

P-41

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING GAS BERACUN KAWAH IJEN BANYUWANGI BERBASIS JAVA DESKTOP

Alfin Hidayat¹, Subono²

^{1,2}Teknik Informatika, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember KM 13 Kabat, Banyuwangi, 68461

E-mail: alfin.hidayat@poliwangi.ac.id

Diterima 18-10-2018	Diperbaiki 05-11-2018	Disetujui 06-12-2018
---------------------	-----------------------	----------------------

ABSTRAK

Peningkatan jumlah pengunjung kawah Ijen di Kabupaten Banyuwangi harus diimbangi dengan peningkatan pelayanan terhadap wisatawan. Salah satu faktor pelayanan terpenting adalah pengamanan wisatawan dari bahaya gas beracun yang dikeluarkan oleh kawah gunung berapi, yaitu Kawah Gunung Ijen. Potensi timbulnya gas beracun yang bersifat mematikan cukup besar. Air hujan membuat permukaan kawah yang panas menjadi dingin mengakibatkan muncul letupan di dalam kawah yang membawa material gas vulkanik. Gas itu berupa karbon monoksida (CO) dan Hidrogen Sulfida (H₂S). Sejak tahun 2013, berdasar data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) kabupaten Banyuwangi dan Bondowoso gas beracun gunung ijen telah memakan korban mencapai 70 orang. Hal ini diakibatkan belum adanya alat yang memberikan tanda-tanda akan munculnya gas beracun yang terpasang di kawasan belerang dan kawah. Penelitian tentang perancangan alat pendeteksi gas beracun yang telah dibuat hanya dapat memberikan sinyal berupa suara buzzer adanya gas beracun tanpa memberikan informasi intensitas jumlah gas yang berada di area sekitar yang terkena. Oleh karena itu diperlukan adanya rancangan sistem monitoring yang membantu membaca tampilan dari sensor pendeteksi gas beracun yang dapat dipantau secara langsung. Dalam kegiatan penelitian ini dibuat tampilan java desktop sebagai media monitoring gas beracun dengan koneksi sensor menggunakan kabel serial. Hasilnya sensor MQ-9 untuk gas CO dan sensor MQ-136 untuk H₂S dapat mendeteksi adanya gas keduanya dan ditampilkan dalam sistem monitoring pendeteksi gas beracun berbasis java desktop.

Kata-kata kunci: MQ-9, MQ-136, H₂S, CO, java desktop

ABSTRACT

The increase in the number of visitors to the Ijen crater in Banyuwangi Regency must be balanced with an increase in services to tourists. One of the most important service factors is safeguarding tourists from the dangers of toxic gases released by volcanic craters, namely the Ijen Crater. The potential for the emergence of deadly toxic gas is quite large. Rainwater makes the surface of the hot crater cool. So that the explosion appeared in the crater carrying volcanic gas material. The gas was in the form of hydrogen sulfide (SO₂), carbon monoxide (CO) and sulfuric acid (H₂S). Since 2013, based on data from the National Disaster Management Agency (BNPB) in the districts of Banyuwangi and Bondowoso, the toxic gas of Mount Ijen has killed 70 people. This is due to the lack of tools that provide signs of the emergence of toxic gases installed in sulfur and crater areas. Research on the design of toxic gas detectors that have been made can only provide signals in the form of buzzer sounds of toxic gases without providing information on the intensity of the amount of gas in the affected area. Therefore, it is necessary to design a monitoring system that helps read the appearance of the toxic gas detection sensors that can be monitored directly. In this research activity created a java desktop display as a medium for monitoring toxic gas with a sensor connection using serial cable. As a result, the MQ-9 sensor for CO gas and MQ-136 sensor for H₂S can detect the presence of both gases and display it in a monitoring system for toxic gas detection based on java desktop.

Keywords: MQ-9, MQ-136, H₂S, CO, java desktop

1. PENDAHULUAN

Penelitian tentang mitigasi bencana sebagai upaya mengurangi korban akibat bencana alam terus mendapat perhatian masyarakat terutama pemerintah Indonesia, mengingat jumlah gunung berapi aktif di Indonesia cukup banyak. Proses mitigasi berasal dari data yang diperoleh dari kondisi tempat bencana. Pada kasus yang terjadi pada kawah ijen, gas memdadak muncul dari kawah akibat aktifitas vulkanologi[2]. Letupan terjadi karena perbedaan tekanan antara permukaan kawah dan dasar kawah. Pada saat terjadi letupan material gas beracun pekat diantaranya gas CO dan H₂S muncul dan menyebar di atas permukaan kawah. Faktor cuaca juga berpengaruh terhadap tingkat konsentrasi gas beracun, kondisi berawan, dan hujan menghalangi sinar matahari untuk mengurai gas beracun pekat. Apabila terbawa arah angin dapat membahayakan manusia[2]. Penduduk di sekitar kawah menjadi rentan terhadap pengaruh gas CO dan H₂S dengan kepekatan yang tinggi. Disamping penduduk sekitar kawah ijen, terdapat pula para wisatawan domestik maupun mancanegara yang datang berkunjung untuk melihat potensi wisata gunung ijen. Para penambang dari 200 Kepala Keluarga berasal dari 4 desa juga menggantungkan hidupnya dari penambangan belerang. Deteksi gas beracun menggunakan sensor sebagai detector dipasang diantaranya sensor MQ-9 untuk gas CO dan sensor MQ-136 untuk H₂S. Jenis gas CO dan H₂S berdasar keterangan pihak BNPB Kabupaten Banyuwangi dan Bondowoso merupakan jenis gas beracun yang paling banyak muncul di area kawah, termasuk jenis gas berbahaya jika konsentrasinya tinggi. Alat pendeteksi gas beracun memberikan informasi intensitas jumlah gas yang berada di area sekitar yang terkena. Sehingga diperlukan adanya sistem monitoring yang membantu membaca tampilan dari sensor pendeteksi gas beracun yang dapat dipantau secara langsung. Dalam hal ini dibutuhkan tampilan java desktop sebagai tampilan *display* gas beracun.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Sensor H₂S

Sensor H₂S merupakan sebuah modul sensor yang dapat digunakan untuk menentukan kadar konsentrasi gas berbahaya dalam udara. Modul ini berbasiskan sensor MQ-136, yaitu sensor yang dapat mendeteksi gas amonia, bensol, alkohol, serta gas

berbahaya lainnya[1]. Modul ini cocok digunakan pada proses penentuan kualitas udara.

Gas H₂S merupakan gas polutan yang banyak dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung unsur belerang seperti minyak, gas, batubara, maupun kokas. Salah satu senyawa gas dari gunung berapi aktif juga mengandung H₂S. Jenis sensor yang digunakan untuk mendeteksi H₂S adalah MQ-136. Gambar 2.4 menunjukkan jenis sensor MQ-136. Sedangkan pengaruh gas H₂S terhadap manusia dapat dilihat pada Tabel 2.1[3].

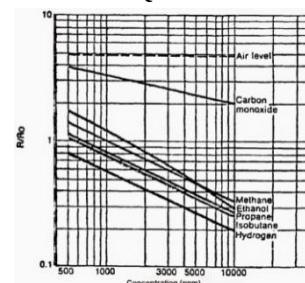
Tabel 2.1 Pengaruh Gas H₂S Terhadap Manusia

Kadar(ppm)	Dampak terhadap manusia
3-5	Jumlah minimum yang dapat dideteksi baunya
8-12	Jumlah minimum mengakibatkan iritasi tenggorokan
20	Jumlah minimum yang mengakibatkan iritasi pada mata,
50-100	Jumlah maksimum yang diperbolehkan untuk paparan yang singkat (± 30 menit)
400-500	Sudah berbahaya walaupun dalam paparan yang singkat



Gambar 20.1 MQ-136 Hydrogen Sulfide Gas Sensor Module

Sensor Gas MQ-136 adalah suatu komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai pengindera terhadap gas H₂S, Gambar 2.2 menunjukkan grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-136.



Gambar 2.2 Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-136

Nilai rasio resistansi sensor (R_s/R_0) adalah berbanding terbalik terhadap konsentrasi gas H₂S, sehingga dapat ditulis

Persamaan 2.1 hingga Persamaan 2.3:

$$\frac{R_s}{R_o} = \frac{1}{\text{Konsentrasigas (ppm)}} \quad (2.1)$$

$$\text{konsentrasigas} = \frac{R_o}{R_s} \quad (2.2)$$

Persamaan resistansi sensor (R_s) adalah

$$R_s = \left(\frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) R_L \quad (2.3)$$

Dengan:

V_c : Tegangan kerja dari perangkat sensor

V_{RL} : Tegangan di posisi R_L

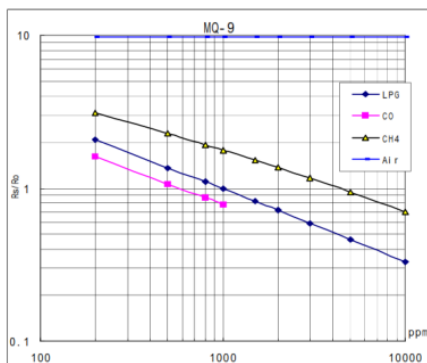
R_s : Resistansi sensor di berbagai konsentrasi gas.

2.1 Sensor Gas CO.

Rangkaian pengukuran standar komponen sensitif MQ-9 terdiri dari 2 bagian. Salah satunya adalah sirkuit pemanas yang memiliki fungsi kontrol waktu (tegangan tinggi dan tegangan rendah bekerja secara sirkuler). Yang kedua adalah sirkuit keluaran sinyal, secara akurat dapat merespon perubahan dari resistansi permukaan dari sensor, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4.



Gambar 2.3 MQ-9 Sensor gas Carbon Monoxida



Gambar 2.4 Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-9

Sedangkan karakteristik Perubahan data analog menjadi digital serta proses penyesuaian data gas beracun menjadi satuan *part per million* (ppm) mengikuti Persamaan 2.4.

$$R_s = \frac{V_c - V_{RL}}{V_{RL}} R_L \quad (2.4)$$

Dengan:

V_c : Tegangan kerja dari perangkat sensor

V_{RL} : Tegangan di posisi R_L

R_s : Resistansi sensor di berbagai konsentrasi gas.

Pada kondisi temperatur udara 20°C Kelembaban: 65%, Konsentrasi O_2 21%. maka nilai $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ sesuai dengan gambar 2.4 kurva karakteristik sensitivitas sensor MQ 9. R_o adalah resistansi sensor pada 1000 ppm LPG di udara bersih.

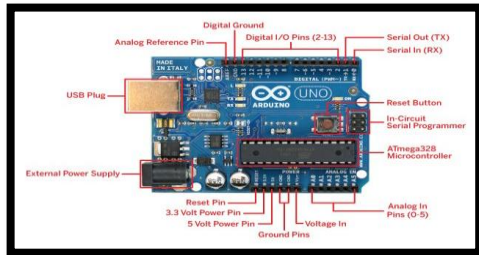
Tabel 2.2 Gejala pada manusia karena paparan gas CO

Konsentrasi rata-rata 8 jam (ppm)	Konsentrasi CO Hb di dalam darah (%)	Gejala
25 - 50	2,5 – 5	Tidak ada gejala
50-100	5 – 10	Aliran darah meningkat sakit kepala ringan
100-250	10 – 20	Tegang daerah dahi, sakit kepala, penglihatan agak terganggu
250-450	20 – 30	Sakit kepala sedang, berdenyut denyut, dahi (<i>throbbing temple</i>), wajah merah dan mual
450-650	30 – 40	Sakit kepala berat, vertigo, mual, muntah, lemas.
650-1000	40 – 50	Seperti di atas, lebih berat, mudah pingsan dan jatuh
1000-1500	50 – 60	Koma, hipotensi, kadang disertai kejang, pernafasan Cheyne- Stokes
1500-2500	60 – 70	Koma dengan kejang, kematian
2500-4000	70 – 80	Gagal hemodinamik, kematian

2.3 Arduino Uno

Arduino merupakan sebuah papan-tunggal yang di rancang dan dikembangkan dibawah lisensi *open source* yang dikembangkan oleh tim Arduino yang berbasis di Italia. Arduino juga dapat dikatakan sebagai mini komputer yang dapat diprogram untuk melakukan proses *input* dan *output* antara perangkat arduino dengan komponen luar yang dihubungkan dengannya. Arduino memiliki beberapa tipe antara lain Uno, Duemilanove,

Diecimila, LilyPad, dan lain-lain. Meskipun spesifikasi setiap tipe berbeda, tetapi memiliki banyak kesamaan serta dapat diprogram dengan menggunakan peralatan dan *library* yang sama. Spesifikasi dari Arduino Uno ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Spesifikasi Mikrontroler ArduinoUno

2.4 Java

2.4.1 Pengertian Java

Java merupakan bahasa pemrograman berorientasi objek yang dapat berjalan pada platform yang berbeda baik Windows, Linux, serta system operasi lainnya. Jadi kita dapat membuat sebuah aplikasi dengan java pada system operasi linux dan selanjutnya menjalankan atau menginstal aplikasi tersebut pada system operasi windows dan juga sebaliknya tanpa mengalami masalah. Dengan menggunakan java, kita dapat mengembangkan banyak aplikasi yang dapat digunakan pada lingkungan yang berbeda, seperti pada Desktop, Mobile, Internet, dan lain-lain.

2.4.2 Kelebihan Java

Java di desain untuk menghilangkan alokasi memori dan dealokasi memori secara manual. Java memiliki garbage collection otomatis yang mencegah adanya memory leak. *Memory leak* adalah masalah yang sering dihadapi programmer C dan C++ dimana memori yang digunakan untuk objek atau variable yang sudah tidak digunakan tidak didealokasikan sehingga menyebabkan kehabisan memori karena proses alokasi maupun dealokasi yang tidak diatur dengan baik.

1. Java memiliki array yang tidak memerlukan pointer sehingga memudahkan para programmer.
2. Java menghilangkan banyak kebingungan apabila terjadi proses assignment (pemberian nilai) pada statemen kondisional seperti berikut: If [varnya=5] Kode diatas menyebabkan program java tidak dapat dikompilasi karena java membedakan tanda = yang digunakan

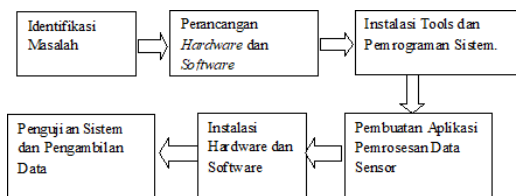
untuk pemberian nilai dan untuk pengecekan kondisi true atau false yang harus menggunakan tanda = ganda (==).

2.5.3 Netbeans

Netbeans merupakan sebuah aplikasi Integrated Development Environment (IDE) yang berbasis Java dari Sun Microsystems yang berjalan di atas swing. Swing merupakan sebuah teknologi Java untuk pengembangan aplikasi desktop yang dapat berjalan pada berbagai macam platform seperti windows, linux, Mac OS X dan Solaris. Sebuah IDE merupakan lingkup pemrograman yang di integrasikan ke dalam suatu aplikasi perangkat lunak yang menyediakan Graphic User Interface (GUI), suatu kode editor atau text, suatu compiler dan suatu debugger. Netbeans juga digunakan oleh *programmer* untuk menulis, *compiling*, mencari kesalahan dan menyebarkan program netbeans yang ditulis dalam bahasa pemrograman java namun selain itu dapat juga mendukung bahasa pemrograman lainnya dan program ini pun bebas untuk digunakan dan untuk membuat professional desktop, *enterprise*, *web*, and *mobile applications* dengan Java language, C/C++, dan bahkan dynamic languages seperti PHP, JavaScript, Groovy, dan Ruby. NetBeans merupakan sebuah proyek kode terbuka yang sukses dengan pengguna yang sangat luas, komunitas yang terus tumbuh, dan memiliki hampir 100 mitra. *Sun Microsystems* mendirikan proyek kode terbuka NetBeans pada bulan Juni 2000 dan terus menjadi sponsor utama. Dan saat ini pun Netbeans memiliki 2 produk yaitu Platform Netbeans dan Netbeans IDE. Platform Netbeans merupakan framework yang dapat digunakan kembali untuk menyederhanakan pengembangan aplikasi desktop dan Platform NetBeans juga menawarkan layanan-layanan yang umum bagi aplikasi desktop, mengizinkan pengembang untuk fokus ke logika yang spesifik terhadap aplikasi.

3. METODE PENELITIAN

Terdapat beberapa tahapan dalam rancangan penelitian ini, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.1. Tahapan dalam metodologi penelitian ini diadopsi dari tahapan Siklus Hidup Pengembangan Sistem (SDLC).



Gambar 3.1 Metode SDLC

3.1 Identifikasi Masalah

Tahapan pertama dalam penelitian ini adalah melakukan identifikasi terhadap permasalahan. Beberapa permasalahan pada penelitian ini diperoleh dari pengamatan langsung terhadap kondisi geografis kawah ijen. Kondisi wilayah kawah terjal, berbatu, licin, curam dengan kemiringan hingga 45° dapat dilihat pada Gambar 3.2. Kawah Ijen memiliki sumber daya alam berupa belerang, sehingga menjadi sumber mata pencaharian utama bagi penduduk sekitar kawah ijen sebagai penambang. Potensi kawah ijen dalam bidang pariwisata adalah keindahan Blue Fire, sehingga menjadi daya tarik bagi para wisatawan dalam dan luar negeri untuk berkunjung. Permasalahan yang dihadapi dibalik kekayaan alam berupa belerang dan panorama Blue Fire adalah munculnya gas beracun secara tiba-tiba. Gas beracun yang muncul dari kawah dalam konsentrasi tinggi dapat memakan korban jiwa. Berdasarkan keterangan dari Kepala Pos Pengamatan Gunung Api (PPGA) Ijen, gas beracun gunung ijen telah menelan sekitar 70 orang sampai tahun 2013, diantaranya penambang, mahasiswa dan wisatawan asing. Sehingga diperlukan sistem peringatan dini untuk mendeteksi adanya kandungan gas beracun dalam konsentrasi tinggi melalui perangkat sensor. Perangkat sensor yang digunakan disesuaikan dengan kondisi geografis sesungguhnya dari kawah ijen yaitu mudah dalam penempatan, dapat dipindah sesuai kebutuhan keadaan dan dapat saling komunikasi dengan perangkat sensor yang lain termasuk berkomunikasi dengan server melalui jaringan sensor nirkabel. Jaringan sensor nirkabel memang sesuai untuk wilayah seperti kawah ijen karena memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi, hemat energi dan dapat dipindah untuk ditempatkan pada daerah dengan potensi gas beracun tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data dari konsentrasi gas beracun sebagai langkah awal dalam menentukan nilai ambang batas sebagai acuan peringatan dini dari bahaya gas beracun. Apabila peringatan dini munculnya gas beracun dapat dideteksi dengan baik maka langkah pencegahan terhadap

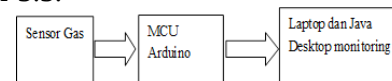
timbulnya korban jiwa dapat diatasi dengan baik.



Gambar 3.2 Kondisi Geografis Kawah Ijen

3.2 Perancangan Hardware dan Software

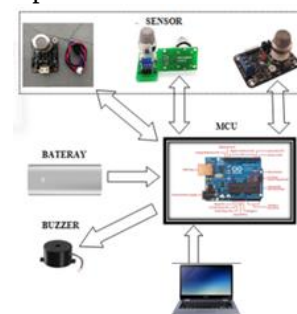
Tahap kedua adalah menentukan sistem peralatan yang digunakan berdasarkan perumusan masalah. Melalui proses perancangan *hardware* dan *software* diharapkan solusi dapat teratasi. Rencana aplikasi yang digunakan menggunakan serial, setiap titik akses dilengkapi oleh satu unit Microcontroller Unit (MCU) Arduino, serial, satu buah sensor gas beracun dan java desktop untuk membaca tampilan. Perancangan Sistem nya dapat dilihat pada Gambar 3.3.



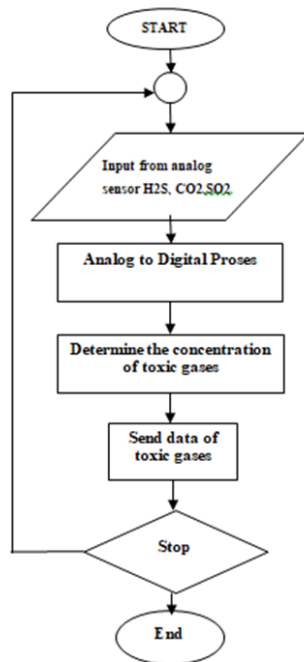
Gambar 3.3 Perancangan Hardware dan Software

3.3 Instalasi Tools dan Pemrograman Sistem

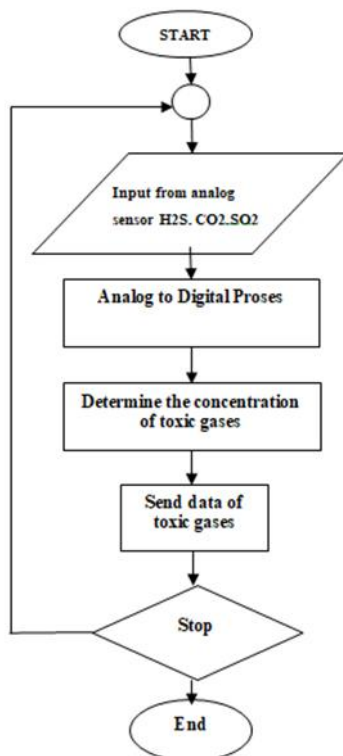
Pada setiap perangkat sensor terdapat empat bagian penting yang terintegrasi dalam satu kesatuan. Empat bagian penting tersebut antara lain, pertama adalah sensor yang terdiri dari sensor H_2S dan CO . Kedua adalah unit Mikrokontroler atau MCU yang berfungsi sebagai pemroses data dari sensor. Ketiga adalah Kabel serial untuk mengirim dan membaca data data sensor. Keempat adalah baterai yang berfungsi sebagai tenaga listrik bagi setiap node. Dengan konsentrasi tinggi Secara detail perangkat sensor yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.3. Sedangkan *flowchart* proses pada *device* ditunjukkan pada Gambar 3.4 – Gambar 3.7.



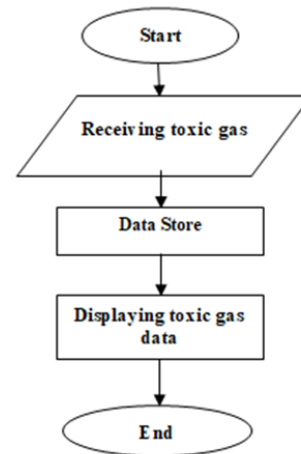
Gambar 3.4 Instalasi Tools Pada Setiap Perangkat Sensor



Gambar 3.5 Proses Pendeteksian Gas Beracun



Gambar 3.6 Flowchart End Device Proses



Gambar 3.7 Flowchart Server Device Proses

Pada Gambar 3.7 menunjukkan diagram alir dari proses pengambilan data gas beracun dari sensor. Data analog dari sensor yang diperoleh diubah ke dalam bentuk data digital oleh *Analog to Digital Converter* (ADC). Setelah data dalam bentuk digital, proses selanjutnya menentukan tingkat konsentrasi gas beracun berdasar Persamaan 2.1, 2.2, 2.3 dan 2.4. Setelah konversi data berhasil menjadi data gas beracun maka tingkat konsentrasi gas beracun disesuaikan dengan Tabel 2.1 tentang derajat konsentrasi gas beracun. Sehingga tingkat konsentrasi gas beracun dapat terukur. Sedangkan diagram alir pada Gambar 3.3. menjelaskan tentang proses penerimaan data pada server, menyimpan ke dalam database dan menampilkan dalam layar monitor. Pengujian sistem dilakukan dengan melakukan penempatan perangkat sensor pada tempat-tempat dengan peluang munculnya gas beracun sangat besar di kawah ijen. Aplikasi diuji dengan mengkondisikan gas beracun pada konsentrasi tinggi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil yang Dicapai

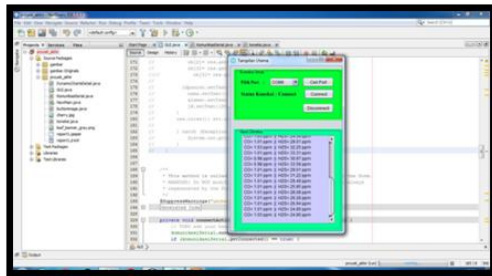
4.1.1 Perancangan dan Pengujian di Lab

Proses perancangan dan pengujian alat pendeteksi gas beracun dilakukan di laboratorium hardware Program Studi Teknik Informatika. Gambar 4.1 menunjukkan sistem pengambilan data dilakukan menggunakan kabel serial di Politeknik Negeri Banyuwangi.



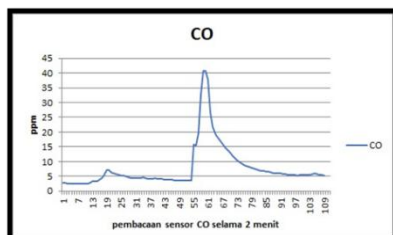
Gambar 4.1 Proses Pengujian Input Data Serial

Sedangkan untuk pengujian pembacaan sensor MQ-9 dan MQ-136 digunakan gas belerang utuh yang dibakar menggunakan lilin. Gambar 4.2. merupakan tampilan di layar monitor untuk masukan dari data sensor gas CO dan gas H_2S yang dideteksi dari pembakaran belerang dan dimonitoring secara *real time*.

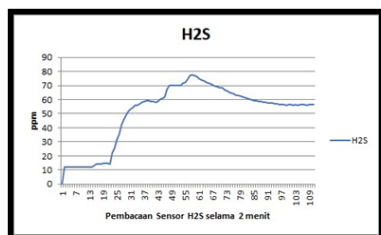


Gambar 4.2 Tampilan Monitoring Gas Menggunakan Java

Pengujian dilakukan selama 2 menit pembakaran belerang, didapatkan hasil pada Gambar 4.3 untuk gas CO dan Gambar 4.4 untuk gas H_2S selama 2 menit pengujian di Laboratorium



Gambar 4.3 Hasil Pembacaan Sensor CO

Gambar 4.4 Hasil Pembacaan Sensor H_2S

5.1.2 Perancangan dan Pengujian di Area Kawah Ijen

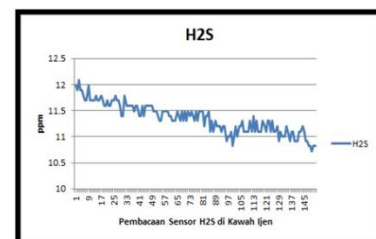
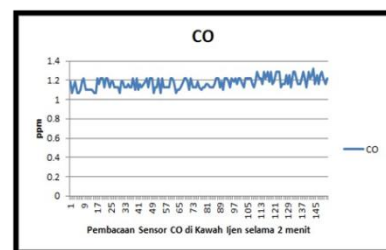
Proses perancangan dan pengujian alat pendeteksi gas beracun dilakukan di area kawah Gunung Ijen. Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 menunjukkan proses pengambilan data dilakukan menggunakan kabel serial di area kawah Gunung Ijen.



Gambar 4.5 Perangkaian alat Pendeteksi gas Beracun di Area Kawah Ijen

Gambar 4.6 Pembacaan Sensor Gas CO dan H_2S

Hasil pembacaan sensor gas beracun H_2S dan CO dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.

Gambar 4.7 Grafik Hasil Pembacaan Gas H_2S di Kawah Ijen Selama 2 Menit

Gambar 4.8 Grafik Hasil Pembacaan Gas CO di Kawah Ijen Selama 2 Menit

Pada hasil pembacaan gas H_2S pada Gambar 4.7 menunjukkan rata-rata pembacaan sensor

gas H₂S berada pada level 11,5 ppm. Bisa dikatakan masih dalam kategori tidak berbahaya terhadap pernapasan. Sedangkan pada pembacaan sensor CO berada pada level rata-rata 1,2 ppm dan masih dikategorikan aman.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Melalui pengujian, didapatkan bahwa alat pendeteksi gas beracun sudah dapat mendeteksi adanya gas CO dan H₂S. Melalui Setpoint yang ditentukan, alarm buzzer akan menyala jika terdeteksi gas CO dan H₂S diambang bahaya. Monitoring gas beracun sudah dapat dibaca melalui tampilan java desktop menggunakan kabel serial

5.2 Saran

Penelitian berikutnya merupakan pengembangan alat pendeteksi gas beracun berbasis *wireless sensor network* di kawasan Ijen.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]Firdaus, Nur Ahriman, Syakban Kurniawan, Medilla Kusriyanto, "Monitoring Gas Co Dan Deteksi Dini Kebocoran Gas Lpg Pada Perumahan Menggunakan Wireless Sensor Network" Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan Juli 2015
- [2] Fergo Treska, "Rancang Bangun Warning System Dan Monitoring Gas Sulfur Dioksida (So₂) Gunung Tangkuban Parahu Via Sms Gateway Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Mq-136" Telekontran, Vol. 1, No. 2, Oktober 2013
- [3] Andrey Somov¹, Alexander Baranov², Alexey Savkin², Mikhail Ivanov², Lucia Calliari³, Roberto Passerone⁴, Evgeny Karpov⁵, And Alexey Suchkov⁵, "Energy-Aware Gas Sensing Using Wireless Sensor Networks" © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012