

# RANCANG BANGUN ALAT PENGUKURAN KADAR GAS BERBAHAYA UNTUK GALIAN TAMBANG BERBASIS WIRELESS

Habdi Rizki.A<sup>1</sup>, Azhar<sup>2</sup>, Muhammad Kamal<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Instrumentasi dan Otomasi Industri Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh-Medan km 280,3. Buket rata,Lhokseumawe

e-mail: habdirizki@gmail.com

**Abstrak** — Gas beracun atau berbahaya merupakan gas kimia yang dapat menyebabkan keracunan, apabila gas tersebut dihirup oleh manusia. Keracunan dapat terjadi dalam waktu singkat yang disebut juga dengan sebutan mendadak atau akut. Setelah masuk ke dalam tubuh, gas beracun menyebabkan asma atau iritasi yang menyebabkan rusaknya sel dalam tubuh, pingsan, lemas karena kekurangan oksigen di dalam tubuh dan gangguan organ tubuh lainnya hingga menyebabkan kematian. Atas dasar itu penulis mencoba untuk memberikan solusi dengan membuat alat untuk mengukur kadar gas beracun atau berbahaya dengan sensor gas jenis MQ-7 untuk karbon monoksida (CO), MQ-4 untuk gas metana (CH<sub>4</sub>) dan sensor gas jenis MQ-136 untuk mendeteksi Hidrogen Sulfida dimana nantinya ada sensor diproses oleh mikrokontroler (arduino ATMEGA328) dan dikirim ke mikrokontroler receiver untuk ditampilkan berapa kadar gas yang diukur (ppm). Pada pengujian yang dilakukan dari knalpot sepeda motor menghasilkan 63 hingga 69 ppm untuk gas CO. Untuk jenis metana pada korek api gas cair menunjukkan 80-90 ppm dan untuk jenis gas hidrogen sulfida dari biogas menunjukkan 1-9 ppm. Jarak maksimal dengan menggunakan modul wireless pada ruang terbuka hanya 7 m dan 4 m pada ruang tertutup. Hasil gas yang diuji masih dalam skala rendah, tetapi jika terhirup terus menerus akan berakibat fatal pada kesehatan.

**Kata Kunci** : Arduino, sensor gas, gas beracun, wireless, mikrokontroler

## I. PENDAHULUAN

Gas beracun merupakan gas kimia yang dapat menyebabkan keracunan, apabila gas tersebut dihirup oleh manusia. Keracunan dapat terjadi dalam waktu singkat. Setelah masuk ke dalam tubuh, gas beracun menyebabkan asma dan iritasi, *anestetik* (pingsan), lemas dan gangguan pada organ tertentu. Gas ini sering muncul pada sumur lama terutama pada bibir sumur yang diberi penutup, bisa berakibat fatal dan berujung kematian saat ada yang menggali atau membuat sumur. Kejadian ini nyaris berulang setiap tahunnya. Kemungkinan gas beracun tersebut adalah Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S), Karbon monoksida (CO) dan Metana (CH<sub>4</sub>). Pada Hidrogen Sulfida jika kadarnya melebihi 700 ppm akan menyebabkan kematian dalam waktu singkat.

Untuk mencegah kecelakaan kerja seperti kematian dalam lubang tambang ini, penulis merancang alat pendeteksi tingkat kadar gas beracun pada lubang tambang dengan sensor MQ-136, MQ-7 dan MQ-4 dengan basis wireless. Sebelum manusia yang masuk ke dalam lubang tambang, alat ini akan dikirimkan ke dalam lubang tambang untuk mendeteksi kadar gas beracun dan data kadar gas beracun ditampilkan melalui display LCD dengan komunikasi radio wireless.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Efek Gas Berbahaya

Untuk jenis gas yang umumnya ada pada galian tambang bawah tanah, terdapat banyak jenis gas, diantaranya Methan (CH<sub>4</sub>), Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>), dan Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S), gas ini tergolong jenis beracun apabila terhirup oleh manusia. Misalnya pada Hidrogen Sulfida, bila terpapar terus menerus dalam konsentrasi rendah ataupun langsung terpapar dalam konsentrasi yang tinggi maka indra penciuman bisa menjadi lumpuh (*olfactory fatigue*). ([1]).

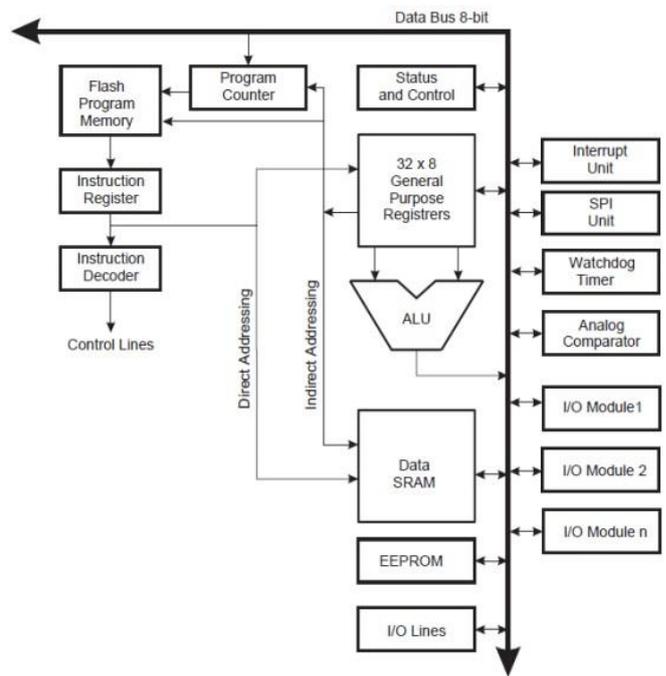
Berikut adalah efek H<sub>2</sub>S pada kesehatan menurut ANSI (American National Standard Institute):

- 0,13 ppm : Bau minimal
- 4,60 ppm : Mudah terdeteksi, bau sedang
- 10 ppm : Mulai iritasi mata
- 27 ppm : Bau tidak enak, sangat kuat, dapat ditoleransi
- 100 ppm : Batuk, iritasi mata, kehilangan sensasi bau setelah paparan 2 - 5 menit (IDLH)
- 200 - 300 ppm : Radang mata conjunctivitis, iritasi saluran napas, setelah 1 jam paparan

- 500 - 700 ppm : hilang kesadaran, henti napas, kematian dalam 30 - 60 menit
- 1000 - 2000 ppm : hilang kesadaran dengan segera, henti napas dan kematian dalam beberapa menit. Kematian dapat terjadi walaupun korban sudah dibawa ketempat dengan udara segar.

Sedangkan nilai ambang batas yang direkomendasikan bahwa pekerja tidak boleh terpapar H2S untuk jangka waktu maksimal 15 menit adalah bila paparan melebihi 20 PPM atau yang disebut dengan TLV – STEL (*Threshold Limit Value – Short Term Exposure Limit*).

Sedangkan untuk gas Karbon Monoksida Batas paparan karbon monoksida yang diperbolehkan oleh OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) adalah 35 ppm untuk waktu 8 jam/hari kerja, sedangkan yang diperbolehkan oleh ACGIH TLV-TWV adalah 25 ppm untuk waktu 8 jam. Kadar yang dianggap langsung berbahaya terhadap kehidupan atau kesehatan adalah 1500 ppm (0,15%). Paparan dari 1000 ppm (0,1%) selama beberapa menit dapat menyebabkan 50% kejenuhan dari karboksi hemoglobin dan dapat berakibat fatal.



Gambar 1 Arsitektur ATmega328[2]

**B. Mikrokontroler**

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output. Mikrokontroler merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

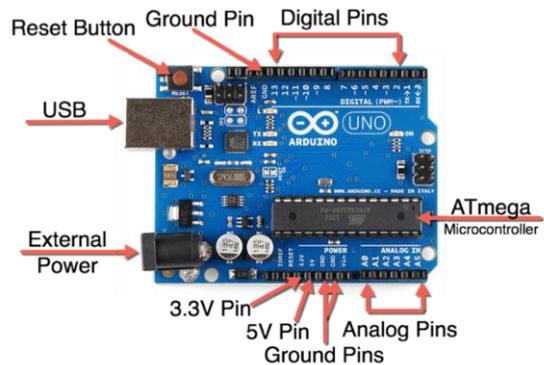
Mikrokonktroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara *automatis*, seperti sistem kontrol mesin, *remote controls*, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat input output yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis.

Dalam ATmega 328, terdapat *register* yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selebar 64 byte. Beberapa *register* ini digunakan untuk fungsi khusus santara lain sebagai *register control Timer/Counter*, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi/I/O lainnya. *Register-register* ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh. Tampilan *arsitektur Atmega 328* ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.

**C. Arduino Uno**

Arduino adalah sebuah *board* mikrokontroller yang berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin *input/output* yang mana 6 pin dapatdigunakan sebagai *output* PWM, 6 *analog input*, *crystal osilator* 16MHz, *koneksi USB*, *jack power*, kepala CSP, dan ombol *reset*. Arduino mampu *men-support* mikrokontroller; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB.[3]

Pada Gambar 2 memperlihatkan *board* Arduino dengan letak posisi yang dapat dilihat langsung. Posisi dalam *board* tersebut menunjukkan lokasi letak port *input* USB untuk meng-*upload* program arduino, mikrokontroller ATmega 328, letak pin (analog dan digital), *V<sub>in</sub>* *Ground pin*, *Reset Button* serta *external power* sebagai catu daya selain USB.



Gambar 2. Board Arduino ATmega328

Arduino merupakan sebuah board minimum sistem mikrokontroler yang bersifat *open source*. Didalam rangkaian *board* arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATmega 328 yang merupakan produk dari Atmel.

#### D. Sistem Pengukuran

Sistem Pengukuran merupakan gabungan aktivitas, prosedur, alat ukur, perangkat lunak, dan subjek yang bertujuan untuk mendapatkan data pengukuran terhadap karakteristik yang sedang diukur. Pengukuran dimanfaatkan sebagai sarana untuk mendapatkan data guna mengambil keputusan perlu atau tidaknya perubahan proses yang sedang berjalan, dan sarana untuk menentukan keterkaitan antara 2 variabel atau lebih. Sistem pengukuran sangat dibutuhkan dalam ilmu refrigerasi dan tata udara, karena hasil pengukuran merupakan suatu acuan dalam menentukan baik atau tidaknya sistem refrigerasi yang ada, bahkan untuk instalasi sistem refrigerasi pun memerlukan pengukuran. [4]

Sedangkan pengukuran adalah serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menentukan nilai suatu besaran dalam bentuk angka atau kuantitatif. Jadi mengukur adalah suatu proses mengaitkan angka secara empirik dan objektif pada sifat-sifat objek atau kejadian nyata sehingga angka yang diperoleh tersebut dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai objek atau kejadian yang diukur. Pada paper ini sistem yang dibuat merupakan pengukuran kadar atau tingkat gas dalam suatu ruang terbuka ataupun tertutup. Untuk menjalankan pengukuran ini digunakan sensor dimana sensor bagian/element dari alat ukur yang secara langsung berhubungan dengan obyek yang terukur (element perasa). Bisa juga sensor disebut dengan first transducer karena mengubah besaran fisik yang disensing menjadi besaran fisik yang dapat diolah oleh peralatan berikutnya.

#### E. Sensor Gas Jenis MQ-4

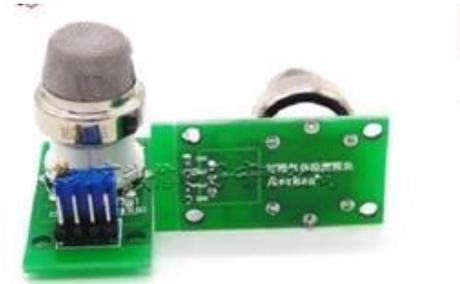
MQ-4 memiliki kemampuan mendeteksi konsentrasi gas metana ( $\text{CH}_4$ ) di udara. Sensor dapat digunakan untuk mendeteksi gas yang mudah terbakar. Sensor ini membutuhkan suplai daya sebesar 5V. Jangkauan deteksinya terhadap *natural* gas/metana adalah 300 sampai 10000 ppm. Sensor MQ-4 dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3. Sensor MQ-4

#### F. Sensor Gas Jenis MQ-136

Sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) adalah sensor MQ-136. Sensor gas jenis MQ-136 bisa dilihat dalam Gambar 4. Sensor gas jenis MQ-136 memiliki kesensitivitasan dalam mengenali gas  $\text{H}_2\text{S}$ . Sensor gas MQ-136 memiliki tingkat sensitivitas tinggi terhadap gas  $\text{H}_2\text{S}$  dan juga dapat mengenali gas lain yang mengandung sulfur. Ketika target  $\text{H}_2\text{S}$  ada maka konduktifitas sensor akan semakin tinggi sebanding dengan meningkatnya konsentrasi gas.



Gambar 4. Sensor gas  $\text{H}_2\text{S}$  jenis MQ136

#### G. Sensor Gas Jenis MQ-7

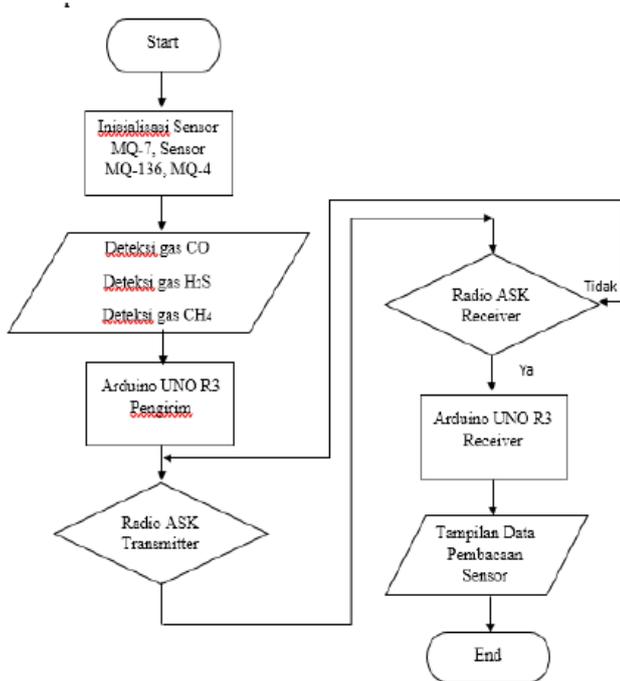
MQ-7 adalah sebuah sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi gas *Carbon Monoxide* ( $\text{CO}$ ). Sensor buatan Hanwei China ini terdiri dari keramik  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , lapisan tipis  $\text{SnO}_2$ , elektroda serta heater yang digabungkan dalam suatu lapisan kerak yang terbuat dari *plastic* dan *stainless*. Kemasan sensor MQ-7 tersedia dalam dua macam yaitu dari bahan metal dan plastik. Berikut gambar sensor MQ-7.



Gambar 5. Sensor MQ-7

### III. METODOLOGI PENELITIAN

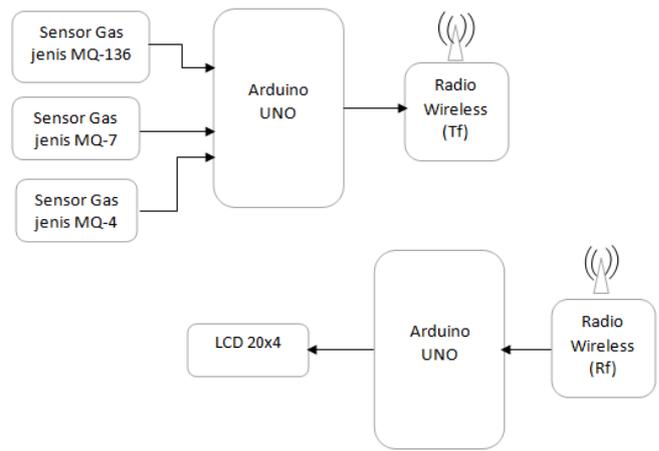
Tahapan penelitian yang dilakukan dari perancangan hingga pengujian serta analisa alat akan dijelaskan dalam bagian ini. Gambar 6 merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

Dalam pengujian alat sensor bisa dilakukan dengan gas yang akan disensor, sesuai sampel yang akan diujikan yaitu Hidrogen Sulfida, Karbon Monoksida dan Metana. Dari gambar diagram alur penelitian ini dapat dilihat adanya proses pengumpulan sampel gas beracun untuk sampe pengujian, maksudnya ialah mencari sampel gas yang dapat menghasilkan ketiga gas yang tadi disebutkan, seperti pada biogas, dimana gas hasil biogas memiliki komposisi yang sama dengan gas yang akan diujikan.

Diagram blok alat pengukur kadar gas dapat dilihat pada Gambar 7 Diagram blok ini digunakan untuk lebih menjabarkan cara kerja sistem pendeteksi kadar gas beracun dengan komunikasi radio *wireless* sebagai monitoring beserta elemen-elemen penyusunnya. Untuk melakukan pengambilan data sebagai pengujian alat instrumentasi kadar gas beracun, dilakukan dengan pengujian gas dari Biogas, karena didalam Biogas terdapat gas H<sub>2</sub>S, CO, dan CH<sub>4</sub> serta beberapa gas lain yang terbentuk melalui proses fermentasi kotoran (limbah atau hewan). Tujuan menggunakan biogas adalah sebagai alternatif pengujian jika pengambilan data melalui lubang galian tambang tidak memadai.



Gambar 7. Diagram Blok Alat pengukur kadar gas

**A. Sensor MQ-7**

Struktur dan konfigurasi MQ-7 sensor gas ditunjukkan pada Gambar 3.3 (Konfigurasi A atau B), sensor disusun oleh mikro AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tabung keramik, Tin Dioksida (SnO<sub>2</sub>) lapisan sensitif, elektroda pengukuran dan pemanas adalah tetap menjadi kerak yang dibuat oleh plastik dan stainless steel bersih. Pemanas menyediakan kondisi kerja yang diperlukan untuk pekerjaan komponen sensitif. MQ-7 dibuat dengan 6 pin, 4 dari diantaranya, yang digunakan untuk mengambil sinyal, dan 2 lainnya digunakan untuk menyediakan arus pemanasan seperti dalam Gambar 8 yang bersumber dari *data sheet*.

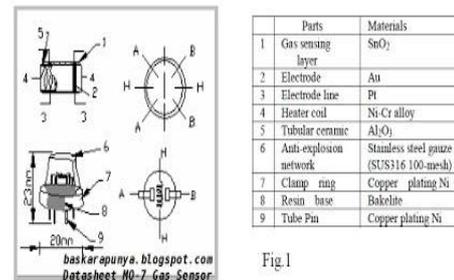
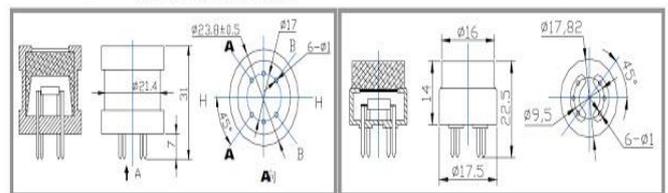


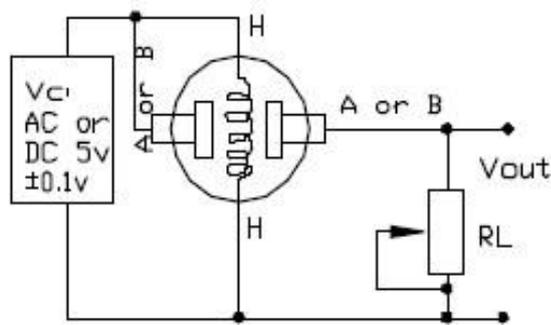
Fig.1



Gambar 8. Konfigurasi MQ-7

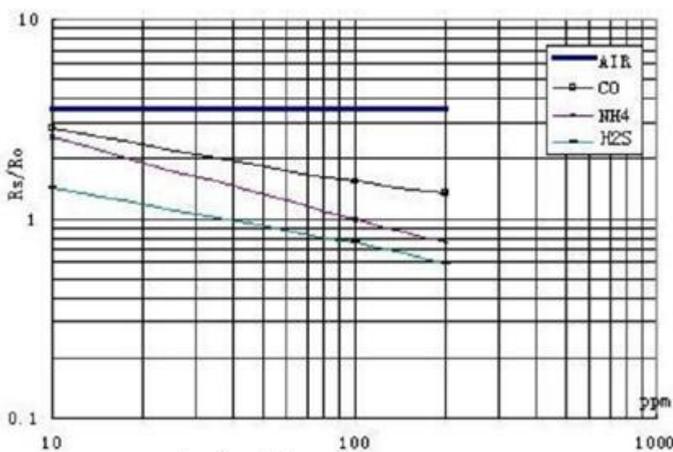
**B. Sensor MQ-136**

Detail sensor yang digunakan memiliki skema seperti ditunjukkan Gambar 9, yang terdiri atas sebuah sensor MQ-136 dan sebuah tahanan beban 20 KOhm (RL). Sensor yang digunakan memiliki dua bagian, yaitu pemanas (heater, H) dan elektroda sensor (terminal A dan B). Heater dipergunakan untuk mengkondisikan suhu sensor. Tegangan tahanan beban (VRL) merupakan tegangan yang akan dibaca oleh sistem mikrokontroler yang selanjutnya akan digunakan untuk menentukan kadar konsentrasi gas yang diukur.



Gambar 9. Skema sensor MQ-136

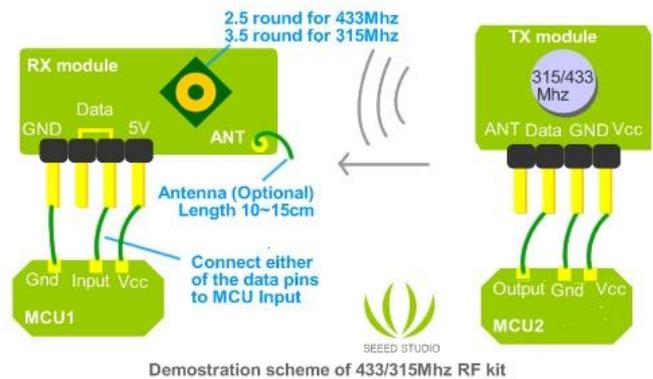
Karakteristik sensitifitas sensor yang digunakan berdasarkan lembar data ditunjukkan Gambar 10. Sumbu horizontal pada Grafik adalah konsentrasi gas (ppm) sedangkan sumbu vertikalnya adalah nilai RS/RO (Hanwei). Nilai RS adalah nilai resistansi sensor pada saat mendapatkan paparan beberapa gas berbeda-beda sedangkan nilai RO adalah nilai resistansi sensor pada saat menerima paparan H<sub>2</sub>S sebesar 10 ppm di udara bersih.



Gambar 10. Karakteristik MQ-136

**C. Konfigurasi Radio Wireless**

Konfigurasi sensor gas yang dimaksud adalah rancangan antara sensor gas dengan modul Arduino UNO R3 dan dilanjutkan dengan pengirim sinyal dan data (*transmitter*) kemudian diterima *receiver* untuk pengolahan data dari sensor gas ke modul Arduino UNO R3. Gambar 11 menunjukkan konfigurasi radio wireless yang digunakan.



Gambar 11. Konfigurasi Tx dan Rx dengan Arduino

Semua data yang akan dikirim radio pengirim Tx (*transmitter*) adalah digital kemudian *broadcast* menjadi signal analog, proses ini biasa disebut dengan istilah Encoder, kemudian radio penerima akan menerima signal AM ini kemudian memprosesnya dengan cara menterjemahkannya menjadi data digital proses ini biasa disebut dengan istilah decoder, dan hasilnya akan dieksekusi, apakah berbentuk suara, gambar, saklar on/off, sensor, dan lainnya, disini akan ditampilkan ke LCD.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Pengujian Sensor MQ-7**

Sensor gas MQ-7 modul sudah dilengkapi dengan ADC resolusi 10 bit dalam modulnya, sehingga data yang dikirimkan ke mikrokontroler ATmega328 sudah dalam bentuk digital. Jika data yang dikirim dan diterima oleh mikrokontroler ATmega328 adalah 10 bit, maka nilai satuan ke ppmnyadapatdicari dengan cara berikut:

- Konversi dari ADC ke PPM  
10 bit = 0 – 1023
- Range deteksi sensor gas MQ-7  
20 – 2000 ppm CO
- Linierisasi ADC ke ppm  
 $(2000 - 20) / 1024 = 1980 / 1024 = 1,934$  ppm  
Jadi, didapatkan nilai 1 karakter ADC = 1,934 ppm

Pengukuran dilakukan pada satu sumber yang dapat menghasilkan gas CO yaitu knalpot sepeda motor sebanyak 3 kali pengukuran, untuk dibandingkan dengan ambang batas kandungan gas pencemar dalam udara ruang proses, sesuai keputusan Menteri Kesehatan Nomor : 405/Menkes/SK/XI/2002 tanggal 19 Nopember 2002 tentang persyaratan dan tata cara penyelenggaraan kesehatan lingkungan kerja industri, yaitu 100,384ppm untuk karbon monoksida. Data perbandingan hasil pengukuran untuk gas karbon monoksida (CO) dengan tegangan keluaran pada knalpot sepeda motor dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran pada sensor MQ-7

Pengukuran ke-	Konsentrasi CO (ppm)	Tegangan keluaran sensor (V)
1	0	0,06
2	63	1,78
3	69	1,90

**B. Pengujian Sensor MQ-4**

Pengukuran dilakukan pada satu sumber yang dapat menghasilkan gas CH<sub>4</sub> yaitu biogas sebanyak 3 kali pengukuran dengan rentang waktu berbeda untuk mendapatkan hasil maksimal. Pada Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran gas metana dan tegangan sensor saat mendeteksi gas metana.

Tabel 2. Pengukuran pada sensor MQ-4

Pengukuran ke-	Konsentrasi CH <sub>4</sub> (ppm)	Tegangan keluaran sensor (V)
1	0	0,04
2	85	1,47
3	90	1,53

Dari hasil yang diperoleh pada Tabel 2 terdapat perubahan nilai konsentrasi metana dengan tegangan keluaran sensor berbanding lurus, semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi tegangan output dari sensor. Hasil pembacaan sensor ini juga sama dengan sensor MQ-7, tegangan akan berbanding lurus dengan konsentrasi gas, dan tentu saja nilai Rs/Ro juga akan menurun seperti didalam data *sheet* sensor

**C. Pengujian Sensor MQ-136**

Pengujian sensor gas MQ-136 dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dikarenakan sumber gas untuk hidrogen sulfida sangat rendah, karena menggunakan biogas sebagai sumber. Hasil pengukuran hidrogen sulfida ditunjukkan dalam Tabel 3

Tabel 3. Hasil pengukuran hidrogen sulfida

Pengukuran ke -	Hasil pengukuran sensor (ppm)	Tegangan output sensor (V)
1	0,3	0,7
2	8	3,2
3	9	3,6

Hasil pembacaan sensor yang didapatkan melalui pengujian ini juga sama dengan sensor MQ-4 dan MQ-7, dimana tegangan dan tingkat konsentrasi gas berbanding lurus, dan tahanan sensor tentu akan menurun sesuai kadar gas yang dideteksi oleh sensor.

**D. Pemodelan Sensor Gas**

Pemodelan dinamika sensor gas dapat didekati dengan menggunakan persamaan orde 1, parameter – parameter pada persamaan orde 1 meliputi adanya penguatan sensor dan konstanta waktu dimana konstanta waktu diperoleh pada saat  $t = \tau$ . Persamaan orde 1 secara umum dapat ditulis dalam persamaan berikut:

$$\tau \frac{dy}{dt} + y(t) = KU(t) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- $\tau \frac{dy}{dt} = \text{Konstanta waktu}$
- $K = \text{Penguat Sensor}$
- $y(t) = \text{nilai output}$
- $u(t) = \text{nilai input}$

Dalam transformasi laplace dapat ditulis sebagai berikut :

$$\tau Sy(s) + y(t) = KU(s)$$

$$(\tau s + 1) y(s) = KU(s)$$

Maka didapat fungsi alih sensor :

$$\frac{y(s)}{U(s)} = \frac{K}{ts + 1}$$

## F. Pengujian Jarak Radio Wireless

Dalam melakukan perancangan komunikasi jarak jauh dengan radio wireless perlu dilakukan sebuah pengujian jarak agar dapat diketahui sejauh mana jarak yang dapat dicapai peranti radio wireless tersebut baik dalam ruang tertutup atau ruang terbuka. Hasil pengujian Radio wireless Rx dan Tx dengan frekuensi 315 MHz ditunjukkan dalam Tabel 4

Tabel 4. Pengujian jarak deteksi radio wireless 315 MHz diruang terbuka

Jarak uji deteksi dalam ruang terbuka	Deteksi (Ya / Tidak)
1 m	Ya
2 m	Ya
3 m	Ya
4 m	Ya
5 m	Ya
6 m	Ya
7 m	Ya
8 m	Tidak
9 m	Tidak
10 m	Tidak

Untuk hasil pengujian jarak deteksi dalam ruang tertutup dilakukan antar ruang dalam rumah. Hasil pengujian ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 5 Hasil pengujian radio wireless 315 MHz dalam ruang tertutup

Jarak uji deteksi dalam ruang tertutup	Deteksi (Ya / Tidak)
1 m	Ya
2 m	Ya
3 m	Ya
4 m	Ya
5 m	Tidak
6 m	Tidak
7 m	Tidak

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada alat Pengukur Kadar Gas Berbahaya Untuk Galian Tambang Berbasis *Wireless*, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Sensor gas yang digunakan hanya menggunakan 3 sensor, untuk mendapatkan hasil yang presisi dapat menggunakan sensor lain sebagai pembandingan agar error antara sensor gas yang dibangun dengan alat pembandingan tidak terlalu jauh.
2. Pada sensor gas jenis MQ-7, MQ-4 dan MQ-136 bisa diatur tingkat sensitivitas sensor dengan mengatur potensio yang terdapat pada sensor yang bertujuan mendapatkan sensitivitas tinggi saat uji ukur kadar gas.
3. Sample gas beracun / berbahaya pada tugas akhir ini menggunakan 3 sample gas sesuai sensor gas yang digunakan, untuk sample karbon monoksida (CO) bisa didapat dari knalpot sepeda motor selain itu juga ada dari pada biogas, hasil pembakaran kertas atau rokok, untuk gas metana (CH<sub>4</sub>) bisa didapatkan dari gas LPG atau dari biogas, sedangkan sample H<sub>2</sub>S didapat hanya dari biogas
4. Sensor gas jenis MQ 7, MQ 4 dan MQ 136 dapat dimodelkan dengan pendekatan sistem orde 1 dengan parameter dari penguatan dan konstanta waktu dari sensor.
5. Hasil pengujian sensor dengan wireless dalam ruang terbuka hanya mampu berjarak maksimal 7 m pada ruang terbuka dan 4 m pada ruang tertutup.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anwar, Khairul, dkk.( 2015). Identifikasi Bahaya, Penilaian Resiko dan Pengendalian Resiko Pada Pekerjaan Tambang Belerang ( Studi Pada pekerja Tambang Belerang di Taman Wisata Alam).
- [2] ATMega328. "Architecture ATmega 328" <http://duinoworks.balleti.com> (diakses pada 24 Agustus 2016).
- [3] Artanto, Dian (2012). Interaksi Arduino dan LabVIEW. Jakarta. Elex Media Komputindo.
- [4] Nebath, Evert, dkk. (2015). Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Gas Berbahaya CO dan CO<sub>2</sub> di Lingkungan Industri. E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer. ISSN : 2301-8402
- [5] Arrosyid, Harun M, dkk (2012). Implementasi Wireless Sensor Network untuk Monitoring Parameter Energi Listrik Sebagai Peningkatan Layanan bagi Penyedia Energi Listrik.
- [6] Indahwati, Elly dan Nurhayati (2012). Rancang Bangun Alat Pengukur Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) Menggunakan Sensor Gas MQ135 Berbasis Mikrokontroler Untuk Komunikasi Serial USART.