yang molekulnya tersusun dari satu atom karbon dan empat atom hidrogen. Metana merupakan salah satu gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik yang terdapat pada timbunan sampah oleh bakteri anaerob. Apabila timbunan sampah terus menerus melepaskan gas metana ke atmosfer maka hal ini dapat memerangkap panas matahari yang dipantulkan ke angkasa oleh permukaan bumi. Dengan semakin banyaknya panas matahari yang terperangkap dapat menyebabkan suhu di permukaan bumi meningkat atau yang biasa disebut *global warming*. Berdasarkan hal tersebut, peneliti merancang suatu instrumen elektronika yang bisa digunakan untuk mendeteksi gas metana pada lokasi penumpukan sampah. Untuk itu diperlukan suatu alat yang bisa bekerja dengan menggunakan sensor gas. Salah satu sensor yang dapat mendeteksi gas metana yaitu sensor TGS 2611 yang diproduksi oleh Figaro. Sensor TGS 2611 ini memiliki tingkat sensitivitas dan selektivitas yang baik terhadap keberadaan gas metana.

Tujuan dari penelitian ini yaitu, untuk mengetahui aplikasi sensor TGS 2611 pada alat pendeteksi gas metana dan diaplikasikan untuk mengukur sebaran gas metana di TPA Pakusari Jember. Alat yang dibuat untuk mendeteksi keberadaan gas metana yaitu terdiri dari sensor TGS 2611 yang dirangkai dengan Arduino Uno dan LCD. Keluaran yang dihasilkan dari sensor berupa nilai tegangan yang merupakan sinyal analog, maka sinyal tersebut harus dirubah ke bentuk digital melalui pin A0 yang merupakan input analog dari mikrokontroler arduino. Pin input analog tersebut memiliki rangkaian ADC di dalamnya, dengan resolusi ADC sebesar 10 bit. Rangkaian ADC (*analog to digital converter*) adalah rangkaian pengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Sedangkan resolusi 10 bit tersebut artinya untuk tegangan masukan 0–5 volt, nilai digital yang dihasilkan memiliki jangkauan nilai dari 0–1023. Sinyal analog yang sudah dikonversi ke bentuk digital ditampilkan pada LCD. Untuk menguji sensor yang digunakan dapat berfungsi atau tidak, maka dilakukan pengujian sensor dengan cara memasukkan gas butana ke dalam sebuah pet suntik yang di dalamnya dipasang sensor TGS 2611. Volume ruang pet suntik divariasikan dan jumlah gas butana dibuat tetap. Perubahan tegangan sensor diamati.

Metode penelitian yang dilakukan untuk mendeteksi sebaran gas metana yaitu setelah sistem alat yang dirancang sudah dapat berfungsi dengan baik maka, selanjutnya alat tersebut digunakan untuk mendeteksi sebaran gas metana di TPA Pakusari. Penelitian dilakukan di Kavling 2 bagian sampah yang masih baru. Dari wilayah tersebut diambil sampel wilayah seluas $24,5 \times 35$ meter² yang kemudian dibagi menjadi 8 lintasan dan setiap lintasan memiliki 11 titik pengukuran. Jarak antara titik 1 dengan yang lainnya yaitu 3,5 meter. Pengambilan data dilakukan dengan meletakkan sensor secara langsung di atas tumpukan sampah kemudian nilai tegangan yang muncul pada layar LCD diamati perubahannya. Data yang didapat dari penelitian dinormalisasi yang kemudian dibuat grafik *countur* 2 dimensi dengan menggunakan aplikasi Matlab. Pola grafik yang dihasilkan dianalisis pola persebarannya.

Hasil pengujian sensor TGS 2611 yaitu, ketika volume pet suntik 20 ml nilai tegangannya 2,27 volt dan ketika volume pet suntik 50 ml nilai tegangan sensor 1,60 volt. Hal tersebut 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. Dengan demikian sensor sudah dapat mendeteksi keberadaan gas dengan baik. Selanjutnya, hasil dari pengukuran menunjukkan gas metana tidak tersebar secara merata atau tersebar secara acak. Hal ini disebabkan karena komposisi sampah yang tidak sama dan ketinggian sampah yang tidak teratur di setiap titik pengukuran. Lokasi yang memiliki konsentrasi gas metana terbesar berada pada daerah tumpukan sampah organik limbah pasar yang memiliki nilai tegangan 1,3 volt. Pada tahap ini sampah organik sedang mengalami proses pembusukan, oleh sebab itu gas metana yang dihasilkan di permukaan besar. Sedangkan konsentrasi gas terendah berada pada daerah tanah yang berada di tepi sehingga konsentrasi gas yang terdeteksi sangat kecil yang memiliki nilai tegangan 0,23 volt, merupakan daerah tanah sehingga konsentrasi gas yang terdeteksi sangat kecil atau hampir tidak ada gas metana karena nilai tegangan yang terukur beda tipis dengan nilai tegangan yang terukur pada ruang tanpa ada gas metana yaitu 0,22 volt.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufiq dan hidayah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Deteksi Sebaran Gas Metana (CH_4) di TPA Pakusari Jember Menggunakan Sensor TGS 2611”. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi strata satu (S-1) Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Agung Tj. Nugroho, S.Si., MPhil., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang sudah membimbing penulis selama jadi mahasiswa;
4. teman-teman angkatan 2012 “Lorentz ’12” yang selalu memberikan bantuan dan dukungannya;
5. sahabat-sahabat saya, Ernik, Hajar, Ervin, Miranty, Khoir, Miftah, Ridlo, Hari, Shoima dan Rika yang telah banyak membantu dan memotivasi selama penulisan dan penyusunan skripsi ini;
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
HALAMAN PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sampah	5
2.1.1 Pengertian Sampah	5
2.1.2 Klasifikasi Sampah.....	5
2.1.3 Efek Sampah Terhadap Manusia dan Lingkungan	8
2.2 Gas Metana	8
2.3 Sensor	11
2.3.1 Sensor Figaro TGS 2611	11
2.3.2 Prinsip Kerja Sensor Figaro TGS 2611	14
2.4 Mikrokontroler Arduino UNO	16

2.5 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	19
BAB 3. METODE PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Objek Penelitian	23
3.3 Tahap Penelitian	24
3.3.1 <i>Study</i> Pustaka.....	24
3.3.2 <i>Survey</i> Lokasi.....	24
3.3.3 Pembuatan Alat.....	25
3.3.4 Pengujian Alat	29
3.4 Analisa Data	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Pembuatan Alat Deteksi Gas Metana	34
4.1.1 Pengujian Rangkaian Sensor TGS 2611 dengan Arduino UNO.....	34
4.1.2 Pengujian Rangkaian LCD dengan Arduino UNO	36
4.1.3 Rekontruksi Alat Deteksi Gas Metana	37
4.2 Deteksi Gas Metana di TPA Pakusari	37
BAB 5. PENUTUP	42
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	46

DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
2.1 Sampah Organik Limbah Pasar	6
2.2 Sampah Anorganik	7
2.3 Sampah Bahan Berbahaya dan Beracun.....	7
2.4 Structuk Kimia Gas Metana (CH ₄)	9
2.5 Sensor Figaro TGS 2611	12
2.6 Sensitivitas Sensor TGS 2611	13
2.7 Ilustrasi Penyerapan O ₂ Oleh Sensor	14
2.8 Ilustrasi Ketika Terdeteksi Adanya Gas	15
2.9 Arduino UNO	16
2.10 Tampilan Muka Software Arduino IDE 1.6.5	19
2.11 Modul LCD Karakter 16x2.....	20
2.12 Konfigurasi Pin LCD	20
3.1 Lokasi Pengukuran di TPA Pakusari	23
3.2 Bagan Tahapan Penelitian	24
3.3 Diagram Blok Sistem Alat Deteksi Gas Metana.....	25
3.4 Rangkaian Sensor TGS 2611.....	26
3.5 Skema Rangkaian LCD	27
3.6 Skema Rangkaian Alat Deteksi Gas Metana	28
3.7 Proses Pengujian Gas Butana	30
3.8 Garis Lintasan dan Titik-titik Pengukuran	32
3.9 Contoh Grafik <i>Countur</i> 2 Dimensi.....	32
4.1 Rangkaian Sensor yang dihubungkan dengan Arduino UNO	34
4.2 Pengujian Sensor Oleh Gas Butana	35
4.3 Hasil Pengujian Rangkaian LCD	36
4.3 Alat Deteksi Gas Metana.....	37
4.4 Pola Persebaran Konsentrasi Gas Metana Hasil Pengukuran.....	38
4.5 Pola Persebaran Konsentrasi Gas Metana di TPA Pakusari.....	39

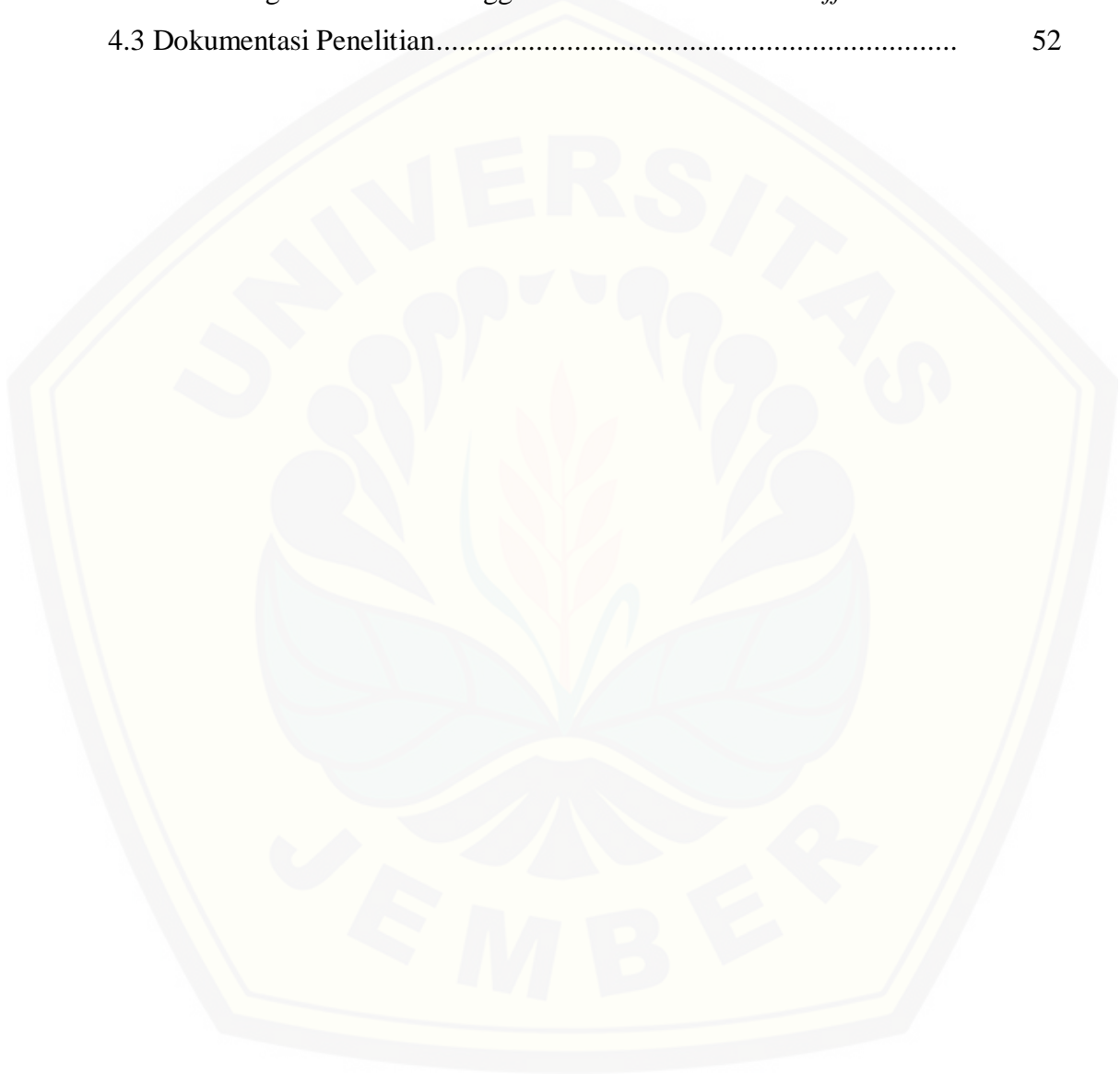
DAFTAR TABEL

	<i>Halaman</i>
2.1 Spesifikasi Sensor	13
4.1 Hasil Pengujian Sensor TGS Gas 2611	35



DAFTAR LAMPIRAN

	<i>Halaman</i>
4.1 Data Hasil Pengukuran.....	46
4.2 Hasil Pengolahan Data Menggunakan Metode <i>Sentral Difference</i>	47
4.3 Dokumentasi Penelitian.....	52



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tingkat pertumbuhan penduduk dari hari ke hari semakin meningkat. Hal ini diikuti dengan semakin meningkatnya kebutuhan pokok masyarakat. Salah satu cara untuk mencukupi kebutuhan pokok tersebut dilakukan penduduk dengan mengkonsumsi produk yang berasal dari alam maupun dari pabrik. Produk tersebut biasanya dikemas dengan menggunakan bahan pendukung berupa bungkus yang terbuat dari bahan organik maupun anorganik. Setelah selesai digunakan bungkus tersebut tentunya akan menjadi sampah yang mencemari lingkungan. Umumnya lokasi pembuangan akhir bersifat terpusat sehingga akan terdapat banyak sampah pada suatu tempat pembuangan akhir (TPA). 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.

Di Indonesia, sekitar 60-70 % dari total volume sampah yang dihasilkan merupakan sampah basah dengan kadar air antara 65-75 %. Sumber sampah terbanyak berasal dari pasar tradisional dan pemukiman. Sampah pasar tradisional, seperti pasar lauk-pauk dan sayur-mayur membuang 95% sampah organik (Tim Penebar Swadaya, 2008). Penumpukan volume sampah pada suatu area dapat memunculkan gas metana yang mampu tersebar ke lingkungan. Gas metana (CH_4) memiliki sifat tidak berwarna dan mudah terbakar sehingga berpotensi terjadi ledakan dan kebakaran pada *landfill*. Gas metana dapat 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. Peningkatan konsentrasi gas metana di atmosfer sebanyak 70% berasal dari aktivitas manusia. Salah satunya muncul dalam penanganan permasalahan sampah dengan menggunakan metode *landfill* (penumpukan gas metana di lahan terbuka). Emisi gas

metana dari *landfill* ke atmosfer berkisar 19-40 Tg atau berkontribusi meningkatkan konsentrasi gas metana di atmosfer sebesar 10-20% (Lestari *et al*, 2013).

TPA Pakusari merupakan tempat pembuangan sampah terbesar di Kabupaten Jember. TPA ini bersifat sistem terbuka yang disebut dengan *open dumping*. Setiap harinya TPA Pakusari menampung sampah sekitar 5 hingga 7 unit truk sampah. 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 akibat dari pertumbuhan nyamuk dan lalat. Selain itu, dampak dari pembusukan sampah tersebut juga dapat menghasilkan gas metana yang teremisikan secara langsung di udara. Keadaan TPA yang demikian akan mempengaruhi kondisi lingkungan hidup di sekitarnya menjadi kurang baik.

Berdasarkan hal tersebut, penulis terinspirasi untuk merancang suatu instrumen elektronik yang bisa digunakan untuk mengukur sebaran konsentrasi gas metana (CH_4) 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 sensitivitas tinggi untuk mendeteksi keberadaan gas metana (CH_4).

Sensor TGS 2611 sebelumnya sudah pernah diaplikasikan pada penelitian Setyadewi (2012) yang berjudul rancangan sistem pengukur konsentrasi gas CBM (coal bed methane) dengan sensor gas TGS 2611 berbasis mikrokontroler H8/3069F. Dalam penelitiannya Setyadewi menggunakan sensor TGS 2611 untuk mengukur gas metana dalam batubara atau dikenal dengan CBM (Coal Bed Methane) yang merupakan hasil sampingan dari pengeboran batubara. Selain itu Anwar *et al* (tanpa tahun) juga melakukan penelitian dengan obyek sensor gas TGS 2611 yang diaplikasikan pada pengukuran konsentrasi gas metana pada biogas hasil fermentasi eceng gondok. Dalam penelitiannya jangkauan pengukuran hanya mencapai 0 - 4700 ppm. Berdasarkan dari penelitian sebelumnya sensor TGS 2611 masih belum banyak diaplikasikan pada area timbunan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA)

sehingga pengamatan terhadap sebaran konsentrasi gas metana disuatu area penimbunan sampah masih belum dilakukan secara optimal. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini akan didesain alat ukur instrumen elektronika untuk gas metana yang diaplikasikan pada tumpukan sampah di TPA.

Instrumen elektronika yang dibuat nantinya akan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang terlebih dahulu dihubungkan dengan sensor TGS 2611 dan selanjutnya dihubungkan dengan LCD 16x2. Arduino Uno digunakan sebagai unit pengolah data dan mengatur kerja sistem alat secara keseluruhan. Kelebihan Arduino Uno daripada modul mikrokontroler lainnya adalah menggunakan mikrokontroler berbasis Atmega328 yang termasuk dalam keluarga mikrokontroler AVR 8 bit dan merupakan jenis Arduino yang banyak digunakan oleh seluruh pengguna Arduino. Selain itu menurut Artanto (2012), Arduino Uno juga menggunakan Atmega8U2 yang berperan sebagai *converter* USB *toserial* yang memberikan kemudahan dalam proses instalasi *software* Arduino terutama yang menggunakan sistem operasi Windows, yaitu hanya dengan menghubungkan *board* Arduino Uno dengan Windows untuk menggunakannya melalui koneksi USB. Hasil pengolahan data oleh Arduino Uno berupa nilai tegangan yang akan ditampilkan pada layar LCD. Data yang didapat dari pengukuran dibuat grafik *contour* 2 dimensi yang selanjutnya dianalisis pola persebarannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan di atas, muncul rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana aplikasi sensor TGS 2611 pada alat pendeteksi gas metana yang dirancang oleh peneliti ?
2. Bagaimana pengukuran sebaran konsentrasi gas metana di TPA Pakusari Jember dengan menggunakan sensor TGS 2611 ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui aplikasi sensor TGS 2611 pada alat pendeteksi gas metana yang dirancang oleh peneliti.
2. Mengukur sebaran gas metana di TPA Pakusari Jember dengan menggunakan sensor gas TGS 2611.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Bagi penullis, dengan diadakannya penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan baik langsung maupun tidak langsung khususnya dibidang instrumentasi.
2. Pada penelitian ini diharapkan dapat menciptakan suatu piranti elektronik yang dapat digunakan untuk mendeteksi gas metana pada penumpukan sampah.
3. Memberikan pengetahuan mengenai penumpukan sampah dilahan terbuka dapat menghasilkan gas metana yang teremisi di udara sehingga menyebabkan pencemaran udara.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

2.1.1 Pengertian 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 (Hadnyanawati, 2003).

Satu masalah perkotaan yang sulit untuk dipecahkan diantara berbagai permasalahan yang timbul adalah masalah sampah. Sampah akan menjadi masalah kota maupun desa dan jika tidak terkelola dengan baik. Dampak dari sampah diantaranya yaitu sumber berbagai penyakit, pencemaran air tanah dan sungai, bau yang tak sedap, serta rusaknya estetika.

Sampah diproduksi sejak manusia ada. Pada zaman dahulu sampah masih bukan merupakan masalah. Sampah ditaruh atau diletakkan begitu saja tanpa perlu pengolahan. Sampah hanya ditinggalkan begitu manusia berpindah tempat dari satu ketempat lainnya. Sampah mulai menjadi masalah ketika manusia mulai bertempat tinggal menetap. Sampah merupakan permasalahan karena keinginan untuk melihat keadaan yang bersih ditempat tinggal maupun ditempat lain. Dengan kondisi ini sampah diusahakan untuk membuang atau memunahkan sampah. Proses pengolahan sampah dari zaman dulu sampai dengan zaman sekarang masih tetap sama yaitu: pembuangan, pembakaran, *recycling*, atau pengurangan volume pemakaian bahan (Indarto, 2007).

2.2.2 Klasifikasi Sampah

Berdasarkan bahan asalnya, sampah dibagi menjadi dua jenis, yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Di negara yang sudah menerapkan pengolahan sampah secara terpadu, tiap jenis sampah ditempatkan sesuai dengan jenisnya. Untuk pengangkutan sampah ke TPA (tempat pembuangan sampah akhir), sampah dipilah berdasarkan klasifikasinya.

Sampah diklasifikasinya menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Sampah Organik

Sampah organik berasal dari makhluk hidup, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Sampah organik sendiri dibagi menjadi sampah organik basah dan sampah organik kering. Istilah sampah organik basah dimaksudkan sampah mempunyai kandungan air yang cukup tinggi. Contohnya kulit buah dan sisa sayuran. Sementara sampah organik kering adalah bahan organik kering diantaranya kayu, ranting pohon, dan dedaunan kering.



Gambar 2.1 Sampah Organik Limbah Pasar (Sumber: Mulyono,2014).

2. Sampah Anorganik

Sampah anorganik berasal dari sumber daya alam tak terbarui seperti mineral dan minyak bumi, atau dari proses industri. Beberapa dari bahan ini tidak terdapat di alam seperti plastik dan aluminium. Sebagian zat anorganik secara keseluruhan tidak dapat diuraikan oleh alam, sedang sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang sangat lama. Sampah jenis ini pada tingkat rumah tangga, misalnya berupa botol, plastik, dan kaleng.



Gambar 2.2: Sampah Anorganik (Sumber: Mulyono,2014)

3. Sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)

Sampah B3 merupakan jenis sampah yang dikategorikan beracun dan berbahaya bagi manusia. Umumnya, sampah jenis ini mengandung merkuri seperti kaleng bekas cat semprot atau minyak wangi. Namun, tidak menutup kemungkinan sampah yang mengandung jenis racun lain yang berbahaya.



Gambar 2.3 Sampah Bahan Berbahaya dan Beracun (Sumber: Mulyono,2014)

Dari macam-macam sampah yang dikemukakan diatas pada hakikatnya sampah dapat terbentuk melalui proses kimia, biologis maupun secara fisik atau karena kesalahan dan ketidakefektifan proses yang berlangsung dalam mengolah bahan baku primer dan sekunder (Nurhidayat, 2002).

2.2.3 Efek Sampah terhadap Manusia dan Lingkungan

a. Dampak terhadap Kesehatan

Lokasi dan pengolahan sampah yang kurang memadai (pembuangan sampah yang tidak terkontrol) merupakan tempat yang cocok bagi beberapa organisme dan menarik bagi berbagai binatang seperti lalat dan anjing yang dapat menjangkitkan penyakit. Potensi bahaya kesehatan yang dapat ditimbulkan adalah sebagai berikut:

1. Penyakit diare, kolera, tifus menyebar dengan cepat karena virus dari sampah dengan pengolahan tidak tepat dapat bercampur air minum. Penyakit demam berdarah dapat juga meningkat dengan cepat di daerah yang pengolahan sampahnya kurang memadai. Penyakit jamur dapat juga menyebar, misalnya jamur kulit.
2. Penyakit yang dapat menyebar melalui rantai makanan. Salah satu contohnya adalah suatu penyakit yang ditjangkitkan oleh cacing pita. Cacing ini sebelumnya masuk ke dalam pencernaan binatang ternak melalui makanannya yang berupa sisa makanan atau sampah.

b. Dampak terhadap Lingkungan

Cairan rembesan sampah yang masuk ke dalam sungai akan mencemari air. Berbagai organisme termasuk ikan dapat mati sehingga beberapa species akan lenyap, hal ini mengakibatkan berubahnya ekosistem perairan biologis. Penumpukan sampah dapat menghasilkan asam organik dan gas cair organik, seperti metana. Selain berbau dan kurang sedap, gas ini dalam konsentrasi tinggi dapat meledak.

Pengolahan sampah yang kurang baik akan membentuk lingkungan yang kurang menyenangkan bagi masyarakat, bau yang tidak sedap dan pemandangan yang buruk karena sampah bertebaran dimana-mana (Hadnyanawati, 2003).

2.2 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 (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa udara). Metana terdapat secara alami dan merupakan unsur utama biogas dan gas bumi. Metana adalah gas rumah kaca lain yang terdapat secara alami. Metana

dihasilkan ketika jenis-jenis mikroorganisme tertentu menguraikan bahan organik pada kondisi tanpa udara (anaerob). Gas ini juga dihasilkan secara alami pada saat pembusukan biomassa. Metana mudah terbakar, dan menghasilkan karbon dioksida sebagai hasil sampingan.

Rumus kimia	:	CH₄
Berat molekul (Mr)	:	16,04
Struktur molekul	:	
Titik leleh	:	- 182°C
Titik didih	:	- 161°C

Gambar 2.4 Struktur Kimia Gas Metana (CH₄)

Kegiatan manusia telah meningkatkan jumlah metana yang dilepaskan ke atmosfer. Metana juga dihasilkan dalam jumlah cukup banyak di tempat pembuangan sampah, sehingga menguntungkan bila mengumpulkan metana sebagai bahan bakar bagi ketel uap untuk menghasilkan energi listrik. Metana merupakan unsur utama dari gas bumi. Gas ini terdapat dalam jumlah besar pada sumur minyak bumi atau gas bumi, juga terdapat kaitannya dengan batu bara (Indarto,2007).

Gas metana merupakan salah satu dari kelompok gas rumah kaca. Agar bumi tetap dalam keadaan hangat jumlah gas rumah kaca yang berfungsi menyerap dan memantulkan kembali panas matahari harus proporsional. Secara alami gas rumah kaca menjaga agar suhu di permukaan bumi tetap berada di titik layak huni bagi makhluk hidup. Namun peningkatan jumlah gas rumah kaca dapat memerangkap panas matahari yang memantul kembali ke angkasa sehingga menyebabkan suhu bumi semakin panas. Terperangkapnya panas matahari tersebut dapat berpengaruh luas pada kehidupan yang ada di permukaan bumi seperti peningkatan suhu bumi atau yang biasa dikenal dengan global warming.

Gas rumah kaca (GRK) berasal dari emisi (buangan) kegiatan manusia. Salah satu penghasil GRK adalah timbunan sampah yang tidak dikelola. Dalam bukunya *Review on The Economics of Climate Change* yang diterbitkan pada tahun 2006, Stren mengemukakan bahwa sampah menyumbang 3% dari peningkatan GRK. Proses pembusukan sampah menghasilkan gas antara lain metana (CH₄) dan karbon

dioksida (CO_2) yang merupakan produk dari pembusukan sampah organik. Kementerian Lingkungan Hidup mengemukakan bahwa sebagian besar komposisi sampah merupakan bahan organik, yaitu sebesar 65%. Sedangkan sisanya merupakan sampah plastik, kertas, kayu, dan lain-lain. Jika dilihat dari komposisi tersebut, sebagian besar sampah yang dihasilkan berpotensi melepaskan metana ke atmosfer dalam proses pembusukan sampah organik. Pelepasan metana ke atmosfer memiliki dampak buruk yang lebih besar dibandingkan karbon dioksida. Gas metana memiliki masa hidup yang relatif panjang yaitu antara 12-17 tahun (Solid waste management, 2011).

Produksi metana pada pembusukan sampah organik melalui beberapa tahapan:

1. Pembusukan sampah dalam kondisi aerobik di mana oksigen yang terperangkap di dalam timbunan sampah relatif banyak. Sebagian besar gas yang dihasilkan dalam tahap ini adalah karbon dioksida (CO_2).
2. Oksigen yang terperangkap di dalam timbunan sampah makin lama makin habis. Dengan habisnya oksigen di dalam timbunan sampah, sampah sampai dalam kondisi anaerobik. Dalam tahap ini nitrat dan sulfat berubah menjadi gas nitrogen dan asam sulfida.
3. Terbentuk senyawa dengan jumlah molekul yang rendah seperti acetik acid (CH_3COOH) dan beberapa asam organik kompleks lainnya. Dalam tahap ini gas yang dihasilkan adalah CO_2 dan hidrogen.
4. Terjadi fermentasi metana di mana senyawa acetik acid dan hidrogen berubah menjadi gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2).
$$\text{Organik} + \text{H}_2\text{O} = \text{Humus} + \text{CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{gas lain} + \text{bakteri}.$$
5. Merupakan tahap pematangan setelah hampir seluruh komponen yang dapat membusuk dalam sampah terurai menjadi CH_4 dan CO_2 . Dalam tahap ini gas CH_4 dan CO_2 terus diproduksi.

Secara alamiah, gas metana dan karbon dioksida yang dihasilkan dari timbunan sampah tersebut akan mencari jalan ke atas menuju atmosfer. Begitu sampah di atmosfer gas tersebut berkumpul bersama gas sejenis membentuk GRK. Apabila timbunan sampah terus menerus melepaskan gas metana dan karbon dioksida ke atmosfer, lama-lama konsentrasi jumlah GRK yang ada akan semakin padat.

Kepadatan GRK tersebut dapat memerangkap panas matahari yang dipantulkan ke angkasa oleh permukaan bumi. Dengan makin banyaknya panas matahari yang terperangkap dapat menyebabkan suhu di permukaan bumi meningkat atau yang biasa disebut dengan global warming.

2.3 SENSOR

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 mikroposepor dari sistem otomatis industri (Petruzella, 2001).

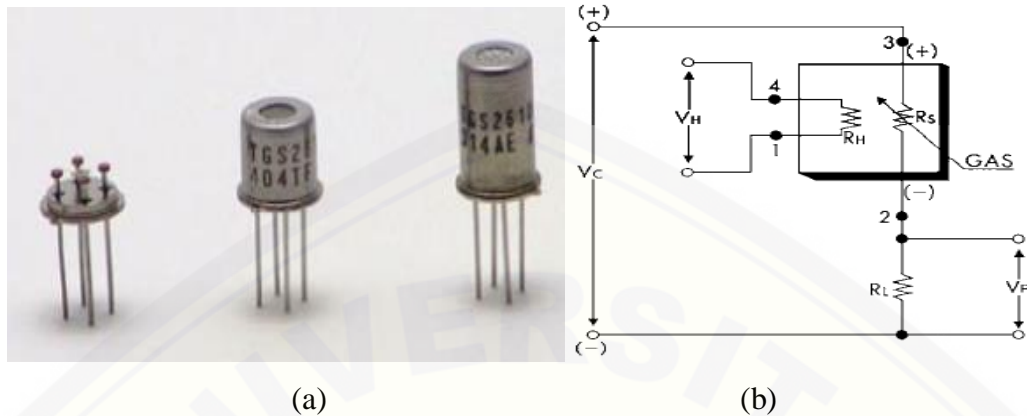
Sensor dapat juga dikatakan sebagai suatu translator dari non elektrik menjadi nilai elektrik. Elektrik artinya sinyal yang dapat disalurkan, dikuatkan, dan dimodifikasi oleh alat elektronik. Sinyal keluaran sensor dapat disalurkan, dikuatkan, dan dimodifikasi oleh alat elektronik. Sinyal keluaran sensor dapat berupa tegangan atau arus. Sinyal keluaran juga dapat digambarkan sebagai masukan amplitude, frekuensi atau kode digital (Freden, 2003).

Pada dasarnya sensor dan transduser mempunyai definisi sama yaitu menerima rangsangan (gejala fisis) dari luar dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Proses fisis yang merupakan stimulasi atau rangsangan sensor dapat berupa fluk magnetic, gaya, arus listrik, temperatur, cahaya, tekanan, dan proses fisis lainnya. Sensor dan transduser mempunyai perbedaan yang sangat kecil yaitu pada koefisien konversi energi. Sensor itu sendiri terdiri dari transduser atau tanpa penguat atau pengolah sinyal yang terbentuk dalam satu indera (Sinclair, 1988).

2.3.1 Sensor Figaro TGS 2611

Sensor TGS 2611 dari figaro ini memiliki tingkat sensitivitas dan selektifitas yang baik terhadap gas metana (CH_4). 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. Adapun tampilan dan struktur dari sensor TGS 2611 ditunjukkan pada gambar 2.5:



Gambar 2.5 (a) Bentuk Fisik Sensor Figaro TGS 2611. (b) Rangkaian Dasar Sensor Gas Metana (Sumber: Figaro USA, Inc).

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). Tegangan pemanas (V_H) digunakan pada pemanas internal dengan tujuan untuk menjaga elemen sensor pada suhu tertentu yang optimal untuk pengukuran. Tegangan rangkaian (V_C) digunakan dalam pengukuran sehingga diperoleh tegangan (V_{RL}) melewati hambatan beban (R_L) yang dipasang secara seri dengan sensor. Setelah tegangan keluaran (V_{RL}) diukur, maka untuk menghitung nilai hambatan sensor (R_S) dapat digunakan dengan persamaan (2.1):

$$R_S = \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} \times R_L \quad (2.1)$$

Dengan R_S adalah nilai hambatan sensor, V_H adalah nilai tegangan pemanas, R_L adalah nilai hambatan beban, V_C adalah nilai tegangan rangkaian, R_H adalah nilai hambatan pemanas, dan V_{RL} adalah nilai tegangan keluaran. Spesifikasi dari sensor Figaro TGS 2611 ditunjukkan oleh tabel 2.1.

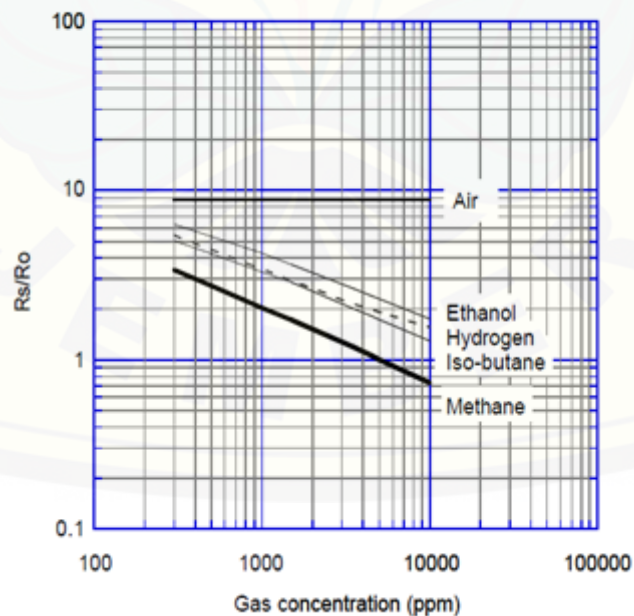
Tabel 2.1 Spesifikasi Sensor

Seri Nomer	TGS 2611
Tipe Elemen Sensor	D1
Bahan Standar	Logam Can
Sasaran Gas	Metana dan gas alam
Range (Jangkauan)	500~10,000 ppm
Tegangan Input	V_H ($5 \pm 0.2V$ DC/AC) V_C ($5 \pm 0.2V$ DC/AC)
Disipasi Daya	≤ 15 mW
Resistansi Sensor	0.68~6.8 k Ω pada 5000 metana
Resistansi Beban	≤ 0.45 k Ω
Arus pemanas	56 ± 5 mA

Sumber: Figaro USA, Inc

Berikut ini merupakan gambar dari grafik sensitivitas sensor TGS 2611 dengan konsentrasi gas yang bervariasi terhadap beberapa gas metana (CH₄) yang ditunjukkan oleh gambar 2.6:

Sensitivity Characteristics:



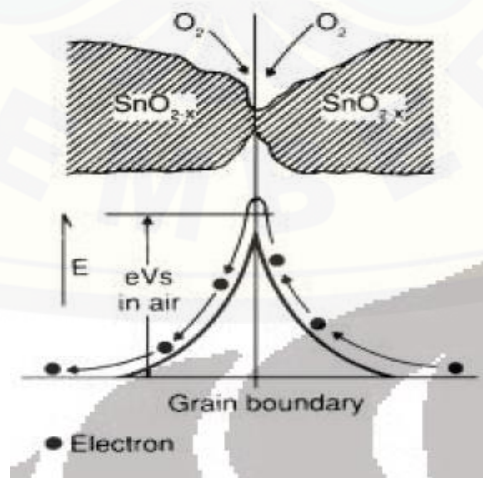
Gambar 2.6 Sensivitas Sensor Gas TGS 2611(Sumber: Figaro USA, Inc).

Berdasarkan grafik di atas, dapat diketahui akan sensitivitas dari rasio resistansi sensor terhadap konsentrasi gas metana berada pada kisaran R_s/R_0 5,5-0,7 dengan nilai 500~10.000 ppm. Nilai R_s merupakan resistansi sensor dalam menampilkan gas dengan berbagai konsentrasi dan nilai R_0 merupakan resistansi sensor dalam konsentrasi gas 5000 ppm.

2.3.2 Prinsip Kerja Sensor Figaro TGS 2611

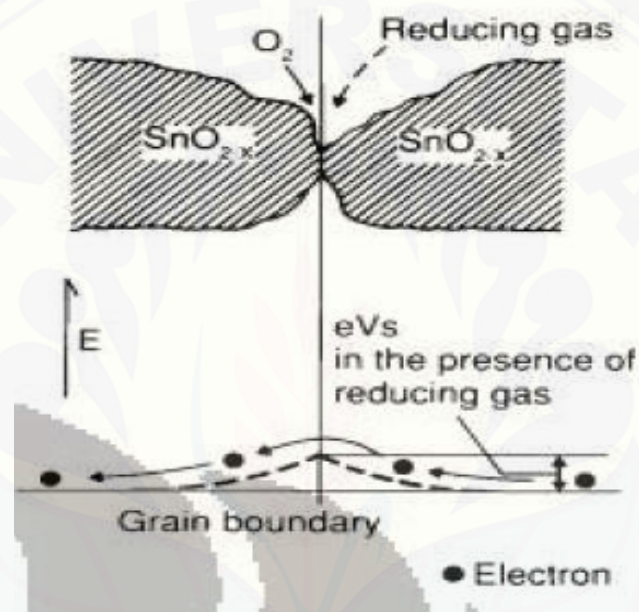
Material sensor dari sensor gas Figaro TGS 2611 adalah metal oksida, yang berupa senyawa SnO_2 . Semikonduktor ini mempunyai *band gap* atau daerah sambungan yang sangat sempit, maka jika temperatur naik, sebagian elektron dari pita valensi akan naik ke pita konduksi dengan mudah dan akan ada tempat kosong (*hole*) di pita valensi. Baik elektron yang berada di pita konduksi maupun yang berada di pita valensi akan bertindak sebagai pembawa muatan untuk terjadinya arus listrik. Konduktivitas listrik naik dengan cepat dengan naiknya temperatur (Sudaryanto, 2010).

Saat metal oksida dipanaskan pada temperatur tertentu, oksigen diserap pada permukaan kristal yang bermuatan negatif. Permukaan kristal akan mendonorkan elektron ke oksigen, sehingga menyebabkan tempat kosong (*hole*) didaerah batas. Potensial permukaan menyebabkan timbulnya potensial penghalang (*potential barrier*) yang melawan aliran elektron (Gambar 2.6).



Gambar 2.7 Ilustrasi penyerapan O_2 Oleh Sensor (Sumber: Tim IE dan Mardowo, 2012).

Di dalam sensor, arus listrik melewati daerah sambungan atau *grainboundary* dari SnO_2 . Pada *grainboundary* oksigen yang terserap menyebabkan potensial penghalang yang mencegah pembawa untuk bergerak bebas. Resistansi sensor berelasi dengan potensial penghalang ini. Dengan adanya gas asing, densitas permukaan dari muatan (-) oksigen akan turun, menyebabkan ketinggian penghalang dan *grainboundary* juga turun. Sehingga, berkurangnya ketinggian *barrier* akan mengurangi resistansi sensor. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7 di bawah ini:



Gambar 2.8 Ilustrasi Ketika Terdeteksi Adanya Gas(Sumber: Tim IE dan Mardowo, 2012).

Hubungan antara resistansi sensor dengan konsentrasi gas dapat ditunjukkan dengan persamaan:

$$R = A[C]^{-\alpha} \quad (2.2)$$

Dengan:

R = Resistansi

A = Konstanta

C = Konsentrasi Gas

α = Kemiringan dari Kurva Rs

2.4 Mikrokontroler Arduino UNO

Arduino Uno merupakan mikrokontroler berbasis ATmega yang dilengkapi dengan kemampuan interaksi dengan alat lain melalui *input/output*-nya (I/O). Arduino Uno memiliki 14 pin I/O (0 -13) yang dapat digunakan untuk mengendalikan sensor, motor dan berbagai jenis aktuator lainnya.



Gambar 2.9 Arduino UNO (Sumber: Arduino.cc, 2016)

Menurut (Durfee, 2011), berikut ini spesifikasi Arduino Uno:

1. Mikrokontroler ATmega328
2. Catu daya 5 volt
3. Tegangan input DC 6-20 volt
4. Arus DC setiap pin I/O 40 ma
5. RAM 2 KB
6. Flash memory 32 KB
7. EPROM 1 KB
8. Clock speed 16 MHz
9. Bahasa pemrograman C/C++

Menurut (Djuandi, 2011) berikut ini merupakan penjelasan dari papan arduino Uno berdasarkan pada gambar 2.9:

1. 14 input/output digital (0-13)

Berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output

dimana tegangan output-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

2. USB

Berfungsi untuk memuat program ke dalam papan, komunikasi serial antara papan dan komputer, dan memberi daya listrik pada papan.

3. Sambungan SV1

Sambungan atau *jumper* untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB.

4. Q1–Kristal (quartz crystal oscillator)

Jika mikrocontroller dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantungnya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada mikrocontroller agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

5. Tombol Reset S1

Untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan mikrocontroller.

6. In-Circuit Serial Programming (ICSP)

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram mikrocontroller secara langsung, tanpa melalui bootloader.

7. IC 1–Microcontroller Atmega

Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

8. X1–Sumber Daya Eksternal

Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V.

9. 6 pin input analog (0–5)

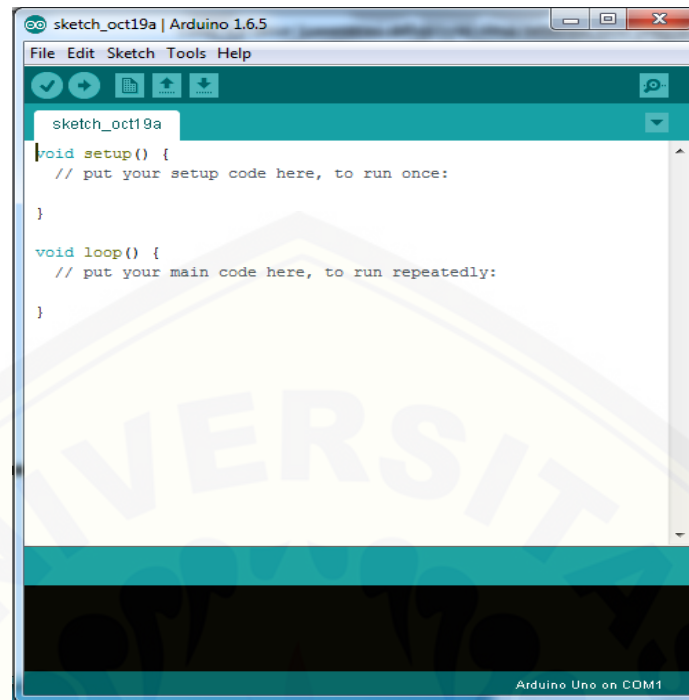
Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

Mikrokontroler ATmega328 pada board Arduino Uno dapat diprogram dengan menggunakan bahasa pemrograman dan lingkungan pemrograman (IDE) Arduino. Bahasa pemrograman pada Arduino digunakan untuk membuat program yang akan ditanamkan pada board Arduino, agar board Arduino dapat beroperasi sesuai instruksi yang diberikan. Ada tiga bagian utama dalam bahasa pemrograman Arduino, yaitu *struktur*, *variable*, dan *function*. Kerangka program arduino hanya terdiri dari dua bagian atau fungsi, yaitu *void set up ()* dan *void loop ()*. *Void set up ()* merupakan bagian yang berisi kode program yang dijalankan hanya satu kali setelah arduino digunakan atau di-*reset* dan biasanya digunakan untuk inisialisasi program (pengaturan *input*, pengaturan serial, dan lain-lain). *Void loop ()* merupakan bagian yang berisi kode program yang dijalankan secara berulang-ulang, biasanya untuk membaca *input* dan men-*trigger* output (Artanto,2012).

IDE (*integrateddevelopmentenviroment*) Arduino adalah sebuah software yang berfungsi untuk menullis program, mengkompilasi program menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler pada *board* Arduino. *Software* ini terdiri dari editor teks, area pesan, konsol, toolbar, dan menu-menu lainnya. *Toolbar* yang ada pada software Arduino diantaranya adalah *verify*, *upload*, *new*, *open*, *save*, dan *serial monitor*.

Menurut Artanto (2012), fungsi tombol pada *toolbar software* Arduino adalah:

1. *Verify*, berfungsi untuk mengecek apakah ada kesalahan pada kode program atau sketch yang dibuat.
2. *Upload*, berfungsi untuk mengirimkan kode mesin ke *board* Arduino.
3. *New*, berfungsi untuk program baru.
4. *Open*, berfungsi untuk membuka program yang sudah ada di dalam *sketchbook*.
5. *Sketchbook*, berfungsi sebagai tempat standar untuk menyimpan program.
6. *Save*, berfungsi untuk menyimpan program yang dibuat.
7. *Serial monitor*, berfungsi untuk membuka *serial monitor*, yaitu menampilkan data yang dikirim dan diterima melalui komunikasi serial.



Gambar 2.10 Tampilan Muka *Software* Arduino IDE 1.6.5

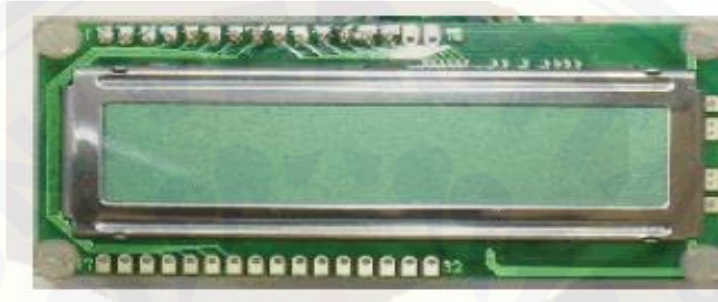
Untuk menggunakan *software* ini, dibutuhkan kabel USB untuk berkomunikasi dengan *board* Arduino. Jendela editor adalah tempat untuk membuat program atau *sketch*. Program yang sudah dibuat dengan benar akan dikompilasi dengan memilih tombol *verify* pada *toolbar software* Arduino. Proses kompilasi adalah proses mengubah kode program menjadi kode mesin dan proses kompilasi dinyatakan berhasil jika muncul tulisan “*done compiling*”. Kemudian, meng-*upload* kode mesin tersebut ke *board* Arduino. Sebelum hal tersebut dilakukan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu pemilihan tipe *board* Arduino dan serial *port* yang digunakan. Jika kedua hal tersebut sudah dilakukan dengan benar, proses *upload* bisa dijalankan dengan cara memilih tombol *upload*. Proses *upload* dinyatakan selesai jika muncul tulisan “*done uploading*” dan tahap berikutnya menyimpan program tersebut dengan memilih tombol *save* (Artanto,2012).

2.5 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Liquid Crystal Display adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah *controller* CMOS di dalamnya.

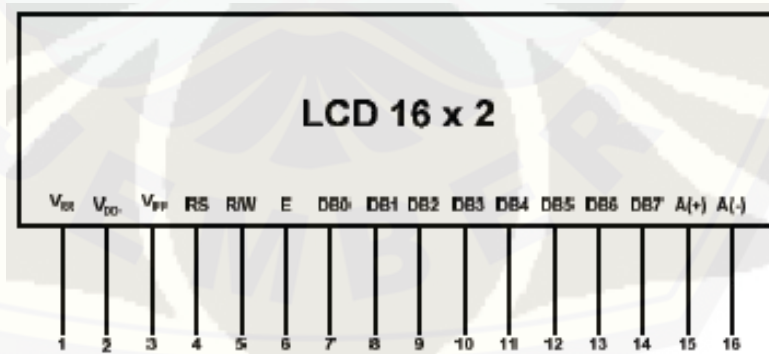
Controller tersebut sebagai pembangkit ROM/RAM dan display data RAM. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh suatu instruksi modul LCD dapat dengan mudah diinterfacekan dengan MPU.

LCD terbuat dari bahan *cristal* cair yang merupakan suatu komponen organik yang mempunyai sifat optik seperti benda padat meskipun bahan tetap cair. Sel kristal cair terdiri selapis bahan kristal cair yang diapit (*sandwich*) antara gelas tipis dan elektroda lapisan logam transparan yang diendapkan pada bagian dalam gelas.



Gambar 2.11 Modul LCD karakter 16 x 2 (Sumber: Nuryati,2010)

Layar LCD merupakan media penampilan data yang sangat efektif dalam suatu sistem elektronik. Agar sebuah pesan atau gambar dapat tampil pada layar LCD, diperlukan sebuah rangkaian pengatur *scanning* dan pembangkit tegangan sinus. LCD dilengkapi dengan memori, pola-pola karakter, dan antarmuka ke mikrokontroller.



Gambar 2.12 (Sumber: Nuryati,2010)

LCD matriks memiliki konfigurasi 16 karakter dan dua garis dengan setiap karakternya dibentuk oleh 8 baris *pixel* dan 5 kolom *pixel*. Pada modul LCD telah terdapat suatu *driver* yang berfungsi untuk mengendalikan layar LCD. Dan perlu

diketahui bahwa suatu komponen elektronik dengan mikrokontroler memiliki fungsi dari setiap kaki yang ada pada komponen ini diantaranya: (Jiwa,2013).

1. Kaki 1 (GND): kaki ini berhubungan dengan tegangan +5 volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya dari HD44780 (khususnya untuk modul M1632 keluaran *Hitachi*, kaki ini adalah VCC).
2. Kaki 2 (VCC): kaki ini berhubungan dengan tegangan 0 volt (*Ground*) dari modul LCD (khusus untuk modul M1632 keluaran *Hitachi*, kaki ini adalah GND).
3. Kaki 3 (VEE/LCD): tegangan pengaturan kontras LCD, kaki ini terhubung pada V5. Kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0 volt.
4. Kaki 4 (RS): *register select*, kaki pemilih register yang akan diakses. Untuk akses ke register data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke register perintah, logika dari kaki ini adalah 0.
5. Kaki 5 (R/W): logika 1 pada ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada modul LCD, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke *Ground*.
6. Kaki 6 (E): *enable clock* LCD, kaki mengaktifkan clock LCD. Logika 1 pada ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.
7. Kaki 7-14 (D0-D7): data bus. Kedelapan kaki modul LCD ini adalah bagian dimana aliran data sebanyak 4 bit ataupun 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
8. Kaki 15 (Anoda): berfungsi untuk tegangan positif dari *backlight* modul LCD sekitar 4,5 volt (hanya terdapat untuk M1632 yang memiliki *backlight*).
9. Kaki 16 (Katoda): berfungsi untuk tegangan negatif dari *backlight* modul LCD sekitar 0 volt (hanya terdapat untuk M1632 yang memiliki *backlight*).

Proses *display* karakter pada LCD diatur oleh pin E, RS, dan RW. Jalur E dinamakan enable. Jalur ini digunakan untuk memberitahukan LCD bahwa sedang mengirimkan sebuah data. Untuk mengirimkan data ke LCD, maka melalui program, E harus dibuat logika *low* "0" dan kemudian disetting pada dua jalur kontrol yang lain

yaitu RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, *set* kaki E dengan logika “1” dan tunggu untuk beberapa waktu tertentu (sesuai dengan *data sheet* dari LCD tersebut) dan berikutnya set kaki E ke logika *low* “0” lagi.

Jalur RS adalah jalur *Register Select*. Ketika RS berlogika *low* “0”, data akan dianggap sebagai sebuah perintah atau intruksi khusus (seperti *clear screen*, posisi kursor). Ketika RS berlogika *high* “1”, data yang dikirim adalah data text yang akan ditampilkan pada *display* LCD. Sebagai contoh, untuk menampilkan huruf “T” pada layar LCD maka RS harus diset logika *high* “1”. Jalur RW adalah jalur *Read/Write*. Ketika RW berlogika *low* “0”, maka informasi pada bus data akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika *high* “1”, maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum pin RW selalu diberi logika *low* “0”, hal ini dilakukan untuk mengatur agar informasi selalu dituliskan ke LCD. Kemudian, bus data terdiri dari 4 atau 8 jalur (bergantung pada *mode* operasi yang dipilih oleh *user*). Pada kasus bus data 8 bit, jalur diacukan sebagai DB0 sampai dengan DB7 (Nuryati,2010).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dilakukannya penelitian ini adalah bulan November 2016 sampai Juli 2017. Sedangkan untuk tempat penelitian dibagi menjadi dua yaitu:

1. Tempat pembuatan alat ukur gas metana dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.
2. Tempat pengukuran sebaran gas metana dilaksanakan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pakusari Kabupaten Jember.



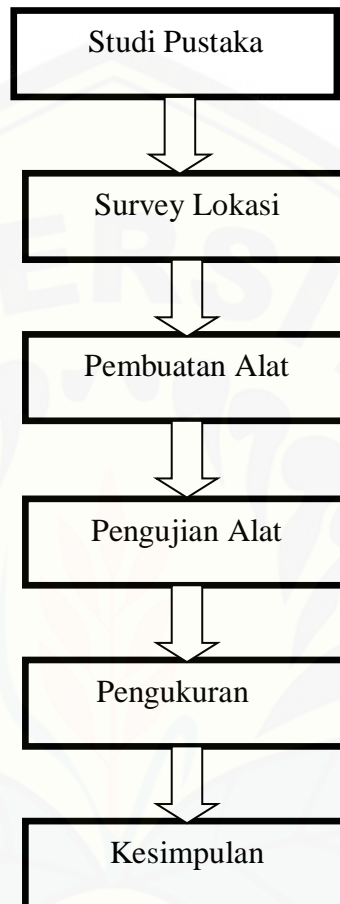
Gambar 3.1 Denah Lokasi TPA Pakusari

3.2 Objek Penelitian

Pada penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah alat pendeteksi gas metana. Alat tersebut terdiri dari sensor TGS 2611 yang dirangkai dengan mikrokontroler Arduino Uno dan LCD 16x2. Adapun penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakter sensitivitas dan model aplikasi dari sensor TGS 2611 ketika mendeteksi sebaran gas metana yang terdapat pada tumpukan sampah di tempat pembuangan sampah akhir yang terdapat di Pakusari Jember.

3.3 Tahap Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian ini dapat digambarkan dalam bagan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Bagan tahapan penelitian

3.3.1 *Study* Pustaka

Tahap pertama yang dilakukan yaitu mengumpulkan bahan literatur dan mempelajari literatur yang sudah diperoleh sebagai kajian teori dalam penelitian.

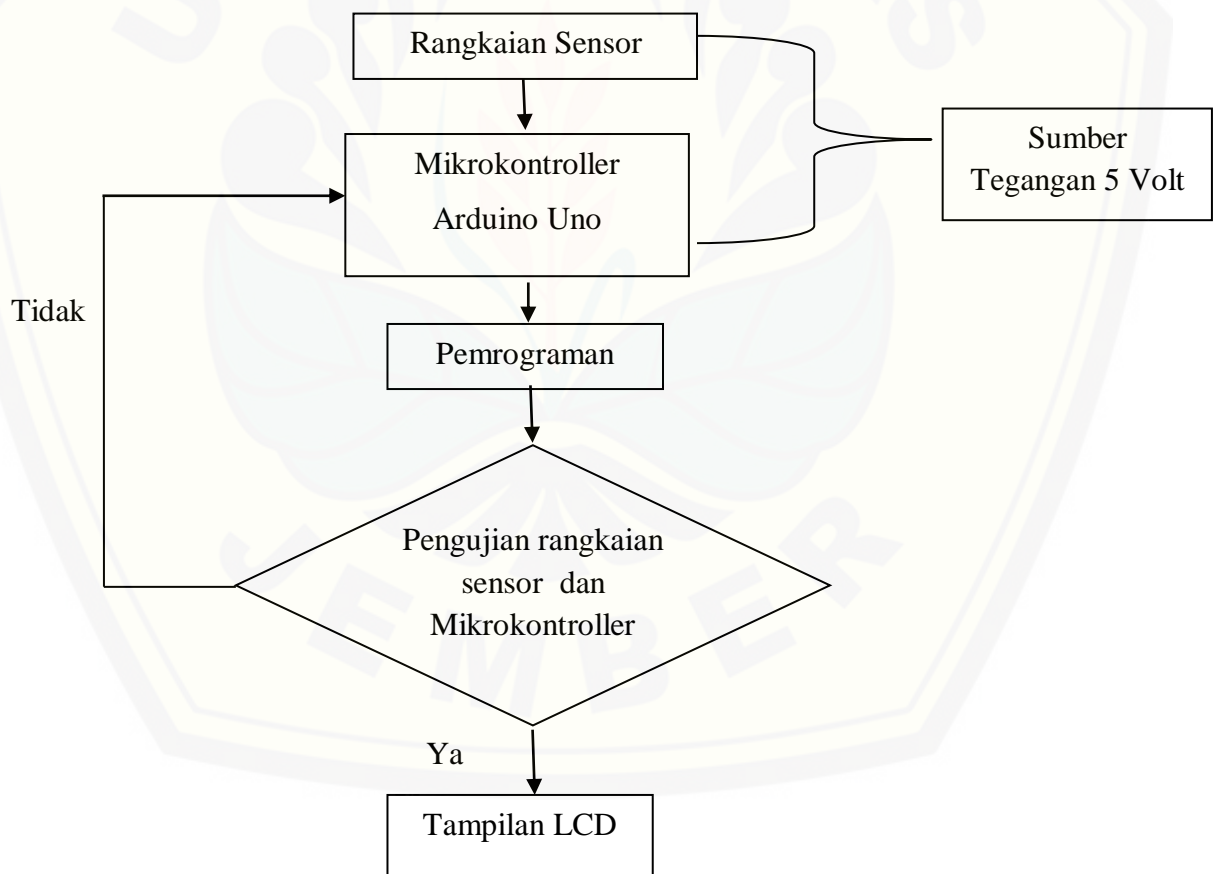
3.3.2 *Survey* Lokasi

Survey lokasi yang dilakukan adalah meninjau secara langsung lokasi penelitian yang akan dijadikan tempat pengujian dari alat ukur yang telah dirancang oleh peneliti, yaitu pada tumpukan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pakusari Jember, yang nantinya akan diukur seberapa banyak gas metana yang teremisikan di udara dari tumpukan sampah tersebut.

3.3.3 Pembuatan Alat

Pada tahap ini 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.

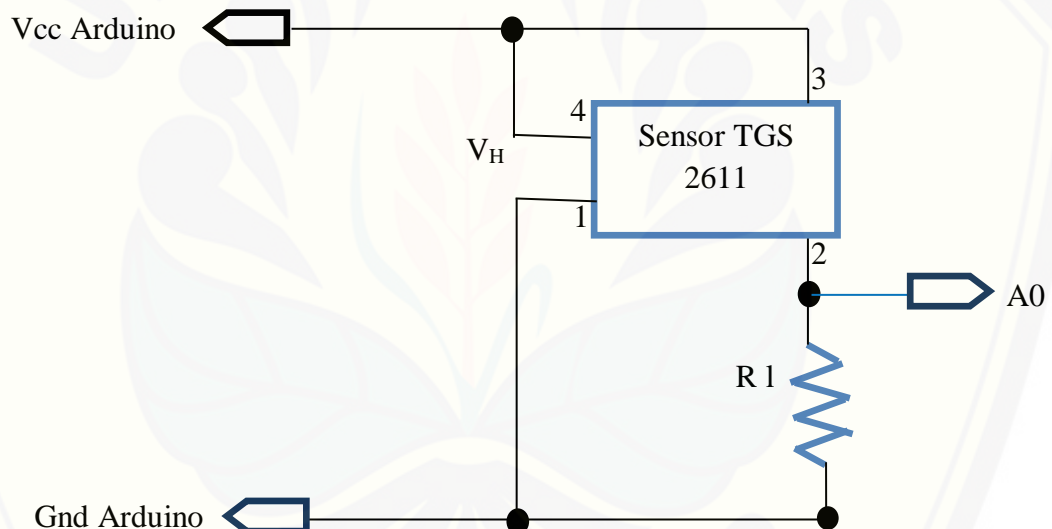
a. Diagram blok sistem keseluruhan



Gambar 3.3 Diagram blok sistem alat deteksi gas metana

b. Rangkaian Sensor

Sensor TGS 2611 merupakan sensor gas yang akan bereaksi apabila mendeteksi adanya gas metana (CH_4). Pada saat sensor ini mendeteksi keberadaan gas metana, maka secara otomatis resistansi dari sensor akan berubah. Pada sensor ini juga terdapat pemanas (*heater*) yang berfungsi untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Pada *heater* sendiri diberikan masukan V_H sebesar 5 Volt DC, untuk membuat kerja pemanas stabil. Rangkaian sensor yang digunakan sangat sederhana karena hanya membutuhkan satu tambahan resistor sebagai pembagi tegangan. Berikut ini merupakan skema rangkaian sensor TGS 2611 yang merupakan rangkaian utama pada perancangan ini:

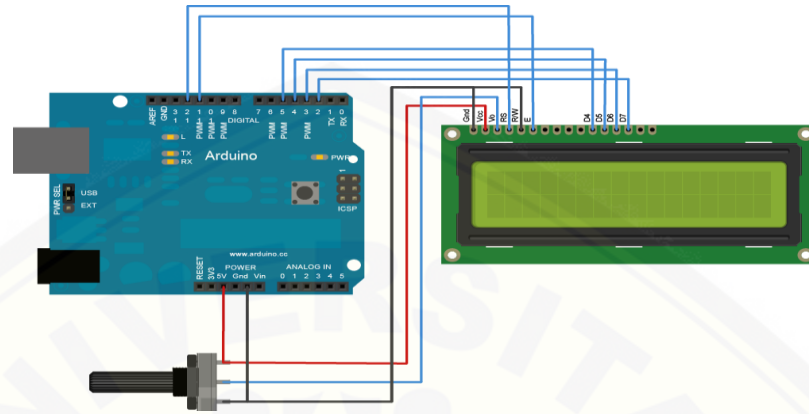


Gambar 3.4 Rangkain sensor TGS 2611 (Sumber: Figaro USA Inc).

Perancangan rangkaian ini menghubungkan antara sensor TGS 2611 dengan sumber tegangan 5 Volt yang terdapat pada pin Arduino. Besarnya nilai R1 yang dipilih adalah 2,2 k Ω , untuk menjaga *power* disipasi tidak melebihi 15 mW.

c. Rangkaian Arduino dengan LCD

Berikut ini digambarkan skema rangkaian Arduino dengan LCD:



Gambar 3.5 Skema rangkaian LCD

Keterangan gambar:

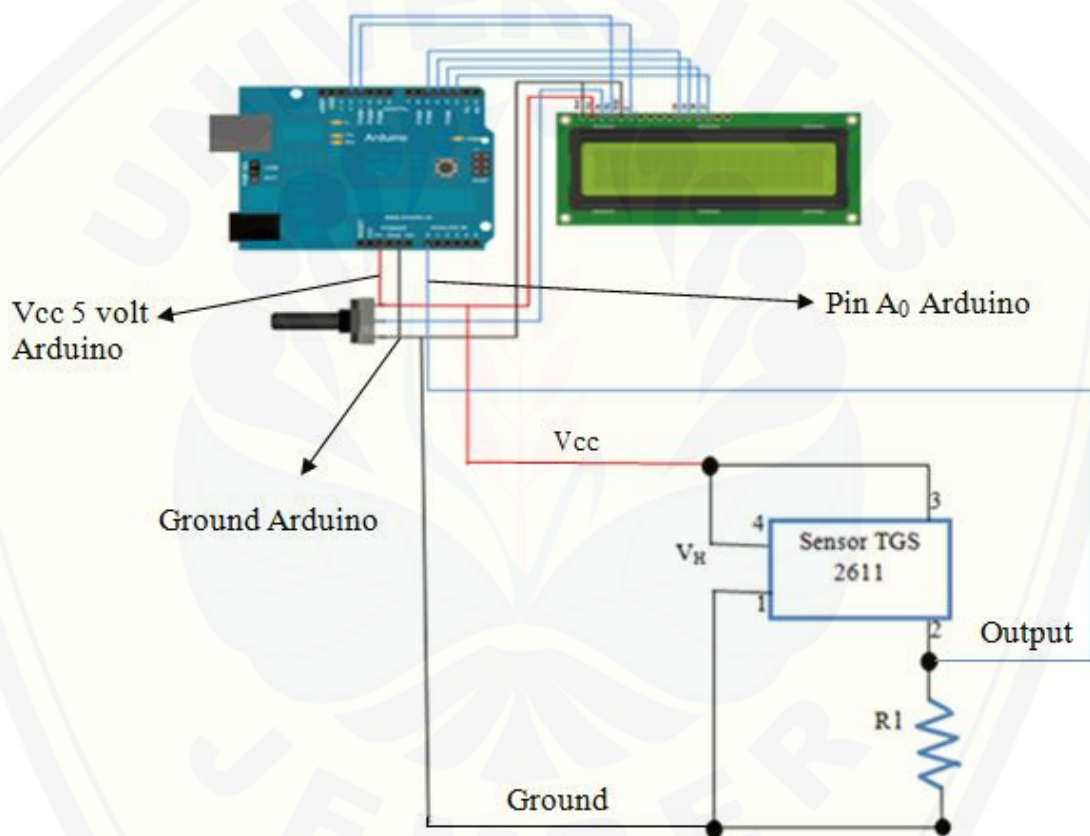


LCD yang digunakan adalah tipe QC1602A berukuran 16 x 2, yang memiliki arti bahwa LCD tersebut memiliki 2 baris *display* dan dapat menampilkan 16 karakter pada tiap barisnya, sehingga dapat menampilkan hingga 32 karakter. Akses 16 pin konektor yang tersedia memiliki 8 jalur hubungan data (kaki 7–14), 3 jalur hubungan kontrol, dan 3 jalur catu daya. Pin-pin Arduino yang digunakan adalah pin digital (GND,12,11,5,4, 3,2) dan pin analog (GND dan power 5 V). Potensiometer digunakan untuk menyesuaikan kontras tampilan layar LCD.

d. Rangkaian alat deteksi gas metana (CH₄)

Pada rangkaian ini, Arduino Uno dihubungkan dengan komponen sensor TGS 2611 dan LCD. Pin-pin Arduino Uno yang dihubungkan ke sensor TGS 2611 yaitu pin analog A₀, Ground, dan Vcc 5 Volt. Sumber tegangan masukan Arduino menggunakan sumber tegangan dari *powerbank* yang dihubungkan dengan kabel USB Arduino. Sumber tegangan tersebut digunakan untuk tegangan operasi sistem rangkaian.

Arduino Uno berfungsi sebagai pengolahan data dan mengatur kerja sistem alat secara keseluruhan. Oleh karena itu pin-pin Arduino Uno dihubungkan pada rangkaian pendukung lain sehingga membentuk sistem alat utuh. Pada Arduino Uno diisi dengan program tertentu menggunakan bahasa pemrograman Arduino yang merupakan bahasa pemrograman yang mudah untuk dipelajari karena dibuat dari dasar bahasa pemrograman C. Program dibuat pada *software* Arduino IDE 1.6.5. LCD nantinya mampu memberikan tampilan nilai tegangan dari objek penelitian. Berikut skema rangkaian secara keseluruhan yang ditunjukkan pada gambar 3.5:



Gambar 3.6 Skema rangkaian alat deteksi gas metana (Sumber: Anderson, 2014).

c. Pembuatan program

Program dibuat untuk mendukung sistem rangkaian alat deteksi gas metana yang telah dibuat supaya dapat bekerja dengan maksimal menggunakan bahasa pemrograman Arduino. Pada pemrograman Arduino terdiri atas dua bagian, yaitu *void set up* dan *void loop*. *Void set up* merupakan program yang pertama kali dijalankan dan hanya berjalan satu kali serta program yang harus ada meskipun tidak

ada program dieksekusi. Program ini digunakan untuk melakukan inisialisasi mode pin yang digunakan, baik sebagai *input*, *output* dan komunikasi serial. *Void loop* merupakan program yang dijalankan terus-menerus, sehingga program akan berubah dan merespon sesuai *input* dan *output*.

Keluaran yang dihasilkan dari sensor berupa tegangan yang merupakan sinyal analog, maka sinyal tersebut harus dirubah ke bentuk digital melalui pin A0 yang merupakan input analog dari mikrokontroler arduino. Pin input analog tersebut memiliki rangkaian ADC di dalamnya, dengan resolusi ADC sebesar 10 bit. Rangkaian ADC (*analog to digital converter*) adalah rangkaian pengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Sedangkan resolusi 10 bit tersebut artinya untuk tegangan masukan 0–5 volt, nilai digital yang dihasilkan memiliki jangkauan nilai dari 0–1023. Sinyal analog yang sudah dikonversi ke bentuk digital di tampilkan pada LCD dalam bentuk tegangan.

Program yang telah dibuat nantinya dikompilasi, yaitu proses mengubah kode program ke dalam kode mesin. Tahap selanjutnya adalah *upload* yang berfungsi mengirimkan kode mesin hasil kompilasi ke *board* Arduino Uno. Koneksi kabel USB digunakan sebagai sumber tegangan bagi Arduino dan sarana komunikasi dengan komputer. Tanda bahwa *board* Arduino Uno menjalankan program adalah LED di kaki 13 yang berlabel L menyala dan berkedip, yaitu menyala dan padam secara bergantian.

3.3.4 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan pada masing-masing rangkaian pendukung dari sistem alat secara keseluruhan. Tujuan pengujian ini adalah supaya tidak muncul kendala setelah dilakukannya perakitan dengan rangkaian yang lain.

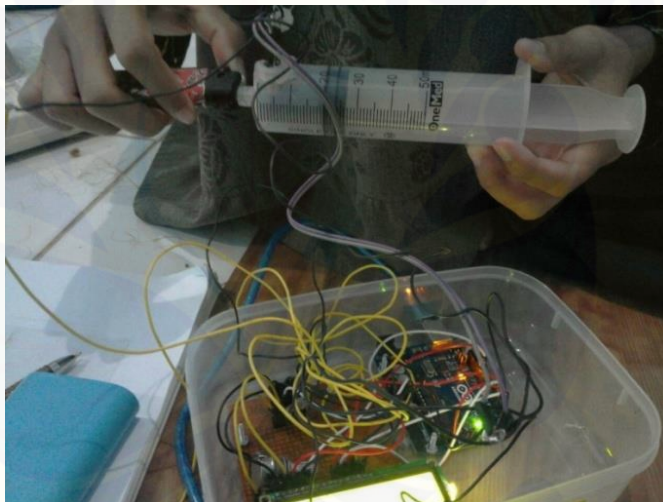
1. Pengujian rangkaian sensor

Setelah sensor selesai dirangkai seperti pada gambar 3.4, dilakukan pengujian dengan cara mengetahui respon sensor terhadap adanya gas. Gas yang digunakan dalam pengujian rangkaian sensor ini yaitu gas butana yang terdapat pada korek gas, dimana gas butana lebih mudah didapatkan daripada gas metana. Dengan

menggunakan program yang sudah terdapat pada *software* Arduino Uno, nilai tegangan sensor diamati perubahannya.

Pengujian dilakukan dengan 2 tahapan:

- a. Melakukan pengujian pada ruangan bersih yang belum terdapat gas butana. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur nilai tegangan sensor pada ruangan tersebut. Nilai tegangan yang terukur dicatat sebagai nilai *null set* yang merupakan nilai awal yang dianggap bahwa di daerah tersebut tidak terdapat gas butana.
- b. Melakukan pengujian dengan pemberian sumber gas butana yang terdapat pada korek api. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan gas butana yang terdapat di dalam korek api dengan jumlah gas tertentu 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 3.7 Proses pengujian sensor dengan gas butana

2. Pengujian rangkaian Arduino dengan LCD

Tujuan pengujian rangkaian ini adalah untuk mengetahui apakah LCD dapat berfungsi dengan baik dalam menampilkan informasi dari program yang ditanamkan pada Arduino. Pada tahap pengujian ini *board* Arduino ditanamkan program sederhana berupa karakter atau tulisan untuk LCD bisa menampilkan informasi yang telah diprogram. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan rangkaian Arduino dan LCD dengan komputer melalui koneksi kabel USB.

3. Pengambilan Data Sebaran Gas Metana pada Tumpukan Sampah di TPA

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.

Terdapat 4 kavling tempat pembuangan sampah di TPA Pakusari seperti yang terlihat pada gambar 3.1. Adapun lokasi pengukuran dilakukan di kavling 2 TPA Pakusari yang merupakan kavling terbesar yang terdapat di TPA tersebut. Kavling 2 dibagi menjadi 2 bagian yaitu tumpukan sampah kering dan tumpukan sampah basah. Peneliti melakukan pengukuran di kavling 2 bagian sampah yang masih basah.

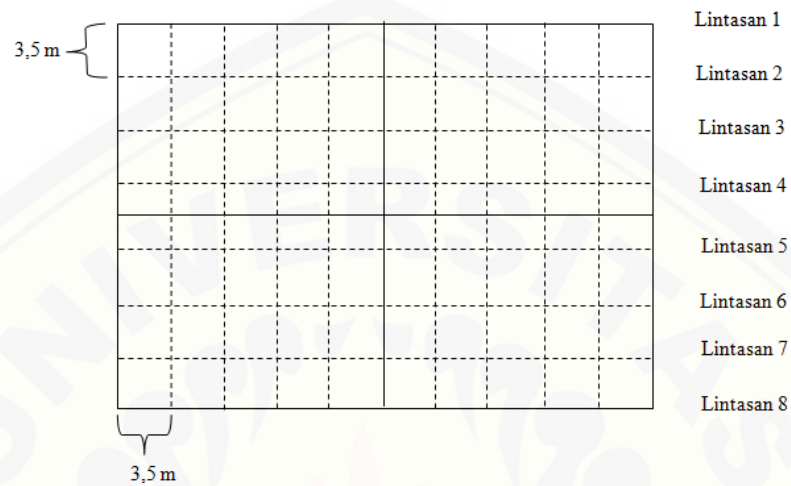
Model pengukuran yang dilakukan untuk mengukur sebaran gas metana yaitu mengukur terlebih dahulu daerah tanpa sebaran gas metana yang dijadikan titik acuan 0 (daerah tanpa ada gas). Selanjutnya melakukan pengukuran pada daerah timbunan sampah dengan luas wilayah yang diukur yaitu $24,5 \times 35$ meter². Dari wilayah tersebut dibagi menjadi 8 lintasan. Antar lintasan memiliki jarak 3,5 meter. Sedangkan setiap lintasan memiliki 11 titik pengukuran. Jarak antara titik satu dengan yang lainnya yaitu 3,5 meter. Skema lintasan pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.7.

Data tegangan yang didapat dari hasil pengukuran dinormalisasi. Normalisasi merupakan proses pengelompokan data menjadi masing-masing kelompok yang sama dan menentukan hubungan masing-masing kelompok. Tujuan dari normalisasi yaitu untuk mengurangi redundansi (penduplikasian data) dan mencegah anomali data, sehingga struktur data mudah dipahami dan dikembangkan. Proses normalisasi dilakukan dengan menggunakan persamaan 3.2. Data yang sudah ternormalisasi dibuat grafik *countur* 2 dimensi dengan menggunakan aplikasi Matlab. Untuk memperhalus *countur* dari grafik yang didapat dari pengukuran, maka perlu dibangun data baru diantara titik-titik data hasil pengukuran dengan menggunakan metode *central difference* yang dapat dilakukan dengan cara mencari rata-rata keliling diantara data-data tersebut. Hasil pengolahan data tersebut dibuat grafik *countur* 2 dimensi dengan menggunakan aplikasi Matlab, yang kemudian pola persebaran gas metana pada grafik dianalisis.

3.4 Analisa Data

a. Model Pengukuran

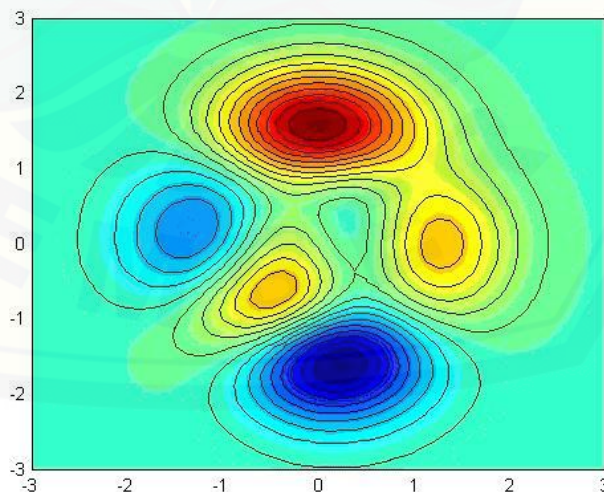
Berikut ini merupakan model lintasan dan titik-titik acuan untuk melakukan pengukuran:



Gambar 3.8 Skema lintasan dan titik-titik pengukuran.

b. *Plotting* 2 Dimensi

Hasil data yang didapat dari pengukuran, selanjutnya dibuat grafik *countur* 2 dimensi menggunakan aplikasi Matlab. Berikut ini contoh grafik *countur* 2 dimensi:



Gambar 3.9 Contoh grafik *countur* 2 dimensi menggunakan aplikasi matlab (Sumber: Mathworks.com).

- c. Persamaan Nilai Sebaran Konsentrasi Gas Metana yang Terukur di TPA (terdapat gas metana) dan di Ruang Kosong (tanpa gas metana)

$$N = \frac{Tl - Tk}{Tt} \quad (3.2)$$

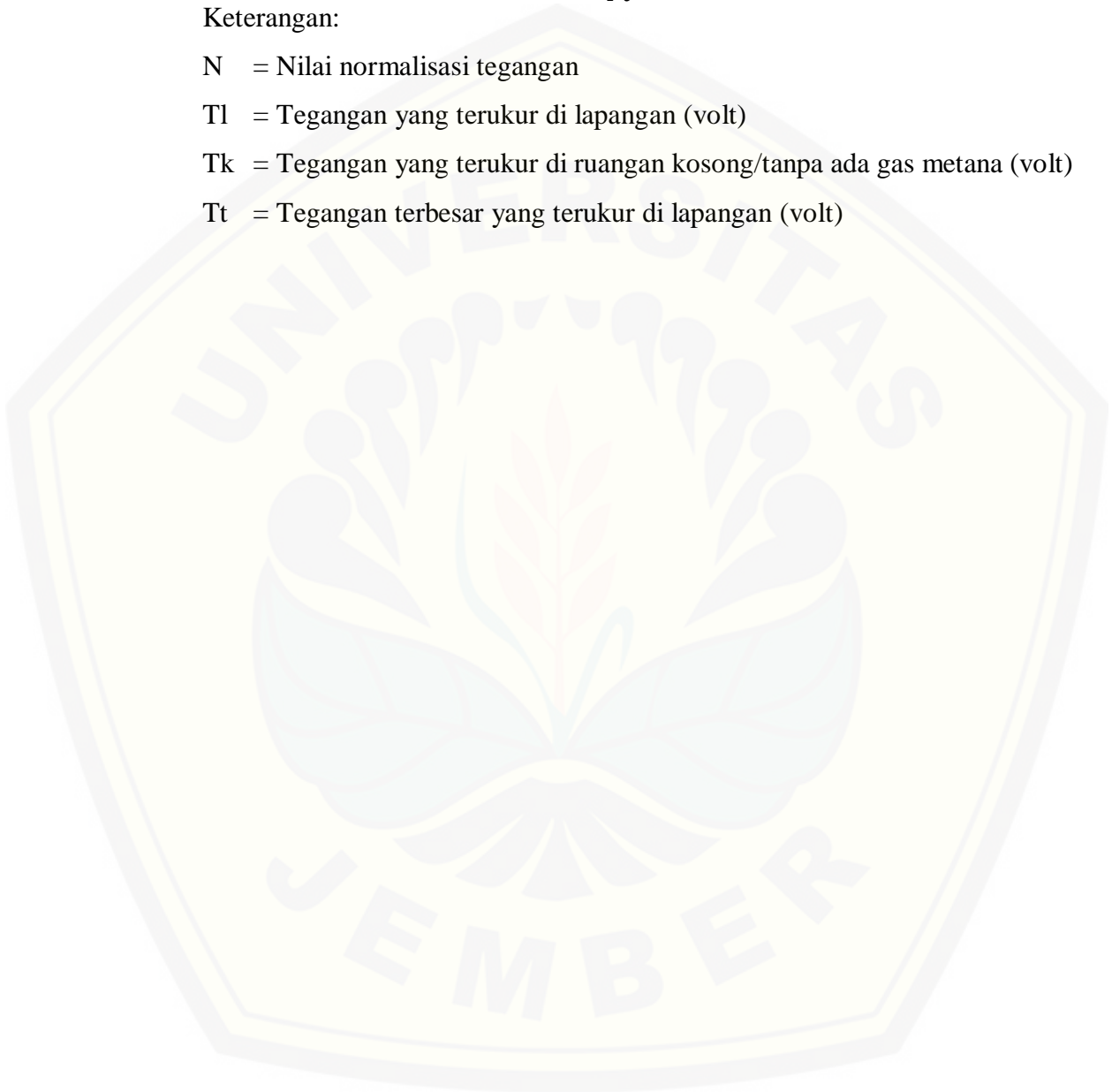
Keterangan:

N = Nilai normalisasi tegangan

Tl = Tegangan yang terukur di lapangan (volt)

Tk = Tegangan yang terukur di ruang kosong/tanpa ada gas metana (volt)

Tt = Tegangan terbesar yang terukur di lapangan (volt)



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada sistem alat deteksi gas metana sensor TGS 2611 dirangkai seri dengan resistor $2,2 \text{ k}\Omega$, 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.
2. 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.

5.2 Saran

Alat yang telah dibuat oleh peneliti ini masih bisa dikembangkan lagi kedepannya. Berikut saran yang dapat membantu guna pengembangan alat ini yaitu:

1. Penggunaan sensor TGS 2611 bisa diganti dengan penggunaan sensor gas metana lainnya yang memiliki sensitivitas lebih tinggi.

2. Menghitung nilai R0 dengan alat ukur gas metana sesuai standar SNI sehingga nilai konsentrasi gas dapat dihitung.



DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Frida, & Retno. Tanpa Tahun. *Perangkat Sistem Pengukuran Konsentrasi Gas Metana (CH₄) pada Biogas dari Hasil Fermentasi Enceng Gondok (Eichornia Crassipes) Berbasis Sensor TGS 2611*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Anderson, 2014. *Sainsmart Figaro Sensor PCB Assembly Fix and Conector to Arduino UNO*. [serial online]. <http://forum.arduino.cc/index.php?action=dlattach;topic=292242.0;attach=109593>. [diakses 23 September 2016].
- Arduino. 2015. *Arduino Board UNO*. [serial online]. <https://www.arduino.cc>. [diakses 23 September 2016].
- Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabView*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Chang, Raymond. Tanpa Tahun. *Kimia Dasar Konsep-konsep Inti Jilid Ketiga Edisi 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Damanhuri, E. 2010. *Pengolahan Sampah*. Bandung ITB. [serial online]. <http://www.kuliah.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2010/09/diktatsampah-2010-bag-1-3.pdf>. [diakses 29 Maret 2016].
- Djuandi, F. 2011. *Pengenalan Arduino*. [serial online]. <https://www.tokobuku.com/docs/Arduino>. [diakses 07 Maret 2016].
- Durfee, W. 2011. *Arduino Microcontroller Guide*. University of Minnesota. [serial online]. <https://www.me.umn.edu/courses/me2011/arduino>. [diakses 20 April 2016].
- Figaro USA Inc. Tanpa Tahun. TGS 2611 for Detection of Methane. [serial online] <http://www.figarosensor.com/products/2611pdf.pdf>. [diakses 07 Maret 2016].
- Freden, J. 2003. *Handbook Of Modern Sensor, Physic, Designs, and Application*. San Diego USA: Springer.
- Hadnyanawati, H. 2003. *Pengolahan Sampah*. Universitas Jember. Jember.
- Hamid, A. 2016. *Aplikasi Kapasitansi Meter Menggunakan Arduino UNO Untuk Uji Kematangan Buah Tomat*. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.

- Indarto, A. M. 2007. Pengaruh Kematangan Sampah Terhadap Produksi Gas Metana (CH₄) di TPA Putri Cempo Mojosoongo. *Tesis*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Jiwa, M. A. K. 2013. Alat Pendeteksi Kadar Gas CO dengan Sensor TGS 2442 Berbasis Mikrokontroller. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Lestari, Soemirat, & Dirgawati. 2013. *Penentuan konsentrasi Gas metan di udara Kavling 4 TPA sumur batu kota bekasi*. Bekasi: Teknik Lingkungan Itenas.
- Mulyono. 2014. *Membuat MOL dan Kompos dari Sampah Rumah Tangga*. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka.
- Nurhidayat, S. P. 2002. *Pengolahan Sampah untuk Pupuk dan Pestisida Organik*. Penebar Swadaya. Depok.
- Nuryanti, V. 2010. Rancang Bangun Alat Pendeteksi dan Penghitung Detak Jantung dengan Asas Doppler. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Petruzella, F. D. 2001. *Elektronika Industri*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Tim IE & Mardowo, A. Tanpa Tahun. *Aplication Note AN32*. Bogor: Universitas Katholik Widya Mandala.
- Tim Penebar Swadaya. 2008. *Penanganan dan Pengelolaan Sampah*. Depok: Penebar Swadaya.
- Setyadewi, I. T. 2012. Rancangan Sistem Pengukur Konsentrasi Gas CBM (Coal Bed Methane) dengan Sensor TGS 2611 Berbasis Mikrokontroller H8/3069F. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Sinclair. I.R. 1988. *Sensor and Tranduser a Guide for Thechnicians*. Newres: Great Britain.
- Solid Waste Management. 2011. *Dampat Gas Metana yang Dihasilkan Sampah Organik Terhadap GRK*. [diakses 19 April 2016].

LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Data Hasil Pengukuran

Lintasan	Titik	V(volt)	N	Lintasan	Titik	V(volt)	N
1	1	0,30	0,06	2	1	0,79	0,44
	2	0,30	0,06		2	0,62	0,31
	3	0,70	0,37		3	0,92	0,54
	4	0,52	0,23		4	0,85	0,49
	5	0,30	0,06		5	0,50	0,22
	6	0,85	0,49		6	0,34	0,09
	7	0,35	0,10		7	0,31	0,07
	8	0,41	0,15		8	0,25	0,02
	9	0,41	0,15		9	0,62	0,31
	10	0,97	0,58		10	0,41	0,15
	11	0,51	0,22		11	0,36	0,11
3	1	0,40	0,14	4	1	0,36	0,11
	2	0,44	0,17		2	0,60	0,29
	3	0,70	0,37		3	0,76	0,42
	4	0,50	0,22		4	0,47	0,19
	5	0,93	0,55		5	0,50	0,22
	6	0,77	0,42		6	0,37	0,12
	7	0,23	0,01		7	0,40	0,14
	8	0,42	0,15		8	0,35	0,10
	9	0,35	0,10		9	0,64	0,32
	10	0,34	0,09		10	0,39	0,13
	11	0,69	0,36		11	0,86	0,49
5	1	0,49	0,21	6	1	0,64	0,32
	2	0,42	0,15		2	0,73	0,39
	3	0,38	0,12		3	0,42	0,15
	4	0,49	0,21		4	0,35	0,10
	5	0,96	0,57		5	0,82	0,46
	6	0,50	0,22		6	0,76	0,42
	7	0,44	0,17		7	0,41	0,15
	8	0,36	0,11		8	0,40	0,14
	9	0,43	0,16		9	0,35	0,10
	10	0,41	0,15		10	0,34	0,09
	11	0,61	0,30		11	0,27	0,04

Lintasan	Titik	V(volt)	N	Lintasan	Titik	V(volt)	N
7	1	1,02	0,62	8	1	0,50	0,22
	2	0,96	0,57		2	1,30	0,83
	3	0,56	0,26		3	0,42	0,15
	4	0,81	0,45		4	0,31	0,07
	5	0,51	0,22		5	0,42	0,15
	6	0,80	0,45		6	0,40	0,14
	7	0,48	0,20		7	0,50	0,22
	8	0,80	0,45		8	0,51	0,22
	9	0,37	0,12		9	0,40	0,14
	10	0,61	0,30		10	0,35	0,10
	11	0,23	0,01		11	0,31	0,07

Lampiran 4.2 Hasil Pengolahan Data Menggunakan Metode *Central Difference*

Lintasan	Titik	V(volt)	N	Lintasan	Titik	V(volt)	N
1	1	0,30	0,06	2	1	0,55	0,25
	2	0,37	0,11		2	0,50	0,22
	3	0,30	0,06		3	0,51	0,23
	4	0,55	0,25		4	0,64	0,32
	5	0,70	0,37		5	0,75	0,41
	6	0,66	0,34		6	0,75	0,41
	7	0,52	0,23		7	0,67	0,34
	8	0,45	0,18		8	0,54	0,25
	9	0,30	0,06		9	0,46	0,19
	10	0,55	0,25		10	0,50	0,21
	11	0,85	0,49		11	0,54	0,24
	12	0,55	0,26		12	0,46	0,19
	13	0,35	0,10		13	0,36	0,11
	14	0,36	0,11		14	0,33	0,09
	15	0,41	0,15		15	0,35	0,10
	16	0,41	0,15		16	0,42	0,16
	17	0,41	0,15		17	0,51	0,23
	18	0,66	0,34		18	0,60	0,29
	19	0,97	0,58		19	0,64	0,32
	20	0,68	0,35		20	0,56	0,26
	21	0,51	0,22		21	0,44	0,17

Lintasan	Titik	V(volt)	N	Lintasan	Titik	V(volt)	N
3	1	0,79	0,44	4	1	0,60	0,29
	2	0,62	0,31		2	0,56	0,26
	3	0,62	0,31		3	0,57	0,27
	4	0,71	0,38		4	0,67	0,35
	5	0,92	0,54		5	0,76	0,41
	6	0,82	0,46		6	0,74	0,40
	7	0,85	0,49		7	0,70	0,37
	8	0,65	0,33		8	0,70	0,37
	9	0,50	0,22		9	0,69	0,36
	10	0,49	0,21		10	0,64	0,32
	11	0,34	0,09		11	0,54	0,25
	12	0,38	0,12		12	0,41	0,15
	13	0,31	0,07		13	0,31	0,07
	14	0,30	0,06		14	0,30	0,06
	15	0,25	0,02		15	0,35	0,10
	16	0,43	0,16		16	0,41	0,15
	17	0,62	0,31		17	0,45	0,18
	18	0,52	0,23		18	0,43	0,16
	19	0,41	0,15		19	0,41	0,14
	20	0,45	0,17		20	0,45	0,18
	21	0,36	0,11		21	0,53	0,24
5	1	0,40	0,14	6	1	0,46	0,12
	2	0,46	0,19		2	0,45	0,18
	3	0,44	0,17		3	0,53	0,24
	4	0,61	0,30		4	0,63	0,31
	5	0,70	0,37		5	0,67	0,35
	6	0,64	0,32		6	0,61	0,30
	7	0,50	0,22		7	0,54	0,25
	8	0,68	0,36		8	0,60	0,29
	9	0,93	0,55		9	0,67	0,35
	10	0,74	0,40		10	0,64	0,33
	11	0,77	0,42		11	0,56	0,26
	12	0,46	0,19		12	0,44	0,17
	13	0,23	0,01		13	0,36	0,10
	14	0,33	0,08		14	0,35	0,10
	15	0,42	0,15		15	0,39	0,13

Lintasan	Titik	V(volt)	N	Lintasan	Titik	V(volt)	N
	16	0,41	0,14		16	0,44	0,17
	17	0,35	0,10		17	0,47	0,19
	18	0,39	0,13		18	0,43	0,16
	19	0,34	0,09		19	0,43	0,16
	20	0,51	0,23		20	0,57	0,27
	21	0,69	0,36		21	0,43	0,43
7	1	0,36	0,11	8	1	0,43	0,16
	2	0,47	0,19		2	0,47	0,19
	3	0,60	0,29		3	0,51	0,22
	4	0,63	0,32		4	0,54	0,25
	5	0,76	0,42		5	0,55	0,26
	6	0,59	0,29		6	0,53	0,24
	7	0,47	0,19		7	0,52	0,23
	8	0,54	0,25		8	0,61	0,30
	9	0,50	0,22		9	0,66	0,34
	10	0,52	0,23		10	0,58	0,28
	11	0,37	0,12		11	0,47	0,19
	12	0,41	0,15		12	0,43	0,16
	13	0,40	0,14		13	0,41	0,15
	14	0,37	0,12		14	0,39	0,13
	15	0,35	0,10		15	0,39	0,13
	16	0,47	0,19		16	0,45	0,17
	17	0,64	0,32		17	0,50	0,21
	18	0,48	0,20		18	0,47	0,19
	19	0,39	0,13		19	0,46	0,18
	20	0,60	0,29		20	0,57	0,27
	21	0,86	0,49		21	0,74	0,40
9	1	0,49	0,21	10	1	0,57	0,27
	2	0,49	0,21		2	0,57	0,27
	3	0,42	0,15		3	0,55	0,26
	4	0,46	0,18		4	0,49	0,21
	5	0,38	0,12		5	0,42	0,16
	6	0,45	0,18		6	0,41	0,15
	7	0,49	0,21		7	0,48	0,20
	8	0,68	0,30		8	0,66	0,34
	9	0,96	0,57		9	0,80	0,45
	10	0,70	0,37		10	0,76	0,42

Lintasan	Titik	V(volt)	N	Lintasan	Titik	V(volt)	N
	11	0,50	0,22		11	0,64	0,32
	12	0,47	0,20		12	0,53	0,24
	13	0,44	0,17		13	0,45	0,17
	14	0,40	0,14		14	0,40	0,14
	15	0,36	0,11		15	0,39	0,13
	16	0,41	0,14		16	0,39	0,13
	17	0,43	0,16		17	0,39	0,13
	18	0,42	0,16		18	0,38	0,13
	19	0,41	0,15		19	0,39	0,13
	20	0,50	0,21		20	0,41	0,14
	21	0,61	0,30		21	0,44	0,17
11	1	0,64	0,32	12	1	0,83	0,47
	2	0,69	0,37		2	0,84	0,48
	3	0,73	0,39		3	0,80	0,45
	4	0,58	0,27		4	0,67	0,34
	5	0,42	0,15		5	0,55	0,25
	6	0,43	0,16		6	0,54	0,24
	7	0,35	0,10		7	0,58	0,28
	8	0,61	0,30		8	0,62	0,31
	9	0,82	0,46		9	0,67	0,35
	10	0,77	0,42		10	0,72	0,39
	11	0,76	0,42		11	0,72	0,39
	12	0,58	0,28		12	0,61	0,30
	13	0,41	0,15		13	0,51	0,22
	14	0,43	0,16		14	0,52	0,23
	15	0,40	0,14		15	0,55	0,25
	16	0,40	0,14		16	0,48	0,20
	17	0,35	0,10		17	0,40	0,14
	18	0,37	0,12		18	0,42	0,15
	19	0,34	0,09		19	0,43	0,16
	20	0,35	0,10		20	0,36	0,11
	21	0,27	0,04		21	0,25	0,02
13	1	1,02	0,62	14	1	0,76	0,42
	2	0,94	0,55		2	0,95	0,56
	3	0,96	0,57		3	1,00	0,60
	4	0,75	0,41		4	0,81	0,45
	5	0,56	0,26		5	0,58	0,28

Lintasan	Titik	V (volt)	N	Lintasan	Titik	V (volt)	N
	6	0,61	0,30		6	0,53	0,24
	7	0,81	0,45		7	0,54	0,25
	8	0,61	0,30		8	0,51	0,23
	9	0,51	0,22		9	0,49	0,21
	10	0,64	0,32		10	0,53	0,24
	11	0,80	0,45		11	0,57	0,27
	12	0,61	0,30		12	0,55	0,25
	13	0,48	0,20		13	0,52	0,23
	14	0,59	0,29		14	0,57	0,27
	15	0,80	0,45		15	0,60	0,29
	16	0,54	0,25		16	0,52	0,23
	17	0,37	0,12		17	0,43	0,16
	18	0,46	0,18		18	0,43	0,16
	19	0,61	0,30		19	0,44	0,17
	20	0,39	0,13		20	0,38	0,12
	21	0,23	0,01		21	0,27	0,04
15	1	0,50	0,22				
	2	0,92	0,54				
	3	1,30	0,83				
	4	0,84	0,48				
	5	0,42	0,15				
	6	0,42	0,15				
	7	0,31	0,07				
	8	0,41	0,15				
	9	0,42	0,15				
	10	0,45	0,18				
	11	0,40	0,14				
	12	0,48	0,20				
	13	0,50	0,22				
	14	0,53	0,24				
	15	0,51	0,22				
	16	0,48	0,20				
	17	0,40	0,14				
	18	0,39	0,13				
	19	0,35	0,10				
	20	0,35	0,10				
	21	0,31	0,07				

Lampiran 4.6 Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Lokasi Tempat Pengambilan Data Penelitian



Gambar 2. Menentukan Lintasan dan Jarak Antar Titik pada Lokasi Penelitian



Gambar 3. Membuat Lintasan Pengukuran



Gambar 4. Proses Pengambilan Data



Gambar 5. Detail Proses Pengambilan Data



Gambar 6. Tim Pengambilan Data