

RANCANG BANGUN PENDETEKSI GAS CO DAN H₂S SEBAGAI EARLY WARNING SYSTEM (EWS) DI KAWAH GUNUNG IJEN

Subono¹⁾, Alfin Hidayat²⁾, Akhmad Afandi³⁾

¹Teknik Informatika, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember KM 13 Kabat, Banyuwangi, 68461

²Teknik Informatika, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember KM 13 Kabat, Banyuwangi, 68461

³Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember KM 13 Kabat, Banyuwangi, 68461

subono@poliwangi.ac.id, alfin.hidayat@poliwangi.ac.id, akhmad.afandi@poliwangi.ac.id

Abstrak

Gunung Ijen di Banyuwangi merupakan salah satu gunung aktif di Indonesia dengan ketinggian 2443 mdpl. Gunung Ijen terkenal dikalangan wisatawan domestik maupun luar negeri karena fenomena alam api biru dan penambang belerang tradisional. Permasalahan utama adalah munculnya gas beracun secara mendadak. Gas beracun yang muncul dari kawah dalam konsentrasi tinggi sangat berbahaya. Berdasarkan keterangan dari Kepala Pos Pengamatan Gunung Api (PPGA) Ijen, gas beracun gunung Ijen telah menelankorban sekitar 70 orang sampai tahun 2013. Kondisi wilayah kawah terjal, berbatu, licin, curam dengan kemiringan hingga 45^o, sehingga diperlukan sistem peringatan dini (*Early Warning System*) untuk mendeteksi kandungan gas beracun konsentrasi tinggi melalui perangkat sensor. Perangkat sensor yang digunakan sesuai kondisi geografis dari kawah Ijen yaitu mudah dalam penempatan, dapat dipindah sesuai kebutuhan keadaan dan mampu saling komunikasi dengan perangkat sensor yang lain termasuk berkomunikasi dengan server melalui jaringan sensor nirkabel (*Wireless Sensor Network*). Sistem komunikasi antar sensor node menggunakan *singlehop*. Daya jangkauan perangkat *zigbee* sampai 200 meter tanpa halangan. Tingkat efisiensi konsumsi arus listrik maksimal 35 mA dibutuhkan untuk mengirim data gas beracun CO dan H₂S dari sensor MQ-9 dan MQ-136. Peringatan dini munculnya gas beracun dapat dideteksi dengan baik maka timbulnya korban jiwa dapat berkurang.

Kata Kunci :EWS, WSN Zigbee, pro S2, MQ-9 sensor, MQ-136 sensor.

PENDAHULUAN

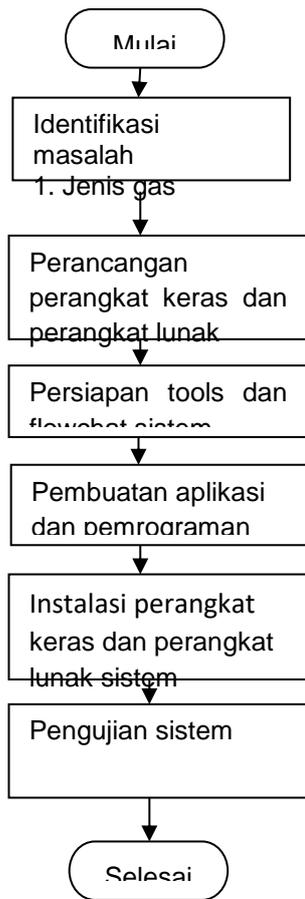
Kondisi lingkungan dengan potensi keberadaan gas beracun yang dapat keluar secara tiba-tiba harus mendapat monitoring terus-menerus. Indonesia merupakan daerah rawan bencana dari aktifitas vulkanologi, salah satu aspek dari kegiatan vulkanologi adalah keluarnya gas beracun secara tiba-tiba [3][7]. Jalur lalu lintas yang padat juga dapat menimbulkan gas beracun dari emisi gas buang kendaraan bermotor. Industri kimia juga mempunyai peluang terjadinya kebocoran gas beracun, sehingga dalam konsentrasi tertentu dapat membahayakan jiwa manusia[3][4][5]. Berdasarkan tingkat konsentrasi serta dampak paling berbahaya terhadap tubuh manusia maka gas karbon monoksida (CO) dan Hidrogen Sulfida H₂S [] memiliki tingkat paling tinggi [2][6][7]. Jenis gas CO merupakan senyawa yang dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna, tidak berbau dan sangat

berbahaya bagi tubuh manusia karena dapat dengan mudah diikat oleh *haemoglobin* darah HbCO [1][4][5][6]. Gas Hidrogen Sulfida(H₂S) merupakan senyawa kimia yang paling banyak dikeluarkan oleh aktifitas geothermal bumi. Penyerapan gas H₂S oleh darah dapat mengurangi jumlah gas oksigen dalam darah. Pada jumlah tertentu gas H₂S terlarut dalam darah dapat mengganggu kinerja otak dan syaraf serta fungsi kontrol pada paru-paru[1][8][9]. Penggunaan jaringan sensor nirkabel (WSN) dengan *transceiverzigbee* pro S2 standart IEEE 802.15.4 diterapkan pada penelitian ini. Teknologi WSN dapat diterapkan utamanya pada daerah- daerah yang sulit dilalui manusia, berbahaya dan terbatasnya sumber daya energi listrik[2]. Penentuan topologi jaringan dapat disesuaikan dengan keadaan wilayah atau lingkungan yang dihadapi. Kondisi wilayah yang terjal dan curam dapat digunakan sebagai contoh untuk monitoring gas beracun pada kawah gunung

berapi menggunakan WSN[2][5]. Daerah dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi serta gedung – gedung pencakar langit, jembatan, hutan belantara dapat dijadikan obyek penelitian menggunakan WSN. Sehingga dari hasil penelitian ini bertujuan mendapatkan data yang akurat dan cepat untuk menentukan kondisi bahaya dari konsentrasi gas CO dan H₂S yang tinggi dan muncul secara tiba – tiba[1][4][5].

METODE PENELITIAN.

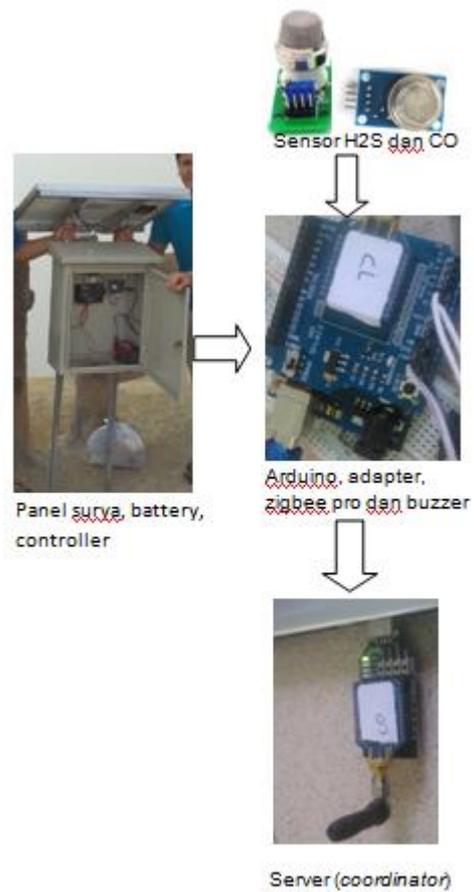
Tahapan dalam proses penelitian ini dilakukan berdasarkan gambar 1. Pada proses identifikasi masalah didasarkan pada jenis gas beracun konsentrasi tinggi dari aktifitas kawah ijen di kabupaten Banyuwangi. Gas beracun dari aktifitas gunung berapi dibagi menjadi 3 yaitu solfatara, fumarol, dan mofet. Kandungan gas beracun tersebut terdiri dari senyawa H₂S (Hidrogen Sulfida) dan CO (Karbonmonoksida). Letupan yang terjadi pada kawah ijen karena sirkulasi air di dasar kawah dan permukaan sebagai akibat perbedaan tekanan menyebabkan gas beracun keluar. Konsentrasi tinggi gas dapat membahayakan manusia.



Gambar 1. Tahapan dalam proses penelitian

Perancangan Perangkat Keras

Pada setiap perangkat sensor terdapat lima bagian penting yang terintegrasi dalam satu kesatuan dan disebut sebagai *node* atau titik sensor. Lima bagian penting tersebut antara lain, pertama adalah sensor yang terdiri dari sensor H₂S (asam sulfat), sensor CO (karbonmonoksida), dan Kedua adalah Microcontroller Unit atau MCU yang berfungsi sebagai pemroses data dari sensor. Ketiga adalah *Wireless Sensor Network* atau WSN yang berfungsi sebagai pemancar dan penerima data dari perangkat sensor atau *node* yang lain, WSN dapat juga mengirim data ke pusat data atau server. Keempat adalah *bateray* yang berfungsi sebagai tenaga listrik bagi setiap *node*. Kelima adalah *buzzer* yang berfungsi sebagai alarm tanda bahaya jika terdeteksi adanya kandungan gas beracun dengan konsentrasi tinggi (berbahaya). Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.

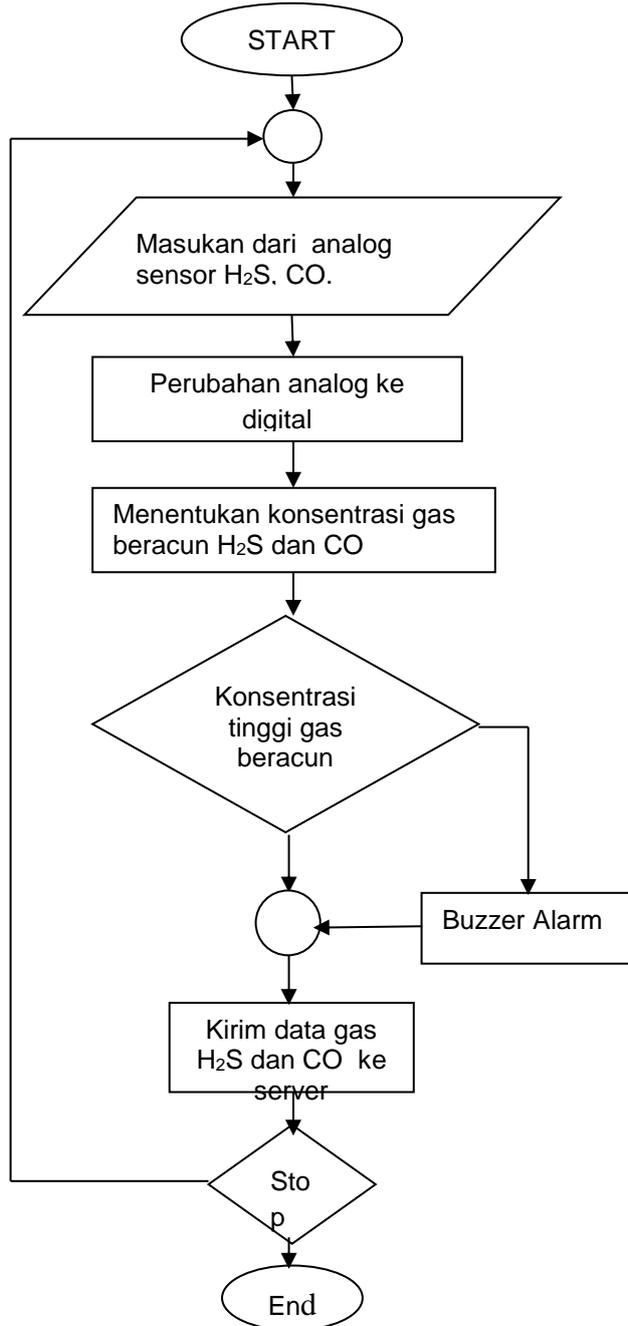


Gambar 2. Sistem Perangkat Keras

Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan ada 3

jenis. Jenis pertama digunakan untuk *Reduce Function Device* (RFD). Program pertama ini digunakan untuk menerima data sensor kemudian diproses oleh MCU dan dikirimkan ke Server melalui *Reduce Function Devices* (RFD). Program Kedua digunakan untuk FFD. Program ketiga digunakan di sisi server, program tersebut berupa tampilan desktop dan database untuk menyimpan data dari sensor. Flowchart yang digunakan pada program pertama ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir RFD

Perubahan data analog menjadi digital serta proses penyesuaian data gas beracun menjadi

satuan *part per million* (ppm) mengikutipersamaan,

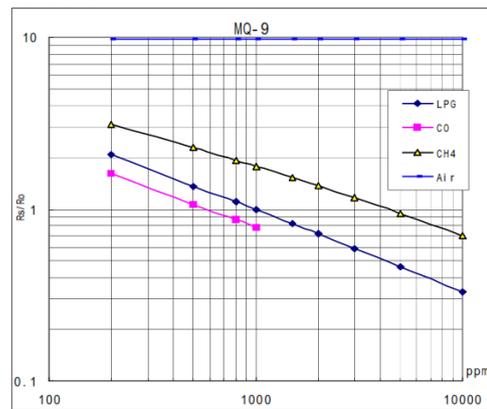
$$R_s = \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} R_L \quad (1)$$

V_C = Tegangan kerja dari perangkat sensor

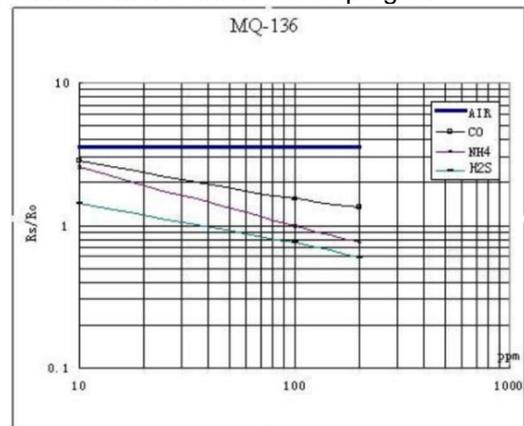
V_{RL} = Tegangan di posisi R_L

R_s = resistansi sensor di berbagai konsentrasi gas.

Pada kondisi temperatur udara 20°C Kelembaban: 65%, Konsentrasi O₂ 21%. maka nilai $R_L = 10k\Omega$ sesuai dengan gambar 4 kurva karakteristik sensitivitas sensor MQ 9. R_0 adalah resistansi sensor pada 1000 ppm LPG di udara bersih.



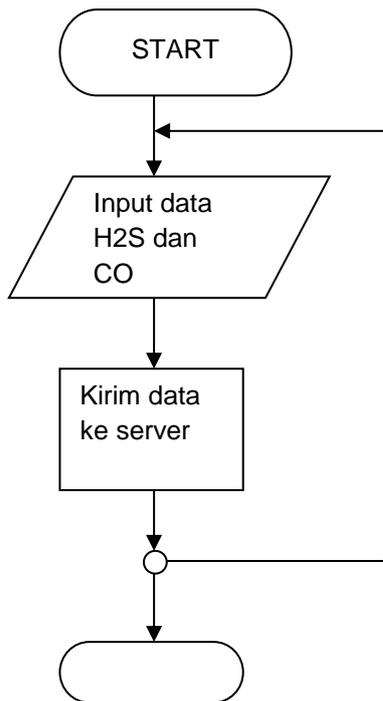
Gambar.4. menunjukkan karakteristik sensitivitas MQ-9 untuk beberapa gas.



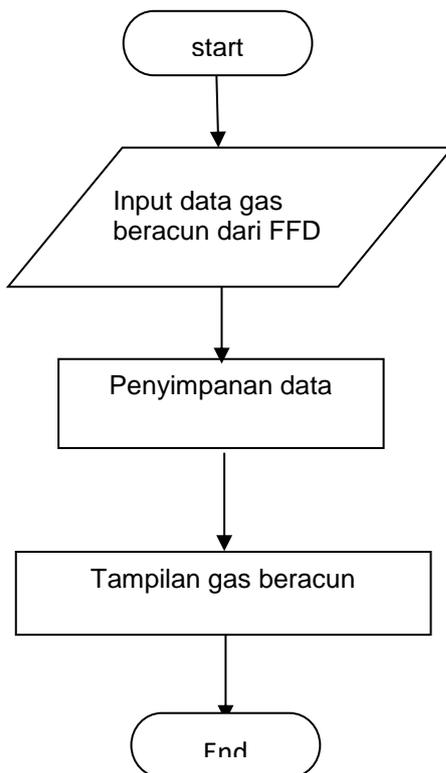
Gambar.5. menunjukkan karakteristik sensitivitas MQ-136 (H₂S) untuk beberapa gas.

Karakteristik sensor MQ 136 dijelaskan pada gambar 5. Perbedaan dengan MQ 9 adalah pada R_0 nilai resistansi sensor pada 10 ppm H₂S kondisi udara bersih.

Pada gambar 6 ditunjukkan diagram alir dari FFD dalam proses menerima data transmisi dari RFD zigbee pro S2.



Gambar 6 diagram alir FFD



Gambar 7 diagram alir proses penyimpanan data dan tampilan data gas beracun

Pada gambar 7 ditunjukkan diagram alir sistem yang bekerja pada bagian server. Server berfungsi sebagai pengolah data terakhir untuk

disimpan dalam database dan ditampilkan pada layar monitor secara terus menerus.

Tabel 1. Gejala pada manusia karena paparan gas CO

Konsentrasi rata-rata 8 jam (ppm)	Konsentrasi COHb di dalam darah (%)	Gejala
25 - 50	2,5 – 5	Tidak ada gejala
50-100	5 – 10	Aliran darah meningkat sakit kepalaringan
100-250	10 – 20	Tegang daerah dahi, sakit kepala, penglihatan agak terganggu
250-450	20 – 30	Sakit kepala sedang, berdenyut denyut, dahi (throbbing temple), wajah merah dan mual
450-650	30 – 40	Sakit kepala berat, vertigo, mual, muntah, lemas, mudah terganggu pingsan pada saat bekerja
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	Komadengank ejang, penekananper nafasandanfungsijantung, mungkinginterjadi kematian
2500-4000	70 – 80	Denyutnadilemah, pernafasanlam bat, gagalhemodinamik, kematian

Tabel 1 menunjukkan gejala yang ditimbulkan karena pengaruh dari gas CO bagi manusia. Gas CO dalam darah manusia dapat terikat oleh hemoglobin darah menjadi COHb. Pada saat konsentrasi gas CO terlarut dalam udara mencapai 25-50 ppm dalam jangka waktu 8 jam maka konsentrasi COHb dalam darah menjadi 2.5% sampai 5% dengan tanpa gejala pada tubuh manusia. Tetapi apabila konsentrasi mencapai 2500-4000 ppm maka dalam waktu 8 jam konsentrasi COHb menjadi 70% sampai dengan 80% apabila tidak segera tertolong, maka dapat mengakibatkan kematian.

Tabel 2. Gejala karena paparan gas H₂S pada manusia

Tingkat H ₂ S (ppm)	Efek pada manusia
0.13	Tercium bau kadang-kadang
4.6	Mudah terdeteksi karena bau mulai tercium
10	Mulai iritasi pada mata dan mata mulai berair
27	Bau sangat menyengat dan mengganggu
100	Batuk-batuk, iritasi mata dan indera

	pencium tidak berfungsi lagi
200-300	Pembengkakan mata dan rasa kering di tenggorokan
500-700	Hilang kesadaran dan mematikan dalam waktu 1 jam
>700	Hilang kesadaran dengan cepat dan berlanjut kematian

Para penambang belerang di gunung ijen mempunyai resiko tinggi karena terpapar gas H₂S. Petunjuk dini sebagai awal peringatan penting diketahui dengan cepat oleh para penambang dan penduduk sekitar lereng gunung ijen. Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa konsentrasi rata-rata pada 500 sampai dengan 700 ppm dapat menghilangkan kesadaran secara cepat, apabila tidak segera dievakuasi dalam waktu kurang dari 1 jam maka dapat dipastikan menyebabkan kematian.

2.3. Pengujian Sistem.

Pengujian perangkat deteksi gas CO dan H₂S di atas kawah gunung ijen mempunyai 2 skenario yaitu pengukuran secara horisontal atau mendatar disesuaikan dengan bentuk bibir kawah yaitu mulai jarak 100 meter dan 200 meter dengan posisi sensor yang berubah selama 5 menit seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 dan gambar 9. Terakhir pengukuran dilakukan dengan posisi vertikal antara server dan koordinator dengan sensor yang berada tepat dibawah tebing setinggi 10 meter seperti yang ditunjukkan pada gambar 10 dan 11. Gambar 10 sebagai titik server dan koordinator sedangkan gambar 11 merupakan titik sensor berjarak 10 meter arah vertikal. Kondisi lokasi pada pengujian ketiga, antara server koordinator dengan sensor terhalang tebing bebatuan dari kawah ijen, sehingga posisi sensor dari koordinator tidak terlihat.



Gambar 8 titik server dan koordinator horizontal dengan sensor



Gambar 9 titik sensor horizontal dengan server dan koordinator



Gambar 10. Titik server dan koordinator vertikal dengan sensor

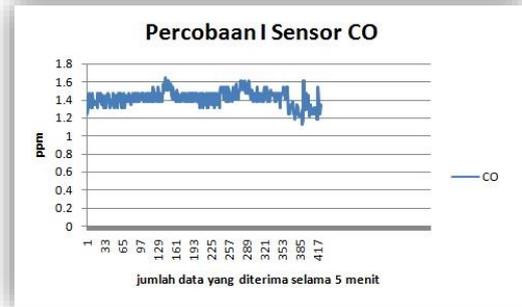


Gambar 11. Titik sensor vertikal dengan koordinator dan server

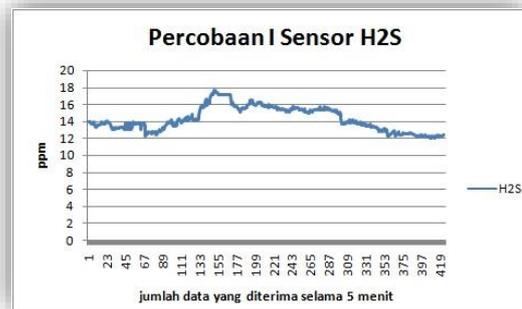
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini berupa data dari sensor gas CO dan H₂S. Jumlah data yang bisa terkirim dalam waktu 5 menit atau 300 detik dari tigaskenario pengambilan data.

Hasil pengujian yang pertama berdasarkan posisi horizontal antara server dan koordinator terhadap posisi sensor berjarak 100 meter, seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 dan 9. data yang dihasilkan berupa konsentrasi gas CO dan H₂S yang berhasil diterima oleh server.

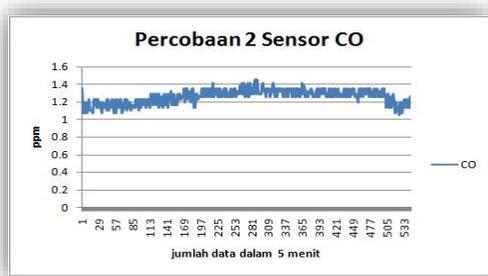


Gambar 12 Konsentrasi Gas CO pada percobaan I

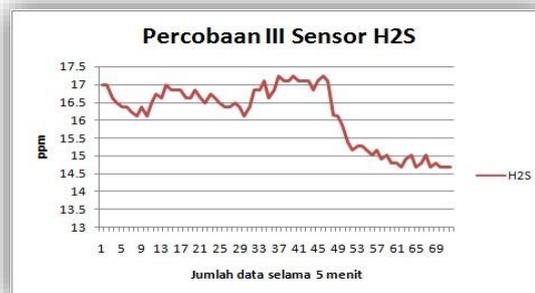


Gambar 13 Konsentrasi Gas H₂S pada percobaan I

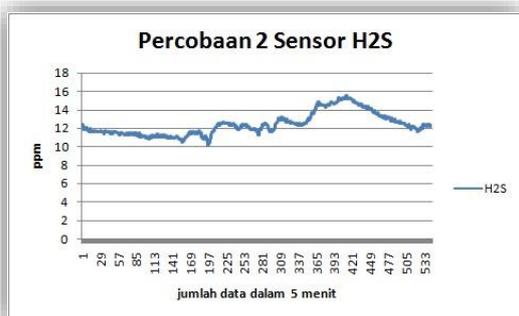
Pada percobaan I, data yang dihasilkan dalam waktu 5 menit adalah 417 masing-masing terdiri dari data gas CO dan data gas H₂S. Rata-rata nilai gas CO adalah 1.42ppm ditunjukkan pada gambar 12, sedangkan nilai gas H₂S adalah 14.22 ppm ditunjukkan pada gambar 13. Berdasarkan tabel 1 tentang gejala pada tubuh manusia karena paparan gas CO, rata-rata nilai gas CO sebesar 1.42 ppm dalam kondisi aman bagi tubuh manusia. Nilai rata-rata gas H₂S pada percobaan I melebihi 10 ppm yaitu pada nilai 14.22 ppm. Berdasar tabel 2 tentang gejala pada tubuh manusia karena paparan gas H₂S, nilai 14.22 ppm dapat menyebabkan iritasi pada mata dan bau yang menyengat.



Gambar 14 Konsentrasi Gas CO pada percobaan II

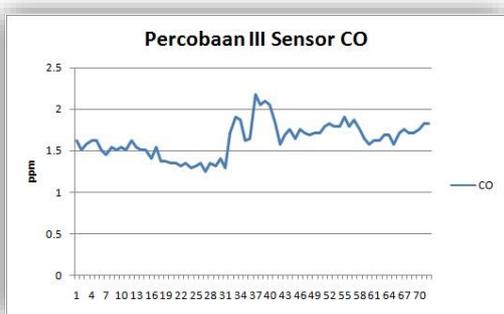


Gambar 17. Konsentrasi Gas H₂S pada percobaan III



Gambar 15 Konsentrasi Gas H₂S pada percobaan II

Percobaan kedua didasarkan pada posisi horizontal antara server dan koordinator dengan sensor pada jarak 200 meter. Pada pengambilan data di percobaan kedua, rata-rata gas CO sekitar 1.25 ppm yang ditunjukkan pada gambar 14. Berdasarkan tabel 1 nilai rata-rata gas CO di bawah 25 ppm, sehingga aman bagi tubuh manusia. Sedangkan gas H₂S diperoleh nilai rata-rata 12.42 ppm yang ditunjukkan pada gambar 15, berdasarkan tabel 2 dapat menyebabkan iritasi mata dan bau yang menyengat. Pada percobaan yang kedua, data yang diperoleh 533 data.



Gambar 16. Konsentrasi Gas H₂S pada percobaan III

Percobaan ketiga berbeda dengan percobaan pertama dan kedua. Pada percobaan ketiga letak server dan koordinator vertical dengan letak sensor dengan jarak 10 meter. Posisi sensor tidak terlihat oleh posisi server yang terhalang tebing. Skenario percobaan disesuaikan lokasi kawah ijen yang terdiri dataran landai dan tebing yang curam. Pada posisi di bawah tebing konsentrasi gas CO rata-rata 1.63 ppm, walaupun masih dalam batas aman tetapi sudah mengalami peningkatan dari percobaan pertama dan kedua. Nilai konsentrasi gas H₂S rata-rata 16.14 ppm, terjadi peningkatan dari percobaan pertama dan kedua. Data yang dihasilkan dari percobaan ketiga yaitu 70 data. Jumlah data yang dihasilkan jauh lebih sedikit dari percobaan pertama dan kedua. Hal ini disebabkan karena terhalang oleh tebing walaupun jaraknya 10 meter vertical. Kondisi arah angin dan intensitas cahaya matahari juga menentukan terhadap konsentrasi gas beracun di sekitar kawah ijen. Semakin tinggi kecepatan angin dan intensitas cahaya matahari, mampu menguraikan gas beracun di udara menjadi semakin kecil konsentrasinya

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan.

Early Warning System sebagai peringatan dini bahaya gas beracun di kawah ijen didasarkan pada kecepatan dan akurasi proses deteksi oleh sensor. Komunikasi antar sensor dapat terjadi apabila proses penempatan sensor tidak terhalang oleh tebing maupun bebatuan. WSN bisa digunakan sebagai alternatif jaringan wireless untuk komunikasi antar sensor maupun sensor ke koordinator. Penggunaan zigbee pada jarak 200 meter antar sensor tanpa halangan masih dapat komunikasi dengan baik. Pada jarak 10 meter dengan halangan tebing vertical data yang diterima pada percobaan III sebesar 70 data. Paket data yang hilang pada percobaan

III lebih dari 80%. Semakin turun ke kawah maka konsentrasi gas CO dan H₂S juga mengalami peningkatan. Pada jarak 10 m ke arah kawah sensor gas mendeteksi peningkatan 10% konsentrasi gas CO dan H₂S.

Saran

Penempatan sensor harus berada pada posisi sekitar kawah, karena konsentrasi tinggi dan munculnya gas beracun sebagian besar dari letupan di posisi kawah. Perhitungan efisiensi dalam penggunaan titik sensor diperlukan mengingat areal kawah ijen sebagai Tempat Wisata Alam (TWA) cukup luas yaitu mencapai 92 Hektar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya tujukan kepada beberapa pihak yang membantu dalam Penelitian Dosen Pemula dengan judul **“RANCANG BANGUN PENDETEKSI GAS CO DAN H₂S SEBAGAI EARLY WARNING SYSTEM (EWS) DI KAWAH GUNUNG IJEN”** yang pertama kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2018 Nomor: 017/SP2H/LT/DRPM/2018. Kedua Kepada Politeknik Negeri Banyuwangi dan Ketiga Kepada Badan Konservasi Sumber Daya Alam V Banyuwangi yang memberi ijin dan akses penelitian di kawah ijen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subono, M. Udin Harun Al Rasyid, I Gede Puja Astawa (2014) *Study Implementation Of Current and Voltage sensor in e-Health Shield with Arduino Uno for Energy Analysis Model*. International Electronics Symposium (IES), December 3-4, 2014, Surabaya Indonesia.
- [2] Subono ., M. Udin Harun Al Rasyid, I Gede Puja Astawa (2015) *Implementation of Energy Efficiency Based on Time Scheduling to Improve Network Lifetime in Wireless Body Area Network (WBAN)*. EMITTER International Journal of Engineering Technology. Vol 3, No 2 (2015). DOI: [10.24003/emitter.v3i2](https://doi.org/10.24003/emitter.v3i2)
- [3] Natanael Firnandus M, Indra Yasri (2016) *Aspek Penerapan Wireless Sensor Network Untuk Mendeteksi Pencemaran Udara Akibat Kabut Asap Kebakaran Hutan*, Jom FTEKNIK Volume 3 No 2 Oktober 2016
- [4] Ziyaurrohan Alladany, Muhammad Arrofiq (2014) *Purwarupa Pemantau Gas Hodrogen Sulfida Dalam Ruang industry Kimia* *Simposium Nasional RAPI XIII - 2014 FT UMS*. ISSN 1412-9612
- [5] Shalahuddin Kartika Candra, Erwin Susanto, ST., MT., Ph.D. M. Ary Murti, ST., MT. (2015) *Desain dan Implementasi WSN pada Tempat Sampah Dalam Gedung Berbasis Mikrokontroller Menggunakan RF Modul Zigbee dengan Topologi Cluster Tree* *e-Proceeding of Engineering* : Vol.2, No.2 Agustus 2015 | Page 1917
- [6] Devi Indah Pujiana, Ade Silvia Handayani, Aryanti (2017) *Perancangan Wireless Sensor Network Dalam Sistem Monitoring Lingkungan*. Prosiding Annual Research Seminar 2017 Computer Science and ICT. ISBN : 979-587-705-4 Vol. 3 No. 1
- [7] Ahmad Sabiq, Nurmaya, Topan Alfarisi, Yusran Ade Pratama. (2017) *Purwarupa Sistem Pemantauan Kualitas Udara dan Cuaca Melalui Web Berbasis Wireless Sensor Network*. P-ISSN : 2303-3142 E-ISSN : 2548-8570. Vol. 6, No. 2, Oktober 2017
- [8] Gunawan Kunto Bhasworo, Faqih Rofii, Fachrudin Hunaini (2017) *Perancangan Sistem Pemantauan Gas dan Peringatan pada Ruangan melalui Jaringan Nirkabel*. **Teknik, 38 (2), 2017, 81-91**
- [9] Samuel Kete Sarungallo, I Gusti Putu Raka Agung Lie Jasa (2017). *Rancang Bangun Alat Ukur Uji Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Berbasis Mikrokontroler*. *Teknologi Elektro, Vol. 16, No1, Januari-April 2017*