

# RANCANG BANGUN INSTRUMEN PENDETEKSI GAS HIDROGEN SULFIDA DAN PENGGUNAANNYA PADA MONITORING GAS SUMUR DUA GEOTHERMAL WAYANG WINDU

R. Anton. P<sup>2)</sup> dan Chunaeni Latief<sup>1,2)</sup>

1) Bidang Teknologi Atmosfer PSTA- LAPAN, Jl Dr. Djundjuran 133 Bandung

2) Universitas Langlangbuana Bandung, Jl . Karapitan 126 Bandung.

E-mail: chunaeni@yahoo.com

## Abstrak

Energi Geothermal merupakan energi panasbumi yang berasal dari dalam bumi. *Reservoir* geothermal terletak jauh di dalam bumi dan biasanya ditandai dengan gunung berapi, geyser, fumarole dan sumber air panas alami yang banyak mengandung gas hydrogen sulfida ( $H_2S$ ). Instrumen monitoring gas  $H_2S$  di sekitar sumur produksi uap Pembangkit Listrik Geothermal (PLG) Wayang Windu ini dibuat untuk memonitor  $H_2S$  dan sebagai peringatan dini keselamatan para pekerja di tempat kerja agar terhindar dari paparan gas beracun  $H_2S$  yang mengancam jiwa pekerja di area sumur geothermal tersebut. Metode yang digunakan adalah pembuatan istrumen monitoring gas  $H_2S$  berbasis sensor HS20C pada mikrokontroler AT89C2051 melalui uji laboratorium dan lapangan dengan pembanding alat ukur standard berdasarkan penelaahan standard keselamatan kerja. Instrumen ini secara *real time* menampilkan pengukuran konsentrasi gas  $H_2S$  tahun 2009, di udara sekitar sumur 2 dengan peraga *Liquid Crystal Display 2 x 16* dan memberikan *alarm* sebagai peringatan apabila konsentrasi gas  $H_2S$  sudah mencapai batas ambang maksimum aman bekerja 15 ppm. Hasil pembandingan pengukuran dengan meter standard pada pengukuran disekitar sumur (sampling 15 menit selama seminggu) menunjukkan kesalahan 0,026 (2,6%). Hasil monitoring memnunjukkkkan konsentrsi paparan  $H_2S$  ambient fluktuatif dengan rata-rata 2,81 ppm masih di bawah 10 ppm (masih aman).

**Kata kunci:** Hidrogen Sulfida ( $H_2S$ ), Sensor Elektrokimia, Mikrokontroler, PLG Wayang Windu.

## Abstract

Geothermal Energy is thermalearth flow from the inner center of earth. Geothermal reservoir is very deep from earth surface and usualy exist indicated to the active mountain, geyser, fumarole and hot water steam which is suspended more hydrogen sulfide ( $H_2S$ ) respectively.  $H_2S$  monitoring instrument in around well production steam Geothermal Electrical Power Wayang Windu was made as indicating early warning system of savety officer on the working area of very danger area in geothermal working staffs. The methodology was used to built and developed  $H_2S$  monitoring instrument based on HS20C of the  $H_2S$  sensor with AT89C2051 microcontroller by using comparative test with standard  $H_2S$  instrument have being used daily monitoring via laboratory test and field measurement based on savety standard operation procedures. The instrument was achived  $H_2S$  in 2009 real time monitoring of ambient near WWG hole 2<sup>nd</sup> was completed by using 2x16 LCD, sirine alarm and on-off lamp as early warning if reaching 15 ppm  $H_2S$  maximum limited concentration. The appeling measurement between standar meter and our meter has 0.026 (2.6%) error, with

concentration plot was fluctuative and the average value was 2.81 ppm still under 10 ppm and it was savely condition.

**Key words:** Hydrogen Sulfide (H<sub>2</sub>S), Electrochemical Sensor, Microcontroller, PLG Wayang Windu.

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik semakin hari semakin meningkat, oleh karena itu diupayakan mengembangkan pembangkit listrik dari segala sektor. Salah satu pembangkit yang cukup handal adalah energi panasbumi atau geothermal, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) Wayang Windu Pengalengan Jawa Barat (Wayang Windu Geothermal – WWG, lihat Gambar 2.1). Pembangkit ini pernah diusulkan untuk memperoleh bantuan carbon trade secara internasional (Martha Maulidia, 2010).

Pembangkit Listrik Wayang Windu yang dikelola oleh Magma Nusantara Limited (MNL) adalah operator pelaksana yang dipercaya oleh PT Star Energi untuk menjalankan dan melaksanakan pembangunan proyek ini.. Sumitomo Corp. merupakan kontraktor pelaksana pembangunan WWG Phase 2 Pembangkit Listrik Geotermal ini merupakan pembangkit listrik panasbumi terbesar di Indonesia dan di dunia yang merupakan kerjasama kontrak antara Pertamina dan Perusahaan Listrik Negara (PLN) pada tanggal 21 November 2006, menghasilkan daya lebih dari 40 MW (tahap I menghasilkan daya 110 MW) dan direncanakan tahap II 110 MW juga, setelah 30 tahun menghasilkan daya sebesar 400 MW (Wayang Windu/Star Energy, diakses 2009).

Lazimnya di area sumur panasbumi kandungan gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) sangat tinggi, oleh karena itu diperlukan adanya sistem yang bisa memantau kandungan gas tersebut untuk keselamatan pekerja dilokasi sumur.

Gas H<sub>2</sub>S merupakan senyawa yang sangat beracun dan mematikan dengan batas aman maksimum terpapar adalah 20 ppm selama 8 jam. Senyawa ini harus dihindari demi keselamatan para pekerja, oleh karena itu diperlukan instrumen untuk memantau konsentrasi senyawa tersebut secara terus menerus.

**Tujuan:** Membuat instrumen pengukur konsentrasi H<sub>2</sub>S dan peringatan dini keselamatan kerja. Sasarannya memantau H<sub>2</sub>S ambien sekitar sumur WWG agar dapat memberikan peringatan dini pada para pekerja berdasarkan aturan keselamatan kerja pada operasi panasbumi, manakala sudah mencapai batas ambang berbahaya, sehingga terhindar dari paparan gas H<sub>2</sub>S yang membahayakan.

Metodologi penelitian yang dikembangkan adalah: merancang dan membuat instrumen monitoring gas H<sub>2</sub>S menggunakan sensor HS20C pada mikrokontroler AT89C52 melalui uji laboratorium dan lapangan dengan pembandingan alat ukur standard berdasarkan penelaahan standard keselamatan kerja. Instrumen pengukur H<sub>2</sub>S ini, selain untuk memantau juga dilengkapi dengan kontrol yang berfungsi sebagai peringatan dini.

Karena pekerja boleh terpapar H<sub>2</sub>S yang masih aman maksimum 15 ppm, oleh karena itu instrumen ini harus dapat mendeteksi H<sub>2</sub>S antara 30 ppm ke bawah dengan teliti. Penarhan instrumen ini di sekitar sumur 2, dimaksudkan agar dapat memberikan selain memberikan data konsentrasi H<sub>2</sub>S ambien setiap saat, juga memberikan peringatan dini kepada para pekerja saat konsentrasi gas mencapai 15 ppm (maksimum) melalui peringatan sirine, lampu kedip dan papan monitoring LED besar.

## 2. LANDASAN TEORI

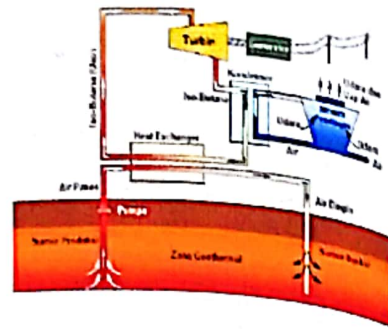
Pembangkit listrik panasbumi, sangatlah atraktif terhadap lingkungan dikarenakan merupakan energi yang dapat diperbaharui. Bagaimanapun uap panasbumi

ini mempunyai beberapa kandungan gas-gas yang tidak dapat dikondensasikan (*non condensable gases*) cukup tinggi adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan sebagian kecil hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ),  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Cl}$  dan sisanya  $\text{H}_2\text{O}$  yang sangat dominan, dengan penyebab korosi adalah gas-gas  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  dan  $\text{Cl}$  (M. Ridha Anshary, dkk, 2010). Berdasarkan informasi, PLG Wayang Windu tidak mengandung polutan dan gas  $\text{CO}_2$  pembangkitnya menggunakan sistem heat exchanger (Power Technology.com, Wayang Windu Geothermal Power Plant, diakses 1 Nov 2011). Namun bagaimanapun tetap ada kebocoran atau limpahan gas  $\text{H}_2\text{S}$  dan gas lain dari sumur maupun tempat lain (kawah terbuka). Apabila gas-gas ini tidak dibuang dan dipantau secara benar, maka akan menimbulkan masalah kesehatan dan keamanan lingkungan kerja.

### 2.1. Sumur Wayang Windu Geothermal

Wayang Windu Geothermal yang sedang dikembangkan adalah pembangkit listrik yang menggunakan teknologi semburan uap (*flash steam technology*) dengan pengendali langsung ke generator pembangkit listrik *Binary Cycle System (BCS)*. Uap panas yang dihasilkan dari magma panas dialirkan ke salah satu pipa heat exchanger untuk menguapkan cairan isobutana di pipakerja. Uap di pipa kerja terhubung langsung dengan turbin dan uap ini akan menggerakkan turbin generator penghasil listrik (lihat Gambar 1). Teknologi ini menggunakan suhu uap reservoir yang berkisar antara  $107\text{-}300^\circ\text{C}$  (Hiroshi Murakami, 2011).

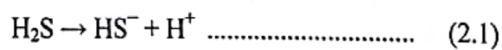
Uap yang dihasilkan lebih dari  $300^\circ\text{C}$ , dan secara nyata dirancang tidak mengandung polutan dan atau  $\text{CO}_2$  (Power Technology, 1997). Namun, sebenarnya sumur pengeboran ini mengandung gas  $\text{H}_2\text{S}$  sebesar 225-480 ppm yang sangat berbahaya bagi pekerjaanya, apabila terjadi kebocoran (Layman.et.al, 2008, diakses dari [www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/SGW/.../Layman.pdf](http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/SGW/.../Layman.pdf), Nov.2010).



**Gambar 1:** (a) Sistem pembangkit Listrik geothermal Wayang Windu Pangalengan Jawa Barat, (b) Pembangkit listrik geothermal (Binary Steam Power Plant) (sumber: M. Ridha Anshary, dkk,2010)

Gas hidrogen sulfida merupakan senyawa tidak berwarna, sangat beracun, berbau busuk, memiliki massa jenis lebih besar dari pada udara, mudah terbakar dengan titik bakar  $262^{\circ}\text{C}$ , dapat dilarutkan dengan air, mematikan dan mempunyai daya bunuh tinggi, cepat terbentuk secara alami karena pembusukan organik alam keadaan tanpa oksigen seperti di rawa, juga terbentuk pada saluran pembuangan kotoran serta bersifat korosif.

Istilah gas  $\text{H}_2\text{S}$  yang sering disebut juga sulfana, sulfur hidrida, gas asam (*sulfur gas*), asam hidrosulfurik, dan gas limbah (*sewer gas*). Formula hidrogen sulfida merupakan hidrida kovalen yang secara kimiawi terkait dengan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) karena oksigen dan sulfur berada dalam golongan yang sama di tabel periodik. Karena  $\text{H}_2\text{S}$  merupakan asam lemah, maka mudah terpisah dalam larutan *aqueous* menjadi kation hidrogen  $\text{H}^+$  dan anion hidrosulfid  $\text{HS}^-$ :



Ion sulfid,  $\text{S}^{2-}$ , dikenal dalam bentuk padatan tetapi tidak di dalam larutan *aqueous* (oksida).

## 2.2. Ambang Batas Paparan

Pada Tabel 1 diperlihatkan level paparan H<sub>2</sub>S yang digunakan sebagai dasar perancangan .

Tabel 1. Batas paparan gas H<sub>2</sub>S di udara

Konsentrasi (ppm)	Efek	Waktu paparan dan dampak
10	Berbau tak sedap	8 jam sehari
15	Berbau tak sedap (menyengat sekali)	tidak lebih dari 15 menit, maksimum 4 kali paparan selama 8 jam sehari, setiap paparan berjangka waktu 60 menit.
20	Berbau sangat tak sedap, aman untuk waktu singkat	Maksimum 15 menit paparan (waktu pendek)
100	Mematikan saraf penciuman, menyengat mata dan tenggorokan, sakit kepala dan mual	3-15 menit
200	Mematikan saraf penciuman, menyengat mata dan tenggorokan (indra penciuman hilang sangat cepat, mata dan tenggorokan terbakar)	3-15 menit, dalam waktu singkat
500	Sesak nafas, pusing, membutuhkan alat bantu pernafasan (hilang daya akal dan keseimbangan, gangguan pernapasan).	3-15 menit.
700-1000	Mengalami kematian (pingsan secara tiba-tiba, mati atau kerusakan otak permanen bila tidak tertolong).	seketika

Sumber: OSHA 2006, Panduan H<sub>2</sub>S field level training, 2008. Jakarta: Menara Inti Energy.

Pemerintah memberikan batasan mengenai paparan dari gas H<sub>2</sub>S di udara sebagai berikut:

- 10 ppm *Time Weighted Average (TWA)* merupakan waktu rata-rata terpapar maksimal 8 jam sehari, pekerja boleh terpapar 10 ppm H<sub>2</sub>S.
- 15 ppm, kadar paparan jangka pendek untuk tidak lebih dari 15 menit, maksimum 4 kali paparan selama 8 jam sehari. Setiap paparan berjarak 60 menit.
- 20 ppm, batas paparan tertinggi artinya pekerja tidak boleh terpapar H<sub>2</sub>S melebihi 20 ppm. Ini menunjukkan kadar tertinggi yang boleh terpapar jangka waktu yang sangat pendek.

## 2.2. Ambang Batas Paparan

Pada Tabel 1 diperlihatkan level paparan H<sub>2</sub>S yang digunakan sebagai dasar perancangan .

Tabel 1. Batas paparan gas H<sub>2</sub>S di udara

Konsentrasi (ppm)	Efek	Waktu paparan dan dampak
10	Berbau tak sedap	8 jam sehari
15	Berbau tak sedap (menyengat sekali)	tidak lebih dari 15 menit, maksimum 4 kali paparan selama 8 jam sehari, setiap paparan berjangka waktu 60 menit.
20	Berbau sangat tak sedap, aman untuk waktu singkat	Maksimum 15 menit paparan (waktu pendek)
100	Mematikan saraf penciuman, menyengat mata dan tenggorokan, sakit kepala dan mual	3-15 menit
200	Mematikan saraf penciuman, menyengat mata dan tenggorokan (indra penciuman hilang sangat cepat, mata dan tenggorokan terbakar)	3-15 menit, dalam waktu singkat
500	Sesak nafas, pusing, membutuhkan alat bantu pernafasan (hilang daya akal dan keseimbangan, gangguan pernapasan).	3-15 menit.
700-1000	Mengalami kematian (pingsan secara tiba-tiba, mati atau kerusakan otak permanen bila tidak tertolong).	seketika

Sumber: OSHA 2006, Panduan H<sub>2</sub>S field level training, 2008. Jakarta: Menara Inti Energy.

Pemerintah memberikan batasan mengenai paparan dari gas H<sub>2</sub>S di udara sebagai berikut:

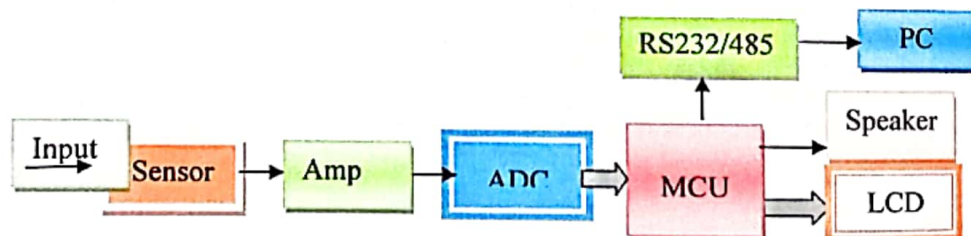
- 10 ppm *Time Weighted Average (TWA)* merupakan waktu rata-rata terpapar maksimal 8 jam sehari, pekerja boleh terpapar 10 ppm H<sub>2</sub>S.
- 15 ppm, kadar paparan jangka pendek untuk tidak lebih dari 15 menit, maksimum 4 kali paparan selama 8 jam sehari. Setiap paparan berjarak 60 menit.
- 20 ppm, batas paparan tertinggi artinya pekerja tidak boleh terpapar H<sub>2</sub>S melebihi 20 ppm. Ini menunjukkan kadar tertinggi yang boleh terpapar jangka waktu yang sangat pendek.

Batas aman yang diperbolehkan oleh lab OSHA adalah 8 jam waktu terpapar dengan konsentrasi kurang dari 20 ppm dan 15 menit waktu terpapar dengan konsentrasi 15 ppm (... .., 2008 H<sub>2</sub>S Field Level training). Kandungan gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) di udara sebenarnya bisa dipantau dengan mengukur konsentrasi gas tersebut menggunakan alat berbasis elektronik, sehingga dapat digunakan secara terus menerus dan mudah diprogram. Dalam hal ini diambil untuk peringatan dini adalah 15 ppm.

### 3. PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM INSTRUMEN

#### 3.1 Perancangan Dan Pembuatan Instrument Pengukur H<sub>2</sub>S.

Untuk mendeteksi paparan H<sub>2</sub>S, dapat digunakan sensor khusus H<sub>2</sub>S. Keluaran dari sensor dikuatkan dan diumpankan ke ADC (Analog to Digital Converter) yang akan diolah secara digital. Dari ADC masuk ke mikrokontroler (MCU) diberikan ke unit peraga dalam bentuk ppm (part per milion) yang dilengkapi buzzer/speaker sebagai peringatan dini, lampu peringatan dan port RS 232 dan RS 485 ke komputer untuk proses selanjutnya (lihat Gambar 3.1)



Gambar 2: Blok Diagram Sistem

Alat yang dirancang (lihat Gambar 2) diharapkan dapat memenuhi spesifikasi sebagai berikut :

- Tampilan data dalam satuan *part per million (ppm)* unit display LCD 2x16 (Altadox. inc..2002)



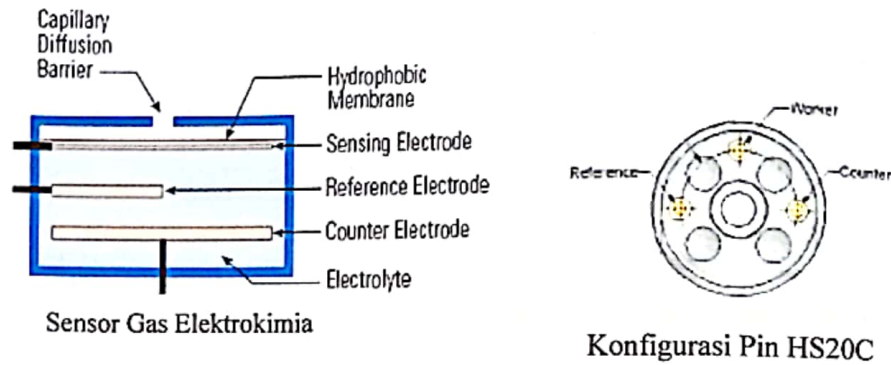
- b. Sensor yang digunakan adalah Sensor Elektrokimia, agar sensitif terhadap proses reaksi  $H_2S$ , tipe HS20C dengan kemampuan maksimum sampai 500 ppm dan kondisi operasional 0-100 ppm.
- c. Penguat yang digunakan adalah OPAM LM 324
- d. Pengubah ke sinyal analog ke digital yang digunakan 8 bit ADC0804
- e. Unit pengolah data adalah mikrokontroler 8 bit (ATMEGA AT89C52).
- f. Tersedia *Port* koneksi ke *PC* berupa RS 232 dan RS 485 untuk jarak jauh dari sekitar sumur ke ruang pengontrol) agar dapat diproses lebih lanjut dengan *PC*.
- g. Pada pembacaan 10 ppm akan ada notifikasi nyala LED hijau sebagai tanda peringatan dini batas mendekati bahaya dan pada 15 ppm notifikasi nyala LED merah dan mengaktifkan relay untuk lampu dan sirine sebagai peringatan dini untuk segera para pekerja meninggalkan lokasi kerja.
- h. Tampilan horn (suara) dan lampu kedip sebagai peringatan bila melebihi batas ambang 15 ppm selain LED merah nyala.
- i. Ditampilkan penunjukan angka dengan informasi pada LCD 2 x 16.

### 3.2. Sensor Elektrokimia $e2VH_2S$ (HS20C) dan Penguat

Sensor  $H_2S$  yang digunakan adalah sistem elktrokimia yaitu HS20C. Apabila elektrolit bereaksi dengan  $H_2S$ , akan menghasilkan elektron atau arus listrik. Jenis sensor yang digunakan adalah  $e2V H_2S$  *Electrochemical sensor* yang memiliki spesifikasi:

- *Range measurement: 0-100 ppm*
- *Max overload: 500 ppm*
- *Output signal:  $1.4 \pm 0.6 \mu A$  per ppm*
- *Respon time: 35 detik*
- *Temperature range:  $-20^\circ C - 50^\circ C$*
- Tidak membutuhkan tegangan bias
- Resolusi: 0.1 ppm
- Material struktur: polikarbonat

Sensor Gas Elektrokimia terdiri dari tiga kaki yaitu elektroda kerja (*Sensing/Working Electrode*), elektroda referensi (*Reference Electrode*) dan elektroda penghitung (*Counter Electrode*), lihat Gambar 3.



**Gambar 3:** Struktur sensor H<sub>2</sub>S tipe HS20C. (Sumber: "Electrochemical Sensors Chapter 2". <http://www.intlsensor.com/pdf/electrochemical.pdf>, diakses 5 Agustus 2009).

Prinsip kerja adalah gas masuk melalui jalur bukaan kapiler dan akan terdistribusi pada penghalang hidropobik (*hydrophobic barrier*), kemudian menyentuh permukaan elektroda. Elektroda kerja (*Sensing/Working Electrode*) berfungsi merespon gas target dengan mengoksidasi dan menghasilkan arus listrik yang sesuai dengan konsentrasi gas kemudian diteruskan ke elektroda penghitung (*Counter Electrode*). Elektroda referensi digunakan untuk mengatur tegangan tetap yang masuk ke elektroda kerja (lihat Gambar 3), dengan keluran berbentuk arus yang dikonversi ke tegangan dengan memasang tahanan R 12 k  $\Omega$ .

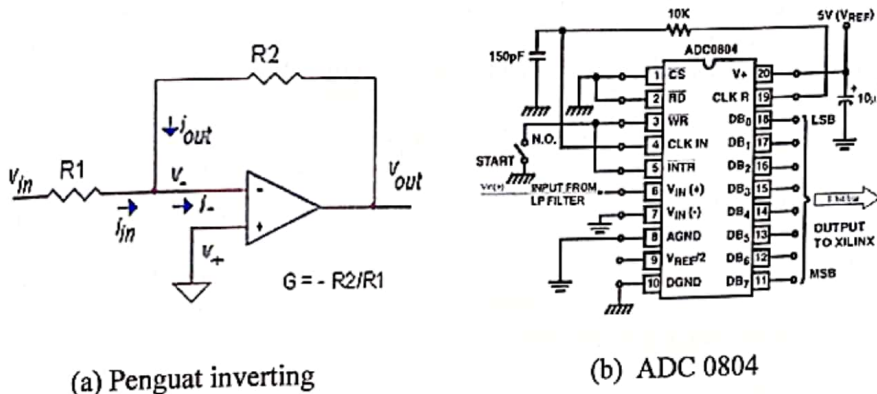
Keluaran dari sensor H<sub>2</sub>S tersebut dinaikkan menggunakan penguat OPAM, agar sinyal keluaran cukup untuk dijadikan sebagai input ADC pada sinyal maksimum 5 volt (sistem monopolar). Rangkaian OPAM yang digunakan adalah penguat inverting Gambar 4 (a), yaitu sinyal masukan dibuat melalui input inverting. Output dari penguat

inverting ini akan selalu berbalikan dengan inputnya. Pada rangkaian ini, umpan balik negatif dibangun melalui resistor R2, pada penguatan inverting (lihat Gambar 4).

Tegangan output dan gain tegangan rangkaian inverting amplifier diatas dapat dicari dengan persamaan:

$$V_{out} = -V_{in} \frac{R2}{R1} \dots\dots\dots (3.1)$$

Penguatan  $G = A_v = -\frac{R2}{R1} \dots\dots\dots (3.2)$



Gambar 4: a. Penguat Inverting dan b. ADC0804 successive approximation

Keluaran digital dari ADC dalam bentuk port paralel (port 11 – 18) dijadikan input untuk unit pengolahan data pada unit mikrokontroler (MCU), yang telah di tanam software komando utama (lihat gambar 4).

### 3.3. Analog to Digital Converter (ADC) 0804

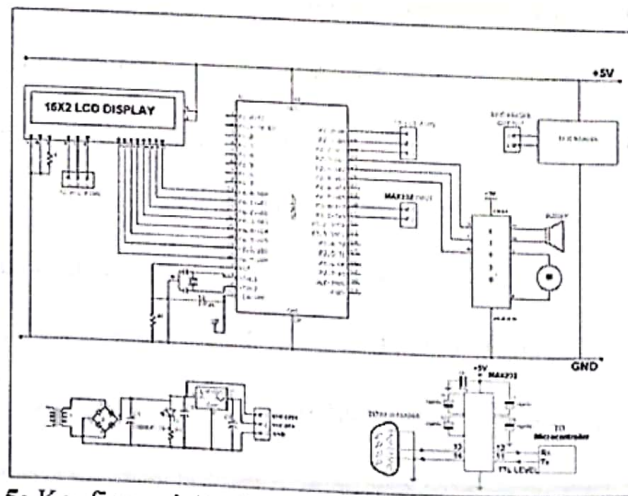
Sinyal keluaran penguat OPAM yang maksimum 5 volt (Gambar 3.3.a), diumpankan ke ADC masuk ke kaki 6. ADC yang digunakan adalah ADC0804 merupakan salah satu ADC berbasis metoda konversi successive approximation, dimana metoda ini membutuhkan rangkaian yang kompleks akan tetapi membutuhkan waktu konversi yang cepat. ADC0804 tersusun dalam bentuk IC CMOS 8-bit dengan pengontrolan bus output melalui three-state, tidak dibutuhkan interface tambahan untuk

menghubungkan dengan prosessor sehingga output dari ADC dapat terbaca sebagai port IO (*input output*) atau sebagai lokasi memori pada prosesor. Pengecekan kerja ADC ditambahkan LED display pada kaki 11 sampai 18 (lihat Gambar 3.3.b), sehingga konversi dapat dilihat kebenarannya.

ADC ini merupakan IC kanal tunggal yang dapat mengambil satu sinyal analog masukan. Keluaran bervariasi dari 0 – maksimum 255. Ukuran step dapat diatur melalui setting tegangan referensi pin 9. Manakala pin ini tidak dihubungkan, maka tegangan acuan adalah Vcc pada 5 volt. Ukuran step 5 V adalah 255, sehingga setiap step besarnya ( $5V/255 = 19,53 \text{ mV}$ ). Jika tegangan naik 19,53 mV, maka step akan naik satu, selanjutnya tegangan analog masukan dikonversi sesuai dengan kode biner melalui kuantisasi atau proses digitasi yang menghasilkan pulsa biner selanjutnya diumpankan ke mikrokontroler (MCU) AT89C52.

### 3.4. Mikrokontroler AT89C52

Sinyal digital dari ADC0804 diumpankan ke mikrokontroler (MCU) untuk memprogram pengukuran dan kontrol hasil pengukuran dengan peringatan dininya. Mikrokontroler yang digunakan adalah AT89C52 sebagai salah satu keluarga MCS-51 yang memiliki fasilitas sebagai berikut (lihat Gambar 5) :



Gambar 5: Konfigurasi AT89C52 dengan horn dan display LCD 16 x 2

(Atmel corp.,2000. "8 Bits Mikrokontroller with 8K Bytes Flash". San Jose USA)

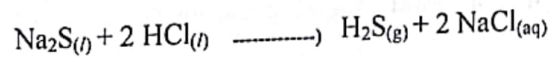
- CPU dengan kapasitas 8 bit
- 8 KBytes In-System Reprogramable Flash Memory
- 256 x 8 bit RAM Internal
- 32 I/O yang dapat diprogram
- Tiga buah *Timer/COUNTER* 16 bit
- *Programable Serial Channel*
- 8 buah *Interrupt Source* dengan sistem *Priority Level*
- *On-Chip Oscilator: 0 – 24 MHz*

Sebagai unit pengontrol dan pengolah data awal ditanamkan software ke AT89C52 melalui loader pada bahasa C atau basic, dalam hal ini digunakan bahasa C.

Keluaran dari ADC0408 dari kaki 11- 18 dimasukkan secara parallel ke kaki 1-8 dari AT89C52, sehingga dapat deprogram, keluarannya dimasukkan ke LCD display 2 x 16 dari kaki 32 -39 AT89C52 (lihat Gambar 5)

#### 4. PERCOBAAN DAN ANALISIS

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan cara menghubungkan semua blok rangkaian. Setelah bekerja dilakukan uji perbandingan pengukuran dengan meter standar Gas H<sub>2</sub>S Gas Alert Quattro 500 pada reaksi (4.1) untuk mendapatkan sampel H<sub>2</sub>S. Persamaan reaksi yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Proses reaksi ini bisa dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.

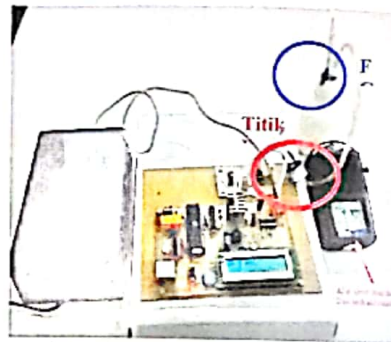
##### 4.1. Percobaan Perbandingan di Laboratorium

Sebelum dilakukan pengukuran di lapangan, dilakukan pengukuran di laboratorium lebih dahulu untuk menunjukkan linearitas instrumen yang dibuat. Karena

tidak ada gas  $H_2S$  standar, maka dibuatlah suatu reaksi antara  $HCl$  dengan  $Na_2S$  (lihat persamaan 4.1). Pada Gambar 4.1. disiapkan cairan  $Na_2S(l)$  diletakan di dalam botol tertutup, kemudian ditetesi cairan  $HCl(l)$  sesuai dengan konsentrasi yang diharapkan. Sisa hasil reaksi berupa garam  $NaCl(aq)$  dalam cairan akan mengendap didalam botol sedangkan gas  $H_2S(g)$  (lihat persamaan reaksi di atas) akan menguap melalui selang yang dilengkapi dengan *Flow Control Valve* (FCV) untuk mengatur jumlah gas yang keluar (yang akan diukur, lihat Gambar 6), ke kedua meter yang telah disiapkan.



Percobaan Reaksi Penghasil



Pengukuran paparan gas  $H_2S$  dan

Gambar 6: Simulasi pengukuran paparan gas  $H_2S$  dengan pembanding meter Standar.

Selang keluaran Gas  $H_2S$  dijadikan titik pengukuran bagi sensor (lihat pada Gambar 7) dan meter standar (Gas Alert Quattro 500) yang ada dipasang juga untuk mengukur konsentrasi yang keluar sebagai pembanding. Sebelum dilakukan reaksi, di ruang  $HCl$  dilakukan pengukuran awal, sinyal pada meter yang dibuat maupun pembanding masih nol dan ditunggu cukup lama agar stabil dan tunak (30 menit). Data percobaan dapat dilihat pada Tabel 2. dengan metode reaksi kimia.

Tabel 2. Hasil pengukuran gas H<sub>2</sub>S di laboratorium dengan pembanding meter standar

No	Konsentrasi H <sub>2</sub> S (ppm)	Meter Pembanding (ppm)	Output tegangan (mV)	Hasil penguatan OPAM (mV)	Tampilan LCD instrumen disain (ppm)	Error (%)
1	0	0	1,3	4,3	0,0	0
2	1	1	16,76	21,22	1,1	10
3	2	2	32,33	42,13	2,2	10
4	3	3	47,63	58,12	3,1	3,3
5	4	4	63,84	79,57	4,2	5
6	5	5	78,45	99,05	5,2	4
7	6	6	93,67	119,20	6,1	1,6
8	7	7	103,33	137,56	7,3	4
9	8	8	117,78	156,71	8,4	3,7
10	9	9	136,23	177,19	9,2	2,2
11	10	10	152,14	194,82	10,3	3,0
12	11	11	167,08	236,77	10,1	0,9
13	12	12	180,88	236,77	12,1	0,8
14	13	13	194,26	254,59	13,0	0
15	14	14	211,27	272,94	14,2	1,4
16	15	15	226,71	293,49	15,3	0
17	16	16	240,32	311,11	16,1	0,06
18	17	17	255,02	331,55	16,9	0,05
19	18	18	269,35	350,16	18,0	0
20	19	19	284,62	370,00	19,1	0,05
21	20	20	298,96	389,87	19,2	1,0
Error rata-rata 0,026						2,60

Sumber: hasil pengukuran

Karena sensor berupa fotokimia dengan jenis *photocurrent* (arus foto), maka deteksi pertama dipasang untuk konversi arus ke tegangan digunakan tahanan  $12\text{ k}\Omega$ , sehingga tegangan keluarannya setiap ppm adalah  $1,4\ \mu\text{A} \times 12\text{ k}\Omega = 16,8\text{ mV}$ . Dengan paparan maksimum (diset)  $500\text{ ppm}$ , berarti akan keluar tegangan  $1,4\ \mu\text{A} \times 12\text{ k}\Omega \times 500 = 8,4\text{ Volt}$ . Karena dalam pengukuran ini diharapkan maksimum sensor digunakan hanya maksimum mengukur  $250\text{ ppm}$  (sensor dapat sampai  $500\text{ ppm}$ , namun agar sensor aman, maka tegangan keluaran adalah  $4,2\text{ volt}$ ).

Pada kenyataannya salah satu data didapat output sensor pada konsentrasi  $7\text{ ppm}$  (*masih ambang batas normal*) adalah  $103,33\text{ mV}$  hal ini berarti arus yang dihasilkan pada  $7\text{ ppm}$ :

$$I = (V/R) = 103,33\text{ mV}/12\text{ k}\Omega = 8,611\ \mu\text{A}$$

Sehingga arus yang dihasilkan per ppm, adalah:

$$8,611\ \mu\text{A}/7\text{ ppm} = 1,230\ \mu\text{A/ppm}$$

Pada output penguat pada konsentrasi yang sama didapat  $137,56\text{ mV}$ , sehingga besarnya penguatan adalah:

$$A_v = V_{out}/V_{in} = 137,56\text{ mV}/103,33\text{ mV} = 1,3312\text{ x atau }1,3\text{ kali}$$

(tahanan depan yang dipasang adalah  $1\text{ k}\Omega$  dan tahanan *feedback* adalah  $1,3\text{ k}\Omega$  sesuai dengan yang diharapkan dengan penguatan  $1,3$  kali, sehingga maksimal pada  $230\text{ ppm}$  akan menghasilkan sinyal menghasilkan  $4,2\text{ volt} \times 1,3 = 5,6\text{ volt}$ . Artinya ADC hanya dapat menerima dari penguatan tegangan OPAM sampai konsentrasi aman untuk sensor  $230\text{ ppm}$ .

Pada data perbandingan pembacaan dengan alat ukur standard didapat perbedaan pembacaan data pada LCD hal ini disebabkan oleh tidak samanya *tapping point* pengambilan data dan juga perbedaan penampilan karakter LCD, dimana pada

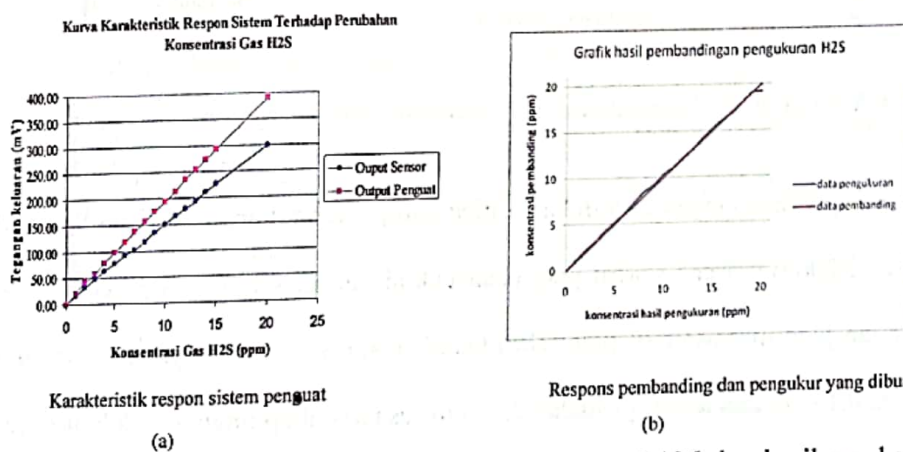


alat ukur standard tidak disertakan dengan bilangan desimal. Nilai kesalahan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{error} = \left| \frac{\text{nilaiterukur} - \text{nilaibenar}}{\text{nilaibenar}} \right| \times 100\%.$$

Rata-rata hasil pengukuran secara keseluruhan dari 21 kali pengukuran berbeda konsentrasi dengan pembanding alat ukur standar yang telah ada diperoleh perbedaan 0,026 atau 2,6%.

Kurva karakteristik respon sistem terhadap perubahan konsentrasi gas H<sub>2</sub>S terpapar hasil pembandingan dengan alat standar yang digunakan (lihat Gambar 7 b). Jika dilihat disini pada saat dipakai karena error hanya 2,6 atau 0,026 sangat kecil dan dengan resolusi 0,1 ppm, maka hasil pengukuran laboratorium berimpit.



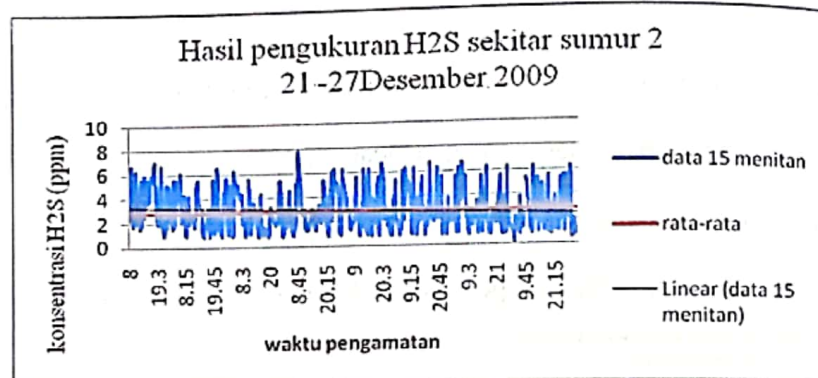
Gambar 7: Hasil pengukuran laboratorium keluaran OPAM dan hasil pembandingan antara instrument pembanding dan yang dibuat

#### 6. 4.2. Pemantauan H<sub>2</sub>S di Lapangan

Dari hasil uji laboratorium, dilakukan pengukuran di dekat (0-10 m) Sumur 2 Wayang Windu, dimana operator bekerja. Pemantauan gas H<sub>2</sub>S yang terdapat dalam uap panas bumi cukup tinggi, namun dengan sistem operasi Binary System Power Plant menggunakan gas kondensasi sebagai penggerak turbin, sehingga paparan bebas H<sub>2</sub>S

dapat dieleminir. Bagaimanapun tetap ada yang bocor ataupun adanya kiriman dari sistem letupan magma terbuka di sekitarnya (sumber air panas).

Untuk memantau gas  $H_2S$  dilakukan pengukuran dengan instrument yang telah dibuat, dengan sistem sampling 15 menit, mengingat keluaran gas hydrogen sulfide tidak ajeg dan sangat berbahaya manakala melebihi ambangbatas 15 ppm dengan paparan selama 8 jam (lihat Tabel 1).



**Gambar 8:** Contoh hasil pengukuran  $H_2S$  menggunakan instrumen yang dibuat

Walaupun kandungan  $H_2S$  didalam pipa uap geotermal antara 225-480 ppm (B. Gary J.Nagl, 2009), karena sistem perpipaan cukup bagus, sehingga konsentrasi  $H_2S$  ambien aman jauh di bawah 10 ppm. Dari Gambar 4.3, konsentrasi yang fluktuatif di atas (antara 0.1 ppm dan tertinggi adalah 7.8 ppm sesaat) cukup tinggi untuk konsentrasi di sekitar sumur (ambien  $H_2S$  untuk udara bebas sebesar 0,015 ppm, 30 menit, Depart. Environmental Conservation, USA). Pengamatan ini dilakukan hanya seminggu dan kebetulan arah angin dari barat, yang kemungkinan muncul adanya keluaran uap geothermal di tempat lain yang dibawa angin (lihat Gambar 1. lokasi PLT Geotermal Wayang Windu Pengalengan Jabar), sehingga kadangkala muncul bau agak busuk. Bagaimanapun hal ini tidak bisa dihindari, namun karena penunjukan masih dibawah 10

ppm, maka lampu indikator masih hijau dan sirine tidak akan berbunyi, artinya masih aman.

Dari grafik tersebut diatas, rata-rata paparan setiap harinya adalah 2,4 ppm, dengan trend selama pemantauan satu minggu turun. Kecenderungan turunnya kandungan H<sub>2</sub>S karena setiap saat kebocoran dimonitor dan diupayakan agar yang ada di ambient sangat rendah. Secara statistik pola penurunan mengikuti pola linear  $y = -0,001x + 3,221$  dengan  $R^2 = 0,021$ . Kandungan udara sekitar sumur terendah (dari 21-27 Desember 2009) adalah 0.1 ppm dan tertinggi adalah 7.8 ppm.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Hasil pembuatan instrumen pemantau H<sub>2</sub>S berbasis sensor elektrokimia tipe HS20C, mikrokontroler AT89C52, dapat digunakan untuk mengukur paparan H<sub>2</sub>S ambien di sekitar sumur 2 Wayang Windu, dengan error 2,6% hasil perbandingan dengan alat ukur standar. Rata-rata pemantauan di ambien sumur 2 Wayang Windu selama satu minggu pada sampling 15 menit adalah 2,4 ppm dengan trend linier menurun  $y = -0,001x + 3,221$  dengan  $R^2 = 0,021$ .

### 5.2. Saran-saran

Agar para pekerja mengetahui paparan yang ada saat itu dapat dilihat jarak jauh di areal kerja, seyogyanya digunakan LCD layar lebar. Selain sirine digunakan lampu kedip tanda bahaya pada paparan yang melebihi ambangbatas. Sensor dan monitor besar seyogyanya diletakkan di berbagai tempat bahaya sehingga mudah dilihat indikasi paparan ke para pekerja dan dipantau melalui pusat pengendali/pengontrol. Dan dicari pengganti sensor yang mampu sampai orde maksimum 50 ppm, sehingga pengukurannya lebih teliti.

## DAFTAR RUJUKAN

- Agfianto, Putra. E. 2002. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55*. Yogyakarta: Gaya Media.
- Altadox, inc...2002. "LCD Character Module 16 x 2".  
[http://www.premierregister.com/lcdresources/lcd\\_specs/lcmc1602\\_01\\_08.pdf](http://www.premierregister.com/lcdresources/lcd_specs/lcmc1602_01_08.pdf)
- Atmel Corp. 2000. "8 Bits Mikrokontroler with 8K Bytes Flash". San Jose USA. B.
- Gary J.Nagl, 2009, Controlling H<sub>2</sub>S Emissions in Geothermal Power Plants, Gas Technology Product. Depart. Environmental Conservation, 2005, Ambient Quality Standard Hydrogen Sulfide (H<sub>2</sub>S), USA
- Hiroshi Murakami, 2011, Wayang Windu Geothermal Plant, Power Technology.com
- Intelsensor,"Electrochemical Sensors Chapter 2" diakses Jan 2010.  
<http://www.intlsensor.com/pdf/electrochemical.pdf>
- Layman.et al. Temperature Vapor Dominated Resource West Java, Indonesia,  
[www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/SGW/.../Layman.pdf](http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/SGW/.../Layman.pdf),  
Nov.2010.
- Martha Maulidia, 2010, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), Iklim Karbon.com
- M. Ridho Anshary.,dkk, 2010, Pembangkit Listrik Panas Bumi, Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik UNLAM, Banjarbaru.
- OSHA 2006, Panduan H<sub>2</sub>S field level training, 2008. Jakarta: Menara Inti Energy.  
Power Technology.com, Wayang Windu Geothermal Power Plant, diakses 1  
Nov 2011.
- Star Energy, 2006, Wayang Windu Geothermal Energy, diakses 2009.