

Proses Mitigasi Pabrik Kimia Dengan Menggunakan Mobile Robot

Wahyu Ageng Firmanda
Teknik Elektro Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
wahyuagengfirmanda@gmail.com

Abstrak— *Project ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah mobile robot yang berfungsi sebagai alat mitigasi kebocoran gas berbahaya di industri. Robot ini dirancang untuk berjalan secara otomatis mengikuti dinding secara horizontal, dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi suhu, kelembapan, dan keberadaan gas berbahaya. Data yang diperoleh dari sensor-sensor ini akan dikirimkan secara real-time ke pengguna melalui platform website, sehingga kondisi ruangan dapat dipantau secara jarak jauh. Selain itu, robot ini dilengkapi dengan cover anti-korosif untuk melindungi bodinya dari lingkungan industri yang keras dan potensial merusak. Dengan adanya robot ini, diharapkan keselamatan pekerja dan lingkungan sekitar dapat ditingkatkan melalui deteksi secara real time terhadap kebocoran gas berbahaya. Mobile robot juga diharapkan mampu bekerja tanpa intervensi manusia di area-area berbahaya. Sistem ini akan memberikan peringatan otomatis ketika kondisi gas di area tertentu melebihi ambang batas aman. Inovasi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam pemantauan, tetapi juga meminimalisir risiko paparan gas berbahaya bagi pekerja industri.*

Kata Kunci— gas, mobile robot, industry, Real time, kebocoran.

I. PENDAHULUAN

Kebudayaan gas berbahaya di pabrik merupakan ancaman serius yang dapat membahayakan keselamatan pekerja dan masyarakat di sekitar pabrik. Kebocoran gas dapat menyebabkan keracunan, kebakaran, bahkan ledakan yang berpotensi fatal. Sebagai contoh, insiden kebocoran gas amonia di pabrik es di Koang Jaya, Karawaci, pada 6 Februari 2024, mengakibatkan 28 orang dilarikan ke rumah sakit karena mengalami sesak napas dan iritasi mata [1]. Kejadian ini juga menyebabkan beberapa warga kesulitan bernapas dan harus mencari jalan keluar dari rumah mereka [2]. Hal ini menegaskan pentingnya langkah mitigasi ketika terjadi kebocoran gas untuk melindungi keselamatan semua orang disekitar.

Di lingkungan industri, terdapat berbagai jenis gas yang digunakan dalam proses produksi, seperti gas amonia, karbon monoksida, dan hidrogen sulfida. Meskipun gas-gas ini memiliki peran penting dalam kegiatan industri, beberapa di antaranya dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia [3]. Ammonia, misalnya, dapat menyebabkan iritasi mata dan sistem pernapasan, sementara karbon monoksida, yang tidak berwarna dan tidak berbau, dapat mengakibatkan keracunan jika terhirup dalam jumlah besar [4]. Oleh karena itu, pengendalian dan pemantauan yang ketat sangat diperlukan untuk menjaga keselamatan di lingkungan pabrik.

Penggunaan mobile robot dalam mitigasi kebocoran gas menjadi salah satu solusi inovatif. Sebuah mobile robot

pendeteksi kebocoran Gas ini mempunyai kemampuan bergerak mandiri tanpa dikendalikan oleh manusia untuk mencari titik kebocoran Gas dengan menerapkan Teknik *Wall Following* [5]. Didesain untuk bergerak secara horizontal mengikuti dinding, mobile robot ini dilengkapi dengan berbagai sensor seperti sensor suhu, kelembapan, dan gas berbahaya. Data yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut akan dikirimkan secara real-time kepada pengguna melalui platform website, sehingga memungkinkan tindakan respons yang cepat jika terdeteksi adanya kebocoran gas.

Kejadian kebocoran gas beracun mengandung risiko di dalamnya yang berdampak pada bahaya kesehatan, kebakaran, ledakan dan keracunan jangka panjang [6]. Oleh karena itu, mobile robot ini dirancang dengan sistem pemantauan yang terus-menerus bekerja dan memberikan status keamanan ruangan terkait keberadaan gas berbahaya. Jika ada kebocoran, sistem akan memberikan notifikasi kepada pengguna mengenai kondisi ruangan, apakah masih dalam keadaan aman atau perlu dilakukan tindakan segera untuk penanganan.

Selain kemampuan mendeteksi gas, robot ini juga dirancang dengan perlindungan fisik yang baik. Body robot dilengkapi dengan cover anti-korosif, yang akan melindungi struktur robot dari dampak lingkungan industri yang sering kali bersifat korosif. Hal ini penting mengingat lingkungan industri yang keras dapat mempercepat kerusakan alat jika tidak dilindungi dengan baik, terutama di area yang sering terpapar bahan kimia.

Dalam pengembangannya, teknologi ini memanfaatkan kemajuan dalam bidang sensor dan pengolahan data, sehingga memungkinkan robot untuk bekerja secara efisien dalam mendeteksi kebocoran gas berbahaya. Penggunaan mobile robot untuk mitigasi kebocoran gas diharapkan dapat menjadi solusi yang tepat dalam mengurangi risiko yang sering kali terjadi di industri, terutama pada pabrik-pabrik yang menggunakan bahan kimia berbahaya dalam operasionalnya.

Dengan demikian, pengintegrasian teknologi mobile robot dalam sistem keselamatan industri memberikan kemudahan dalam hal keamanan dan efisiensi operasional. Keberadaan alat ini tidak hanya mengurangi risiko kecelakaan kerja, tetapi juga meminimalisir dampak lingkungan yang diakibatkan oleh kebocoran gas berbahaya.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Metode

1. Navigasi Robot dengan Wall-Following

Metode ini memungkinkan robot untuk bergerak secara otomatis dengan mengikuti dinding menggunakan sensor seperti ultrasonik atau inframerah. Logika wall-following memastikan robot tetap bergerak sejajar dengan dinding, baik pada sisi kiri maupun kanan, sehingga dapat menjelajahi area tanpa menabrak. Untuk meningkatkan stabilitas dan presisi gerakan, kontrol PID (Proportional-Integral-Derivative) sering digunakan untuk menjaga jarak ideal robot dari dinding selama pergerakan.

2. Deteksi Gas dan Kebocoran

Robot dilengkapi dengan sensor gas, seperti MQ135, yang mampu mendeteksi keberadaan gas beracun atau bahan kimia berbahaya di udara. Sensor ini dirancang untuk mengukur konsentrasi gas dalam satuan parts per million (ppm). Proses kalibrasi diperlukan untuk memastikan sensor dapat mendeteksi gas dengan akurat sesuai kebutuhan pabrik. Jika konsentrasi gas melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sistem akan memberikan peringatan atau mengambil tindakan mitigasi.

3. Pemantauan Suhu dan Kelembapan

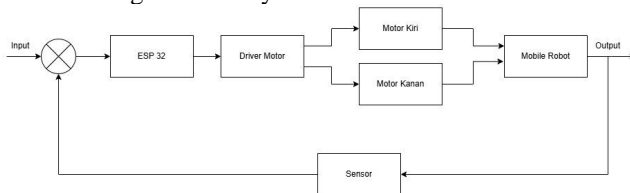
Menggunakan sensor seperti DHT22, robot dapat mendeteksi suhu dan kelembapan di sekitarnya. Parameter ini penting untuk mengidentifikasi potensi kebocoran uap panas, pendinginan yang tidak optimal, atau kondisi lingkungan yang dapat memicu reaksi kimia berbahaya. Data yang dikumpulkan juga digunakan untuk memantau stabilitas kondisi lingkungan pabrik.

4. Komunikasi Data

Untuk mengirimkan data sensor secara real-time ke operator atau server, robot dapat menggunakan protokol komunikasi seperti LoRa atau WiFi. LoRa digunakan untuk jangkauan jauh, sedangkan WiFi lebih cocok untuk area dengan infrastruktur jaringan yang baik. Data dari robot disimpan dalam database untuk analisis lebih lanjut atau digunakan untuk memantau kondisi pabrik secara langsung melalui antarmuka web.

B. Gambar dan Tabel

1. Diagram Blok system

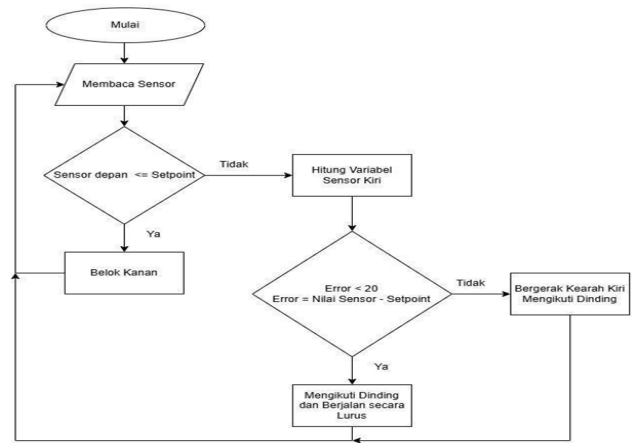


Gambar 1 Blok Diagram

Pada gambar 1 adalah gambar Blok Diagram Sistem, gambar tersebut menjelaskan proses kerja sistem wall-following, di mana robot menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur jarak terhadap dinding. Data jarak yang diperoleh sensor ultrasonik dikirim ke ESP32, yang bertugas memproses data tersebut dan menghitung nilai error, yaitu selisih antara jarak aktual dengan jarak yang diinginkan. Nilai error ini kemudian diteruskan ke pengendali PID (Proportional-Integral-Derivative) yang bertugas mengatur kecepatan motor secara dinamis. PID menghitung respons kontrol berdasarkan error untuk memastikan jarak robot

terhadap dinding tetap stabil. Sinyal keluaran dari PID digunakan untuk mengontrol motor DC yang menggerakkan robot, menyesuaikan arah dan kecepatan sesuai kebutuhan. Sistem ini bekerja dalam loop tertutup, di mana data jarak terus diperbarui oleh sensor ultrasonik untuk memastikan robot secara konsisten mengikuti dinding dengan jarak yang ideal.

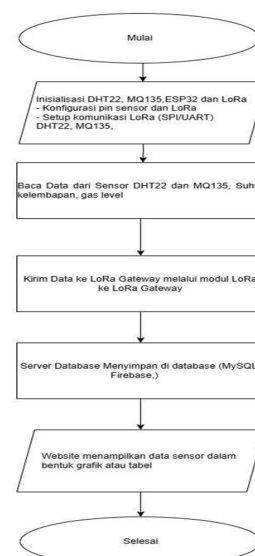
2. Flowchart Sistem Penggerak



Gambar 2 Flowchart Sistem Penggerak

Flowchart pada gambar 2 menggambarkan alur kerja robot yang membaca data jarak menggunakan sensor ultrasonik di bagian depan dan samping kirinya. Jika jarak dari dinding di depan terlalu dekat, robot akan mengambil keputusan untuk berbelok ke kanan. Jika tidak, robot akan melanjutkan dengan menghitung nilai error dari sensor kiri. Apabila error yang dihitung lebih kecil dari batas ambang yang telah ditentukan, robot akan bergerak lurus mengikuti dinding. Namun, jika error terlalu besar, robot akan berbelok ke kiri untuk menyesuaikan jaraknya dengan dinding. Semua keputusan diambil berdasarkan nilai setpoint yang telah ditetapkan. Alur ini memastikan bahwa robot bergerak dengan aman dan konsisten di sepanjang dinding, menghindari benturan atau penyimpangan dari jalurnya.

3. Flowchart Sistem Pengiriman Data

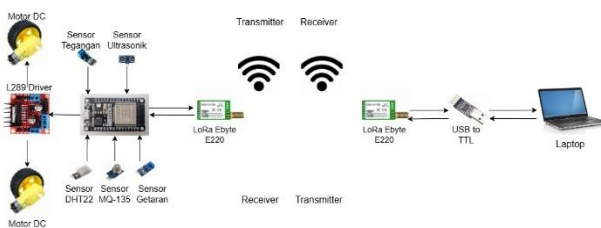


Gambar 3 Flowchart Sistem Pengiriman Data

Flowchart pada gambar 3 menggambarkan alur kerja sistem yang dimulai dengan inisialisasi sensor DHT22, MQ135, mikrokontroler ESP32, dan modul LoRa. DHT22 mengukur suhu dan kelembapan, sementara MQ135 mendeteksi kadar gas. ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama yang mengelola sensor dan komunikasi dengan LoRa, sebuah teknologi komunikasi jarak jauh. Setelah pin untuk sensor dan LoRa dikonfigurasi, sistem menentukan metode komunikasi menggunakan SPI atau UART.

Kemudian, data suhu, kelembapan, dan kadar gas yang dibaca oleh sensor dikirim melalui modul LoRa ke LoRa Gateway. Gateway ini meneruskan data ke server database seperti MySQL atau Firebase untuk penyimpanan. Akhirnya, data yang tersimpan ditampilkan di website dalam bentuk grafik atau tabel, sehingga mudah diakses dan dianalisis. Alur ini memastikan bahwa semua komponen bekerja bersama secara efisien untuk memantau kondisi lingkungan dan menyajikan data secara real-time.

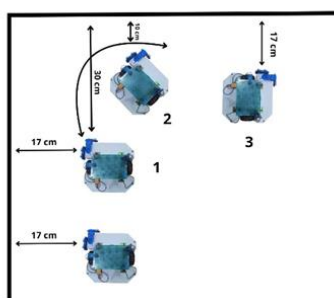
4. Desain Arsitektur Sistem



Gambar 4 Arsitektur sistem

Pada *Mobile Robot* yang kami rancang, kami menggunakan komponen utama ESP32 yang berfungsi sebagai mikrokontroler. Mikrokontroler ESP 32 akan mengontrol beberapa komponen antara lain; sensor suhu, sensor getaran, sensor tegangan, sensor jarak, sensor gas, dan juga *motor driver*. Pada mikrokontroler juga dihubungkan dengan LoRa yang berfungsi sebagai pengirim data dari jarak jauh yang nanti data tersebut akan diterima oleh LoRa yang terhubung dengan laptop. Data yang diterima oleh LoRa yang terhubung dengan laptop selanjutnya akan ditampilkan pada Website.

5. Cara Kerja Navigasi Wallfollowing



Gambar 3.1 Ilustrasi Cara kerja Wallfollowing

Pada Gambar 3.1, cara kerja wall-following dijelaskan sebagai metode navigasi robot untuk mengikuti dinding dengan menjaga jarak tertentu secara konsisten. Robot menggunakan dua sensor ultrasonik, yaitu sensor kiri untuk mengukur jarak robot dari dinding dan sensor depan untuk mendeteksi hambatan di depannya. Setpoint ditetapkan sebagai jarak ideal yang harus dipertahankan, yaitu 17 cm untuk sensor kiri dan 30 cm untuk sensor depan. Saat robot bergerak, data dari sensor kiri terus dibandingkan dengan

setpoint. Jika jarak aktual lebih kecil dari 17 cm, robot akan mengurangi kecepatan motor kiri atau meningkatkan kecepatan motor kanan untuk menjauh dari dinding. Sebaliknya, jika jarak lebih besar dari 17 cm, robot akan meningkatkan kecepatan motor kiri atau mengurangi kecepatan motor kanan untuk mendekati dinding.

Selain itu, jika sensor depan mendeteksi jarak kurang dari 30 cm, robot akan melakukan manuver belok kanan untuk menghindari hambatan dan kembali mengikuti dinding setelah hambatan terlewati. Proses ini berlangsung secara berulang, sehingga robot dapat bergerak dengan stabil, menjaga jarak ideal dari dinding, dan menghindari hambatan di depannya. Dengan logika wall-following ini, robot mampu bernavigasi secara mandiri dalam lingkungan yang kompleks.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan merupakan pengujian terhadap perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) secara keseluruhan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan pada proyek Proses Mitigasi Pabrik Kimia dengan Menggunakan Mobile Robot Wall-Following telah berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian meliputi pengujian sensor ultrasonik serta pengiriman data dari sensor tegangan, MQ135, DHT22, dan sensor getaran. Pemrograman dilakukan melalui Aduino Ide dan Visual Studio Code di laptop, sementara data hasil pengujian ditampilkan menggunakan website.

A. Hasil Pengujian Wallfollowing

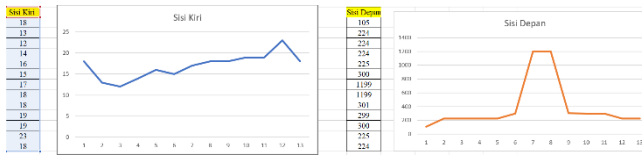
Untuk meningkatkan akurasi mobile robot dalam mengikuti dinding, dilakukan uji coba langsung dengan mengamati kemampuan robot bergerak sepanjang dinding tanpa menabrak seperti pada gambar 5. Pengujian ini bertujuan memastikan sensor ultrasonik berfungsi optimal dalam mendeteksi jarak ke dinding. Jika robot masih sering menabrak atau menunjukkan pergerakan tidak stabil, diperlukan kalibrasi ulang pada sensor ultrasonik agar sistem dapat bekerja lebih presisi.



Gambar 5 Uji Coba Mobile Robot

Setelah itu data yang diperoleh dari sensor ultrasonic terlebih dahulu dikirimkan ke terminal untuk pemantauan awal. Selanjutnya, data tersebut diteruskan ke localhost untuk pengolahan lebih lanjut dan divisualisasikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 6. Proses ini bertujuan untuk menganalisis pola pembacaan sensor secara mendetail, sehingga dapat mengidentifikasi anomali atau

ketidakakuratan dalam pengukuran dan meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan.



Gambar 6 Grafik Data Sensor Ultrasonik

B. Hasil Pengiriman Data Sensor MQ-135, Getaran, DHT22 dan Tegangan

Seluruh data sensor yang digunakan untuk pemantauan selama proses mitigasi akan dikirim ke localhost untuk pengolahan dan visualisasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Data ini mencakup informasi dari berbagai sensor, seperti tegangan, suhu, kelembapan, getaran, dan konsentrasi gas, yang berperan penting dalam mendukung analisis dan pengambilan keputusan selama proses mitigasi. Pengiriman data ke localhost memungkinkan pemantauan real-time dan penyimpanan data untuk evaluasi lebih lanjut.

Id	1	suhu	kelembapan	gas	getaran	tegangan	waktu
26743	26	53	0.00	0.00	3.22	2024-11-18 16:01:09	
26742	26	53	0.00	0.00	3.22	2024-11-18 16:01:06	
26741	26	53	0.00	0.00	3.24	2024-11-18 16:01:03	
26740	26	53	0.00	0.00	3.22	2024-11-18 16:01:00	
26739	26	53	0.00	0.00	3.22	2024-11-18 16:00:58	
26738	26	53	0.00	0.00	3.18	2024-11-18 16:00:56	
26737	26	53	0.00	0.00	3.21	2024-11-18 16:00:52	
26736	26	53	0.00	0.00	3.22	2024-11-18 16:00:49	
26735	26	53	0.00	0.00	3.22	2024-11-18 16:00:46	
26734	26	54	0.00	0.00	3.23	2024-11-18 16:00:44	
26733	26	54	0.00	0.00	3.21	2024-11-18 16:00:41	
26732	26	53	0.00	0.00	3.22	2024-11-18 16:00:38	
26731	26	53	0.00	0.00	3.23	2024-11-18 16:00:36	

Gambar 7 Pengiriman Data Ke Localhost

Untuk mempermudah akses terhadap semua data yang akan dimonitoring, dibuat sebuah website yang dirancang untuk menampilkan informasi secara real-time. Website ini menyajikan data dalam format yang terstruktur dan mudah dipahami, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Dengan adanya website ini, pengguna dapat memantau informasi penting secara praktis dan efisien, tanpa perlu bergantung pada perangkat khusus.



Gambar 8 Website Monitoring

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulannya, mobile robot wall-following adalah solusi yang efektif untuk mendukung proses mitigasi di pabrik kimia. Robot ini mampu bergerak secara otonom mengikuti dinding, memantau kondisi lingkungan, dan mendeteksi potensi bahaya seperti kebocoran bahan kimia atau gas beracun. Dengan memanfaatkan sensor ultrasonik untuk navigasi dan sensor tambahan untuk pemantauan, robot ini dapat mengurangi risiko bagi pekerja manusia dan meningkatkan efisiensi dalam menangani situasi darurat. Sistem ini memberikan kontribusi signifikan terhadap keselamatan dan keberlanjutan operasional di lingkungan pabrik kimia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya Wahyu Ageng Firmanda mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu, Departemen Teknik Elektro Otomasi yang telah memberikan materi dan pembelajaran selama masa perkuliahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mei Amelia Rachmat (2024). Gas Amonia Pabrik Es di Karawaci Bocor, 28 Orang Dilarikan ke RS. Diakses pada 24 September 2024 dari <https://news.detik.com/berita/d-7179594/gas-amonia-pabrik-es-di-karawaci-bocor-28-orang-dilarikan-ke-rs>.
- [2] Liputan6.com. (2024). Cerita Warga Korban Kebocoran Gas di Tangerang, Kesulitan Napas dan Melihat Hingga Jebol Atap Rumah. Diakses pada 24 September 2024 dari <https://www.liputan6.com/news/read/5522224/cerita-warga-korban-kebocoran-gas-di-tangerang-kesulitan-napas-dan-melihat-hingga-jebol-atap-rumah?page=2>.
- [3] Liputan6.com. (2023). Amonia adalah NH3, Pahami Sifat, Manfaat, dan Bahayanya bagi Tubuh. Liputan6.com, Jakarta. Diakses pada 24 September 2024 dari <https://www.liputan6.com/hot/read/5336447/amonia-adalah-nh3-pahami-sifat-manfaat-dan-bahayanya-bagi-tubuh>.
- [4] Widya.ai. (n.d.). Ancaman Gas Berbahaya Industri Pertambangan Bawah Tanah. Diakses pada 24 September 2024 dari <https://widya.ai/ancaman-gas-berbahaya-industri-pertambangan-bawah-tanah/>.
- [5] Rachmad Hidayatullah dan Husnibes Muchtar. (2017). Robot Pendeteksi Kebocoran Gas Menggunakan Mikrokontroler Atmega 328 dan Sensor Gas MQ6.
- [6] 7 Langkah Efektif Cegah Insiden Kebocoran Pipa Gas Beracun. (2024). Indonesia Safety Center. Diakses pada 26 September 2024 dari <https://indonesiasafetycenter.org/7-langkah-efektif-cegah-insiden-kebocoran-pipa-gas-beracun/>.
- [7] ALATISE, Mary B.; HANCKE, Gerhard P. A review on challenges of autonomous mobile robot and sensor fusion methods. IEEE Access, 2020, 8: 39830-39846.
- [8] ANDO, Yoshinobu; YUTA, Shinichi. Following a wall by an autonomous mobile robot with a sonar-ring. In: Proceedings of 1995 IEEE International Conference on Robotics and Automation. IEEE, 1995. p. 2599-2606.
- [9] Nugraha, R. S. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Air Dan Kontrol Pintu Air Berbasis Internet Of Things (Iot) (Doctoral dissertation, Universitas Komputer Indonesia).

