



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANGAN SISTEM PENGUKUR KONSENTRASI GAS
CBM (COAL BED METHANE) DENGAN SENSOR GAS TGS
2611 BERBASIS MIKROKONTROLER H8/3069F**

SKRIPSI

IMAS TRI SETYADEWI

0706262445

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

MEI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANGAN SISTEM PENGUKUR KONSENTRASI GAS
CBM (COAL BED METHANE) DENGAN SENSOR GAS TGS
2611 BERBASIS MIKROKONTROLER H8/3069F**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

IMAS TRI SETYADEWI

0706262445

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

MEI 2012

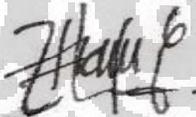
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : IMAS TRI SETYADEWI

NPM : 0706262445

Tanda Tangan :



Tanggal : 29 Mei 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : IMAS TRI SETYADEWI
NPM : 0706262445
Program Studi : Instrumentasi Elektronika S1
Judul Skripsi :

RANCANGAN SISTEM PENGUKUR KONSENTRASI GAS CBM (COAL
BED METHANE) DENGAN SENSOR GAS TGS 2611 BERBASIS
MIKROKONTROLER H8/3069F

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. BEF da Silva, DEA, M.Sc ()
Pembimbing II : Dr. Eng. Supriyanto, M.Sc ()
Penguji I : Dr. Cuk Imawan ()
Penguji II : Dr. Tony Mulia ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Mei 2012

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian hingga pembuatan skripsi ini tepat pada waktunya

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Selama pelaksanaan penelitian, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari pihak lain. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis sampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan kakak penulis yang selalu memberikan support, doa, dan bimbingan yang selalu mendukung baik dalam bentuk materiil atau spiritual dan selalu menjadi tempat curahan hati dikala sedih maupun senang dalam menjalani hidup ini.
2. Bapak BEF da Silva selaku pembimbing 1 di Fisika UI
3. Bapak Eng.Supriyanto, selaku pembimbing 2 kami di Fisika UI, yang telah banyak membantu dan memfasilitasi dalam penelitian kami.
4. Bapak Ir. Panca Wahyudi, selaku pembimbing lapangan di LEMIGAS
5. Mas Humbang Bapak Kosasih, Pak Jasmon, Mas Byan, Pak Dahrul, selaku pembimbing kami di Lab CBM, terimakasih banyak karena sudah memfasilitasi tempat pengambilan data yang ruar biasaa,,dan tentunya buat gas-gasnya yang saya minta, hehe..
6. Dr. Cuk Imawan selaku penguji I dan Dr. Tony Mulia selaku penguji II atas saran dan kritiknya baik sebelum maupun sesudah penulis melakukan sidang.
7. Dosen-dosen Dept. Fisika Universitas Indonesia yang dengan sabarnya mengajari saya dan teman-teman. Jasa-mu sungguh luar biasa.....
8. Mang Jajat di Lab RPKA teknik, yang sudah memfasilitasi dan membantu dalam menyediakan gas metan di awal2 semester,, buat septumny jg makasih y mang, saya sampe nyari-nyari ke bogor ternyata di mang jajat ada,- -, gk kepikiran..T_T

9. Pak Katman, dan Pak Mantri a.k.a Pak Budi Kumis,,hehe makasih ya pak buat fasilitas tempat n masukan serta barang-barang rampasannya,,o iy, buat pak mantri jgn lupa meeting di rektorat pak, masalah BOP..haha
10. Pak Parno yang telah membantu menyelesaikan chamber saya a.k.a termos, meskipun ttep tdak bias vakum, yang penting bisa digunakan deh pak,,
11. Bung Karno yang dengan semangat menggebu-gebu melebihi yang diajarnya,,untuk pembelajaran mengenai PySide nya, sehingga saya bisa menampilkan GUI dan Database,, makasih banyak pak, saya masih pengen belajar terus ni pak.,hehe
12. Tim Riset H8 mulai dari sesepuh hingga angkatan muda. Ka Ilham, Ka Tyo, Ka Muhtar, Ka Thea, Ka Tiwi, Ka Nurma, Ka Moku, Ka Ami, Ka Rizki, Ka Lia, Ka Faizal, Rusyda, Yulia, Nella, Fikri, Ferry, Vika dan Cherry. Makasih dengan kebersamaan kalian yg sudah bberapa tahun ini,
13. Temen –temen instrument 2007, Rusda, Yuli, Ferdi, Ode (gpp dimasukin ya de, hehe), Ady, Wahid, Zul, Vani, Radit, Arif, Singkop, Deki, Husni, Jumari baik yang dah lulus, insyaAllah lulus semester ini maupun yang semester kedepannya, yang sudah menjadi bagian dari kehidupan ngampus, makasih banyak atas bantuan dan kerjasama yang sudah diberikan,, tetep GARUDA DI DADAKU!! Hehe
14. *Someone* special dihati penulis, yang slalu menyemangati, membantu, mendoakan dan memberikan semua yang terbaik untuk penulis, makasih banyaak,,*wish the best for us*, ☺
15. Temen-temen Instrumen semuanya dan Fisika 2007, terimakasih atas bantuan yang telah diberikan. Sukses buat kita semua!!
16. *For everyone who gave me support and many kind of help* :D

Harapan kami, laporan ini dapat membantu memberikan inspirasi bagi semua pihak tanpa terkecuali, namun kami menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan , oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Depok, 29 Mei 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Imas Tri Setyadewi

NPM : 0706262445

Program Studi : Instrumentasi Elektronika S1

Departemen : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam

Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

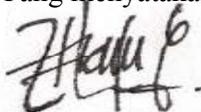
RANCANGAN SISTEM PENGUKUR KONSENTRASI GAS CBM (COAL
BED METHANE) DENGAN SENSOR GAS TGS 2611 BERBASIS
MIKROKONTROLER H8/3069F

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*Database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 29 Mei 2012

Yang menyatakan



(Imas Tri Setyadewi)

Nama : Imas Tri Setyadewi
Program studi : Fisika
Judul skripsi : Rancangan Sistem Pengukur Konsentrasi Gas CBM (Coal Bed Methane) Dengan Sensor Gas Figaro TGS 2611 Berbasis Mikrokontroler H8/3069F

ABSTRAK

Mikrokontroler H8/3069F digunakan untuk pengukuran konsentrasi Gas CBM dengan sensor gas TGS 2611 sebagai detektor gas metana. Sensor ditempatkan dalam chamber bervolume 500 ml yang dilengkapi dengan sensor digital DS18B20 yang digunakan untuk pengukuran temperatur dan sensor MPXAZ4115A untuk pengukuran tekanan udara, serta informasi waktu, untuk pengukuran secara *real time*. Perangkat lunak yang digunakan dibuat dengan menggunakan bahasa C yang dikategorikan sebagai bahasa *mid-level* yang mudah diimplementasikan pada mikrokontroler. Komunikasi sensor TGS 2611, DS18B20 dan MPXAZ4115A masing-masing menggunakan *1-wire*, ADC, dan RS-232. Selanjutnya, hasil akuisisi ditampilkan dalam bentuk *Graphical User Interface* (GUI) dan penyimpanan data dengan menggunakan database berbasis SQLite yang dibuat dengan bahasa pemrograman Python. Sensitivitas sensor yang diperoleh adalah sebesar 0.54 ± 0.05 .

Kata Kunci : CBM, ADC, Figaro TGS 2611, DS18B20, mikrokontroler H8/3069F, MPX4115A, *Graphical User Interface*, *1-wire*, Python, RS-232, SQLite.

Name : Imas Tri Setyadewi
Study Program : Physics
Title : Microcontroller H8/3069F-Based CBM Gas Concentration
Measurement System Design Using Figaro TGS 2611 Sensor

ABSTRACT

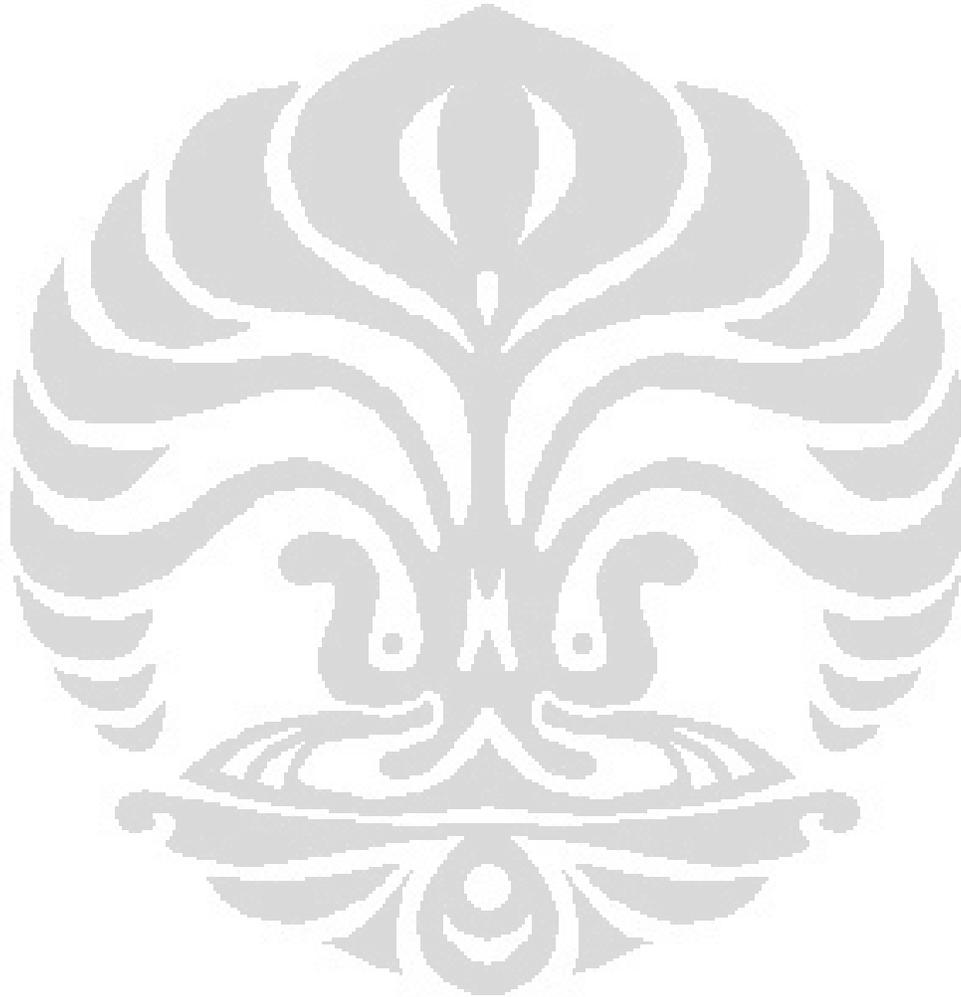
Microcontroller H8/3069F is used for the measurement concentration of Gas CBM with the gas sensor TGS 2611 as a detector gas methane. Sensors are placed in a chamber volume of 500 ml equipped with digital sensor DS18B20 used for temperature sensor and MPXAZ4115A for pressure air sensor. The system is also equipped with timing information for measurements in real time. The software used is made by using the C language which is categorized as mid-level language and easy to implement on a microcontroller. TGS 2611, DS18B20 and MPXAZ4115A sensors communication each using 1-wire, ADC, and RS-232. Furthermore, the acquisition is displayed in the form of Graphical User Interface (GUI) and database based on SQLite created with Python programming language. Sensor calibration results obtained from a sensitivity of 0.54 ± 0.05 .

Key Word: CBM, ADC, Figaro TGS 2611, DS18B20, microcontrollerr H8/3069F, MPX4115A, Graphical User Interface, 1-wire, Python, RS-232, SQLite.

DAFTAR ISI

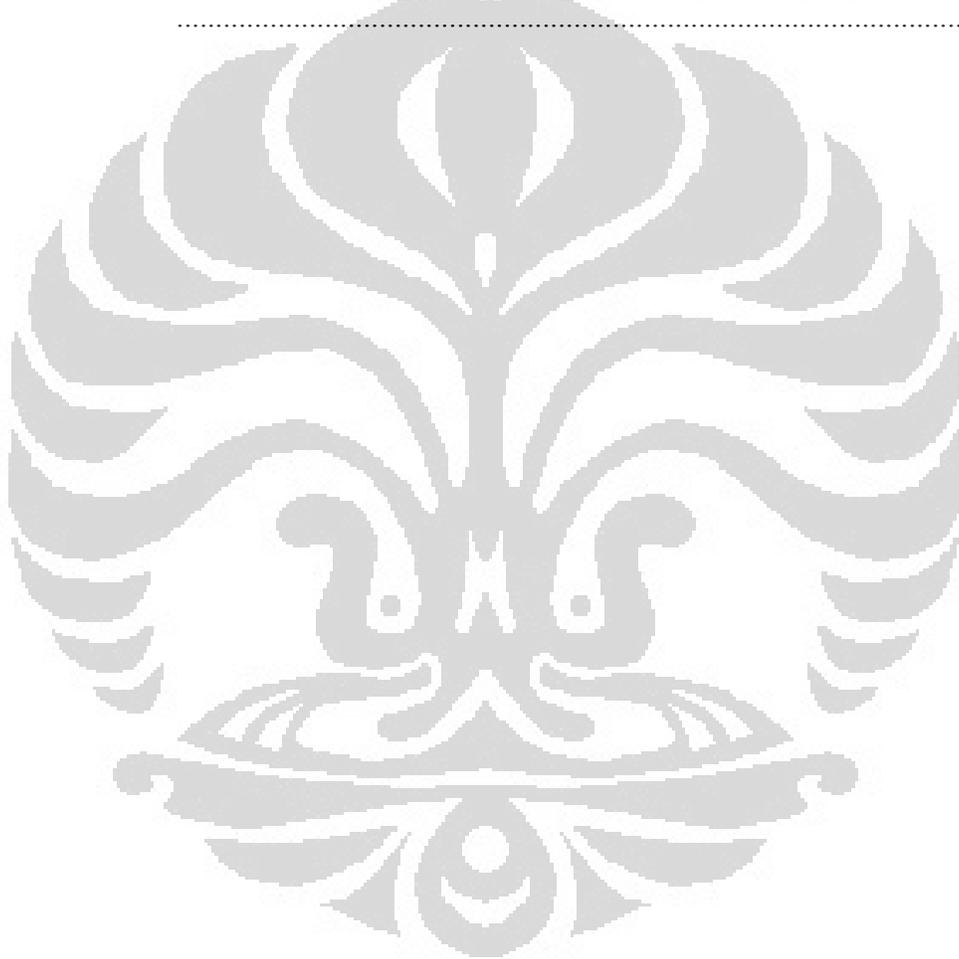
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 LANDASAN TEORI	7
2.1 Gas Metana dalam Batubara	7
2.2 Sistem pengukuran konsentrasi Gas CBM	8
2.3 Sensor Gas Metana TGS 2611	10
2.3.1 Prinsip Kerja Sensor Gas Metana TGS 2611.....	11
2.4 Pengukuran Parameter Suhu dengan Menggunakan Sensor DS18B20	14
2.5 Pengukuran Parameter Tekanan Udara dengan Menggunakan Sensor MPXAZ4115A	18
2.6 Mikrokontroler H8/3069F	20
2.6.1 Analog Digital Converter pada Mikrokontroler H8/3069F ..	21
BAB 3 PERANCANGAN ALAT.....	23
3.1 Perangkat Keras	23
3.1.1 Pengoperasian Sensor TGS 2611	24
3.1.2 Pengoperasian Sensor Temperature DS 18B20.....	25
3.1.3 Pengoperasian Sensor Tekanan MPXAZ4115A	27
3.2 Perangkat Lunak	27
3.2.1 Konversi Analog-Digital pada Mikrokontroler.....	27
3.2.2 Operasi ADC dengan Single Mode	29
3.2.3 Pemrograman bahasa C.....	30
3.2.4 Penyimpanan database.....	32
3.2.5 GUI Python	34
BAB 4 ANALISA HASIL PENELITIAN	35
4.1 Pengujian Blok Sensor.....	35
4.1.1 Pengujian Linearitas ADC	35

4.1.2 Pengujian Rangkaian Sensor Gas TGS.....	37
4.1.3 Kalibrasi Sensor Temperatur.....	39
4.1.4 Kalibrasi Sensor Tekanan MPXAZ4115A.....	42
4.2 Analisis Hasil Pengukuran Konsentrasi CBM.....	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR ACUAN	53



DAFTAR TABEL

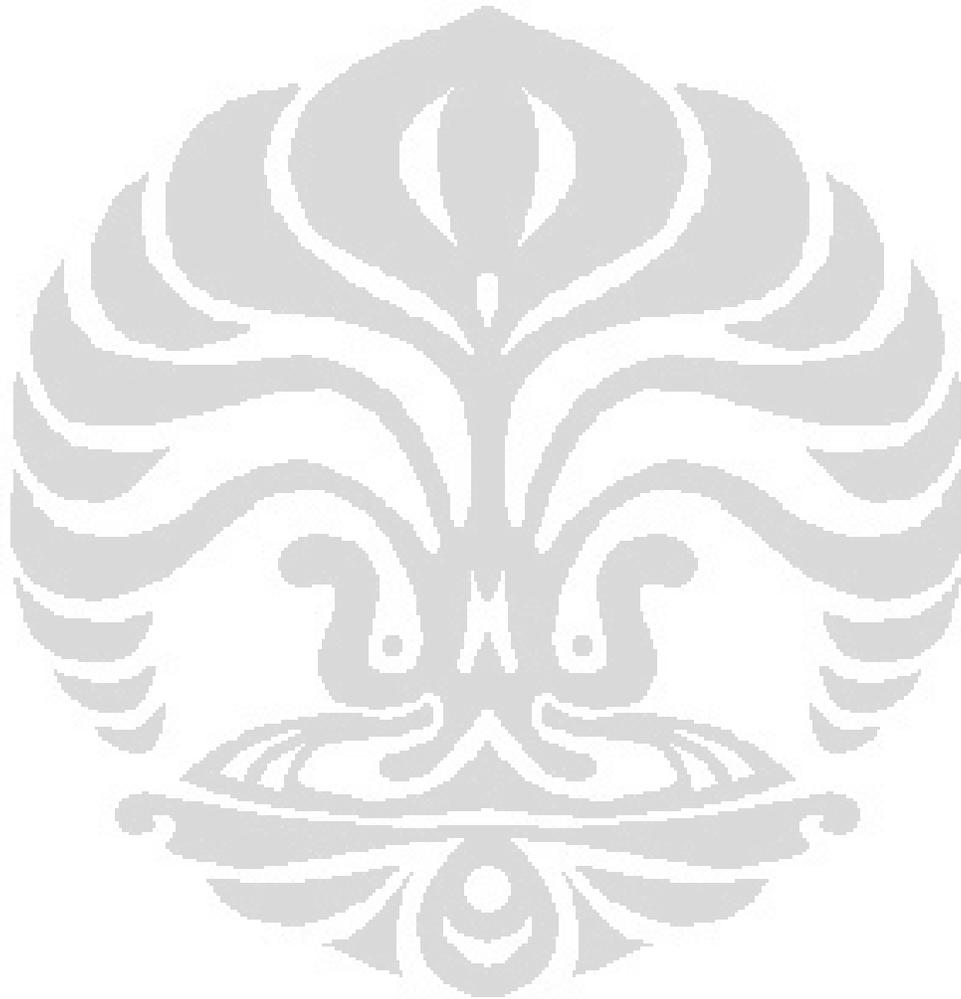
Tabel 2.1.	Deskripsi pin DS 1307	15
Tabel 2.2.	Analog Input Channel dan A/D Data Register	22
Tabel 3.1.	Konfigurasi pin ADC Internal Mikrokontroler H8/3069F	28
Tabel 3.2.	Posisi DIP Switch Mode-3	31
Tabel 3.3.	Posisi DIP Switch Mode-7	31
Tabel 4.1.	Beda temperatur DS 18B20 dengan Thermal Chamber Vötsch VC ³ 4018 tiap 6 menit	41
Tabel 4.2.	Besar konsentrasi dalam ppm untuk beberapa hasil pengukuran CBM	50



DAFTAR GAMBAR

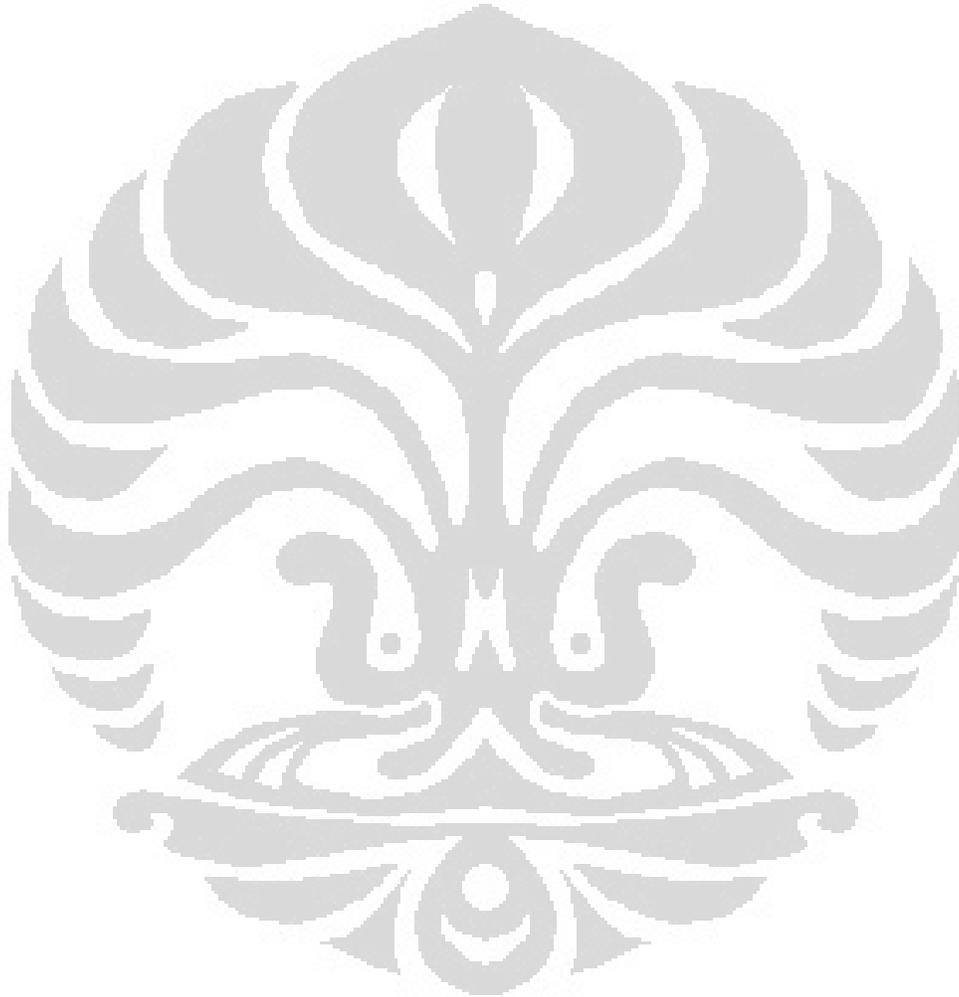
Gambar 1.1.	Potensi CBM Indonesia pada Urutan ke-6 di Dunia.....	2
Gambar 1.2.	Diagram Alir Langkah-Langkah Penelitian	4
Gambar 1.3.	Diagram Blok Sistem Pengukuran Gas CBM	5
Gambar 2.1.	Canister untuk Menyimpan Batubara	8
Gambar 2.2.	Gas Chromatography yang Digunakan untuk Menganalisis Kandungan Gas dalam Batubara.....	9
Gambar 2.3.	Diagram Blok Mekanisme Kerja Gas Chromatography	10
Gambar 2.4.	Bentuk Fisik Sensor Gas TGS 2611 a. Rangkaian Dasar Sensor ..	11
Gambar 2.4.	Bentuk Fisik Sensor Gas TGS 2611 b. Gas Metana	11
Gambar 2.5.	a. Model <i>Grain Boundary</i> Tanpa Adanya Gas	12
Gambar 2.5.	b. Model <i>Grain Boundary</i> Setelah Adanya Gas	12
Gambar 2.6.	Blok diagram DS18B20	13
Gambar 2.7.	Bentuk Fisik DS18B20	14
Gambar 2.8.	Pensuplaian dengan Mode Parasit Power.....	15
Gambar 2.9.	Pensuplaian dengan Mode Konvensional	15
Gambar 2.10.	64-bit ROM code dari DS 18B20	16
Gambar 2.11.	Skematik Sensor Tekanan untuk <i>Unibody Package</i> dan <i>Small Outline Package</i>	17
Gambar 2.12.	Cross-Sectional Diagram MPX4115A.....	18
Gambar 2.13.	Power Supply Decoupling dan Filter Output yang Direkomendasikan untuk MPX4115A.....	18
Gambar 2.14.	Sinyal Output MPX4115A Relatif terhadap Tekanan Udara	19
Gambar 2.15.	Fitur-Fitur dari Mikrokontroler H8/3069F	19
Gambar 3.1.	Integrasi Komponen Sistem	21
Gambar 3.2.	Skematik Sistem Pengukuran Gas CBM.....	22
Gambar 3.3.	Rangkaian Sensor TGS 2611	23
Gambar 3.4.	Tampilan Hyperterminal dari Program 1 Wire.....	24
Gambar 3.5.	Pengukuran Suhu Kamar dengan Menggunakan DS18B20.....	24
Gambar 3.6.	Pengukuran Tekanan Udara dengan Sensor MPX4115A	25
Gambar 3.7.	<i>A/D Control Register</i> (ADCR) H8/3069F	27
Gambar 3.8.	<i>A/D Control/Status Register</i> (ADCSR) H8/3069F	27
Gambar 3.9.	Diagram Alir Program Utama	28
Gambar 3.10.	Langkah-Langkah <i>Writing</i> Program ADC Internal.....	29
Gambar 3.11.	Tampilan Database SQLite pada Ms Access.....	30
Gambar 3.12.	Tampilan GUI (<i>Graphical User Inerface</i>)	32
Gambar 4.1.	Interkoneksi ADC Mikrokontroler H8/3069F dengan Potensiometer	33
Gambar 4.2.	Grafik Perbandingan Output ADC dengan Tegangan DC	34
Gambar 4.3.	Respon Sensor Ketika Pemanasan	35
Gambar 4.4.	Respon Sensor Terhadap Gas di Udara.....	36
Gambar 4.5.	<i>Thermal Chamber</i> Vötsch VC ³ 4018	37
Gambar 4.6.	Hasil Perbandingan Pengukuran Temperatur dari DS18B20 dan <i>Thermal Chamber</i> Vötsch VC ³ 4018	38
Gambar 4.7.	Grafik Respon Sensor terhadap Berbagai Konsentrasi Gas Metana	40

Gambar 4.8. Respon Tegangan Keluaran Sensor Berdasarkan Kadar Gas Metana dalam ppm.....	41
Gambar 4.9. Kurva Kalibrasi Sensor	42
Gambar 4.10. Grafik Sensitivitas Sensor	43



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Fitur- fitur Mikrokontroler H8/3069F	55
LAMPIRAN B Script Program ADC dan GUI	56
LAMPIRAN C Datasheet Sensor Gas Figaro TGS 2611	59
LAMPIRAN D Tabel Data Kalibrasi ADC, MPXAZ2125A, dan TGS 2611	61
LAMPIRAN E Kurva Kalibrasi konsentrasi dalam ppm terhadap tegangan.....	66



BAB I

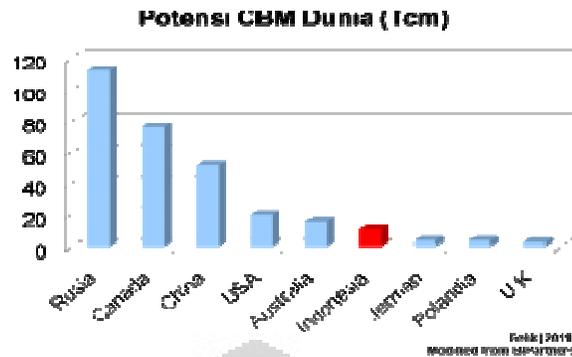
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Sebagian besar sumber energi yang digunakan berasal dari energi fosil seperti minyak bumi dan batu bara yang mendominasi hampir 60 % dari keseluruhan sumber energi yang ada. Kemudian disusul oleh gas sebesar 20,9 % (*World Coal Institute 2004*). Dari data tersebut kita mengetahui bahwa sumber energi fosil masih begitu besar konsumsinya dan seharusnya menjadi sumber energi terbarukan. Tetapi mengingat bahwa energi tersebut tidak dapat diperbaharui dan sifatnya pasti habis, maka pengembangan riset dan teknologi mendorong untuk menciptakan energi baru yang berasal dari gas.[1]

Kebutuhan energi yang terus meningkat mengupayakan pencarian sumber energi alternatif yang dapat berasal dari gas metana pada batubara. Gas metana dalam batubara atau dikenal dengan CBM (*Coal Bed Methane*) merupakan hasil sampingan dari pengeboran batu bara. Pada awalnya, keberadaan gas ini sering menimbulkan masalah dalam penambangan batubara karena gas metana yang terakumulasi dalam tanah, apabila terkena oksigen pada proses penambangan akan dapat menyebabkan ledakan gas yang berbahaya, selain itu gas ini juga beracun jika terhirup dalam jangka waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, timbul ide untuk memanfaatkan gas tersebut sehingga apabila dikelola dan dimanfaatkan dengan baik dapat digunakan sebagai alternatif pengganti BBM

Data tahun 2002, survey terbaru mengenai CBM di Indonesia dilakukan oleh *Advances Resources International* (ARI) atas permintaan Dirjen Migas dan atas biaya Asian Development Bank (ADB). Diketahui bahwa potensi CBM di Indonesia sebesar 13 Tcm (*Trillion cubic meters*) yang terdapat pada lapisan batubara pada kedalaman 500-4500m. [2]



Gambar 1.1 Potensi CBM Indonesia pada Urutan ke-6 di Dunia.

Saat ini teknologi yang digunakan untuk melakukan pengukuran kandungan CBM digunakan alat gas kromatograf yang dapat langsung menganalisa kandungan gas dalam batubara. Sebelumnya, sampel berupa inti batubara diambil dan dimasukkan dalam suatu canister untuk kemudian dianalisa kandungan gasnya di laboratorium dengan menggunakan alat ukur gas metana yaitu *Gas Chromatography*. Pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini adalah besarnya konsentrasi CBM dapat diketahui lebih cepat, penggunaan alat yang lebih mudah dan murah, tidak membutuhkan ruang yang cukup besar, serta hasil perhitungan langsung tersimpan dalam suatu database SQLite.

1.2 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah dibatasi untuk sistem pengukuran gas CBM dengan menggunakan sensor TGS 2611. Penelitian dibatasi hanya untuk sistem dengan chamber bervolume 500 ml dengan volume injeksi setiap pengukuran sebesar 10-11 ml. Pengembangan yang dilakukan adalah dengan membuat sistem yang dapat mengukur kandungan gas CBM secara real time yang kemudian menyimpan hasilnya dalam database SQLite dan langsung dapat dimonitoring di GUI PC.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

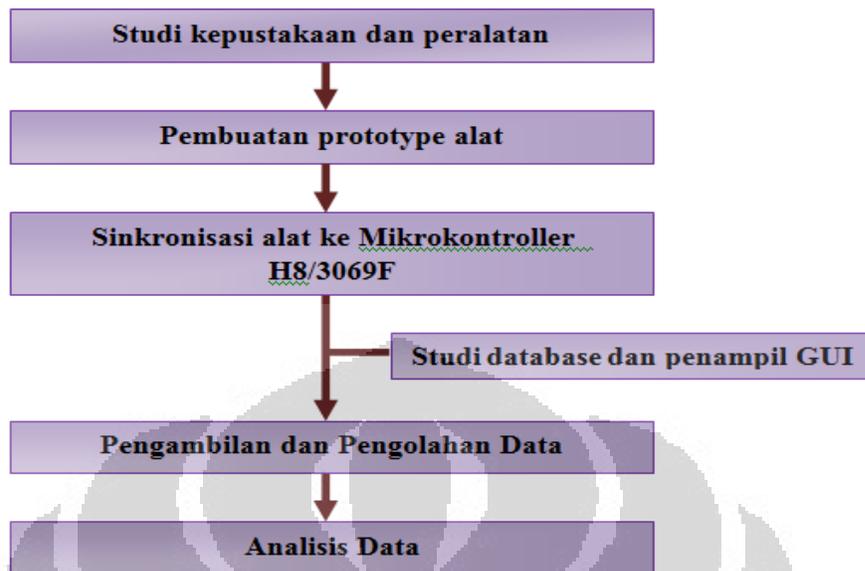
- a. Mengaplikasikan penggunaan mikrokontroler H8/3069F dan sensor gas metana TGS 2611 pada pengukuran kandungan metana dalam CBM.

- b. Membuat suatu sistem yang dapat mengukur kandungan gas CBM secara *real time* kemudian menampilkannya di GUI PC serta membuat media penyimpanan data berbasis Database Pyside-Qt.
- c. Membuat sistem yang lebih sederhana, efisien dan *low cost*.

1.4 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahap antara lain :

- a. Studi Kepustakaan dan Peralatan
Studi kepustakaan dilakukan untuk mengumpulkan informasi dan pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini baik dari literatur, internet, buku-buku, serta penjelasan informal dari pihak terkait dan lainnya. Studi peralatan bertujuan mempelajari karakteristik dan spesifikasi alat yang akan digunakan untuk penelitian sehingga diperoleh pembelajaran yang tepat tentang alat yang akan dipakai.
- b. Perancangan Alat
Sebelum mengaplikasikan alat yang digunakan, maka perlu dilakukan perancangan alat, baik pembuatan rangkaian sensor, chamber dan sistem yang terintegrasi.
- c. Sinkronisasi Sistem ke Pengolah Sinyal
Sinkronisasi sistem dilakukan setelah alat selesai dirancang, keluaran sinyal dari sensor yang dihasilkan kemudian diolah sebelumnya dengan mikrokontroler H8/3069F untuk selanjutnya dilakukan monitoring dengan GUI dan penyimpanan di database.
- d. Pengambilan Data
Setelah dilakukan pengujian sistem, alat sudah bisa digunakan untuk proses pengambilan data, seperti kalibrasi alat, pengujian sampel.
- e. Pengolahan dan Analisis Data
Hasil yang diperoleh kemudian diolah untuk kemudian dibandingkan dengan alat ukur standar, sehingga diperoleh besarnya error, karakteristik sensor dan analisis terhadap parameter-parameter yang berpengaruh terhadap hasil, serta satuan-satuan fisis yang digunakan. Diagram alir langkah-langkah penelitian seperti pada Gambar 1.2 berikut ini,



Gambar 1.2 Diagram Alir Langkah-Langkah Penelitian.

Pengukuran gas metana dengan menggunakan sensor gas Figaro TGS 2611 dilakukan di laboratorium. Sensor gas ditempatkan dalam chamber yang diisolasi dari udara luar, sehingga gas metana yang keluar dari dalam tabung canister dapat terdeteksi oleh sensor gas yang kemudian dihubungkan ke mikrokontroler untuk diolah sehingga outputnya berupa konsentrasi CBM dalam satuan ppm. Gas yang terukur akan merubah nilai resistansi pada sensor. Semakin tinggi konsentrasi gas metana yang terukur, maka resistansi sensor akan semakin menurun. Perubahan resistansi sensor ini akan menyebabkan beda tegangan yang kemudian diolah oleh ADC pada mikrokontroler H8/3069F. Keluaran dari mikrokontroler tersebut berupa bentuk digital yang kemudian ditampilkan di GUI PC. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 1.3 berikut ini,



Gambar 1.3. Diagram Blok Sistem Pengukuran Gas CBM.

Penggunaan database dimaksudkan agar laporan data lebih efisien guna memudahkan dalam akuisisi untuk analisis data. Database yang kami gunakan adalah database *SQLite* yang merupakan penggabungan antara python dan kerangka Qt tersedia dalam bentuk software gratis dan *multiuser*. Analisis data dapat dilakukan dalam interval waktu tertentu yang dikehendaki sesuai kebutuhan. Selain itu, sistem pemantauan tidak hanya berjalan pada OS Windows saja, atau dengan kata lain dapat dijalankan di OS lain (*multiplatform*).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi terdiri atas lima bab yang secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut :

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini memuat tentang latar belakang dari penelitian, tujuan, metode yang digunakan, dan juga pembatasan masalah pada penelitian yang dilakukan.

Bab 2 Landasan Teori

Bab ini memuat secara garis besar teori dasar yang berhubungan dengan penelitian.

Bab 3 Perancangan Alat

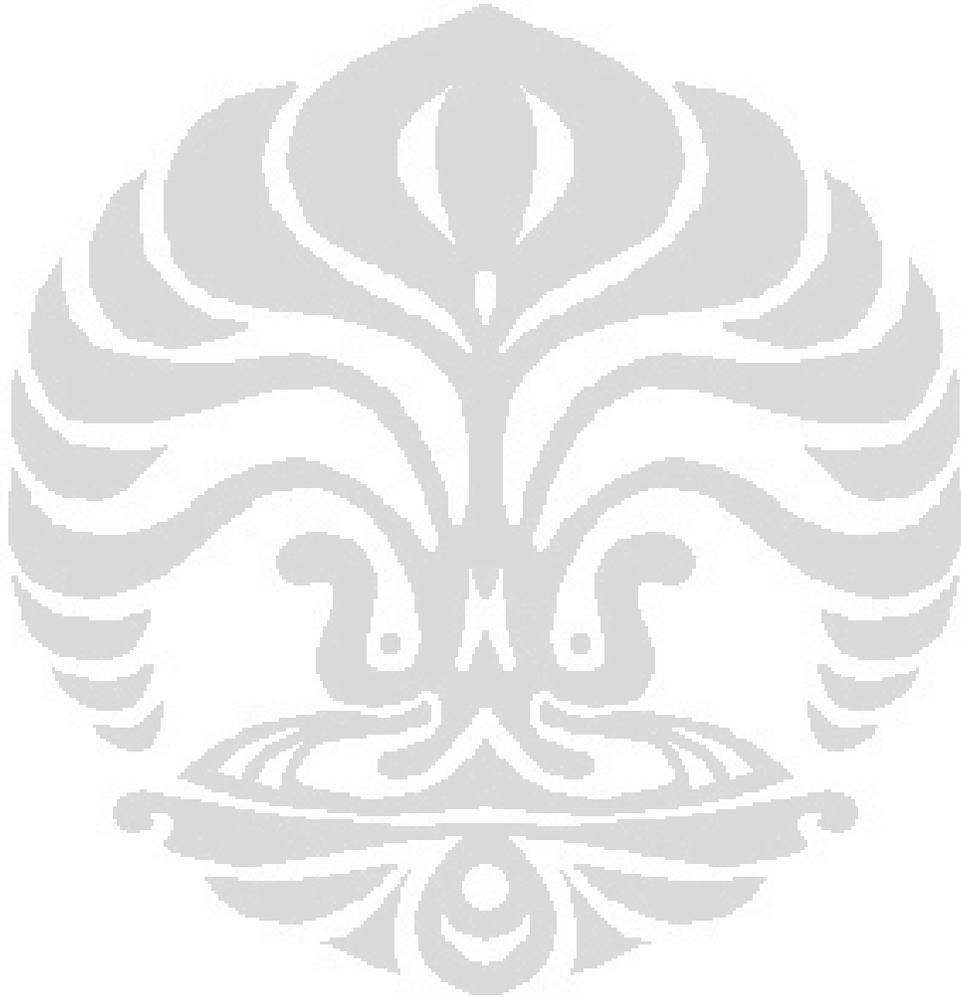
Bab ini memuat perancangan perangkat keras dan perangkat lunak

Bab 4 Analisis Hasil Penelitian

Bab ini berisi penjelasan mengenai hasil penelitian dan analisis dari sistem yang telah dibuat.

Bab 5 Penutup

Bab ini berisi kesimpulan atas hasil analisis dan saran yang mendukung penelitian agar memberikan hasil yang lebih baik lagi untuk pengembangannya.



BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Gas Metana dalam Batubara

Batubara merupakan sumber bahan bakar yang berasal dari tumbuhan berjuta-juta tahun yang lalu yang berubah bentuk dan terakumulasi di rawa dan lahan gambut. Selama proses pembentukan batubara dihasilkan sejumlah besar air dan gas.

Gas dalam batubara dapat terbentuk akibat proses pembatubaraan secara biogenik maupun termogenik. Secara biogenik, gas yang terbentuk ketika material organik mengalami dekomposisi oleh mikroorganisme atau bakteri metanogenik dalam air yang terperangkap batubara, sehingga menghasilkan gas metana dan CO₂. Gas biogenik ini dapat terbentuk pada tahap awal proses pembatubaraan. Sedangkan, proses secara termogenik dapat terbentuk pada tahapan yang lebih tinggi dari proses pembatubaraan misalnya saat mencapai kualitas *high volatile bituminous*. Proses bituminisasi akan memproduksi batubara yang kaya akan karbon dengan melepaskan kandungan utama seperti metan, CO₂, dan air.

Keberadaan gas metan atau *Coal Bed Methane* dalam batubara terdapat dalam 2 bentuk, terserap (*adsorbed*) dan bebas. Metana yang terserap terdapat pada rangkaian monomolekuler batubara, sedangkan metana dalam bentuk bebas terdapat di dalam pori-pori dan rekahan-rekahan batubara. Keberadaan gas metana dalam batubara mencapai 80-95% dari keseluruhan total gas yang ada. Gas lain yang umum terdapat dalam batubara adalah Etana, Propana, Carbon Dioksida (CO₂), Alkana, Nitrogen (N₂), Argon (Ar), dan Hidrogen (H₂).

Perbedaan tingkat batubara atau kematangan batubara menyebabkan perbedaan tingkat penyerapan gas dalam suatu lapisan. Kapasitas penyerapan gas batubara meningkat seiring dengan meningkatnya peringkat mulai dari *lignit* hingga batubara *bituminous*, kemudian menurun dari bituminous tingkat tinggi sampai antrasit. Tingkat kematangan batubara akan mengontrol volume gas metana yang dihasilkan dan disimpan.[3]

2.2 Sistem Pengukuran Konsentrasi Gas CBM

Sebelum melakukan pengujian terhadap komposisi gas dalam batubara, terlebih dahulu dilakukan pengukuran kandungan gas dengan menggunakan metode *Fast desorption* yang mengacu pada Australian Standard AS 3980-1999. Sebelumnya, dilakukan pengambilan contoh inti batubara (*core*) dengan cara *coring* dan serbuk bor (*cutting*). Masing-masing sampel batubara diberikan label kedalaman untuk kemudian dimasukkan dalam canister dan kemudian diukur volume kandungan gasnya di laboratorium. Dimana volume gas yang terbebas dari *core* batubara diukur secara langsung volumenya dengan menghubungkan canister dengan bejana air (tabung silinder pengukur). Canister dimasukkan dalam bak air pemanas dengan temperatur sesuai dengan suhu reservoir *seam* batubara. Canister dan tabung silinder pengukur dihubungkan dengan selang. Gas yang terdapat pada batubara akan terdesorpsi keluar canister dan akan menekan air dalam tabung silinder pengukur sehingga volume gas dapat diketahui.



Gambar 2.1 Canister untuk Menyimpan Batubara

Kandungan gas didefinisikan sebagai volume gas yang tersimpan dalam batubara. Volume gas atau kandungan gas terukur, Q_m (*measured gas content*) memiliki tiga komponen, yaitu :

- a. Q_1 , merupakan volume gas yang hilang selama pemboran hingga core dimasukkan dalam canister.
- b. Q_2 , merupakan volume gas yang terbebas selama transportasi dari lapangan ke laboratorium

c. Q3, merupakan metode pengancuran sampel (*crushing*) untuk pengukuran volume gas sisa (*residual content*)

Qm adalah total jumlah dari Q1, Q2, dan Q3.

Setelah melakukan pengukuran volume gas, dilakukan pengukuran terhadap komposisi gas dengan menggunakan alat *Gas Chromatography*. Pengambilan gas dengan menggunakan gas trap yang dipasang pada selang penghubung canister dengan mempergunakan *syringe*. Hasil analisis dari pengujian sampel tersebut adalah gas dengan komposisi gas seperti, metana, butana, etana, propana, pentana, karbondioksida, nitrogen.

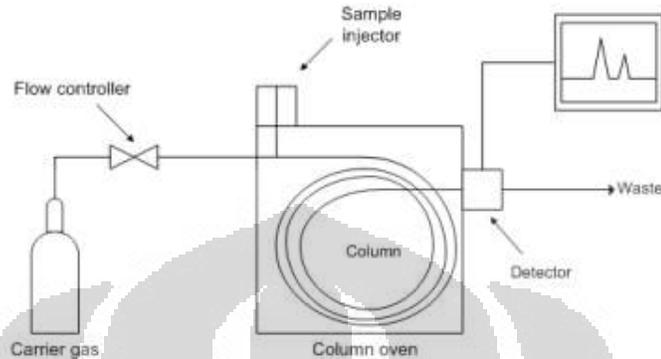


Gambar 2.2 Gas Chromatography yang Digunakan untuk Menganalisis Kandungan Gas dalam Batubara

Gas Chromatography merupakan alat yang digunakan untuk menentukan komposisi kimia dari zat-zat yang tidak diketahui seperti senyawa dalam gas yang ditunjukkan oleh tiap-tiap puncak dalam grafik. Kromatografi sendiri adalah teknik pemisahan campuran didasarkan atas perbedaan distribusi komponen-komponen campuran tersebut diantara 2, yaitu fase diam (padat atau cair) dan fase bergerak. Zat yang dipisahkan dilewatkan dalam kolom yang diisi dengan fase diam. Gas pembawa mengalir melalui kolom dengan kecepatan tetap, memindahkan zat dalam gas pada keadaan normal. Fase diam akan menahan komponen campuran sedangkan fase bergerak akan melarutkan komponen campuran. Fase bergerak atau *mobile phase* adalah sebuah operator gas yang

..

biasanya berupa gas murni seperti helium atau yang tidak reaktif seperti N_2 . Mekanisme kerja kromatografi gas digambarkan pada diagram blok berikut,

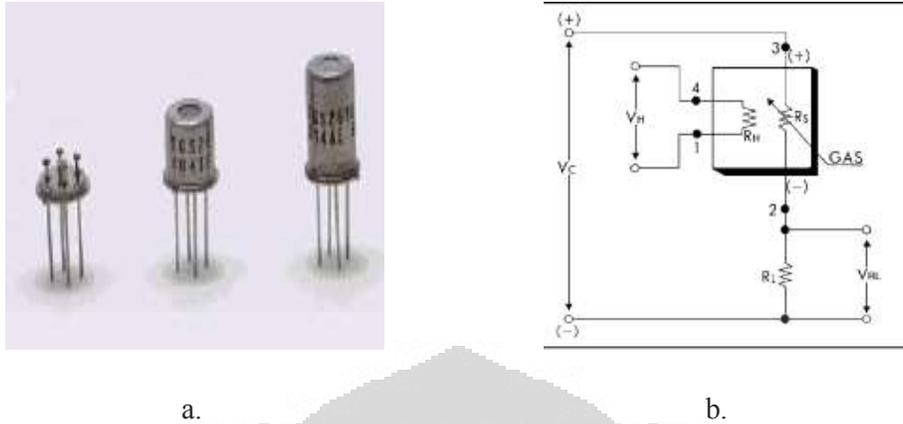


Gambar 2.3 Diagram Blok Mekanisme Kerja Gas Chromatography

Gas bertekanan tinggi (*carrier gas*) dialirkan ke dalam kolom yang berisi fasa diam. Kemudian cuplikan diinjeksikan ke dalam aliran gas dan ikut terbawa oleh gas ke dalam kolom. Di dalam kolom akan terjadi proses pemisahan cuplikan menjadi komponen-komponen penyusunnya. Komponen-komponen tersebut satu persatu akan keluar kolom dan mencapai detektor yang diletakkan di ujung akhir kolom. Hasil pendeteksian direkam oleh *recorder* dan dikenal sebagai kromatogram. Jumlah puncak pada kromatogram menyatakan jumlah komponen yang terdapat dalam cuplikan dan kuantitas suatu komponen ditentukan berdasarkan luas puncaknya. [8]

2.3 Sensor Gas Metana TGS 2611

Sensor gas yang digunakan adalah jenis Figaro TGS 2611, merupakan semikonduktor yang sangat sensitiv dan menggunakan rangkaian listrik yang sederhana seperti ditampilkan pada Gambar 2.4. Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas metana dan juga mempunyai sebuah pemanas (*heater*) yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontimasi udara. *Heater* juga digunakan untuk menjaga temperatur *sensing element* pada daerah kerjanya sehingga dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 2.4 Bentuk fisik sensor Gas TGS 2611 (a) dan Rangkaian dasar sensor Gas Metana (b)

Sensor ini membutuhkan 2 input tegangan yaitu,

1. *Heater Voltage* (V_H) (5 ± 0.2 volt DC/AC)
2. *Circuit Voltage* (V_C) (5 ± 0.2 volt DC/AC)

Jangkauan deteksi gas antara 500-10.000 ppm. Resistansi sensor (R_s) saat konsentrasi metana 5000 ppm adalah 0.68~6,8 k Ω . Besar nilai R_l dipilih untuk menjaga *Power Dissipation* (P_s) dibawah 15mW.

$$P_s = \frac{(V_C - V_{RL})^2}{R_s} \quad (2.1)$$

dimana besarnya R_s dapat dihitung dari persamaan dibawah ini,

$$R_s = \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} \times R_l \quad (2.2)$$

Sensitivitas sensor sebesar 0.6 ± 0.06 yang merupakan perbandingan rasio

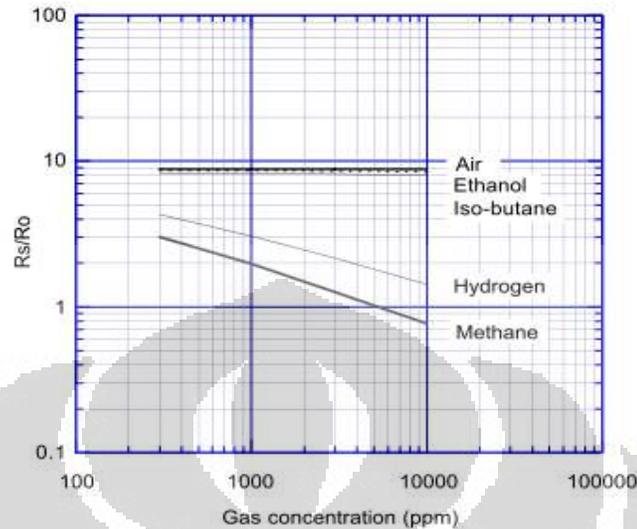
$$S = \frac{R_s(9000 \text{ ppm})}{R_s(3000 \text{ ppm})}$$

R_s = Resistansi sensor

R_0 = Resistansi sensor saat sensor saat metana 5000 ppm

Karakteristik sensitivitas dari sensor untuk jangkauan pengukuran 500 sampai 10000 ppm dapat dilihat pada grafik dibawah ini,

TGS2611-E00 Sensitivity Characteristics:



Gambar 2.5 Sensitivitas sensor gas TGS 2611

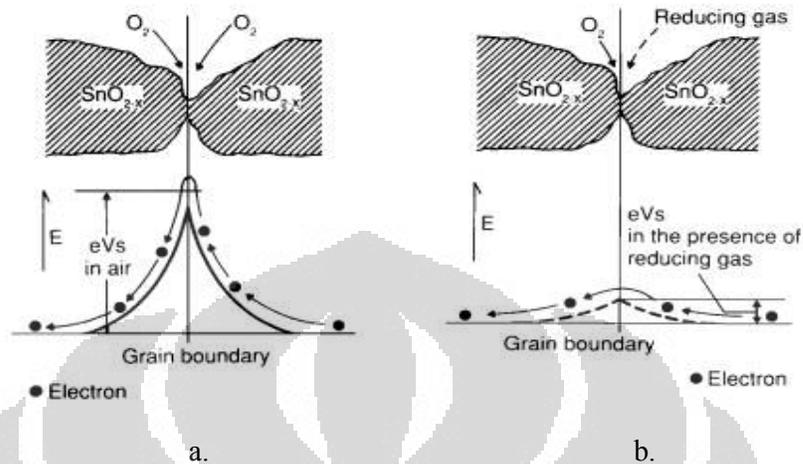
Pada grafik sensitivitas perbandingan antar resistansi sensor (R_s) dan resistansi sensor saat mendeteksi metana pada 5000 ppm (R_0), terhadap konsentrasi gas 500 sampai 10000 ppm, dapat dilihat bahwa sensor metana TGS 2611 sangat sensitive terhadap gas metana dan hydrogen. Dan tidak mendeteksi gas-gas seperti udara, ethanol dan iso-butane.

2.3.1 Prinsip Kerja Sensor Gas Figaro TGS 2611

Material sensor dari sensor gas Figaro TGS 2611 adalah metal oksida, yaitu 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 meninggalkan 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 a).



Gambar 2.6 a. Model *Grain Boundary* Tanpa Adanya Gas dan
b. Model *Grain Boundary* Setelah Adanya Gas.

Di dalam sensor, arus listrik melewati daerah sambungan atau *grain boundary* dari SnO_{2-x} . Pada *grain boundary* 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 *grain boundary* juga turun (Gambar 2.6 b). Sehingga, berkurangnya ketinggian *barrier* akan mengurangi resistansi sensor. Hubungan antara resistansi sensor dan konsentrasi gas dapat ditunjukkan dengan persamaan,

$$R = A[C]^{-\alpha} \quad (2.3)$$

Dengan,

R = Resistansi sensor

A = Konstanta

C = Konsentrasi gas yang terukur

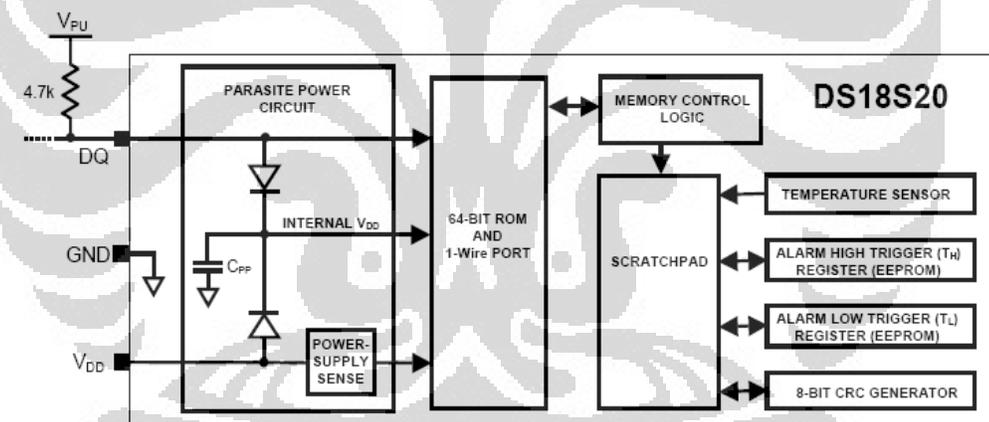
α = Kemiringan dari kurva R_s

2.4 Pengukuran Parameter Suhu dengan Menggunakan Sensor DS18B20

Suhu udara adalah keadaan panas dinginnya udara. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu udara atau derajat panas disebut termometer. Salah satu pengembangan termometer adalah sensor temperatur digital DS18B20. DS18B20 adalah sensor temperatur digital yang mempunyai 64 bit kode unik, dan menyediakan resolusi untuk konversi temperatur ke digital 9 bit hingga 12 bit untuk pengukuran temperatur dalam celcius.

Nilai temperatur disimpan dalam memori *scratchpad* yang terdiri dari 2 byte temperatur register, 1 byte untuk masing-masing *upper* dan *low trigger register*, serta 1 byte untuk *configuration register* (EEPROM). *Configuration register* digunakan untuk mengatur resolusi konversi dari temperatur ke digital dengan pilihan 9 sampai 12 bit.

Diagram blok dari sensor temperatur DS18B20 dapat dilihat pada gambar dibawah ini,

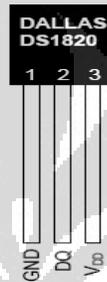


Gambar 2.7. Blok diagram DS18B20

Komunikasi sensor ini melalui *1-wire bus* yang berarti hanya membutuhkan satu jalur data untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Dalam sistem *bus* ini, mikroprosesor mengidentifikasi atau mengalamatkan sensor menggunakan 64 bit kode unik yang terdapat pada masing-masing sensor. Sensor ini beroperasi untuk rentang temperatur -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dan memiliki keakuratan $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada rentang -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$.

Bentuk fisik DS18B20 ditunjukkan oleh Gambar 2.8 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Interface* sensor berupa *1-wire* yang hanya membutuhkan satu pin dalam satu port untuk komunikasi.
- Memiliki kode serial 64-bit yang unik yang tersimpan di *on-board* ROM.
- Rentang *Power supply* 3 V sampai 5,5 V.
- Pengukuran temperatur dari -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$.
- Memiliki keakurasian $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada rentang -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$.
- Memiliki resolusi thermometer yang dapat dipilih mulai dari 9 bit hingga 12 bit.



Gambar 2.8. Bentuk Fisik DS18B20

Adapun deskripsi pin dan blok diagram DS18B20 ditunjukkan oleh Tabel 2.1 dan Gambar 2.8.

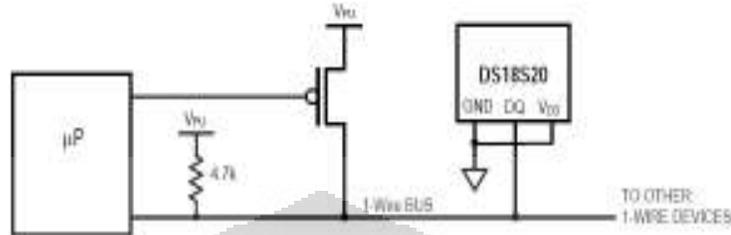
Tabel 2. 1. Deskripsi Pin DS18B20

Pin	Nama	Fungsi
1	GND	<i>Ground</i>
2	DQ	Data input/output
3	V _{dd}	Tegangan input

Penyuplaian pada DS18B20 terdapat 2 jenis *mode* yaitu penyuplaian dari luar (*external*) dan *mode* penyuplaian secara parasit (*parasite power*). Pada *mode* penyuplaian dari luar maka suplai harus dihubungkan pada pin V_{dd} sedangkan jika menggunakan *mode parasite power* DS18B20 tidak memerlukan suplai dari luar [5].

Mode parasite power sangat berguna untuk aplikasi seperti remote sensing temperatur, dan penggunaan yang membutuhkan ruangan sensor yang sempit. Seperti terlihat pada gambar 2.9, daya diambil dari 1 wire bus, melalui pin DQ

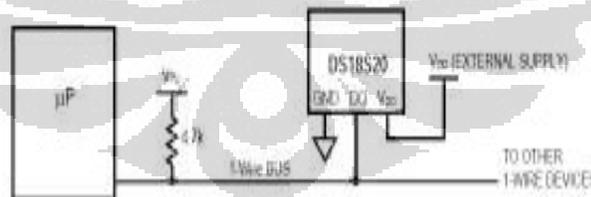
saat bus bernilai high. Daya juga disimpan dalam *parasite power capacitor* (CPP) sehingga tetap ada simpanan daya jika bus dalam kondisi low. Pada metode ini pin V_{dd} harus dihubungkan ke ground.



Gambar 2.9. Penyuplaian dengan *Mode Parasit Power*

Dengan menggunakan *mode parasit power* saat DS18B20 dalam proses pengkonversian temperatur atau menyalin data dari memori *scratchpad* ke EEPROM, arus yang beroperasi mencapai 1,5mA. Untuk memastikan bahwa DS18B20 mendapatkan arus yang cukup, maka diperlukan *pull-up* yang kuat pada jalur *1 wire*nya. Dengan menggunakan *mode parasite power* tidak direkomendasikan untuk pengukuran temperatur di atas 100°C karena DS18B20 tidak mampu menahan komunikasi yang disebabkan kebocoran arus yang tinggi [5].

Untuk penyuplaian dengan *mode eksternal supply*, DS18B20 dihubungkan *power supply* luar melalui pin V_{dd} seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.10. Untuk aplikasi pada temperatur tinggi tersebut sangat disarankan untuk menggunakan *power supply* dari luar [5].



Gambar 2.10. Penyuplaian dengan Mode Konvensional

Tujuan utama dari sensor ini adalah mengubah sinyal *direct-to-digital conversion*. Resolusi yang dapat digunakan dari 9 sampai 12 bit, dengan kenaikan temperatur dalam celcius setiap, 0.5°C, 0.25°C, 0.125°C, 0.0625°C. nilai defaultnya adalah pada 12 bits. Penyuplaian DS 18B20 dalam kondisi *low power idle state*. Untuk memulai pengukuran temperatur dan konversi ADC, *master*

harus memberi perintah [44h] untuk konversi temperatur. Hasil data temperatur kemudian disimpan dalam 2 byte temperatur *register* dalam memori *scratchpad*. Setelah selesai proses pengonversian, DS18B20 kembali dalam kondisi idle. Jika DS18B20 dioperasikan dengan menggunakan *eksternal power*, setelah perintah konversi temperatur, DS18B20 akan merespon dan mengirim sinyal 0 saat proses masih berlangsung dan akan mengirimkan sinyal 1 saat proses konversi sudah selesai. Sedangkan, jika mode penyuplaian dengan menggunakan *parasite power*, proses pemberitahuan sinyal ini tidak akan berlangsung karena bus harus selalu dalam kondisi *high*.

Setiap DS18B20 memiliki 64 bit kode yang tersimpan di ROM dimana 8 bit pertama (LSB) merupakan kode *family* DS18B20 seperti yang terlihat pada Gambar 2.11. Pembacaan kode *family* ini ada pada perintah 28h, 48 bit selanjutnya merupakan nomor serial dan 8 bit terakhir (MSB) adalah *byte cyclic redundancy Check* (CRC) yang dihitung dari 56 bit pertama pada ROM *code* ini [5].



Gambar 2.11. 64-bit ROM Code dari DS18B20

Semua transaksi DS18B20 pada jalur *1 wire* dimulai dengan langkah inisialisasi. Pada tahap inisialisasi dilakukan reset pulsa yang dikirim oleh *master* dan presense pulsa yang dikirim oleh *slave*. Setelah *master* mendeteksi pulsa yang muncul, maka akan berlanjut ke step ROM *command*. Perintah ini akan mengoperasikan kode 64 bit ROM pada setiap *device* dan *master* akan memilih *device* tertentu jika terdapat beberapa *device* dalam 1 jalur. Perintah ini juga memungkinkan *master* untuk menentukan jumlah dan *mode device* yang diperbolehkan dalam jalur *1-wire* [5].

Setelah jalur digunakan oleh ROM *command* untuk mengalamatkan DS18B20 agar dapat berkomunikasi, maka *master* dapat melakukan langkah *function command* pada DS18B20. Perintah-perintah ini memungkinkan *master* untuk menulis dan membaca data dari memori *scratchpad*, menginisialisasi pengkonversian temperatur, dan menentukan *mode power supply* [5].

2.5 Pengukuran Parameter Tekanan Udara dengan Menggunakan Sensor MPXAZ4115A

Gas memberikan tekanan ke permukaan yang bersentuhan dengannya karena molekul gas bergerak dan selalu menumbuk permukaan yang bersentuhan dengannya. Tekanan merupakan salah satu sifat gas yang dapat diukur. Besarnya tekanan udara di permukaan bumi adalah 1 bar atau 1 atm atau 101,325 Pa (Pascal). Tekanan sendiri didefinisikan sebagai gaya yang bekerja tegak lurus terhadap suatu penampang dengan luas tertentu sehingga tekanan adalah gaya persatuan luas penampang.

Salah satu alat yang dapat mengukur besarnya tekanan udara adalah barometer. Pengukuran tekanan udara pada penelitian ini adalah dengan menggunakan sensor tekanan udara analog MPXAZ4115A.

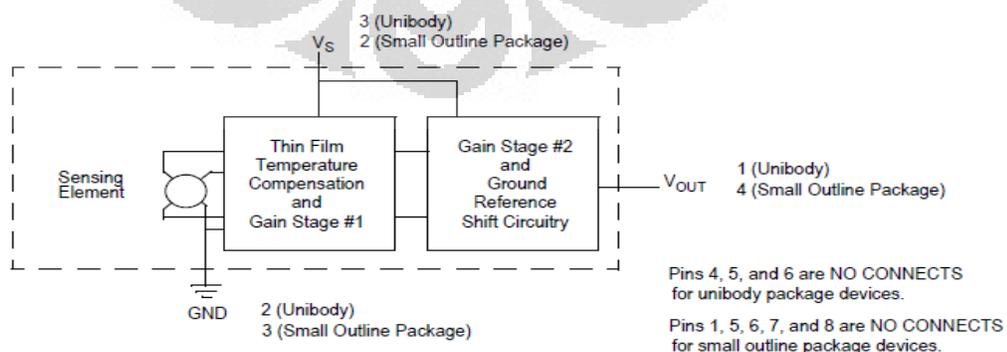
Karakteristik dari sensor MPX4115A antara lain sebagai berikut :

- a. Akurasi : $\pm 1,5 \% V_{FSS}$

Full Scale Span (V_{FSS}) adalah *the algebraic difference* antara tegangan output disaat tekanan *full rated* dan tegangan output pada saat tekanan minimum (*minimum rated pressure*).

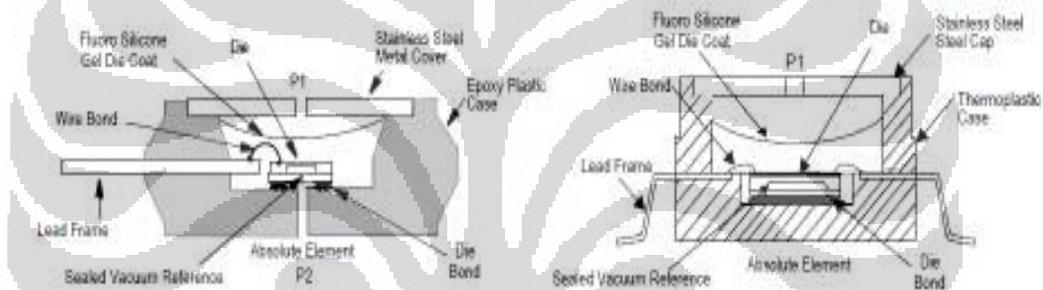
- b. Sensifitas : 46 mV/kPa
c. Respon time : 1 ms

Sensor MPX4115A memiliki output analog sehingga harus dimasukkan terlebih dahulu ke ADC mikrokontroller agar menjadi bentuk digital [6]. Gambar 2.12 menunjukkan blok diagram dari rangkaian internal yang terintegrasikan pada *chip* sensor tekanan.



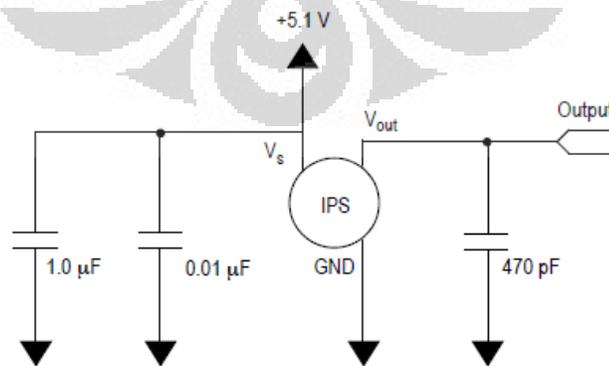
Gambar 2.12. Skematik sensor tekanan untuk *Unibody Package* dan *Small Outline Package*

Sensor ini memiliki dua sisi, dimana sisi pertama merupakan sisi tekanan dan sisi kedua berupa vakum. Sensor dirancang untuk beroperasi dengan tegangan diferensial positif. Gambar 2.12 merupakan ilustrasi *absolute sensing chip* pada *basic chip carrier* (Case 867) dan *small outline chip carrier* (Case 482). Sebuah gel fluorosilicone mengisolasi permukaan mata dadu (*die surface*) dan *wire bonds* dari lingkungan, sementara itu sinyal tekanan udara ditransmisikan ke diafragma sensor. Gel fluorosilicone dan pembungkus sensor yang terbuat dari polymer melindungi sensor dan mempunyai ketahanan terhadap kondisi dengan kelembaban yang tinggi.



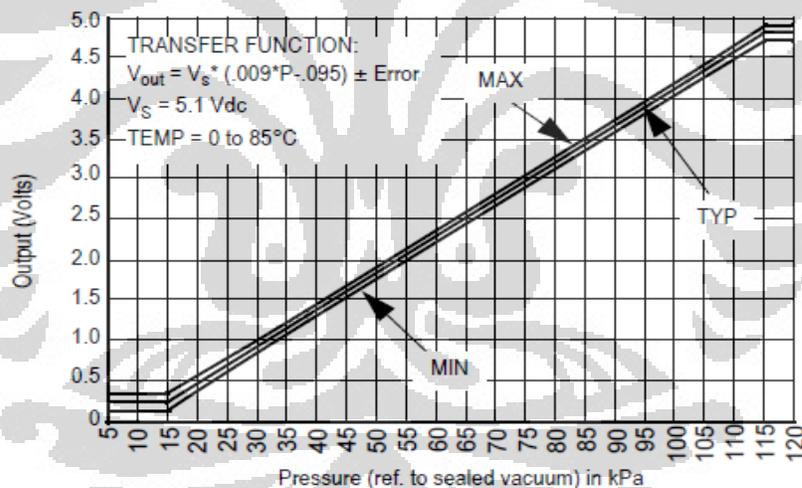
Gambar 2.13. *Cross-Sectional Diagram* MPX4115A

Gambar 2.13 menunjukkan rangkaian decoupling yang direkomendasikan sebagai interfacing output dari sensor yang terintegrasi dengan input A/D dari mikrokontroler.



Gambar 2.14. Power Supply Decoupling dan Filter Output yang Direkomendasikan untuk MPX4115A

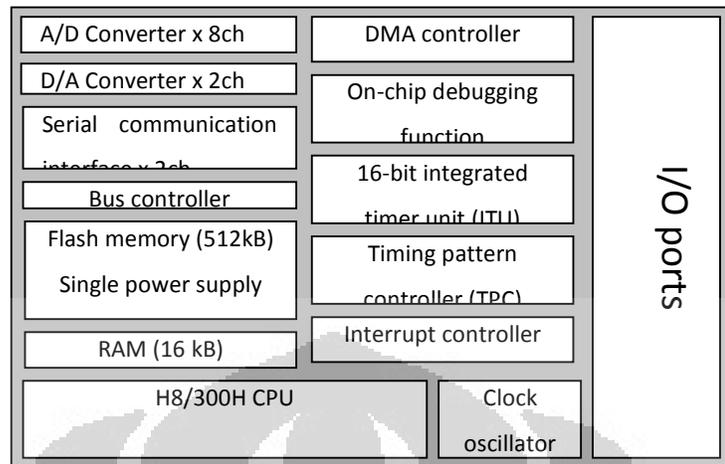
Gambar 2.14 menunjukkan sinyal output terhadap input tekanan. Secara ideal, kurva output minimum dan maksimum ditunjukkan untuk operasi temperatur 0°C hingga 85°C dengan menggunakan rangkaian decoupling seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14. Daerah *dead band* merupakan daerah dimana sensor belum merespon dan proses yang dibutuhkan sensor sesaat sebelum bekerja pada daerah *sensing* nya. Daerah *dead band* ditunjukkan pada Gambar 2.15, yaitu saat tekanan dibawah 15 kPa. Output akan mengalami saturasi diatas jangkauan pengukuran tekanan sensor. Garis paling atas merupakan output maksimum dan paling bawah merupakan output minimum dari karakteristik sensor. [6]



Gambar 2.15. Sinyal output MPX4115A relatif terhadap tekanan udara

2.6 Mikrokontroler H8/3069F

Mikrokontroler H8/3069F merupakan mikrokontroler keluaran renesas/ Hitachi Jepang yang mempunyai 32 bit dengan 16 bit general register sebagai processornya. Mempunyai sebuah *flash memory* (ROM) 512 kB yang menggunakan *single power supply* (5V). Frekuensi operasi maksimum dari H8/3069F adalah 25MHz. Operasi CPU berbasis pada sinyal clock, semakin tinggi frekuensi sinyal clock-nya, semakin cepat operasinya.



Gambar 2.16 Fitur-fitur dari Mikrokontroler H8/3069F

- 16 bit CPU yang berperan sebagai general purpose register.
- Frekuensi maksimum dari H8/3069F adalah 25 MHz.
- Dilengkapi dengan ruang address maksimum sebesar 16Mbyte
- Dilengkapi A/D dan D/A converter.

A/D converter resolusi 10 bit, 8 channel yang dapat dibagi menjadi 2 mode, yaitu single dan scan mode.

2.6.1 Analog Digital Converter pada Mikrokontroler H8/3069F

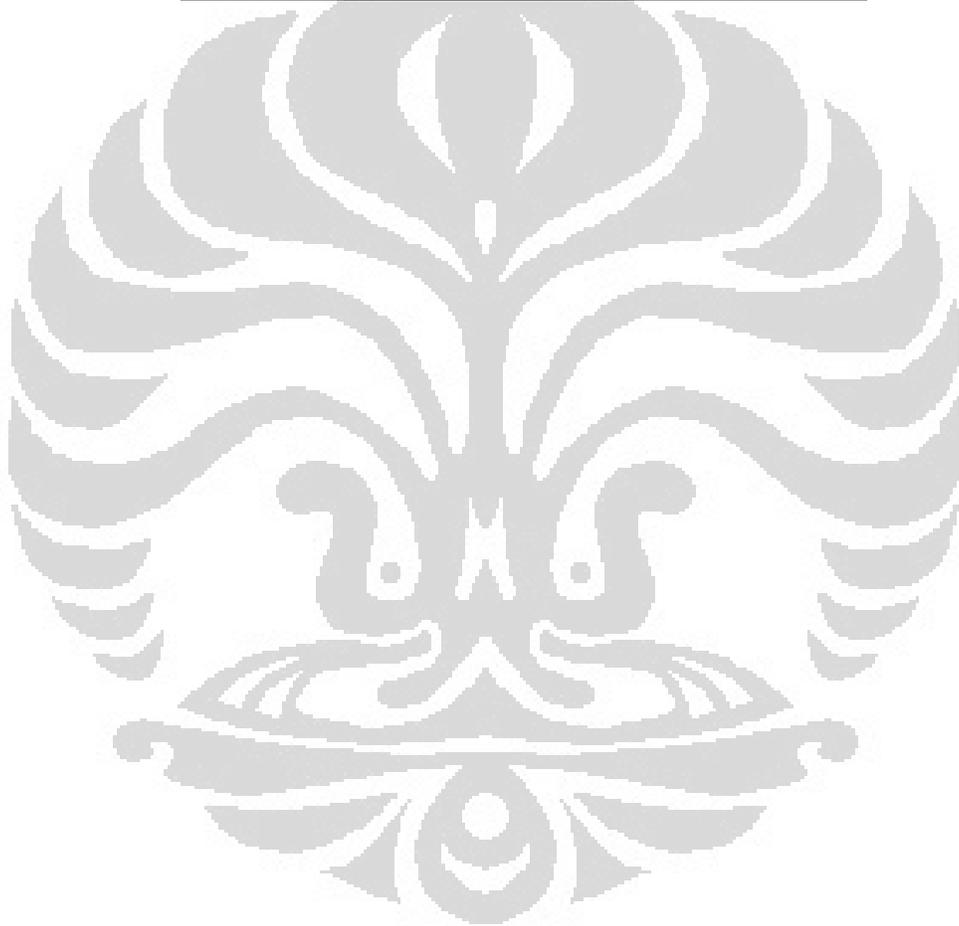
Analog to Digital Converter (ADC) pada mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data masukan berupa besaran analog menjadi bentuk besaran digitalnya. ADC internal pada mikrokontroler H8/3069F ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Resolusi 10 bit
- 8 input channel
- Konversi dengan kecepatan tinggi
- Dual mode konversi
 - Single channel
 - Scan mode
- 4 buah data register 16 bit
- fungsi sample dan hold

- g. 8 analog input yang dibagi menjadi 2 grup,
1. grup 0 ($AN_0 - AN_3$)
 2. grup 1 ($AN_4 - AN_7$)

Tabel 2.2 Analog Input Channel and A/D Data register

Group 0	Group1	A/D Data Register
AN_0	AN_4	ADDRA
AN_1	AN_5	ADDRB
AN_2	AN_6	ADDRC
AN_3	AN_7	ADDRD

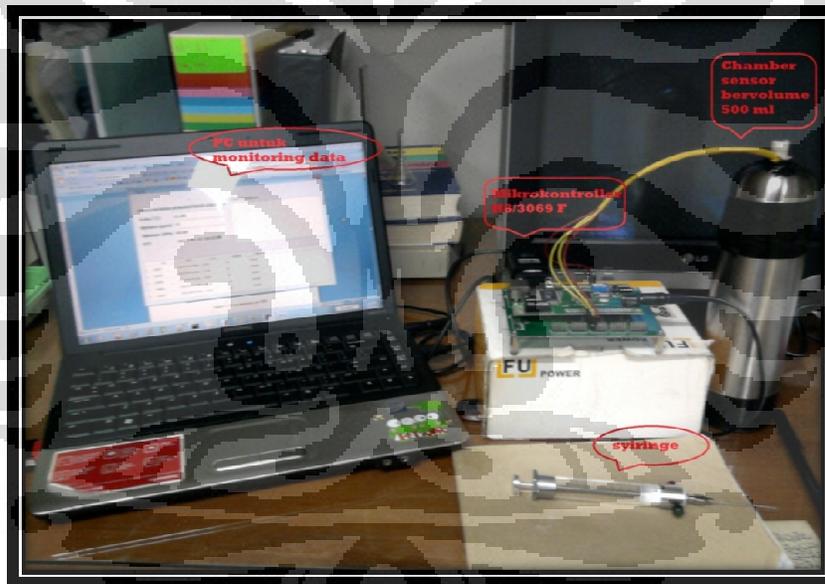


BAB III

PERANCANGAN ALAT

3.1 Perangkat Keras

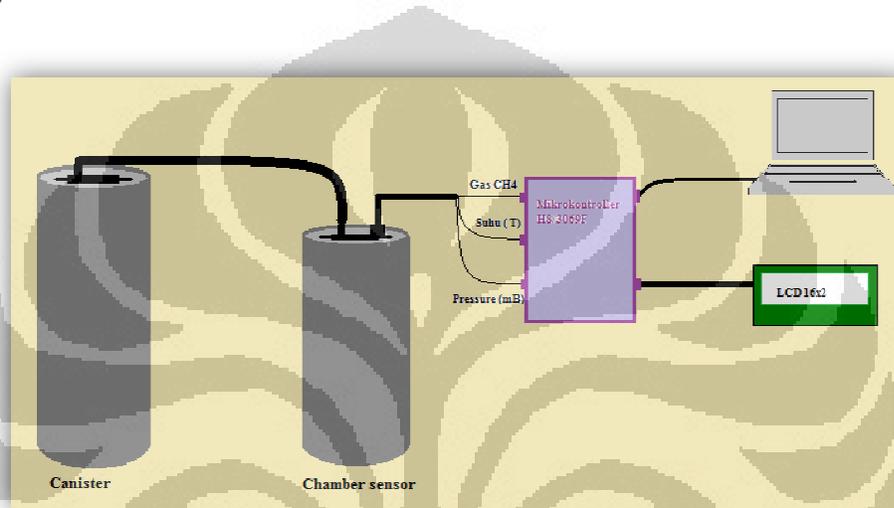
Pengukuran gas metana dengan menggunakan sensor gas Figaro TGS 2611 dilakukan di laboratorium. Sensor gas ditempatkan dalam chamber berbentuk tabung dengan volume 500 ml. Gas yang keluar dari dalam tabung canister kemudian ditampung dalam *gas trap* yang kemudian gas tersebut diambil dengan menggunakan *syringe* bervolume 11 ml dan selanjutnya gas dari *syringe* tersebut diinjeksikan ke dalam chamber untuk dihitung konsentrasinya. Sensor gas dihubungkan ke mikrokontroler untuk diolah sehingga outputnya berupa konsentrasi CBM dalam satuan persen.



Gambar 3.1 Integrasi komponen sistem

Perubahan konsentrasi gas metana akan menyebabkan perubahan resistansi sensor sehingga diperoleh output berupa beda potensial yang kemudian diolah menjadi besaran output digital oleh ADC pada mikrokontroler H8/3069F. Keluaran dari mikrokontroler tersebut akan berupa bentuk digital yang kemudian ditampilkan di LCD, GUI komputer dan data hasil pengukuran disimpan dalam database SQLite.

Parameter fisika seperti tekanan udara dan suhu diperhitungkan pada pengukuran ini. Tekanan udara dalam chamber diukur dengan menggunakan sensor MPXAZ4115A dengan jangkauan pengukuran tekanan dari 15 sampai 115 kPa dan untuk pengukuran temperatur menggunakan sensor DS18B20 yang merupakan thermometer digital *1-wire* dengan jangkauan pengukuran temperatur dari -55°C sampai 125°C . Skematik sistem ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut ini,

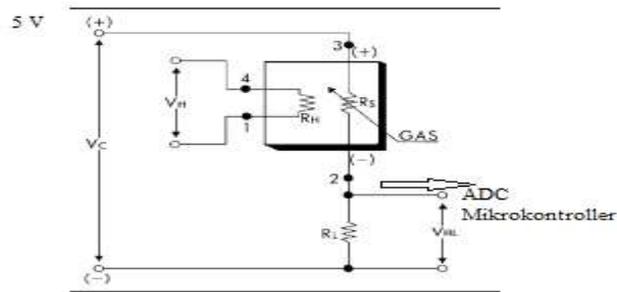


Gambar 3.2 Skematik Sistem Pengukuran Gas CBM

Untuk membaca sensor diperlukan suatu pengolah sinyal berupa ADC (*Analog Digital Conversion*). Pemrograman ADC dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman C. Keluaran dari ADC ini adalah data dalam bentuk digital berupa konsentrasi gas metana dalam satuan ppm dan tekanan dalam pascal. Untuk monitoring data, hasil ditampilkan dalam GUI yang langsung dapat dilihat saat running sampel. Selain itu, hasil pengukuran juga langsung tersimpan dalam database Pyside-Qt. Dimana data yang tersimpan mencakup seluruh parameter yaitu konsentrasi CBM, tekanan udara, suhu, dan waktu secara *realtime*.

3.1.1 Pengoperasian Sensor TGS 2611

Sensor Gas Metana TGS 2611 hanya membutuhkan 1 pin keluaran yang langsung diumpankan ke ADC mikrokontroler agar nilainya diubah kedalam bentuk digital.



Gambar 3.3 Rangkaian Sensor TGS 2611

Rangkaian sensor yang digunakan sangat sederhana karena hanya membutuhkan satu tambahan resistor beban sebagai pembagi tegangan. Besarnya nilai R_1 yang dipilih adalah 563 ohm, untuk menjaga power disipasi tidak melebihi 15 mW. Besarnya supply yang diberikan adalah 5 ± 0.2 volt.

3.1.2 Pengoperasian Sensor Temperatur DS18B20

Pengoperasian DS18B20 hanya membutuhkan 1 pin I/O mikrokontroler H8/3069F sebagai jalur data input dan output. Untuk mengaktifkan komunikasi DS18B20 secara *1 wire* dengan mikrokontroler H8/3069F maka peneliti mengisikan program dengan bahasa pemrograman C. Mode penyuplaian sensor DS18B20 yang digunakan dalam penelitian ini adalah mode konvensional, yang berarti penyuplaian diambil dari luar, dalam penelitian ini suplay diambil dari pin pada board H8 yang besar outputnya $\pm 5V$.

Karena sensor DS18B20 mempunyai 64 bit kode unik yang tersimpan dalam Rom, maka peneliti harus terlebih dahulu membaca kode dari sensor yang digunakan. 8 bit perama (LSB) merupakan kode family. 48 bit berikutnya adalah nomor serial dan 8 bit terakhir (MSB) adalah *byte Cyclic Redudancy Check* (CRC) yang dihitung dari 56 bit pertama pada ROM *code* ini. Selain itu, pada Gambar terlihat tulisan "*Sudah Mode 10 bit*". Hal ini berarti resolusi ADC internal DS18B20 dirubah ke dalam mode 10 bit. Gambar di bawah ini adalah hasil pembacaan kode dalam hyperterminal.

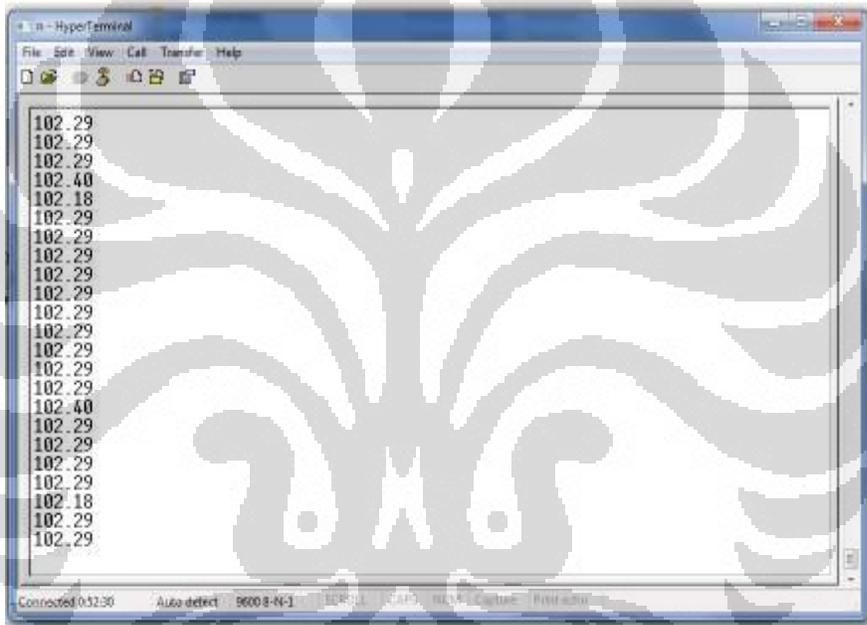
3.1.3 Pengoperasian Sensor Tekanan MPX4115A

Proses akuisisi tekanan udara pada penelitian ini menggunakan ADC internal mikrokontroler H8/3069F untuk mengubah keluaran analog dari sensor MPX agar menjadi keluaran digital.

Berikut ini adalah hasil pengujian output ADC yang terukur dari sensor MPX4115A. Berikut ini adalah fungsi transfer yang digunakan untuk mengubah data ADC menjadi satuan kPa.

$$Pressure = ((V_{out}/V_{in})+0.095)/0.009 \quad (3.1)$$

$$Pressure = ((analogRead/1023)+ 0.095)/0.009 \quad (3.2)$$



Gambar 3.6 Pengukuran tekanan udara dengan Sensor MPX4115A

3.2 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dipakai dalam penelitian ini adalah pemrosesan pada ADC pada Mikrokontroler H8/3069F, pemrograman bahasa C, dan PySide yang merupakan penggabungan Qt dan Python.

3.2.1 Konversi Analog ke Digital menggunakan ADC Mikrokontroler H8/3069F

Data hasil pembacaan sensor berupa sinyal analog sebelum diproses oleh sebuah processor terlebih dahulu di konversi menjadi data digital. Proses konversi

dilakukan oleh ADC (*Analog to Digital Converter*). ADC adalah suatu rangkaian yang berfungsi mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Pada penelitian ini digunakan ADC internal mikrokontroler H8/3069F. ADC ini adalah ADC 10 bit yang menggunakan metode *successive-approximations*. Mikrokontroler H8/3069F menyediakan delapan buah kanal input konversi.

ADC internal mikrokontroler H8/3069F memiliki empat buah data register yaitu ADDRA sampai ADDRD yang masing-masing merupakan 16 bit *read only register* yang menyimpan hasil konversi. Setiap konversi akan menghasilkan data 10 bit yang kemudian akan disimpan ke dalam data register bergantung kanal yang dipilih. ADC H8/3069F menyediakan delapan pin kanal input yang dibagi menjadi dua grup, yaitu :

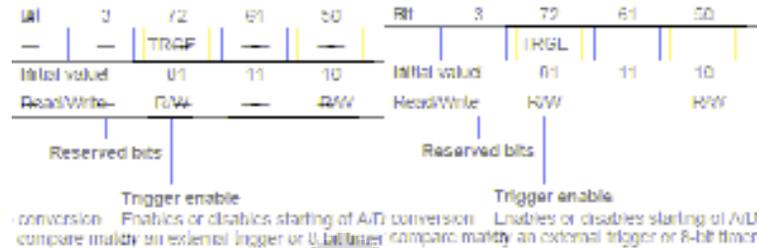
- a. Grup 0 : terdiri atas AN0-AN3, dan
- b. Grup 1 : terdiri atas AN4-AN7.

Tabel 3.1 Konfigurasi Pin ADC Internal Mikrokontoler H8/3069F

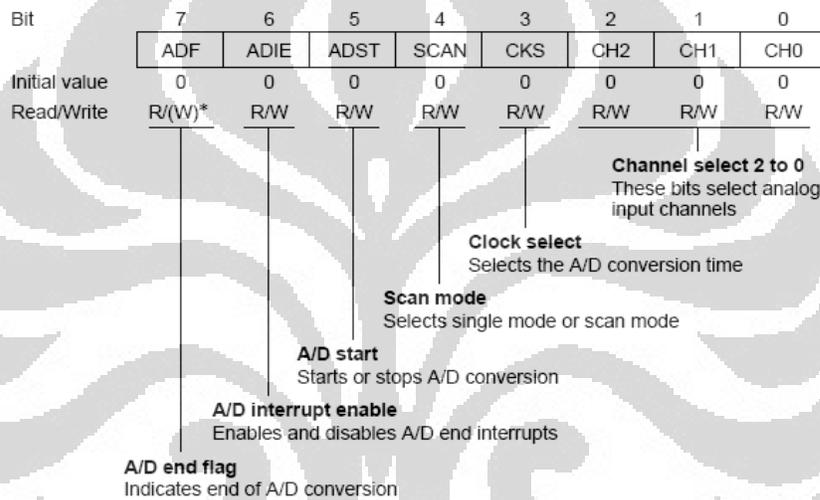
Pin	Simbol	I/O	Fungsi
Power suplai	AVcc	Input	Power suplai analog
Analog ground	Avss	Input	Analog ground
Tegangan referensi	Vref	Input	Tegangan referensi
Input analog 0	AN0	Input	Input analog grup 0
Input analog 1	AN1	Input	
Input analog 2	AN2	Input	
Input analog 3	AN3	Input	
Input analog 4	AN4	Input	Input analog grup 1
Input analog 5	AN5	Input	
Input analog 6	AN6	Input	
Input analog 7	AN7	Input	
Eksternal trigger	ADGRT	Input	Pemicu eksternal konversi

Dalam fungsi control ADC, mikrokontroler H8/3069F memiliki dua buah register, yaitu ADCR (*Analog to Digital Control Register*) dan ADCSR (*Analog to Digital Control/Status Register*). ADCSR adalah register *readable/writable* 8 bit yang berfungsi untuk memilih mode dan mengontrol konversi sedangkan ADCR adalah register *readable/writable* 8 bit yang berfungsi untuk mengaktifkan

eksternal trigger atau membandingkan konversi dengan timer 8 bit (Gambar 3.7 dan 3.8).



Gambar 3.7. *A/D Control Register (ADCR) H8/3069F.*



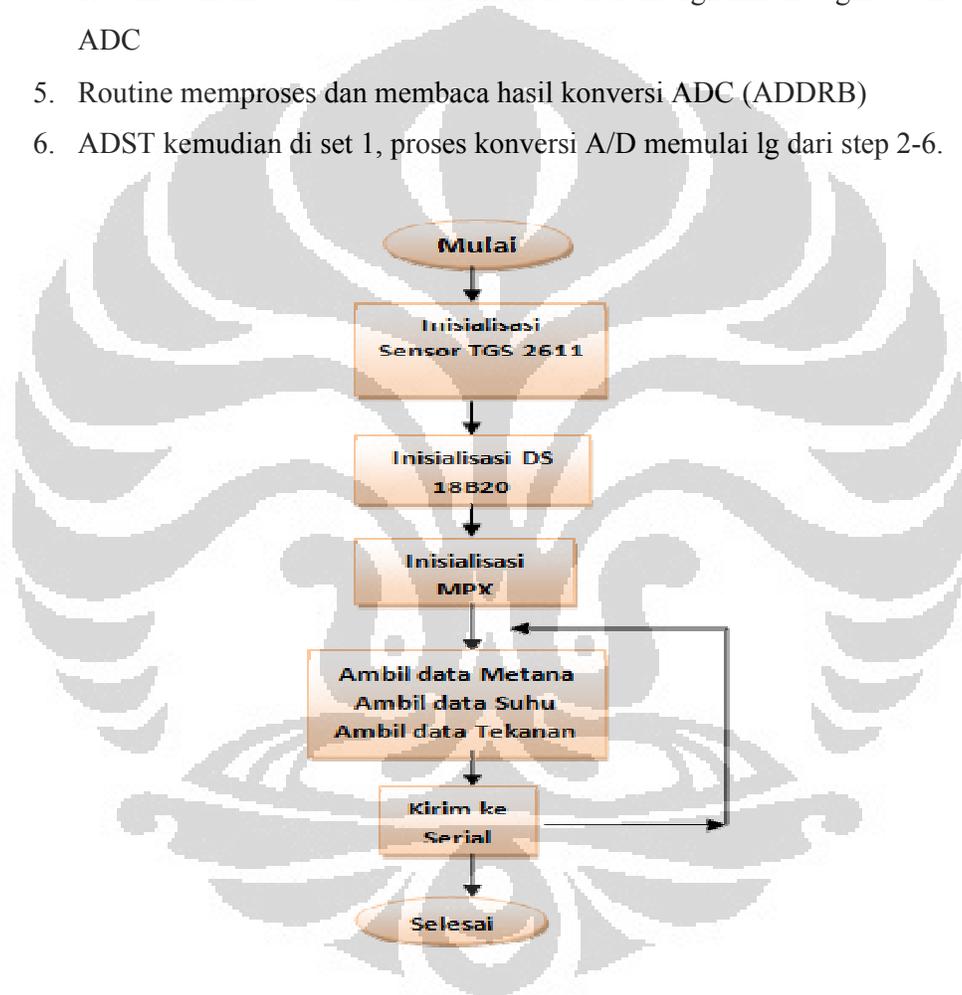
Note: * Only 0 can be written, to clear the flag.

Gambar 3.8. *A/D Control/Status Register (ADCSR) H8/3069F.*

3.2.2 Operasi ADC dengan Single Mode

Pengoperasian secara single mode dapat dipilih jika hanya dibutuhkan 1 atau dua channel ADC. A/D konversi dapat dimulai saat ADST di set ke 1. ADST akan menjaga nilai set 1 selama proses pengkonversian data berlangsung dan akan secara otomatis reset menjadi 0 jika proses pengkonversian sudah selesai. Jika proses konversi sudah selesai ADF akan berlogika set 1. Jika ADIE berlogika 1, ADI interrupt dibutuhkan untuk mengatur flag ADF ke 0, terlebih dahulu membaca ADCSR, kemudian menulis 0 pada ADF. Eksekusi jika channel 1 ADC yang digunakan,

1. memilih mode SCAN mode (SCAN=0), input channel AN1 dipilih, CH0 = 1, A/D interrupts enabled (ADIE =1), dan konversi A/D dimulai (ASDT =1)
2. setelah proses A/D konversi selesai, hasilnya akan ditransfer ke dalam ADDR0. Pada waktu yang sama ADF Flag di set 1, ADST clear 0, dan A/D konversi menjadi idle.
3. Jika ADF =1 dan ADIE = 1, ADI Interrupt dibutuhkan.
4. Routines membaca ADCSR kemudian akan mengirimkan logika 0 ke Flag ADC
5. Routine memproses dan membaca hasil konversi ADC (ADDR0)
6. ADST kemudian di set 1, proses konversi A/D dimulai lagi dari step 2-6.



Gambar 3.9. Diagram alir program utama.

3.2.3 Pemrograman Bahasa C

Perangkat lunak atau software yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemrograman bahasa c untuk mengontrol mikrokontroler H8/3069F dengan menggunakan interface 1-wire dan ADC. Pemrograman ADC internal pada mikrokontroler H8/3069F dibuat dengan menggunakan mode single mode.

..

Program sebelum dieksekusi terlebih dahulu di-compile menjadi file.mot dengan program WinAVR. Komunikasi dan pemrograman mikrokontroler H8/3069F dilakukan secara serial. Untuk memasukkan sebuah program ke dalam mikrokontroler H8/3069F, pertama-tama kita harus menghubungkan serial mikrokontroler dengan PC. Setelah itu, kita dapat memprogramnya dengan mencari file.mot yang sudah kita buat sebelumnya pada command prompt. Kemudian memprogramnya dengan menulis `h8write.exe -3069f -f20 (file.mot)`.

Sebelum melakukan *writing* ke modul mikrokontroler H8/3069F, aturlah posisi *DIP switch* ke mode-3 seperti pada Tabel 3.2 sebagai berikut,

Tabel 3.2 Posisi DIP Switch Mode-3

	Pin 1	Pin 2	Pin 3	Pin 4
ON	O	O		O
OFF			O	

```

C:\H8>cd renexan
C:\H8\RENECAB>cd ahuisini
C:\H8\RENECAB\ahuisini>h8write.exe -3069 -f20 main.mot con1
H8/3069F is ready! 2002/5/20 Yukio Hitosawa.
writing
WARNING:This Line doesn't start with"0".
Address Size seems wrong
WARNING:This Line doesn't start with"0".
Address Size seems wrong
.....
EEPROM writing is succeeded.
C:\H8\RENECAB\ahuisini>h8write.exe -3069 -f20 test.mot con1
H8/3069F is ready! 2002/5/20 Yukio Hitosawa.
writing
WARNING:This Line doesn't start with"0".
Address Size seems wrong
WARNING:This Line doesn't start with"0".
Address Size seems wrong
.....
EEPROM writing is succeeded.
C:\H8\RENECAB\ahuisini>

```

Gambar 3.10. Langkah-langkah *writing* Program ADC internal

Setelah melakukan *writing* ubahlah posisi *DIP switch* ke mode-7 untuk melakukan *reading* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.3,

Tabel 3.3 Posisi DIP Switch Mode-7

	Pin 1	Pin 2	Pin 3	Pin 4
ON	O	O	O	
OF				O

3.2.4 Penyimpanan Database

Database yang digunakan untuk menampung data dari sensor gas, suhu dan tekanan serta waktu realtime adalah SQLite Pyside. PySide merupakan software open source yang berbasis python untuk kerangka Qt. PySide adalah penggabungan Qt dan Python. Pyside memberikan kemudahan untuk mengembangkan aplikasi platform dengan menggunakan kerangka Qt dan bahasa python yang cocok untuk semua sistem operasi.

Pyside menyediakan modul QtSql yang merupakan *interface* untuk mengakses *library* database. Modul QtSql mengandung *class-class* yang terintegrasi dengan Database SQL. Salah satu *class* yang disediakan adalah QSqlQueryModule, *class* tersebut dipilih jika database yang ingin diakses terhubung dengan GUI. Database membutuhkan *driver* untuk dapat diakses. Untuk windows, *driver* yang digunakan adalah ODBC. ODBC adalah *Open Database Conectivity* yang merupakan aplikasi yang memudahkan python terhubung dengan database pada windows.

Data yang telah tersimpan dalam database adalah besarnya nilai satuan konsentrasi metana dalam ppm, suhu dalam celcius dan tekanan dalam kPa serta waktu pengambilannya. Data ini kemudian dapat disimpan di dalam memori komputer, baik komputer yang langsung dihubungkan dengan sistem akuisisi (komputer lokal) maupun komputer server yang memiliki jaringan dengan komputer lokal.

ID	Name	Address	Phone Number
2003-09-10 11:03:00	29.00	29	101.30
2003-09-15 12:02:40	29.00	26	101.29
2003-03-11 11:05:41	29.00	28	99.39
2003-09-15 11:03:00	29.00	29	102.07
2003-09-15 11:03:40	29.00	29	101.52
2003-09-15 11:03:44	29.00	29	102.40
2003-09-15 11:03:49	29.00	29	101.96
2003-09-15 12:02:40	29.00	27	101.01
2003-03-11 11:05:47	29.00	29	101.85
2003-09-15 11:03:00	29.00	29	102.07
2003-09-15 11:03:40	29.00	27	101.96
2003-09-15 11:03:00	29.00	27	101.99
2003-09-15 11:03:01	29.00	29	102.07
2003-09-15 12:02:41	29.00	26	101.96
2003-03-11 11:05:41	29.00	29	101.99
2003-09-15 11:03:00	29.00	29	101.01
2003-09-15 11:03:00	29.00	29	101.96
2003-09-15 11:03:05	29.00	29	102.07
2003-09-15 11:03:06	29.00	27	101.96
2003-09-15 11:03:07	29.00	25	99.80
2003-03-11 11:05:08	29.00	25	102.07
2003-09-15 11:03:08	29.00	29	102.07
2003-09-15 11:03:00	29.00	25	101.85
2003-09-15 11:04:01	29.00	29	101.96

Gambar 3.11 Tampilan Database SQLite pada Ms Access

Sistem database ini lebih mudah dalam penggunaannya, dapat langsung diakses karena langsung tersimpan dalam file Ms Access tanpa perlu koneksi ke domain apapun. Beberapa hal yang perlu dilakukan sebelum mengakses database adalah:

- Memilih driver yang akan digunakan, salah satunya adalah SQLite, yang paling umum digunakan karena ringan dan praktis
- Set database yang digunakan
- Open database

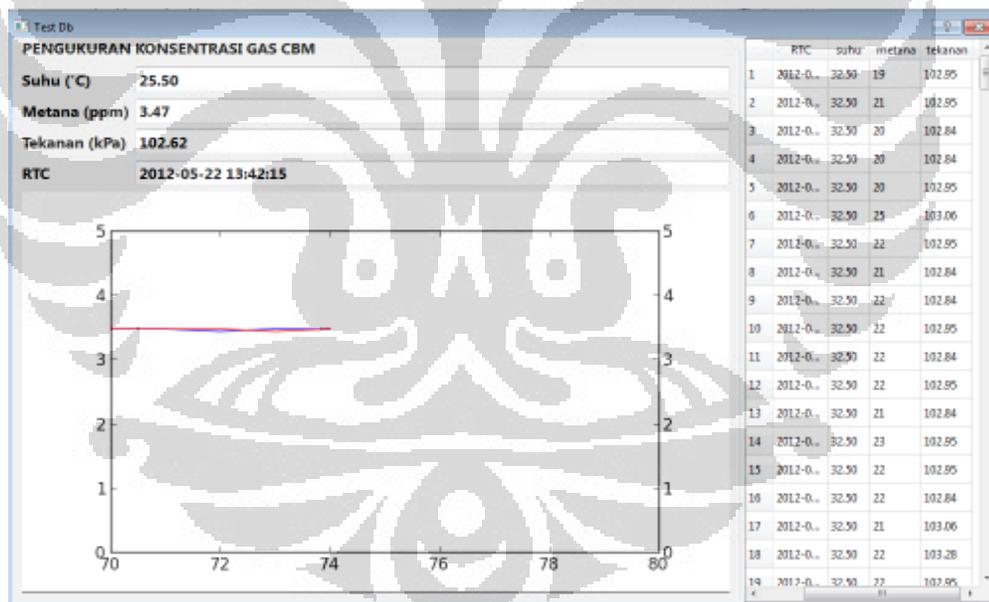
Berikut ini adalah beberapa keunggulan SQLite :

- Didukung program-program umum seperti C, C++, Java, Perl, PHP, Python, TCL APIs dls.
- Bekerja pada berbagai platform. (tersedia berbagai versi untuk berbagai sistem operasi).
- Memiliki jenis kolom yang cukup banyak sehingga memudahkan konfigurasi sistem database.
- Mendukung record yang memiliki kolom dengan panjang tetap atau panjang bervariasi.

3.2.5 GUI Python

Monitoring data secara langsung dapat dilihat dalam tampilan GUI (*Graphical User Interface*). Data yang sebelumnya diterima oleh sensor kemudian diolah oleh mikrokontroler H8 dan hasilnya ditampilkan dalam GUI. Hasil keluaran dari sensor ditampilkan dalam program GUI dengan menggunakan kurva persamaan dari masing-masing pengujian sensor yang diperoleh dari hasil kalibrasi sensor. Tampilan GUI menggunakan bahasa Python, yang dikategorikan sebagai bahasa tingkat tinggi.

Library yang digunakan pada penelitian ini adalah Library Qt. Qt adalah aplikasi *cross platform* dan kerangka UI yang memungkinkan untuk menulis aplikasi sekali saja dan menyebarkannya kedalam banyak sistem operasi tanpa harus menulis ulang *source code*. Berikut adalah gambar tampilan GUI yang telah dibuat.



Gambar 3.12. Tampilan GUI (*Graphical User Interface*).

Parameter suhu, tekanan, konsentrasi metana dan waktu real time langsung dapat dimonitoring di GUI. Grafik akan menampilkan hasil pembacaan konsentrasi metana yang ditandai dengan warna merah dan nilai referensi adalah berwarna biru. Sumbu x merupakan waktu dalam sekon.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

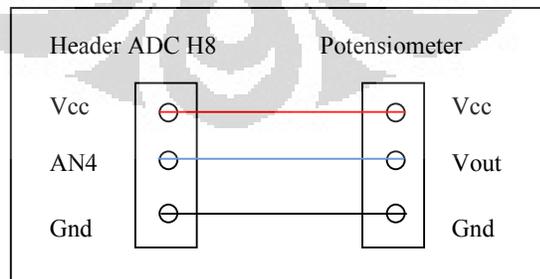
4.1 Pengujian Blok Sensor

Pada sistem pengukuran konsentrasi gas metana terdiri dari blok sensor, pengkondisi sinyal yang berupa Analog Digital Converter (ADC) internal dan mikrokontroler H8. Sebelum sistem siap digunakan, maka perlu dilakukan pengujian terhadap alat-alat pendukung sistem serta analisa data untuk mengetahui apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak. Dalam proses perancangannya pertama-tama dilakukan pengujian terhadap masing-masing blok untuk mendapatkan karakteristik dan menguji fungsi blok tersebut. Pengujian tersebut meliputi

1. Uji linearitas rangkaian ADC internal 10 bit mikrokontroler H8/3069F.
2. Uji rangkaian sensor gas metana TGS 2611
3. Uji rangkaian sensor temperatur DS18B20
4. Uji rangkaian sensor tekanan MPXAZ4115A

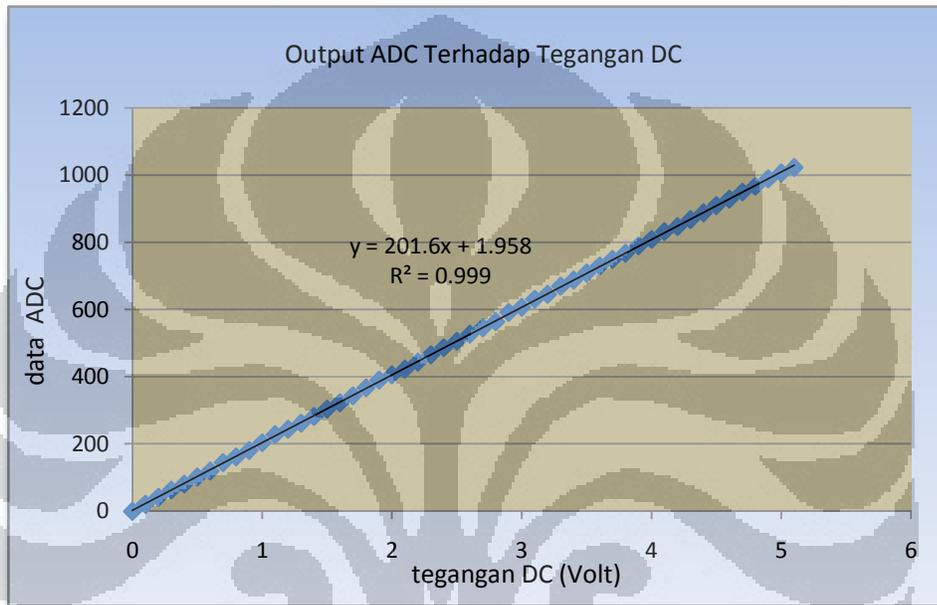
4.1.1 Pengujian Linearitas ADC

Pengujian linearitas ADC dengan menggunakan tegangan DC dengan range tegangan input dari 0 – 5 volt. Dari hasil pengujian diperoleh hubungan antara output ADC dengan kenaikan tegangan input adalah hubungan yang linear. Pengujian dilakukan dengan menambahkan potensiometer 10 k Ω yang dihubungkan ke pin mikrokontroler H8/3069F.



Gambar 4.1. Interkoneksi ADC Mikrokontroler H8/3069F dengan Potensiometer.

Potensiometer diatur untuk mendapatkan variasi tegangan output dari 0 volt hingga 5 volt. Kemudian potensiometer diatur kembali untuk mendapatkan tegangan output maksimum (5 volt) hingga tegangan output minimum (0 volt). Adapun tegangan referensi ADC adalah 5.2 volt. Gambar di bawah ini adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara kenaikan tegangan DC dengan nilai ADC.



Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Output ADC dengan Tegangan DC.

Grafik diatas menunjukkan bahwa output yang dihasilkan linear dengan input yang diberikan. ADC internal mikrokontroller H8/3069F memiliki resolusi 10 bit. Hal ini berarti ADC tersebut dapat menghasilkan output 10 kode digital. Nilai ADC maksimum dari mikrokontroller H8/3069F adalah 1023. Hal ini berarti ADC ini memiliki sensitivitas $5.2/1023 \approx 0.005$ V. Adapun tegangan output yang keluar dari sensor akan menjadi tegangan input untuk ADC H8/3069F. Berikut ini adalah persamaan matematis untuk mengetahui tegangan input ADC.

$$\text{Tegangan input} = \frac{\text{nilai ADC}}{2^n} \times \text{tegangan referensi ADC} \quad (4.1)$$

$$\text{Tegangan input} = \frac{\text{nilai ADC}}{2^{10}} \times 5.2 \text{ volt}$$

..

$$\% \text{ penyimpangan} = \left| \frac{\text{teg.input DC} - \text{teg.input ADC}}{\text{teg.input DC}} \right| \times 100\% \quad (4.2)$$

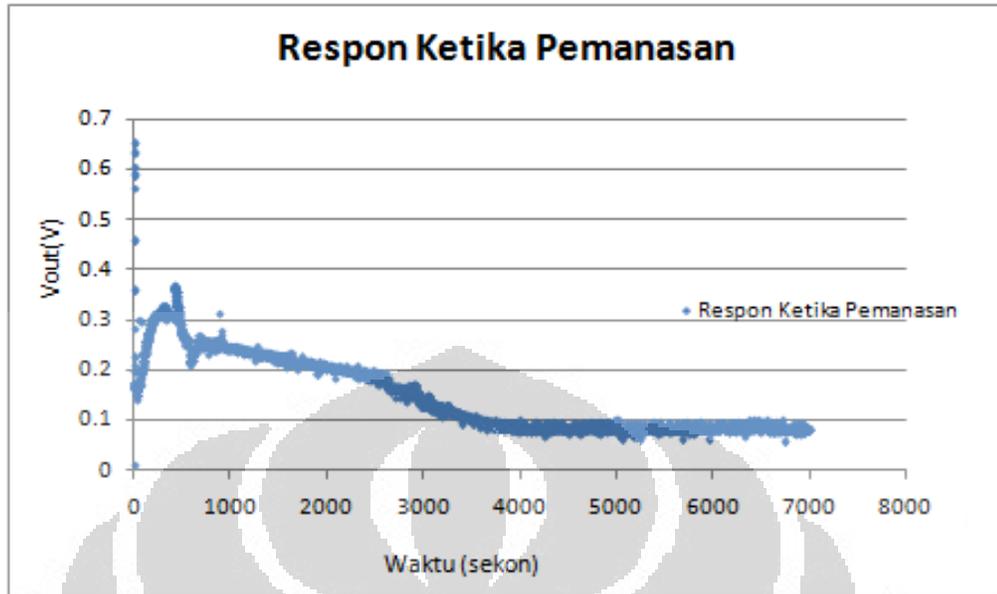
Besar penyimpangan tegangan input DC terhadap tegangan input ADC yang diperoleh dari persamaan (4.2) didapat sebesar 3.09%. Besar penyimpangan tersebut diperoleh dari persamaan (4.3).

4.1.2 Pengujian Rangkaian Sensor Gas TGS 2611

Rangkaian sensor yang dibuat merupakan rangkaian pembagi tegangan antara resistansi beban terhadap resistansi sensor yang berubah-ubah terhadap konsentrasi gas CBM. Besarnya hambatan RI yang diberikan yaitu 563 Ω dengan tegangan Vcc sebesar 5 Volt. Sebelum dilakukan pengujian sensor, terlebih dahulu sensor harus dikondisikan dengan melakukan preheating test selama ≥ 48 jam pada temperatur ruangan 20-25°C sesuai dengan prosedur yang tertulis pada datasheet. Preaheting test ini dilakukan untuk mengkondisikan sensor sebelum digunakan, menyesuaikan temperature agar sesuai daerah kerjanya dan menstabilkan tegangan keluaran saat sensor belum mendeteksi adanya gas metana.

Setelah melakukan *preheating test*, kemudian dapat dilakukan pengujian sensor dengan memberikan injeksi berupa gas metana atau gas-gas lain untuk mengetahui karakteristik sensor terhadap gas yang dideteksi dan kemudian melihat respon sensor yang ditandai adanya perubahan tegangan output yang dihasilkan sensor. Pengujian karakteristik sensor dilakukan didalam chamber berbentuk tabung dengan volume 500ml dan dijaga terisolasi dari udara luar. Pada saat pengujian sensor, temperatur dalam chamber dijaga sesuai dengan temperatur ruangan.

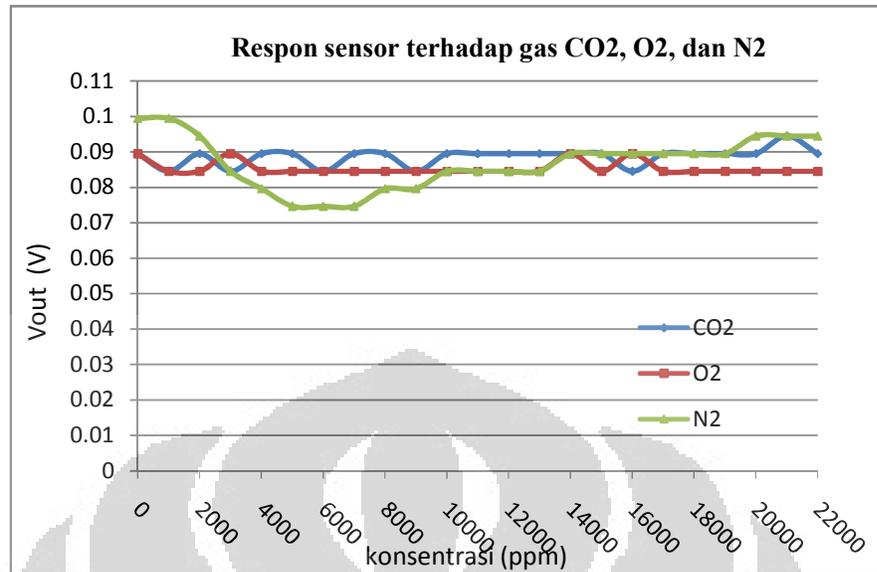
Karakterisasi sensor meliputi waktu awal pemanasan sensor, jangkauan pengukuran masukan dan keluaran serta kalibrasi. Dari hasil yang diperoleh, untuk *respon time* sensor saat pemanasan dapat dilihat pada grafikberikut ini,



Gambar 4.3. Respon Sensor Ketika Pemanasan

Dari grafik diatas diperoleh bahwa waktu yang dibutuhkan sensor untuk pemanasan sampai tegangan awal stabil yaitu \pm 3700 sekon dengan tegangan keluaran awal adalah 0.09 Volt. Waktu selama itu dibutuhkan sensor untuk memanaskan elemen sensing, sehingga sensor dapat bekerja secara optimal.

Karena *background* dari sensor adalah udara, maka terlebih dahulu sensor diuji dengan gas nitrogen, oksigen dan karbondioksida yang merupakan komposisi terbesar udara untuk mengetahui ada tidaknya respon yang dihasilkan sensor. Pengujian dilakukan dalam chamber sampai kadar gas tersebut dalam chamber adalah sebesar 22000 ppm atau injeksi gas tersebut sebanyak 11 ml. Pengujian tersebut dilakukan sebanyak empat kali pengulangan untuk setiap gas. Kemudian dari data yang diperoleh dibuat rata-rata sehingga didapat data seperti pada gambar grafik berikut ini,



Gambar 4.4. Respon sensor terhadap gas di udara

Dari grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa sensor TGS 2611 tidak merespon gas- gas oksigen, nitrogen dan karbondioksida karena tegangan output dari sensor tetap pada kondisi awalnya, yaitu ± 0.09 Volt. Oleh karena itu, background udara lingkungan dapat digunakan untuk melakukan pengukuran karena tidak akan mempengaruhi keluaran sensor sampai pada batas pengukuran maksimum 11 ml.

4.1.3 Kalibrasi Sensor Temperatur DS18B20

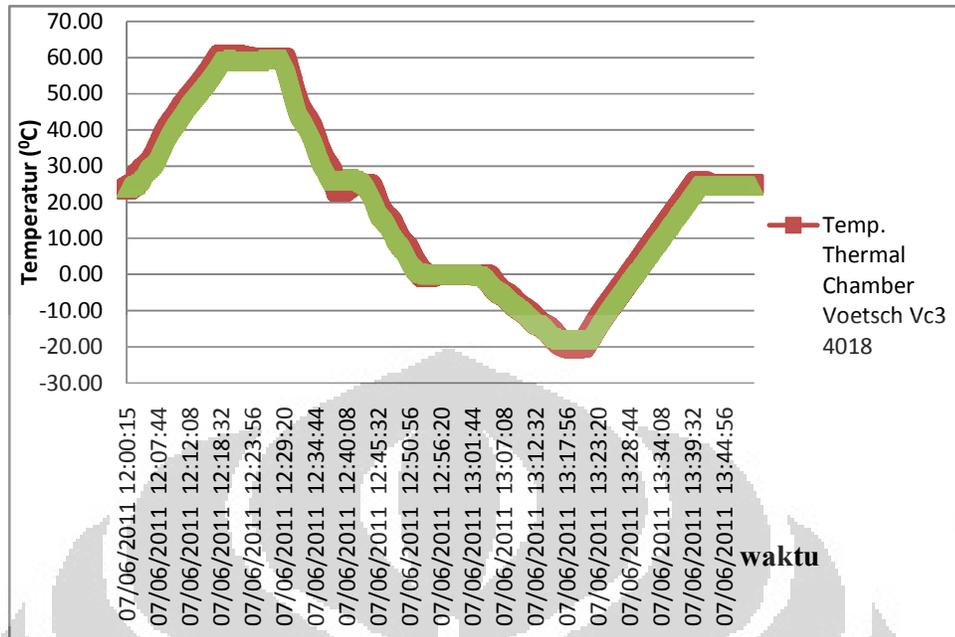
Proses kalibrasi DS18B20 dilakukan dengan membandingkan hasil temperatur yang terbaca oleh sensor dengan temperatur target (*set point*) pada alat standar yaitu, *thermal chamber*. *Thermal chamber* yang digunakan sebagai pembanding adalah *thermal chamber* Vötsch VC³ 4018 yang memiliki rentang temperatur -40°C sampai $+140^{\circ}\text{C}$. *Thermal chamber* ini terdiri atas 3 rak, sehingga memudahkan untuk peletakan sensor DS18B20 (Gambar 4.5.).



Gambar 4.5. *Thermal Chamber* Vötsch VC³ 4018.

Selama proses kalibrasi berlangsung, setiap 6 menit sekali, temperatur target diubah per satu derajat celcius. Sebelum proses kalibrasi dilakukan, sensor DS18B20 terlebih dahulu diposisikan pada rak tengah dari *thermal chamber* Vötsch VC³ 4018. Setelah itu, temperatur target awal diatur pada 25°C. Kemudian temperatur dinaikkan hingga mencapai 60°C. Setelah mencapai 60°C, temperatur diturunkan hingga -20°C. Proses kalibrasi diakhiri dengan menaikkan temperatur dari -20°C hingga kembali ke temperatur awal, yakni pada saat 25°C.

Berikut ini adalah perbandingan hasil temperatur yang terbaca oleh sensor DS18B20 dengan temperatur target yang diatur pada *Thermal Chamber* Vötsch VC³ 4018.



Gambar 4.6. Hasil Perbandingan Pengukuran Temperatur dari DS18B20 dan *Thermal Chamber* Vötsch VC³ 4018

Dari grafik diketahui, bahwa terdapat perbedaan temperatur yang terbaca oleh DS18B20 dengan hasil temperatur target dari *thermal chamber* Vötsch VC³ 4018. Beda temperatur terukur ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Beda Temperatur Terukur DS18B20 dengan *Thermal Chamber* Vötsch VC³ 4018 tiap 6 menit

No	Temperatur rata-rata per 6 menit (°C)
1	-0.4
2	-0.2
3	-0.5
4	-1.3
5	-0.4
6	-0.2
7	1.5
8	-0.1
9	0.1
10	0.1
11	0.0
12	0.2
13	0.8
14	0.9
15	0.1

16	-0.2
17	-0.5
18	-0.5
19	-0.5

Akurasi untuk sensor DS18B20 adalah $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada rentang -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$. Namun, dari Gambar 4.2 dan Tabel 4.1, diketahui bahwa terdapat beda temperatur yang melebihi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Anomali ini pertama kali terjadi pada temperatur 60°C dengan beda temperatur mencapai -1.3°C . Kedua, pada penurunan temperatur mulai dari 28°C hingga 25°C dengan beda temperatur mencapai 1.5°C . Ketiga terjadi pada kenaikan temperatur mulai dari 18°C hingga 25°C .

Besarnya beda temperatur yang melebihi akurasi sensor DS18B20 untuk rentang -10°C hingga $+60^{\circ}\text{C}$, dapat dikarenakan *error* yang terjadi pada proses komunikasi *1-wire*. Pembacaan temperatur dan konversinya dilakukan berturut-turut berdasarkan protokol BEh dan 44h. Terdapat kemungkinan, *convert T master* mengganggu proses pengkonversian telah selesai sebelum waktunya, sehingga DS18B20 mengirimkan bit 1 ke mikrokontroler H8/3069F. Sedangkan ketika terjadi penurunan temperatur hingga -20°C , beda temperatur mencapai 0.8°C hingga 0.9°C . Hal ini dikarenakan, akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ hanya untuk rentang temperatur -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$.

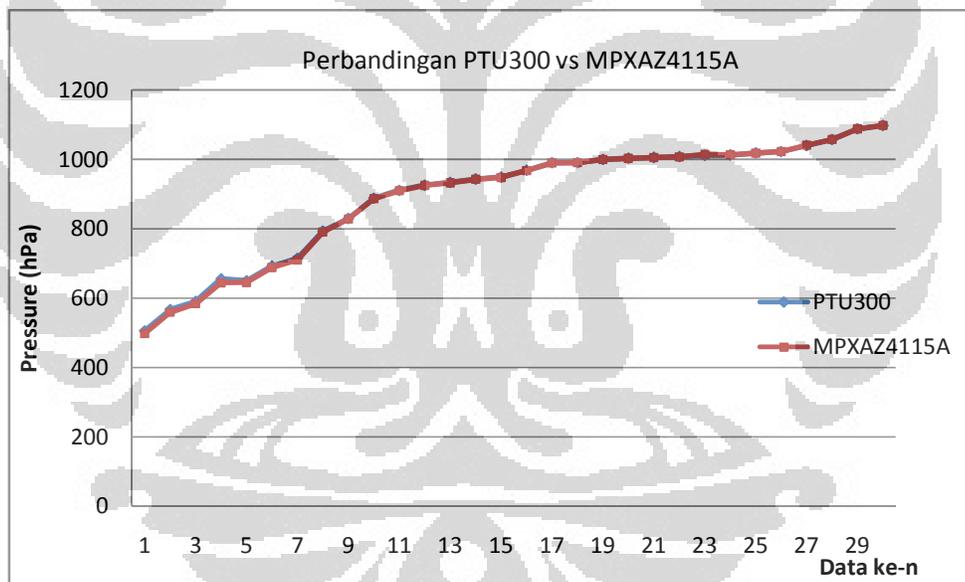
4.1.4 Kalibrasi Sensor Tekanan MPXAZ4115A

Kalibrasi sensor tekanan dengan menggunakan alat pembanding standar yaitu Barometer PTU 300. Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan tekanan udara dari 505 hPa (50.5 kPa) sampai dengan 1097 hPa (109.7 kPa). Pengambilan data dilakukan sebanyak 30 kali, dan masing-masing data diambil sebanyak 4 kali kemudian nilai tersebut dirata-rata.



Gambar 4.7 PTU 300 Barometer

Grafik hasil perbandingan Barometer PTU300 dengan sensor gas tekanan MPXAZ4115A adalah seperti pada gambar berikut ini,



Gambar 4.8 Grafik kalibrasi MPXAZ4115A terhadap Barometer PTU 300

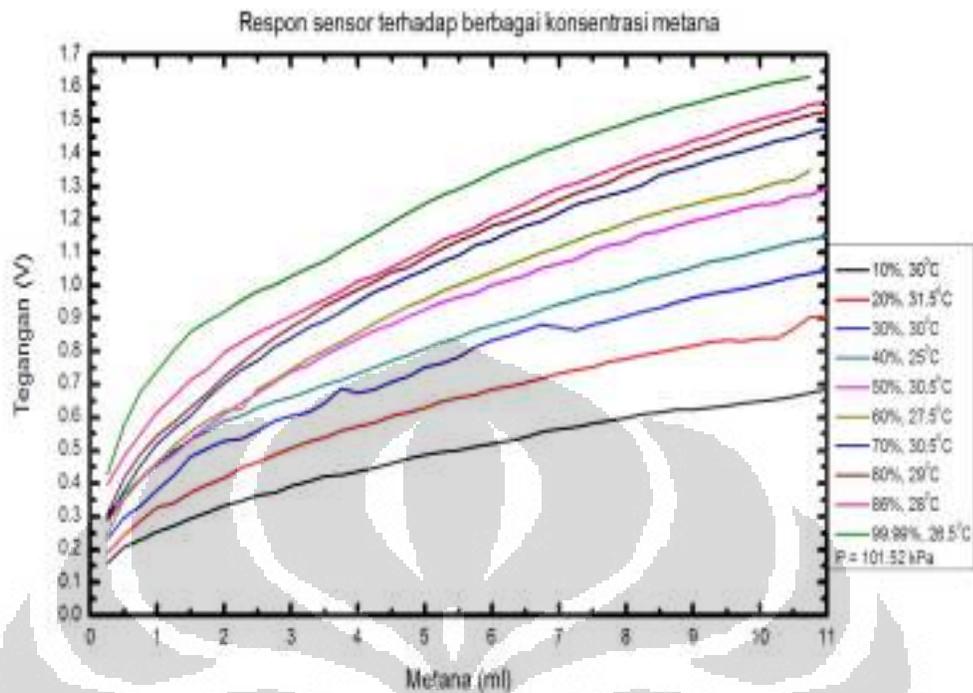
Dari Grafik diatas dapat dilihat bahwa keluaran dari sensor MPXAZ4115A nilainya selalu berhimpit dengan Barometer PTU300 pada besar tekanan yang diukur. Hal ini membuktikan bahwa sensor MPX yang digunakan mempunyai keakuratan yang baik, dimana diperoleh persentase penyimpangan sebesar 0.3 % hPa.

4.2 Analisis Hasil Pengukuran Konsentrasi CBM

Setelah dilakukan serangkaian pengujian dan kalibrasi sensor. Diperoleh karakteristik dari masing-masing sensor. Langkah selanjutnya adalah pengambilan data konsentrasi metana untuk membuat kurva kalibrasi sensor. Kurva kalibrasi sensor dibuat dengan membandingkan antara konsentrasi metana dan tegangan keluaran yang dihasilkan sensor. Perlakuan yang diberikan terhadap sensor adalah dengan menginjeksikan gas metana *Ultra High Purity* (UHP) dengan kemurnian 99.99% sebanyak 11 ml dalam chamber sensor bervolume 500 ml dengan menggunakan *syringe*. Injeksi gas metana dilakukan secara bertahap setiap 0.25 ml dengan tujuan agar pengukuran sensitivitas sensor dapat lebih diketahui secara akurat. Proses pengambilan data dilakukan sebanyak empat kali pengulangan kemudian diperoleh nilai rata-ratanya untuk mengetahui tingkat presisi dari pengukuran.

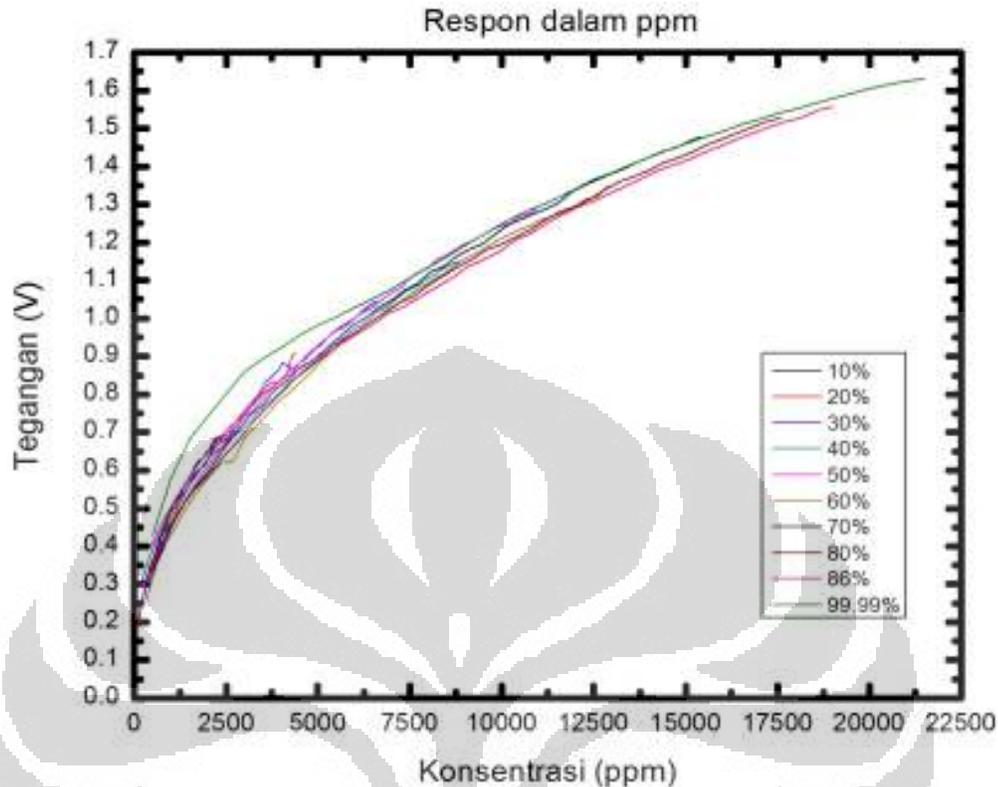
Respon yang dihasilkan sensor adalah perubahan tegangan keluaran dimana kenaikan jumlah metana yang diinjeksikan akan menyebabkan kenaikan nilai tegangan keluarannya. Kemudian perlakuan yang sama juga diberikan terhadap sensor adalah dengan menginjeksikan berbagai konsentrasi metana dari 10% sampai 86% untuk mengetahui respon sensor terhadap perubahan konsentrasi gas metana yang diukur. Metana 86% adalah kandungan metana dalam gas standar, dimana gas standar merupakan gas yang sudah diketahui komposisi kandungannya, seperti Nitrogen 0.49%, Karbondioksida 3.51%, Etana 6%, Propane 1.8%, Iso-butana 0.6%, Normal butana 0.5%, Iso pentana 0.1%, Normal pentane 0.2%, Normal tar 0.41% dan Metana 86.39%.

Gambar grafik berikut ini menunjukkan respon yang dihasilkan sensor dengan berbagai konsentrasi metana yang diinjeksikan kedalam chamber. Data CBM diambil pada tekanan udara dalam chamber adalah sebesar 101.52 kPa, dengan temperatur yang berbeda pada setiap kali pengukuran.



Gambar 4.9. Grafik respon sensor terhadap berbagai konsentrasi gas metana

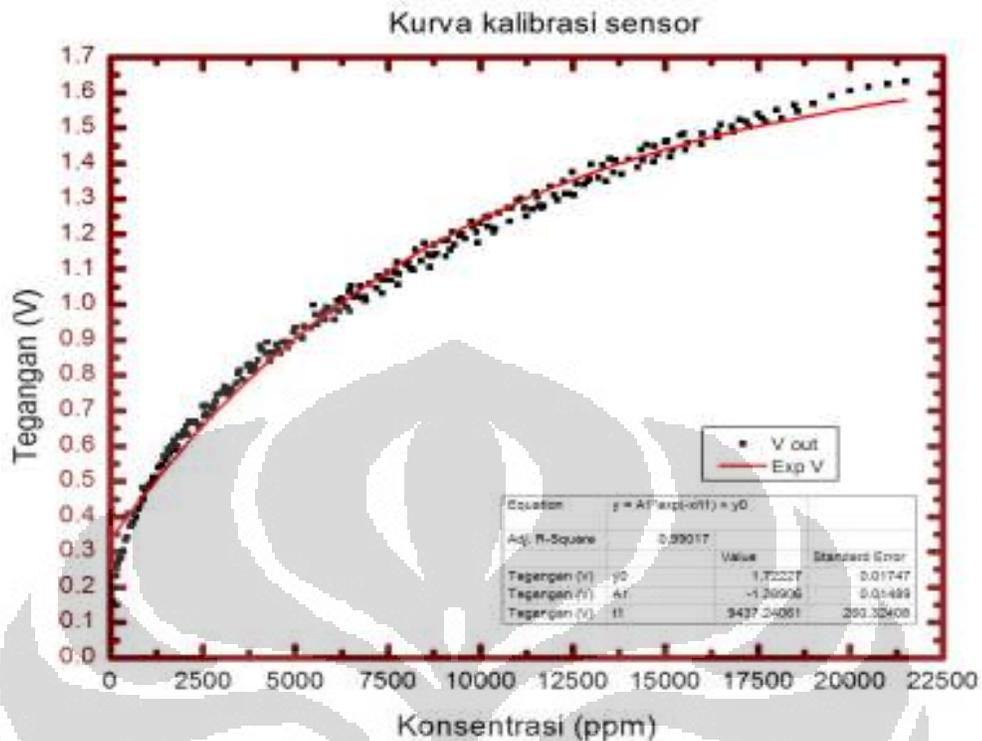
Jika dilihat konsentrasi metana yang diinjeksikan menurut kadar ppm-nya, maka jangkauan pengukuran yang paling besar adalah saat diberikan injeksi metana dengan konsentrasi 99.99% sebesar 11 ml, sehingga konsentrasi dalam chamber adalah sebesar 22000 ppm, sedangkan pengukuran terkecilnya adalah saat diinjeksikan metana 10% sebanyak 0.25 ml atau 50 ppm. Respon dari sensor akan menunjukkan kedekatan nilai tegangan output yang dihasilkan untuk deteksi konsentrasi pada besar yang sama, dan akan berhimpit pada satu nilai seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Respon tegangan keluaran sensor berdasarkan kadar gas metana dalam ppm

Kurva diatas menunjukkan keberhimpitan nilai-nilai tegangan keluaran yang dihasilkan sensor pada deteksi konsentrasi metana dengan jangkauan 50ppm sampai 22000 ppm. Penyimpangan paling besar terlihat saat pengukuran metana 99.99% dari 1000 ppm sampai 7000 ppm. Kemungkinan terbesar akibat penyimpangan adalah saat pengambilan nilai *offset* tegangan keluaran sensor sebelum deteksi gas metana, sehingga nilai keluaran sensor belum stabil akibatnya cenderung lebih tinggi dan mulai stabil saat pengukuran sudah 7000 ppm.

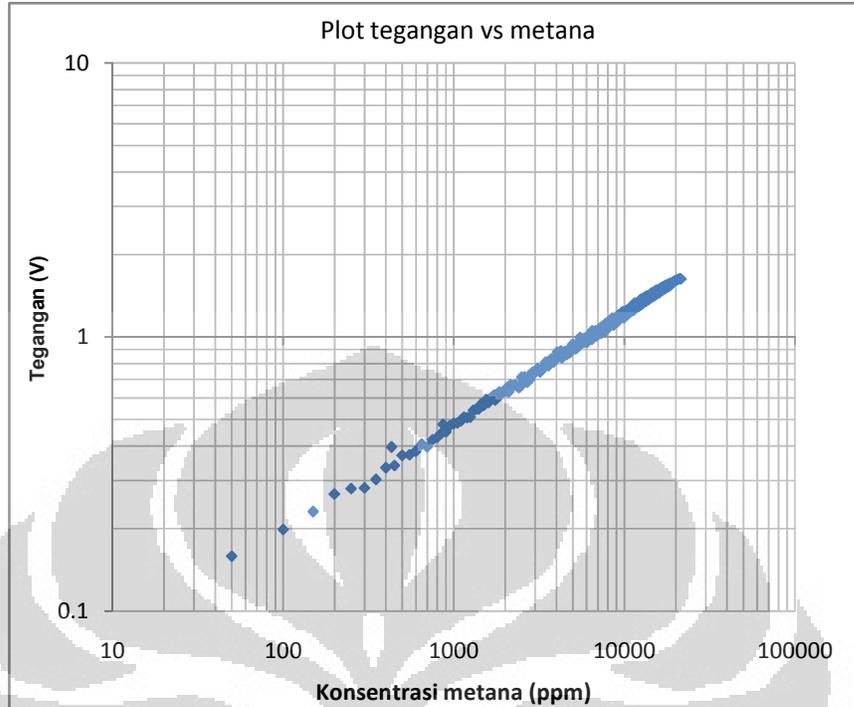
Kemudian dari grafik variasi beberapa konsentrasi tersebut dibuat nilai rata-rata setiap 50 ppm untuk kemudian dijadikan acuan sebagai kurva kalibrasi untuk pengukuran konsentrasi gas CBM. Hasil plot kurva kalibrasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.10. Plot kurva kalibrasi yang dilakukan mencakup pengukuran konsentrasi diluar jangkauan ideal sensor yaitu kurang dari 500 ppm dan diatas 10000 ppm. Hal ini dilakukan untuk melihat respon dan karakteristik sensitivitas sensor diluar jangkauannya idealnya.



Gambar 4.11. Kurva kalibrasi sensor

Dari hasil plot kurva kalibrasi sensor terlihat pada gambar grafik 4.11 respon yang dihasilkan sensor adalah tidak linear atau exponential untuk jangkauan pengukuran 50ppm sampai 22000ppm. Respon yang dihasilkan sesuai dengan karakteristik sensitivitas sensor pada datasheet, hanya saja pada grafik kurva kalibrasi yang digunakan adalah tegangan keluaran sensor terhadap konsentrasi dalam ppm. Dari grafik kurva kalibrasi tersebut dapat dilihat untuk nilai konsentrasi gas metana dibawah 500 ppm, deviasi pengukuran cukup besar terhadap persamaan kalibrasinya. Begitupun untuk konsentrasi gas metana diatas 17000 ppm. Oleh karena itu, pengukuran sensor dianggap terbaik pada pengukuran konsentrasi metana antara 500 ppm sampai 17000 ppm.

Grafik berikut adalah hasil fitting kurva kalibrasi dengan menggunakan skala logaritmik,



Gambar 4.12. Plot Kurva Kalibrasi Sensor Dengan Skala Logaritmik

Dari grafik tersebut, sehingga terlihat *fitting* linear hubungan antara tegangan terhadap konsentrasi gas metana dalam ppm, seperti grafik sensitivitas yang diperoleh pada *datasheet* sensor.

Sensitivitas sensor yang diperoleh adalah rasio 1:3 terhadap resistansi sensor. Dari hasil pengukuran, sensitivitas diukur dari perbandingan resistansi saat 19800 ppm dan 6600 ppm. Sehingga besarnya sensitivitas diperoleh adalah,

$$S = \frac{R_s(19800 \text{ ppm})}{R_s(6600 \text{ ppm})} \quad (4.3)$$

$$S = \frac{1191.99 \text{ ohm}}{2191.4 \text{ ohm}} = 0.54 \pm 0.05$$

Sebagai pembandingan terhadap sensitivitas ideal sensor, maka dicari nilai sensitivitas sensor dengan membandingkan resistansi sensor saat 9000 ppm dan 3000 ppm.

$$S = \frac{R_s(9000 \text{ ppm})}{R_s(3000 \text{ ppm})} \quad (4.4)$$

$$S = \frac{1822.59 \text{ ohm}}{3190.33 \text{ ohm}} = 0.57 \pm 0.05$$

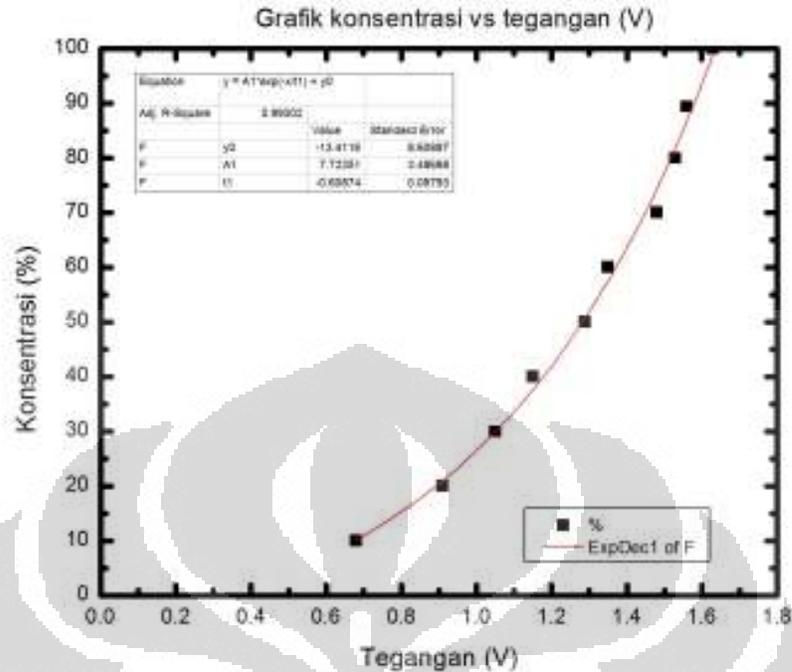
Besar sensitivitas yang diperoleh pada sensor ideal adalah 0.6 ± 0.06 , yang artinya sensitivitas yang diperoleh pada pengukuran menunjukkan nilai toleransi yang masih dalam jangkauan sensitivitas sensor ideal. Ketidaksamaan nilai ini bisa disebabkan karena model injeksi gas atau chamber yang digunakan berbeda dengan model ideal, kemudian volume chamber yang digunakan tidak sama dengan ideal akibatnya berpengaruh pada distribusi data, tetapi masih menunjukkan respon yang sama dengan model ideal.

Penulis mengambil data untuk jangkauan pengukuran 50 ppm sampai 20000 ppm dimaksudkan agar dapat diperoleh sifat sensor untuk pengukuran konsentrasi CBM yang sangat rendah. Kemudian, dari analisis hasil plot kurva kalibrasi diperoleh persamaan kalibrasi yang menyatakan hubungan antara perubahan konsentrasi CBM terhadap perubahan tegangan sensor yang dihasilkan adalah membentuk persamaan eksponensial yaitu,

$$V = 1.39 \text{ Exp} \frac{\text{ppm}}{9437.24} + 1.72 \quad (4.5)$$

$$\text{ppm} = 2308.14 \text{ Exp} \frac{V}{0.69} - 3602.76 \quad (4.6)$$

Selain kurva kalibrasi konsentrasi dalam ppm, penulis juga mencoba membuat hasil plot kurva kalibrasi untuk mencari konsentrasi metana dalam persen dengan menggunakan hasil yang telah diperoleh pada gambar 4.7. Nilai tegangan yang diambil adalah saat volume injeksi maksimum yaitu 11 ml, karena pengukuran gas CBM dilakukan dengan menginjeksikan gas bervolume 11ml. Gambar berikut ini adalah hasil plot grafik untuk mencari konsentrasi gas CBM dalam persen.



Gambar 4.13. Plot konsentrasi dalam persen terhadap tegangan sensor

Kurva kalibrasinya membentuk persamaan,

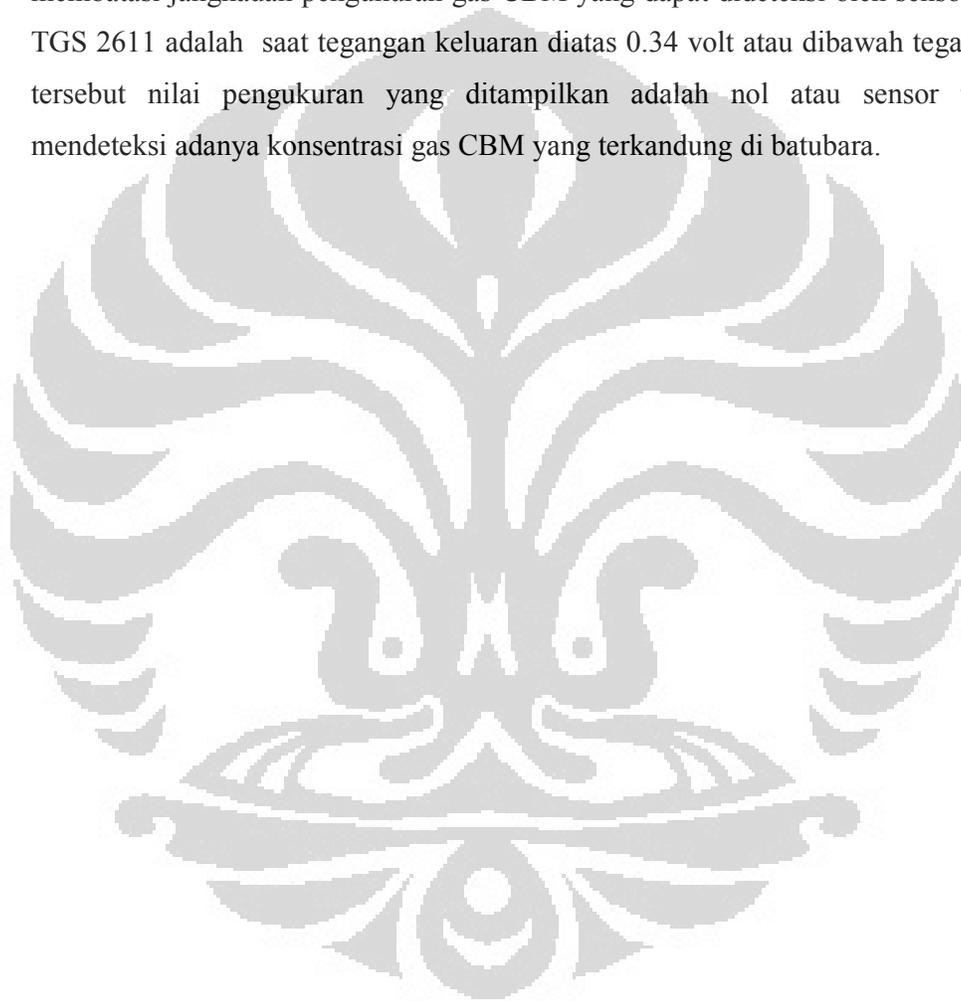
$$\% \text{CBM} = 7.72 \text{Exp} \frac{V}{0.6} - 13.41 \quad (4.9)$$

Dari persamaan tersebut kemudian diperoleh besarnya konsentrasi dalam ppm untuk beberapa hasil pengukuran CBM terdapat pada Tabel 4.2 berikut,

Tabel 4.2 Besar konsentrasi dalam ppm untuk beberapa hasil pengukuran CBM

Tanggal	Batubara	Tegangan (V)	CBM (ppm)	CBM (%)
14/5/2012	sub bitum	0.68	2581.2	10.56
14/5/2012	sub bitum	0.63	2148.94	8.65
14/5/2012	sub bitum	0.63	2148.94	8.65
14/5/2012	lignit	0.35	230.45	0.43
14/5/2012	lignit	0.3	-37.48	-0.6
15/5/2012	lignit	0.35	230.45	0.42
15/5/2012	sub bitum	0.73	3045.94	12.65

Dari hasil tersebut, terdapat pengukuran konsentrasi CBM yang bernilai negatif, yaitu saat besar tegangan keluaran sensor diperoleh 0.3 volt dan dalam persen sebesar -0.6 %. Dari persamaan kurva kalibrasi yang diperoleh, jika nilai tegangan keluaran sensor kurang dari atau sama dengan 0.3 volt, maka konsentrasi gas metana yang terukur akan dibawah nol baik dalam ppm atau persen. Oleh karena itu, dari hasil kurva kalibrasi yang diperoleh, penulis membatasi jangkauan pengukuran gas CBM yang dapat dideteksi oleh sensor gas TGS 2611 adalah saat tegangan keluaran diatas 0.34 volt atau dibawah tegangan tersebut nilai pengukuran yang ditampilkan adalah nol atau sensor tidak mendeteksi adanya konsentrasi gas CBM yang terkandung di batubara.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Sensor gas TGS 2611 memiliki sensitivitas terbaik pada jangkauan pengukuran ideal 500ppm -10000 ppm, dengan sensitivitas hasil pengukuran sebesar 0.57 ± 0.05 .
2. Pengukuran diluar jangkauan ideal sensor menyebabkan sensitivitas menurun yang pada penelitian ini diperoleh sebesar 0.54 ± 0.05 .
3. Hasil pengukuran CBM untuk konsentrasi dibawah 500 ppm dan diatas 17000 ppm menunjukkan error yang lebih besar dibandingkan dengan pengukuran CBM dengan konsentrasi diantara range tersebut.

5.2 SARAN

1. Sebelum dilakukan pengukuran gas metana, sebaiknya diketahui karakteristik sensor untuk gas –gas alam lainnya, terutama gas hydrogen yang berpengaruh pada keluaran tegangan sensor.
2. Sebaiknya *background* dalam chamber dibuat sedemikian rupa sehingga diketahui komposisi penyusun gas *background* tersebut, untuk menghindari kontaminasi gas yang dapat menyebabkan pengaruh pada tegangan keluaran sensor.
3. Pengambilan sampel gas sebaiknya dilakukan dengan menggunakan alat yang tingkat ketelitiannya lebih tinggi, misalnya dengan menggunakan alat yang sifatnya digital sehingga mengurangi error yang disebabkan kesalahan parallax yang sangat mempengaruhi hasil pengukuran.
4. Untuk penelitian selanjutnya, parameter kelembaban udara sebaiknya diukur saat pengoperasian karena sensor membutuhkan kondisi ideal kelembaban udara 65 ± 5 % RH, serta ingin dilihat pengaruhnya terhadap pengukuran konsentrasi gas metana.
5. Untuk pengembangan penelitian, parameter suhu dan tekanan dapat divariasikan sehingga akan dapat diketahui pengaruh konsentrasi terhadap variasi temperature atau tekanan.

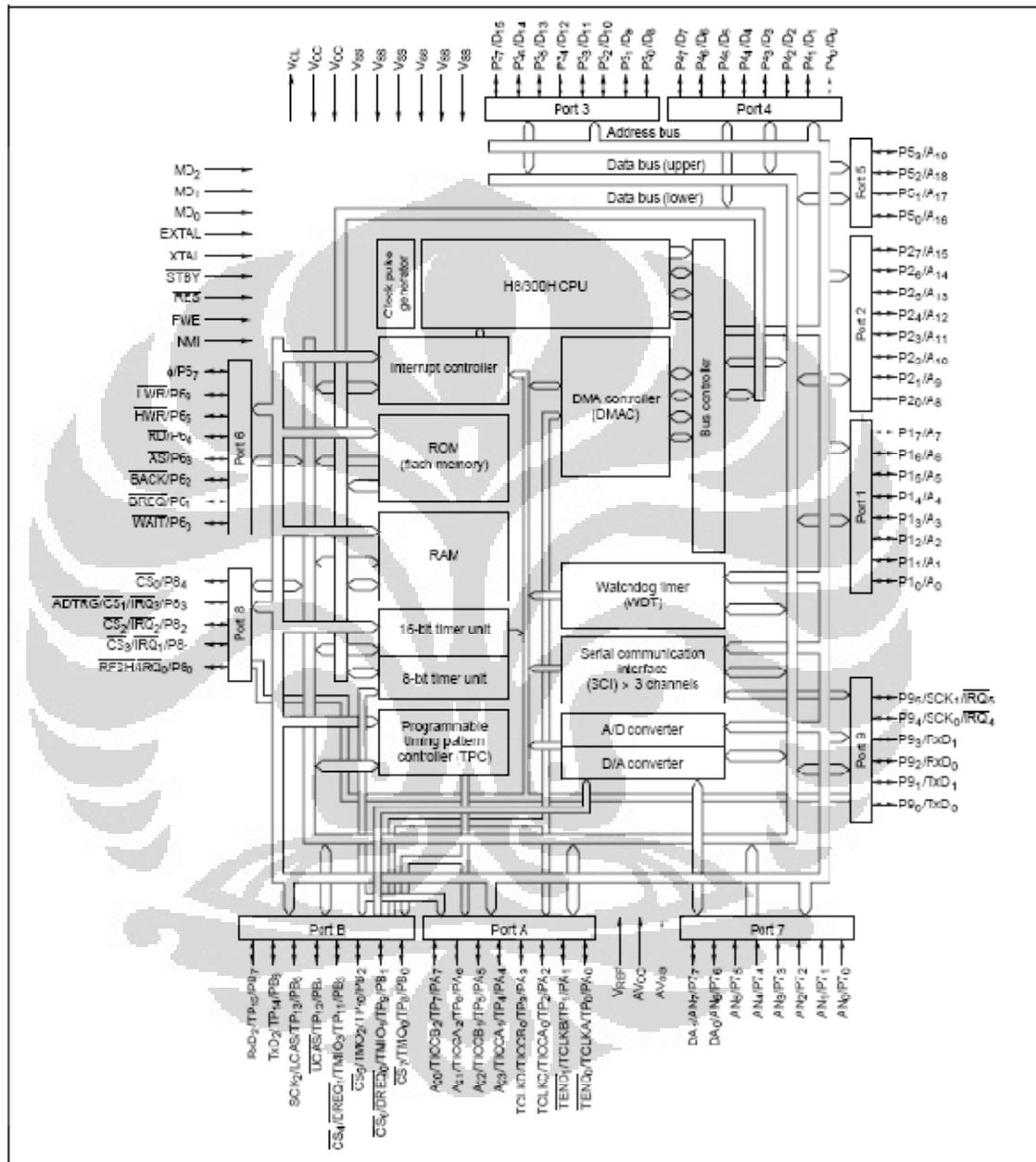
DAFTAR ACUAN

- [1] Dr. Dadan Kusdiana, Kondisi Riil Kebutuhan Energi Di Indonesia dan Sumber-Sumber Energi Alternatif Terbarukan, Dirjen Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral
- [2] Warta Geologi. Desember 2008. Vol 3 No. 4
- [3] ..., Handbook on Best Management Practices and Mitigation Strategies for Coal Bed Methane in the Portion of the Powder River Basin. U.S. Department of Energi National Petroleum Technology Office National Energi Technology Laboratory. Tulsa, Oklahoma.
- [4] Tim H8, 2007, Modul Praktikum Renesas H8/3069F, Departemen Fisika.
- [5] Nurliana, Rina, dkk. Aplikasi Database dengan PHP dan MySQL.
- [6] Renesas Solutions Corp. 2005. H8/3068F-ZTAT™ Hardware Manual. Renesas Technology Corp. Japan
- [7] Laporan Praktikum Kimia Analitik Instrumen, 2010, Jurusan Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia.
- [8] Tümer, Abdullah Erdal, dan Gündüz, Mesut, Design of a methane monitoring sistem based on wireless sensor networks. 2010. Department of Computer Education and Instructional Technology, University of Selcuk, Turkey
- [9] William P. Diamond,, Steven J. Schatzel. Measuring the gas content of coal: A review
- [10] Firmansyah, mokhamad, Sudiharto, indhana, ST. MT., Wahjono, endro, S.ST. Rancang Bangun Pendeteksi dan Penanggulangan Kebocoran Gas *LPG Berbasis Mikrokontroler*. Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [11] Utami, Nurarachmi Putri. 2011. Akuisisi Data Temperatur dan Tekanan Udara Berbasis Mikrokontroler H8/3069F. Departemen Fisika Universitas Indonesia.
- [12] Datasheet MPXAZ4115A, Motorola Semiconductor Technical Data.
- [13] Datasheet TGS 2611-for the detection of Methane, Figaro.

- [14] ing. O. Postma, R. Lootens, 2009, *Application of Dallas (DS18B20) One Wire Temperature Sensors as Gas Temperature Sensors in the ExoMars Environmental Chamber*. Faculty of Earth and Life Sciences, Netherlands.
- [15] Jerry, M.Haris, Olusoga, M. Akintunde, Quan Youli..... Cross-well Seismic monitoring of Coal Bed Methane (CBM) Production: A Case Study from the Powder River Basin of Wyoming. Department of Geophysics, Stanford University.
- [16] Kizil, M.S, Gillies, A.D.S, Wu.W.H. Development of a Portable Coal Seam Gas Analyser. University of Queensland, Brisbane, Australia.
- [17] Lead Researcher all consulting Tulsa, Oklahoma, Co-researcher Monntana, Board of Oil7 Gas Coonservation Bilings, Montana. 2002. Handbook on Best Management Practices and Mitigation Strategies for Coal Bed Methane in the Montana Portion of the Powder River Basin. U.s. Department of Energy National Petroleum Technology Office National Energy Technology Laboratory Tulsa, Oklahoma.
- [18] M. Rakesh, Prabahar Arul. 2011. Gas Sensor Profiling. ASCNT 2011
- [19] Tahir, Iqmal. ... Arti Penting Kalibrasi Pada Proses Pengukuran Analitik: Aplikasi Pada Penggunaan pHmeter dan Spektrofotomer UV-Vis. Laboratorium Kimia Dasar, Jurusan Kimia, FMIPA, UNiversitas Gadjah Mada.

LAMPIRAN A

Fitur- fitur Mikrokontroler H8/3069F



LAMPIRAN B

Script Program Bahasa C untuk membaca ADC

```

/*****
Script program baca ADC
menggunakan SCAN_MODE
*****/
#include "io306x.h"
#include "uart.h"
#include "delay.h"
#include "adc.h"
#include "rtc.h"
#include "ds1820.h"
#include "romcode.h"
#include <stdio.h>

char btime[10],bdate[10];
unsigned short adcch1, adcch2; // channel ADC h8 ada 8, sisanya 2 buat cadangan (10 bit
data)
char buf[50]; // teks yang masuk 50 maksimal karakter
unsigned char sp [SCP_LEN];
unsigned short value;
int pressure;

int main (void)
{
    //P1DDR = 0xFF; //inisialisasi
    //int i;

    uart_init();

    //uart_strP("Inisialisasi Uart\r\n");// teks yang akan tampil saat pertama kali
komunikasi serial

    adc_init();

    //uart_strP("Inisialisasi ADC\r\n");// teks yang akan tampil saat pertama kali
komunikasi serial
    _delay_ms(1000);

    //Inisialisasi RTC
    initrtc();
    // _delay_ms(500);
    //setrtc("01:37:30","10-02-12");
    // _delay_ms(1000);

    //Inisialisasi ds18B20
    //uart_init();

```

```

//uart_strP("Inisialisasi Uart\r\n");
ds1820_init();
//uart_strP("Inisialisasi ds18B20\r\n");
//_delay_ms(1000);

while (1) {

    //for(i=0;i<=10;i++){
        //P1DR.BYTE = i;
        getrtc(&btime[0],&bdate[0]);
        //uart_str("Tanggal: ");
        //uart_str(&bdate[0]);
        //uart_str(" ");
        //uart_str("Waktu: ");
        //uart_str(&btime[0]);
        //uart_str(" ");
        adcch1=adc_getval_ch(CH1);
        //adc_getval_grp(&adcbuf[0],GRP1); //ambil data dari channel 1,
liat di adc.h

        //uart_str("data: ");
        //sprintf(&buf[0],"%u\r\n",adcch1);// adcbuf[i]=nilai adcnya
        //uart_str(&buf[0]);

        //buat ds
        ds1820_convert_all();
        ds1820_match_rom(&rom[0][0]);
        ds1820_get_scratchpad(&sp[0]);
        ds1820_print_suhu(&buf[0],&sp[0]);
        uart_str(&buf[0]);
        uart_strP(",");
        //buat MPX
        adcch2=adc_getval_ch(CH2);
        //adc_getval_grp(&adcbuf[0],GRPMPX); //ambil data dr channel
4, lihat di script ADC.h
        //adcch2 = (adcbuf[1] << 8) | adcbuf[0];
        pressure = (adcch2*11) + 1055;

        sprintf(&buf[0],"%u,%d.%02d\r\n",(adcch1),(pressure/100),(pressure%100));
        uart_str(&buf[0]);
        uart_strP("\n");

        _delay_ms(1000);
    //}
    //kirim ke uart
    }
return 0;
}

```

Script Program Penampil GUI dan Database menggunakan Python

```

/*****
Script program GUI dan Database
*****/

from PySide.QtGui import *
from PySide.QtCore import *
from PySide.QtSql import *
from math import*
from open_dialog import testDb
from serialcom import SerialCom

if __name__ == '__main__':
    import sys
    app = QApplication(sys.argv)

    db = QSqlDatabase.addDatabase("QODBC") #set driver
    db.setDatabaseName("test_access")
    if not db.open() :
        print "Gagal mengakses database"
        sys.exit(0)

    query = QSqlQuery()#nambah data
    query.exec_("INSERT INTO tblmurid (nis,nama,alamat) VALUES
('123','SUKARNO','JAKARTA)")
    dlg = testDb()
    dlg.show()

    model = QSqlQueryModel()#untuk melihat database
    model.setQuery("SELECT * FROM tblmurid")

    model.setHeaderData(0,Qt.Horizontal,"No")
    model.setHeaderData(1,Qt.Horizontal,"RTC")
    model.setHeaderData(2,Qt.Horizontal,"suhu")
    model.setHeaderData(3,Qt.Horizontal,"metana")
    model.setHeaderData(4,Qt.Horizontal,"tekanan")

    e = app.exec_()
    db.close()

    sys.exit(e)

```

LAMPIRAN C

Datasheet Sensor Gas Metana Figaro TGS 2611

FIGARO

PRODUCT INFORMATION

TGS 2611 - for the detection of Methane

Features:

- * Low power consumption
- * High sensitivity to methane
- * Long life and low cost
- * Uses simple electrical circuit

TGS2611 is a semiconductor type gas sensor which combines very high sensitivity to methane gas with low power consumption and long life. Due to miniaturization of its sensing chip, TGS2611 requires a heater current of only 56mA and the device is housed in a standard TO-5 package.

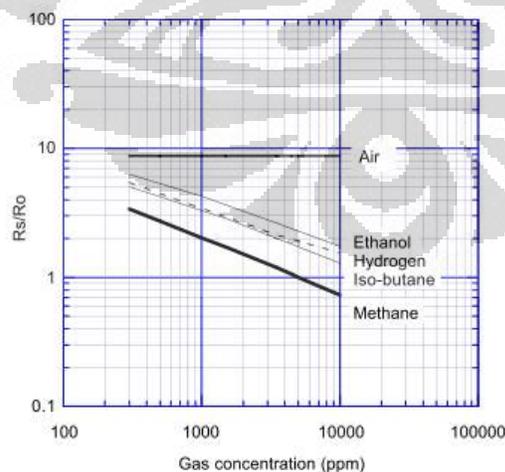
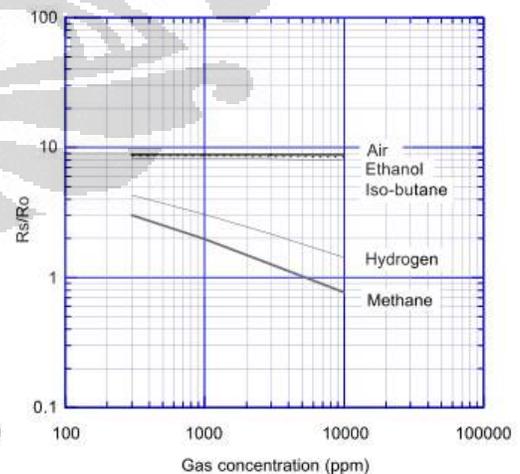
The TGS2611 is available in two different models which have different external housings but identical sensitivity to methane gas. Both models are able to satisfy the requirements of performance standards such as UL1484 and EN50194.

TGS2611-C00 possesses small size and quick gas response, making it suitable for gas leakage checkers.

TGS2611-E00 uses filter material in its housing which eliminates the influence of interference gases such as alcohol, resulting in highly selective response to methane gas. This feature makes the sensor ideal for residential gas leakage detectors which require durability and resistance against interference gas.

The figure below represents typical sensitivity characteristics, all data having been gathered at standard test conditions (see reverse side of this sheet). The Y-axis is indicated as *sensor resistance ratio* (R_s/R_o) which is defined as follows:

R_s = Sensor resistance in displayed gases at various concentrations
 R_o = Sensor resistance in 5000ppm of methane

TGS2611-C00 Sensitivity Characteristics:**TGS2611-E00 Sensitivity Characteristics:**

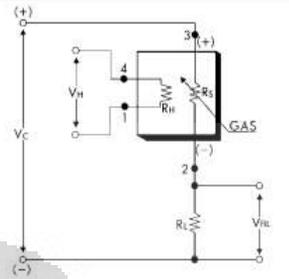
IMPORTANT NOTE: OPERATING CONDITIONS IN WHICH FIGARO SENSORS ARE USED WILL VARY WITH EACH CUSTOMER'S SPECIFIC APPLICATIONS. FIGARO STRONGLY RECOMMENDS CONSULTING OUR TECHNICAL STAFF BEFORE DEPLOYING FIGARO SENSORS IN YOUR APPLICATION AND, IN PARTICULAR, WHEN CUSTOMER'S TARGET GASES ARE NOT LISTED HEREIN. FIGARO CANNOT ASSUME ANY RESPONSIBILITY FOR ANY USE OF ITS SENSORS IN A PRODUCT OR APPLICATION FOR WHICH SENSOR HAS NOT BEEN SPECIFICALLY TESTED BY FIGARO.

(Lanjutan)

Basic Measuring Circuit:

The sensor requires two voltage inputs: heater voltage (V_H) and circuit voltage (V_C). The heater voltage (V_H) is applied to the integrated heater in order to maintain the sensing element at a specific temperature which is optimal for sensing. Circuit voltage (V_C) is applied to allow measurement of voltage (V_{RL}) across a load resistor (R_L) which is connected in series with the sensor.

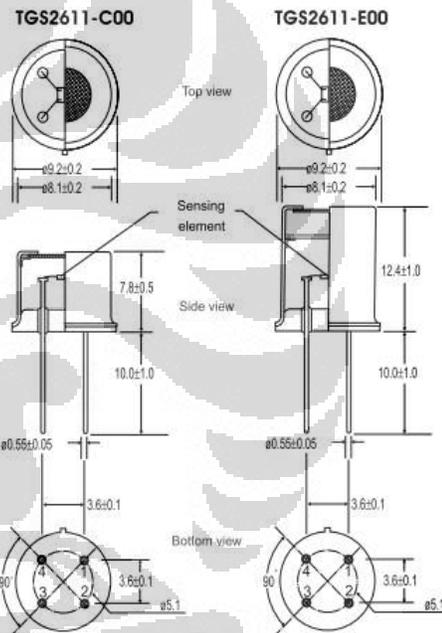
A common power supply circuit can be used for both V_C and V_H to fulfill the sensor's electrical requirements. The value of the load resistor (R_L) should be chosen to optimize the alarm threshold value, keeping power dissipation (P_S) of the semiconductor below a limit of 15mW. Power dissipation (P_S) will be highest when the value of R_S is equal to R_L on exposure to gas.



Specifications:

Model number		TGS 2611	
Sensing element type		D1	
Standard package		TO-5 metal can	
Target gases		Methane, Natural Gas	
Typical detection range		500 - 10,000 ppm	
Standard circuit conditions	Heater Voltage	V_H	5.0±0.2V DC/AC
	Circuit voltage	V_C	5.0±0.2V DC $P_S \leq 15mW$
	Load resistance	R_L	Variable 0.45kΩ min.
Electrical characteristics under standard test conditions	Heater resistance	R_H	59Ω at room temp. (typical)
	Heater current	I_H	56 ± 5mA
	Heater power consumption	P_H	280±25mW
	Sensor resistance	R_S	0.68-6.8 kΩ in 5000ppm methane
	Sensitivity (change ratio of R_S)		0.60 ± 0.06 $\frac{R_S(9000ppm)}{R_S(3000ppm)}$
Standard test conditions	Test gas conditions	Methane in air at 20±2°C, 85±5%RH	
	Circuit conditions	$V_C = 5.0 \pm 0.01V$ DC $V_H = 5.0 \pm 0.05V$ DC	
	Conditioning period before test	7 days	

Structure and Dimensions:



Pin connection:

- 1: Heater
- 2: Sensor electrode (-)
- 3: Sensor electrode (+)
- 4: Heater

The value of power dissipation (P_S) can be calculated by utilizing the following formula:

$$P_S = \frac{(V_C - V_{RL})^2}{R_S}$$

Sensor resistance (R_S) is calculated with a measured value of V_{RL} by using the following formula:

$$R_S = \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} \times R_L$$

All sensor characteristics shown in this brochure represent typical characteristics. Actual characteristics vary from sensor to sensor. The only characteristics warranted are those in the Specification table above.

FIGARO ENGINEERING INC.
 1-5-11 Senba-nishi
 Mino, Osaka 562-8505 JAPAN
 Phone: (81)-72-728-2561
 Fax: (81)-72-728-0467
 email: figaro@figaro.co.jp

REV: 02/05

LAMPIRAN D

Tabel 1. Data kalibrasi ADC dengan input tegangan DC

$$\text{Tegangan input} = \frac{\text{nilai ADC}}{2^n} \times \text{tegangan referensi ADC}$$

Vin	ADC	ADC input			
0.1	21	0.11	2.6	527	2.68
0.2	42	0.21	2.7	546	2.77
0.3	63	0.32	2.8	564	2.86
0.4	81	0.41	2.9	592	3.01
0.5	102	0.52	3	607	3.08
0.6	120	0.61	3.1	631	3.20
0.7	145	0.74	3.2	646	3.28
0.8	162	0.82	3.3	670	3.40
0.9	181	0.92	3.4	688	3.49
1	204	1.04	3.5	709	3.60
1.1	228	1.16	3.6	730	3.71
1.2	244	1.24	3.7	750	3.81
1.3	262	1.33	3.8	768	3.90
1.4	282	1.43	3.9	790	4.01
1.5	304	1.54	4	809	4.11
1.6	323	1.64	4.1	832	4.23
1.7	344	1.75	4.2	847	4.30
1.8	367	1.86	4.3	868	4.41
1.9	390	1.98	4.4	888	4.51
2	406	2.06	4.5	910	4.62
2.1	423	2.15	4.6	929	4.72
2.2	444	2.25	4.7	950	4.82
2.3	466	2.37	4.8	967	4.91
2.4	487	2.47	4.9	989	5.02
2.5	506	2.57	5	1007	5.11
			5.1	1023	5.19

Tabel 2. Data Kalibrasi MPX dengan Barometer

Barometer (hPa)	MPX (hPa)
505.3	497.7
566.7	559.3
590.1	583.5
655	644
649.5	645.1
691.8	688
714.3	710
792.6	790.3
829	827.7
887.4	886
910.4	909.1
925.1	924.5
942.8	942.1
968	967.4
989.7	989.4
990.1	990.5
933.1	932.2
948.4	947.6
999.4	999.3
1002.6	1002.6
1005.1	1004.8
1007.2	1007
1011.3	1014
1012.4	1012.5
1018	1018
1022	1022.4
1039.3	1040
1056.6	1056.5
1087.8	1087.3
1097	1097.2

Error relative 0.3

Tabel 3. Data Kalibrasi TGS 2611 Dalam PPM

V out	ppm	0.63017	1850	0.87322	4100
0.15894	50	0.62521	1900	0.8633	4200
0.19862	100	0.63017	1950	0.89307	4250
0.23086	150	0.63461	2000	0.84	4300
0.26806	200	0.65497	2050	0.84247	4319.5
0.28047	250	0.63116	2100	0.8633	4350
0.28171	300	0.66985	2150	0.86496	4400
0.30279	350	0.66489	2200	0.88742	4500
0.33379	400	0.66737	2250	0.87322	4550
0.39703	431.95	0.66985	2300	0.8633	4600
0.33999	450	0.65398	2400	0.89307	4650
0.37033	500	0.65993	2450	0.89555	4750
0.37223	550	0.71263	2500	0.87942	4800
0.38314	600	0.68473	2550	0.89307	4900
0.40695	650	0.71449	2591.7	0.92283	4950
0.39869	700	0.69217	2600	0.9435	5000
0.42184	750	0.68473	2700	0.91043	5100
0.43176	800	0.70953	2750	0.90795	5183.4
0.44664	850	0.70333	2800	0.90547	5200
0.48136	863.9	0.72441	2850	0.93936	5250
0.4516	900	0.74426	2900	0.9344	5400
0.4764	950	0.74687	3000	0.99847	5500
0.48395	1000	0.74922	3023.65	0.97243	5550
0.48632	1050	0.76906	3100	0.94432	5600
0.49376	1100	0.75418	3150	0.96003	5700
0.51112	1150	0.74591	3200	0.97739	5750
0.50864	1200	0.75914	3250	0.95755	5800
0.51112	1250	0.76244	3300	0.99227	5850
0.53923	1300	0.7765	3400	0.98235	5950
0.54584	1350	0.80626	3450	0.99082	6000
0.54708	1400	0.81329	3500	0.95755	6047.3
0.57064	1450	0.78692	3600	1.01211	6150
0.56308	1500	0.82858	3700	0.98235	6200
0.59049	1550	0.83106	3750	1.01707	6250
0.57809	1600	0.81122	3800	1.00384	6300
0.60041	1650	0.8137	3850	0.99227	6400
0.60041	1700	0.82858	3887.55	1.03691	6450
0.61529	1727.8	0.82409	3900	0.98235	6479.25
0.58883	1750	0.84196	4000	Vout	ppm
0.59942	1800	V out	ppm	1.0518	6500
V out	ppm	0.88314	4050	1.02203	6600

1.02699	6650	1.2345	10000	1.40894	14400
1.0518	6750	1.24525	10150	1.45234	14500
1.01955	6800	1.22045	10200	1.40398	14686.3
1.02203	6900	1.25021	10250	1.44862	14700
1.01211	6911.2	1.20557	10366.8	1.42382	14800
1.06296	7000	1.21549	10400	1.46846	15000
1.04684	7200	1.26168	10500	1.4635	15050
1.08156	7250	1.27501	10750	1.41886	15118.25
1.03195	7343.15	1.23533	10798.75	1.4387	15200
1.07164	7350	1.27501	10850	1.47838	15400
1.07164	7400	1.29981	11100	1.48334	15500
1.09727	7500	1.27501	11200	1.4387	15550.2
1.06916	7600	1.25021	11230.7	1.45854	15600
1.09148	7700	1.27005	11400	1.45358	15982.15
1.12124	7750	1.32957	11500	1.48768	16000
1.05676	7775.1	1.30477	11550	1.4883	16400
1.08652	7800	1.27997	11600	1.47342	16414.1
1.11938	8000	1.27501	11662.65	1.51931	16500
1.12124	8050	1.27997	11700	1.50318	16800
1.1014	8100	1.33453	11900	1.4883	16846.05
1.09892	8200	1.31386	12000	1.53171	17000
1.15596	8250	1.29485	12094.6	1.51807	17200
1.12372	8400	1.34941	12250	1.50318	17278
1.1727	8500	1.31469	12300	1.54783	17500
1.14108	8600	1.31469	12400	1.52799	17600
1.10636	8639	1.37546	12500	1.51807	17709.95
1.13612	8700	1.30973	12526.55	1.55899	18000
1.17084	8750	1.34197	12600	1.52799	18141.9
1.14356	8800	1.33949	12800	1.57139	18500
1.18572	9000	1.34941	12900	1.54783	18573.85
1.13612	9070.95	1.35438	12950	1.57201	19000
1.18076	9100	1.39654	13000	1.59867	19500
1.15596	9200	1.35934	13200	1.61107	20000
1.20557	9250	1.39406	13300	1.62099	20500
1.17084	9300	1.34941	13390.45	1.63091	21000
1.19564	9450	1.41266	13500	1.63091	21500
1.2035	9500	1.37422	13600		
1.18572	9600	1.40894	13650		
1.23533	9750	V out	ppm		
V out	ppm	1.36926	13822.4		
1.22045	9800	1.41514	14000		
1.20557	9900	1.3891	14254.35		
1.1758	9934.85	1.4387	14350		

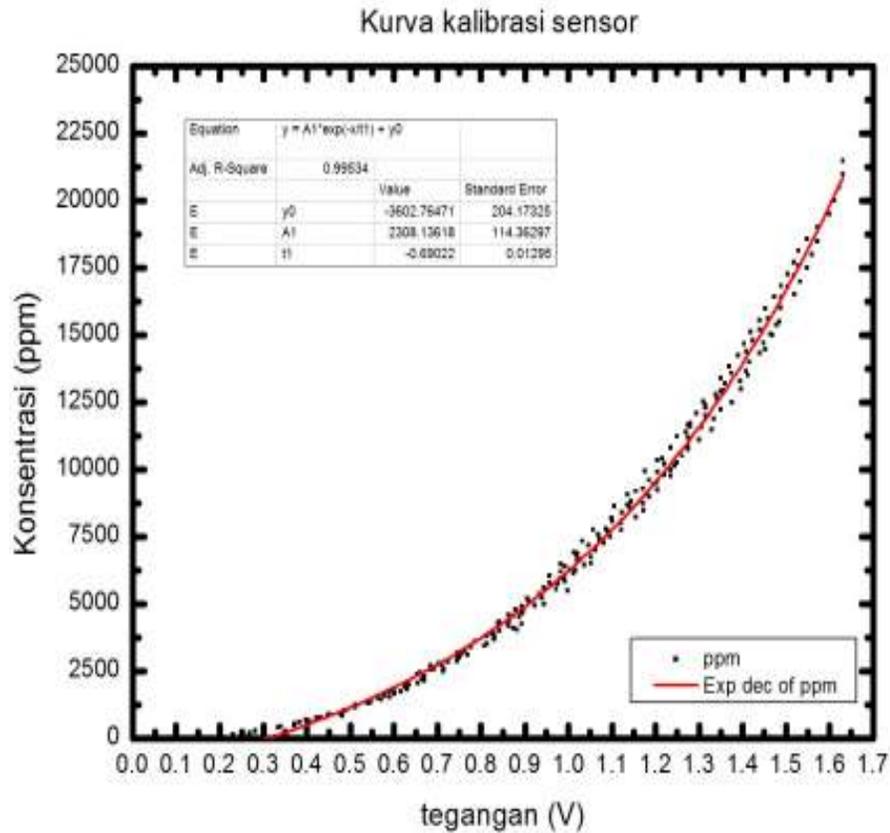
Tabel 4. Data Kalibrasi Gas Metana Dalam Persen (%)

Tegangan	% Gas Metana
0.68	10
0.91	20
1.05	30
1.15	40
1.29	50
1.35	60
1.48	70
1.53	80
1.56	86.39
1.63	100

LAMPIRAN E

Kurva kalibrasi sensor untuk mengetahui konsentrasi dalam ppm, persamaan kalibrasinya adalah,

$$ppm = 2308.14 \text{ Exp} \frac{V}{0.69} - 3602$$



Gambar 1. Grafik kurva kalibrasi konsentrasi terhadap tegangan sensor