

Sistem Sensor Untuk Pemantauan Energi, Kebocoran Minyak, Dan Gas Beracun Dalam Mendukung Rantai Pasokan Berkelanjutan

Ryan Iqbal Mu'arifin

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

Gedung B Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

E-mail : iqbalmuarifin@gmail.com

Abstrak

Industri minyak dan gas menghadapi tantangan besar dalam menjaga efisiensi energi, mencegah kebocoran minyak, dan mendeteksi gas beracun untuk mendukung rantai pasokan yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem sensor berbasis Internet of Things (IoT) untuk memantau konsumsi energi, mendeteksi kebocoran minyak, dan mengidentifikasi keberadaan gas berbahaya seperti hidrogen sulfida (H_2S), metana (CH_4), dan karbon dioksida (CO_2). Metode penelitian yang digunakan meliputi perancangan sistem sensor, pengumpulan data real-time, serta analisis kuantitatif menggunakan kecerdasan buatan (AI). Sensor energi digunakan untuk mengukur konsumsi daya, sensor tekanan dan aliran untuk mendeteksi kebocoran minyak, dan sensor gas untuk memantau emisi beracun. Data dikirim melalui jaringan IoT untuk dianalisis secara real-time dan divisualisasikan dalam sistem pemantauan berbasis dashboard. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem sensor dapat mendeteksi kebocoran minyak dengan akurasi tinggi, mengidentifikasi kadar gas beracun dalam lingkungan operasional, dan mengoptimalkan konsumsi energi pada berbagai tahap rantai pasokan. Implementasi sistem ini berpotensi meningkatkan efisiensi operasional, meminimalkan risiko lingkungan, serta mendukung keberlanjutan rantai pasokan industri minyak dan gas.

Kata Kunci: Sistem Sensor, IoT, Metode Penelitian, Keberlanjutan.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri minyak dan gas merupakan sektor vital dalam penyediaan energi global, namun menghadapi tantangan besar seperti efisiensi energi rendah, kebocoran minyak, dan emisi gas beracun yang berdampak pada ekonomi, lingkungan, dan keselamatan. Maka itu, teknologi sensor menawarkan solusi efektif dengan pemantauan real-time untuk mendeteksi dan mencegah masalah lebih awal. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan data akurat untuk mengendalikan kebocoran minyak, mengelola emisi gas, dan mendukung operasi yang lebih efisien serta ramah lingkungan.

Tujuan dari pemantauan sistem sensor ini adalah untuk melakukan pemantauan data real time pada sensor kebocoran minyak, dan sensor gas berbahaya guna melakukan tindakan pencegahan dini agar tidak terjadi kegagalan sistem dan pencegahan pencemaran lingkungan.

Dalam uraian di atas ada beberapa poin yang dapat disimpulkan yaitu Bagaimana sistem sensor mendeteksi kebocoran minyak guna mengurangi risiko kebocoran dan Bagaimana sensor mampu mendeteksi gas beracun di lokasi operasional.

II. METODOLOGI PENELITIAN

a. Landasan Teori

Sistem sensor adalah suatu alata tau perangkat atau rangkaian teknologi yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur, dan mengumpulkan data dari lingkungan fisik secara real-time. Data yang didapat kemudian diolah dan digunakan untuk pengambilan keputusan dalam berbagai aplikasi, seperti pemantauan energi, deteksi kebocoran, dan pengendalian risiko. Ada beberapa sensor yang digunakan yaitu sensor energi, sensor kebocoran minyak, dan sensor pendeteksi gas beracun/berbahaya.

Pemantauan energi/suhu dilakukan guna mendapatkan Efisiensi energi/suhu pada ruangan produksi. Efisiensi energi merupakan pemanfaatan energi secara optimal untuk meminimalkan pemborosan tanpa mengurangi output atau produktivitas. Kebocoran minyak dapat menimbulkan kerugian ekonomi, kerusakan lingkungan, dan risiko keselamatan, maka itu sensor pendeteksi kebocoran diperlukan guna menekan hal tersebut. Hukum Bernoulli berperan besar dalam penerapan sensor ini karena bunyi hukumnya sama dengan penerapan yang dilapangan. Sedangkan, Sensor gas bekerja berdasarkan deteksi konsentrasi gas melalui metode elektrokimia, optik, atau katalitik.

b. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian secara kuantitatif yaitu. Penelitian yang biasanya dilakukan apabila hendak memperoleh hasil yang akurat karena mengandalkan penghitungan. Metode ini dipilih karena untuk menampilkan data yang sudah diperoleh secara real time dan guna menghitung tingkat kebocoran dan berbahayanya suatu gas.

3. Flow Chart

Tahap-tahap yang dilakukan guna menghasilkan data yang tepat dan sesuai yang diharapkan dalam penelitian antara lain

- Menentukan kosep pembahasan
- Observasi tempat
- Meninjau literatur terkait teknologi sensor, sistem monitoring, dan keberlanjutan.
- Merumuskan tujuan penelitian, seperti meningkatkan deteksi dan efisiensi sensor.
- Menentukan metode eksperimen, alat, dan teknik analisis yang akan digunakan.
- Menyusun skenario uji coba untuk mengukur keakuratan dan efisiensi sensor.
- Mengumpulkan data awal untuk memastikan validitas pengaturan dan alat uji.
- Selesai

4. Rumus Perhitungan tekanan

Rumus ini digunakan untuk mengukur kekuatan tekan pada tempat penyimpanan minyak dan agar sensor dapat segera merespon jika ada tekanan berlebihan. Rumus ini berdasarkan dari hukum bernouli.

$$P_1 + \rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \rho v_2^2 + \rho gh_2$$

- P_1, P_2 : Tekanan pada titik 1 dan 2 (Pa atau psi)
- ρ : Massa jenis fluida (kg/m^3 atau lb/ft^3)
- v_1, v_2 : Kecepatan fluida pada titik 1 dan 2 (m/s atau ft/s)
- g : Percepatan gravitasi (9.81 m/s^2)
- h_1, h_2 : Ketinggian pada titik 1 dan 2 (m atau ft).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan

Berikut perhitungan dari data yang telah didapat apabila tangki mengalami kebocoran kecil:

Diket : Massa jenis minyak (ρ) = 850 kg/m^3

Tekanan Awal (P_1): 200 psi (1 psi = 6894.76 Pa)

Tekanan setelah kebocoran (P_2): 195 psi

Ditanya : Kecepatan aliran kebocoran ?

Jawaban: $P_1 = 200 \times 6894,76 = 1.378.952 \text{ psi}$

$P_2 = 195 \times 6894,76 = 1.344.478,2 \text{ psi}$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2(1.378.952 - 1.344.478,2)}{850}} = \sqrt{\frac{68948}{850}} = \sqrt{81,11} = 9,01 \text{ m/s}$$

Data yang Diperoleh Real Time

Tabel 3.1 Data Real Time sistem sensor tekanan kebocoran

Waktu (Detik)	Tekanan Awal (psi)	Tekanan Setelah Kebocoran (psi)	Perbandingan Tekanan (psi)	Kecepatan Deteksi Sensor (psi)	Keterangan
0	200	200	0	0	Normal
10	200	195	5	1,5	Kebocoran kecil
15	200	190	10	2	Kebocoran sedang
20	200	180	20	2,5	Kebocoran signifikan
25	200	170	30	3	Kebocoran Berat

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa sensor mendeteksi tekanan yang maksimal tekanan yang dapat ditahan oleh penampungan minyak sekitar 200 psi. Jika mengalami tekanan sekitar 201 psi sensor akan mendeteksi akan terjadinya kebocoran dan otomatis akan membunyikan alarm peringatan guna melakukan penanggulangan segera. Apabila mengalami tekanan sebesar 205 psi akan mengalami kebocoran kecil dengan aliran kebocoran sekitar 9,01 m/s.

Data Pengecekan Kandungan Gas

Tabel 3.2 Data Konsentrasi dan Batas Paparan Gas Beracun

Gas	Konsentrasi Normal (Aman)	Batas Paparan Maksimum (Jangka Panjang) (TWA)	Batas Paparan Maksimum (Jangka Pendek) (STEL)	Konsentrasi Beracun/ Bahaya
Karbon Monoksida (CO)	< 10 ppm	50 ppm (8 jam)	200 ppm (15 menit)	> 1000 ppm (fatal dalam menit)
Sulfida Hidrogen (H ₂ S)	< 0.1 ppm	10 ppm (8 jam)	15 ppm (15 menit)	> 100 ppm (fatal dalam menit)
Nitrogen Dioksida (NO ₂)	< 0.1 ppm	1 ppm (8 jam)	2 ppm (15 menit)	> 10 ppm (berbahaya)
Metana (CH ₄)	< 500 ppm	1000 ppm (8 jam)	-	> 5000 ppm (ledakan mungkin)

Karbon Dioksida (CO ₂)	< 5000 ppm	5000 ppm (8 jam)	30,000 ppm (15 menit)	> 50,000 ppm (asfiksia)
Asam Klorida (HCl)	< 1 ppm	1 ppm (8 jam)	5 ppm (15 menit)	> 50 ppm (berbahaya)

Dari data tabel diatas menunjukkan bahwa sensor mendeteksi batas konsentrasi gas beracun mencapai > 10 ppm dan apabila sensor menunjuk diangka < 5 ppm maka sensor akan otomatis membunyikan alarm peringatan untuk segera menjauh atau memakai APD guna menghindari paparan gas beracun.

Data Label Warna Kandungan Gas

Tabel 3.3 Warna kandungan gas

Gas	Warna Hijau (Aman)	Warna Kuning (Waspada)	Warna Oranye (Berbahaya)	Warna Merah (Sangat Berbahaya)
Karbon Monoksida (CO)	< 10 ppm	10 - 50 ppm	51 - 200 ppm	> 200 ppm
Sulfida Hidrogen (H ₂ S)	< 0.1 ppm	0.1 - 10 ppm	11 - 50 ppm	> 50 ppm
Nitrogen Dioksida (NO ₂)	< 0.1 ppm	0.1 - 1 ppm	1 - 5 ppm	> 5 ppm
Metana (CH ₄)	< 500 ppm	500 - 1000 ppm	1001 - 5000 ppm	> 5000 ppm
Karbon Dioksida (CO ₂)	< 1000 ppm	1000 - 5000 ppm	5001 - 30,000 ppm	> 30,000 ppm
Asam Klorida (HCl)	< 1 ppm	1 - 5 ppm	6 - 50 ppm	> 50 ppm

Dari tabel diatas menunjukkan misalnya gas karbon monoksida (CO) warna hijau diberikan saat sensor mendeteksi kandungan gas sebesar <10 ppm, warna kuning sebesar 10-50 ppm (biasanya alarm sensor akan berbunyi saat menunjuk diwarna kuning), warna orange sebesar 51-200, warna merah >200 ppm.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian diatas bahwa sensor digunakan untuk mendeteksi tekanan sebelum terjadi kebocoran dan mendeteksi kandungan berbahaya dari suatu gas. Dari sensor tekanan menunjukkan penampungan minyak mampu menahan tekanan hingga 200 psi, pada 201 psi, sensor mendeteksi potensi kebocoran dan membunyikan alarm sebagai peringatan untuk segera mengambil tindakan. Tekanan 205 psi mengindikasikan kebocoran kecil dengan aliran gas sekitar 9,01 m/s. Sedangkan pada sensor gas menunjukkan Konsentrasi Gas Beracun pada >10 ppm sebagai tingkat bahaya, jika konsentrasi gas mencapai <5 ppm. Sedangkan warna hijau pada alat sensor menunjukkan kandungan gas tersebut masih aman. Sedangkan kuning menunjukkan tingkat kewaspadaan dan alarm sensor akan berbunyi, warna orange tingkat berbahaya, dan warna merah sangat berbahaya. Jika sensor telah memberikan peringatan para pekerja dihimbau untuk segera menjauh dari area tersebut dan harus segera memakai APD lengkap dan tertutup supaya tidak terkena paparan dari gas atau tumpahan minyak.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Ibu saya yang selalu jadi support untuk menyelesaikan laporan ini dan kepada rekan mahasiswa seangkatan saya terutama rekan UPGRIS Teknik Mesin terutama Joko Yulianto, Nova Ade Murdiansyah, dan Alvian Dicky yang telah membantu saya dalam memberikan masukan dan saran selama pembuatan laporan ini karena tanpa bantuan kalian saya akan bingung untuk menyelesaikannya.

VI. REFERENSI

- [1] Smith, J. & Brown, L. (2019). Energy Monitoring and Sustainability in Industrial Systems. Springer.
- [2] Anderson, P. & Kim, S. (2020). Oil Leak Detection Technologies for Environmental Safety. Elsevier.
- [3] Taylor, R., et al. (2018). Advanced Gas Detection Systems in Hazardous Industries. Wiley.
- [4] Yusuf, A. & Rahman, T. (2021). Integrasi Sensor untuk Keberlanjutan Industri Minyak dan Gas. Jurnal Teknologi Berkelanjutan, 12(3), 45-58.
- [5] Kumar, V., et al. (2017). Real-Time Monitoring Systems Using IoT for Industrial Applications. IEEE Transactions.
- [6] Johnson, D. & White, M. (2016). Implementing Smart Sensors in Supply Chain Management. Journal of Industrial Technologies, 45(2), 110-125.
- [7] Patty, F. A. (2016). Industrial Hygiene and Toxicology (6th ed.). New York: Wiley-Interscience.
- [8] Casarett, L. J., & Klaassen, C. D. (2008). Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons (7th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- [9] Seaton, A., & Seaton, D. (2009). *Occupational Lung Diseases*. London: Arnold Publishers.