

Pengembangan *Olfactory Hexapod Robot* Untuk Mendeteksi Kebocoran Sumber Aroma

Rendyansyah^{1*}, Aditya P. P. Prasetyo², Kemahyanto Exaudi³, Abdul Wahid Sempurna⁴, dan Bangun Sudrajat⁵

^{1,4,5} Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya,
^{2,3} Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya
*Corresponding author, e-mail: rendyansyah@ilkom.unsri.ac.id

Abstrak

Kebocoran aroma/gas berdampak merugikan dalam dunia Industri, baik dalam skala besar maupun kecil. Gas bersifat menyebar di udara, ada yang mudah terbakar bahkan menyebabkan polusi udara di sekitar wilayah tersebut. Secara teknis diperlukan sebuah sistem untuk membantu meng-investigasi ruangan. Seperti sistem *e-nose* yang terintegrasi dengan robot. Di dalam penelitian ini telah dikembangkan *Hexapod Robot* yang terintegrasi dengan sensor pendeteksi aroma, gabungan keduanya disebut *Olfactory Hexapod Robot*. Motivasi dikembangkan robot ini bertujuan untuk menjelajah di lingkungan pada permukaan kasar. Adapun metode yang digunakan adalah *Fuzzy Logic* sebagai pengendali untuk navigasi, dan *Learning Vector Quantization* untuk mengetahui aroma kebocoran gas. Adapun pengujian pada robot dilakukan di dalam Skala Laboratorium, dan arena telah diatur dalam berbagai kondisi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa *Olfactory Hexapod Robot* dapat ber-navigasi di dalam kondisi ruangan dan mencari sumber aroma gas. Percobaan pada robot mencari sumber gas dilakukan sebanyak 30 kali, dan tingkat keberhasilan yang diperoleh mencapai 86%.

Keyword: Logika Fuzzy, *Olfactory Hexapod Robot*, *Learning Vector Quantization*

Abstract

Leakage of the gas source has a detrimental impact on the industrial world, both on a large and small scale. Gases are diffuse in the air, some are flammable, and some also have an impact on air pollution around the area. Technically someone needs a system to investigate the room. An example is the e-nose system applied to robots. In this research, the Hexapod Robot integrated with the odour detection sensor has been developed, where the combination of the two is called the Olfactory Hexapod Robot. The motivation to create this robot is to explore the environment on a rough surface. The methods used are Fuzzy Logic as a controller for navigation, and Learning Vector Quantization to determine the smell of gas leaks. The testing on this robot is on a laboratory scale, where the testing arena is in various conditions. The experimental results show that the Olfactory Hexapod Robot can navigate in room conditions and search for the source of gas. Experiments on the robot looking for a gas source 30 times and the success rate obtained reached 86%.

Keywords: *Fuzzy Logic, Olfactory Hexapod Robot, Learning Vector Quantization*

PENDAHULUAN

Kebocoran gas dapat menimbulkan masalah dan jika dibiarkan dapat menimbulkan pencemaran udara, kebakaran, dan kerugian material. Kebocoran gas umumnya terjadi di kawasan Industri baik skala kecil maupun besar. Penyebab kebocoran gas dikarenakan sifat korosi pada pipa, adanya retak pada penampungan cairan atau pipa, dan bisa juga disebabkan oleh kelalaian dari operator atau petugas. Keterbatasan fisik dari seorang petugas dapat menimbulkan masalah lain seperti kelelahan, tidak konsisten, sulit menjangkau area tertentu, dan lain sebagainya. Oleh karena itu seorang petugas memerlukan sebuah sistem atau alat yang dapat membantu dalam menyelesaikan pekerjaannya.

Penggunaan teknologi robot dapat dikatakan sebagai *partner* dalam bekerja, membantu me-monitor, investigasi, dan mampu bekerja secara kontinyu dengan hasil yang baik. Disisi lain, robot sering di-

aplikasikan untuk menggantikan peran dari operator, seperti halnya *manufacture, assembly, monitoring, investigation* dan lain sebagainya.

Penelitian tentang robot dalam mendeteksi aroma pada kebocoran gas pernah dilakukan oleh beberapa penelitian yang relevan [1][2][3]. Adapun skala robot yang dirancang umumnya berskala prototype dengan bentuk sederhana, dimana robot tersebut dilengkapi dengan berbagai sensor, seperti sensor jarak, dan sensor pendeteksi aroma. Penelitian tersebut ada yang membahas tentang sistem navigasi dalam mencapai target [1], lokalisasi kebocoran [1][4], dan sistem identifikasi aroma [3]. Adapun aktifitas dan tugas robot tersebut menggunakan metode kecerdasan buatan seperti *Fuzzy Logic, Artificial Neural Network, Learning Machine*, dan sebagainya. Metode-metode tersebut dapat dirancang di dalam komputer ataupun mikrokontroler, keduanya dapat disesuaikan penggunaannya. Implementasi *Fuzzy Logic* dapat bekerja dengan baik pada sistem navigasi robot berbasis mikro [5][6]. Sedangkan *Neural Network* seperti *Learning Vector Quantization* dapat di-implementasikan sebagai pengenalan pola berbasis komputer [7].

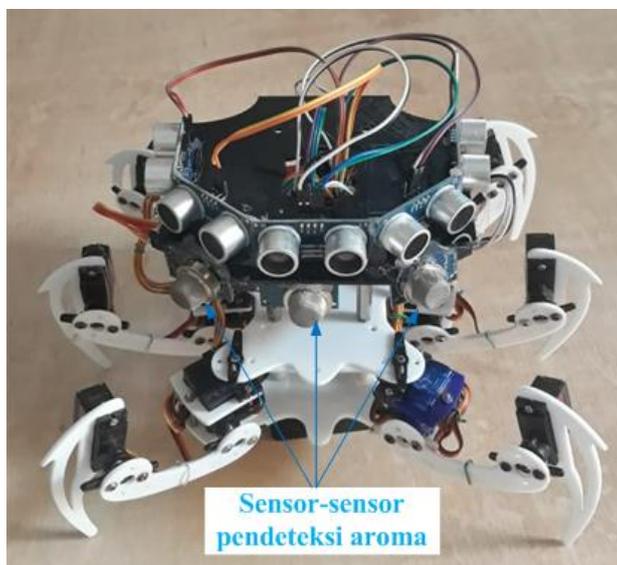
Mobile robot tidak mesti selalu menggunakan roda sebagai penggerak, namun ada juga yang menggunakan kaki [8][9][10]. Adapun *mobile robot* yang dikembangkan di dalam penelitian ini adalah jenis berkaki, yaitu *Hexapod Robot*. Tujuan dari *hexapod robot* ini untuk di-aplikasikan pada permukaan lingkungan yang kasar. Penelitian sebelumnya pernah membahas *mobile robot* yang terintegrasi dengan *e-nose*, dan hasil yang diperoleh baik [11]. Sama halnya dengan *hexapod robot* ini juga terintegrasi dengan sensor pendeteksi aroma, keduanya disebut *Olfactory Hexapod Robot*.

Adapun metode yang di-implementasikan pada *hexapod robot* adalah *Fuzzy Logic* dan *Learning Vector Quantization (LVQ)*. Program *Fuzzy Logic* di-embed pada mikrokontroler dan LVQ menggunakan komputer baik itu dalam pelatihan dan pengujian data. Adapun alasan menggunakan *Fuzzy Logic* dan LVQ untuk menjadikan sistem robot supaya bekerja dengan baik pada sistem navigasi dan deteksi aroma.

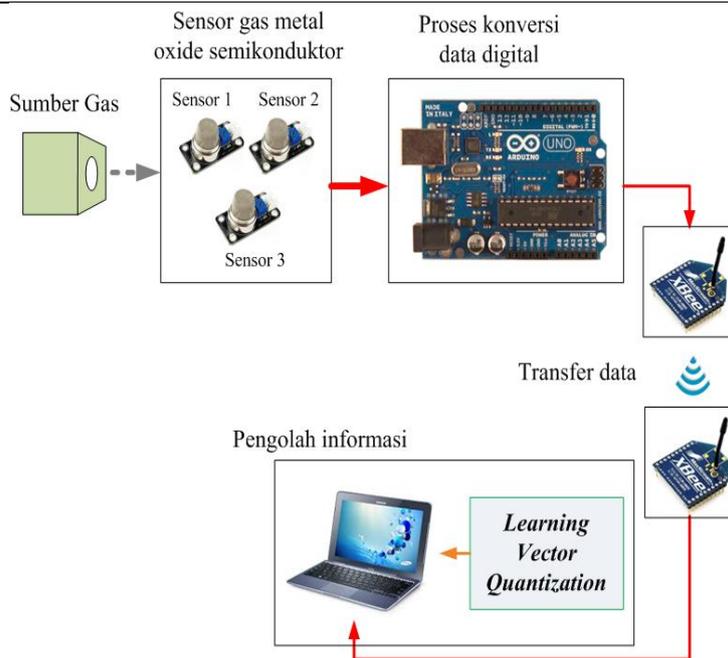
METODE

1. *Olfactory Hexapod Robot*

Hexapod robot merupakan salah satu robot berkaki, dan aktuator penggerak menggunakan motor servo. Logika pergerakan pada *hexapod robot* meniru pola makhluk hidup, contohnya laba-laba. Adapun prinsip pergerakan secara mekanik tidak terlepas dari pemodelan sistem gerak menggunakan analisa kinematika forward maupun invers [12]. Penelitian *hexapod robot* pernah dilakukan oleh Darwison dkk, mereka merancang robot tersebut dengan bentuk sederhana yang dilengkapi dengan tiga buah sensor jarak dan sensor api, yang bertujuan untuk ber-navigasi dalam mencari sumber api [9]. Disisi lain, peneliti juga pernah merancang *hexapod robot* dalam ber-navigasi di lingkungan [13], dan melakukan kendali manual berbasis remote control Android [14].



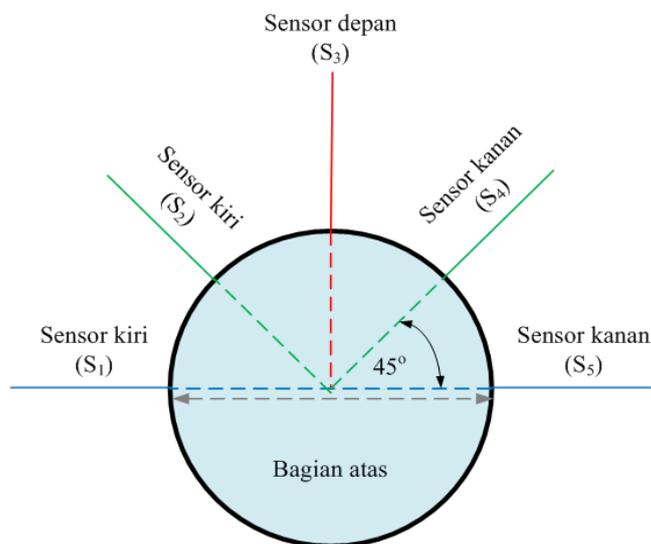
Gambar 1. *Olfactory hexapod robot*



Gambar 2. Diagram hardware pendeteksi aroma

Pada penelitian ini, peneliti kembali mengembangkan *hexapod robot* yang dilengkapi dengan lima buah sensor jarak, dan tiga buah sensor pendeteksi aroma. Gambar 1 menunjukkan rancangan *olfactory hexapod robot*. Robot berbentuk sederhana berukuran panjang dan lebar 30 cm serta tinggi 20 cm. Adapun aktuator robot memiliki 18 buah motor servo yang membentuk 6 buah kaki. Dimana pergerakan *hexapod robot* dalam ber-navigasi menggunakan metode *Fuzzy Logic* yang di-embed ke dalam mikro Arduino.

Pada penelitian ini, sensor pendeteksi aroma menggunakan tiga buah sensor gas *metal oxide semiconductor*. Tiga buah sensor tersebut berbeda jenis dan fungsi, yang bertujuan untuk mendeteksi aroma jenis gas yang berbeda. Untuk mengenali aroma jenis gas tertentu menggunakan metode LVQ yang dirancang di dalam komputer. Adapun diagram hardware pendeteksi aroma seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Adapun ilustrasi dari diagram pada Gambar 2, ketika sensor mendeteksi aroma gas maka sensor memberikan sinyal elektrik analog ke mikro arduino untuk diproses menjadi data. Data tersebut di-transfer melalui komunikasi *Transceiver* ke komputer untuk dilakukan pelatihan dan pengujian data berbasis LVQ.

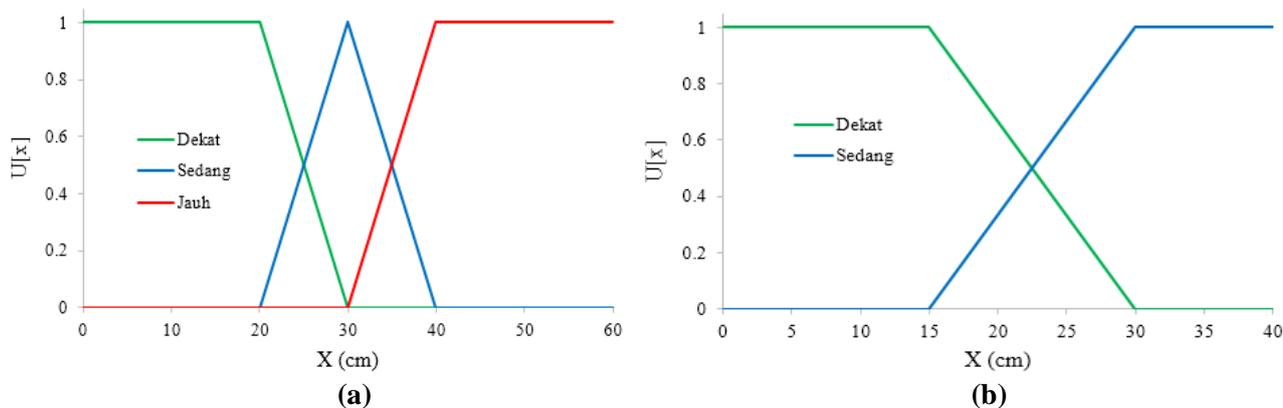


Gambar 3. Tata letak dan ilustrasi sensor jarak [13].

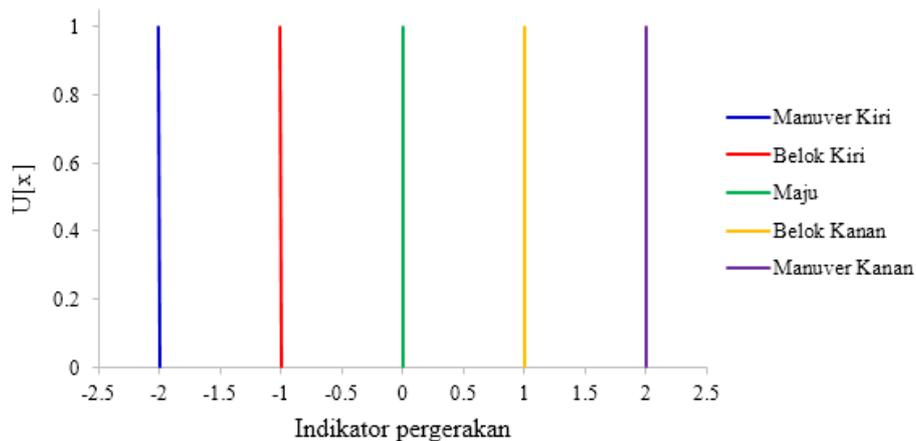
2. Fuzzy Logic

Fuzzy logic merupakan cara berfikir seorang ahli dalam mengambil kendali atas dasar pengalaman, yang ditafsirkan ke bentuk logika yang berdasarkan sekumpulan aturan. Logika ini bekerja jika terdapat lebih dari satu stimuli. *Fuzzy logic* memiliki tahapan yaitu *fuzzyfication*, *inference*, dan *defuzzyfication* [5].

Pada penelitian ini, *fuzzyfication* melibatkan lima buah sensor jarak yang dibagi menjadi tiga group yaitu sisi kiri, depan dan kanan. Adapun tata letak sensor jarak beserta ilustrasinya mengikuti rancangan yang pernah dibuat sebelumnya [13], lihat Gambar 3. Sedangkan fungsi keanggotaan untuk masukkan sensor jarak ditunjukkan pada Gambar 4. Rentang jarak yang dibaca oleh sensor dibatasi sampai 60 cm, dan dibagi menjadi tiga klaster yaitu “dekat”, “sedang” dan “jauh”.



Gambar 4. Fungsi keanggotaan untuk sensor jarak, (a) sensor S_2 , S_3 dan S_4 , dan (b) S_1 dan S_5 .



Gambar 5. Fungsi keanggotaan untuk pergerakan robot.

Selanjutnya dirancang fungsi keanggotaan untuk pergerakan *hexapod robot* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Dalam penelitian ini, fungsi keanggotaan dalam bentuk singleton. Pergerakan robot terdiri dari lima variabel linguistik diantaranya “bergerak maju”, “belok kiri”, “manuver kiri”, “belok kanan”, dan “manuver kanan”.

Adapun kombinasi dari fungsi keanggotaan sensor jarak dengan pergerakan menghasilkan aturan logika sebanyak 27 aturan untuk menghindari halangan, 6 aturan untuk mengikuti dinding kiri, dan 6 aturan untuk mengikuti dinding kanan. Aturan logika tersebut masing-masing seperti ditampilkan pada Tabel 1 dan 2. Aturan logika ini terinspirasi dari pengalaman ketika mengambil kendali. Sehingga pengambilan keputusan dalam menentukan keluaran *fuzzy* menggunakan metode Max-Min. Sedangkan proses menkonversi nilai *fuzzy* menjadi nilai *crisp* menggunakan metode *Center of Average* [5], dan nilai *crisp* tersebut menyesuaikan indikator pada fungsi keanggotaan pergerakan *hexapod robot*.

Tabel 1. Aturan logika menghindari halangan

Sensor Jarak			Pergerakan
S ₂	S ₃	S ₄	
Dekat	Dekat	Dekat	Maju
Dekat	Dekat	Sedang	Manuver Kanan
Dekat	Dekat	Jauh	Belok Kanan
Dekat	Sedang	Dekat	Maju
Dekat	Sedang	Sedang	Belok Kanan
Dekat	Sedang	Jauh	Belok Kanan
Dekat	Jauh	Dekat	Maju
Dekat	Jauh	Sedang	Belok Kanan
Dekat	Jauh	Jauh	Belok Kanan
Sedang	Dekat	Dekat	Manuver Kiri
Sedang	Dekat	Sedang	Maju
Sedang	Dekat	Jauh	Belok Kanan
Sedang	Sedang	Dekat	Belok Kiri
Sedang	Sedang	Sedang	Maju
Sedang	Sedang	Jauh	Belok Kanan
Sedang	Jauh	Dekat	Belok Kiri
Sedang	Jauh	Sedang	Maju
Sedang	Jauh	Jauh	Maju
Jauh	Dekat	Dekat	Belok Kiri
Jauh	Dekat	Sedang	Belok Kiri
Jauh	Dekat	Jauh	Maju
Jauh	Sedang	Dekat	Belok Kiri
Jauh	Sedang	Sedang	Belok Kiri
Jauh	Sedang	Jauh	Maju
Jauh	Jauh	Dekat	Belok Kiri
Jauh	Jauh	Sedang	Maju
Jauh	Jauh	Jauh	Maju

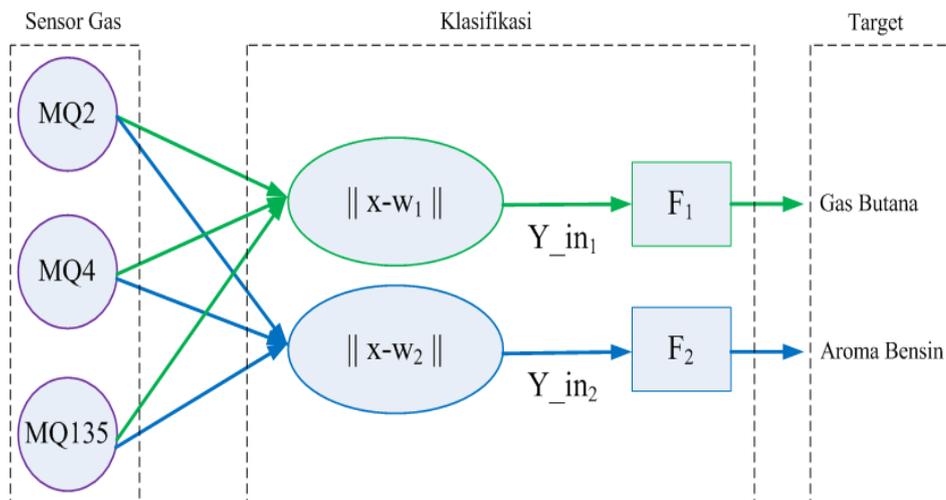
Tabel 2. Aturan logika untuk mengikuti dinding kiri dan kanan

Sensor Jarak		Pergerakan
S ₁	S ₂	
Dekat	Dekat	Manuver Kanan
Dekat	Sedang	Belok Kiri
Dekat	Jauh	Belok Kiri
Sedang	Dekat	Belok Kanan
Sedang	Sedang	Maju
Sedang	Jauh	Manuver Kiri

Sensor Jarak		Pergerakan
S ₅	S ₄	
Dekat	Dekat	Manuver Kiri
Dekat	Sedang	Belok Kanan
Dekat	Jauh	Belok Kanan
Sedang	Dekat	Belok Kiri
Sedang	Sedang	Maju
Sedang	Jauh	Manuver Kanan

3. Learning Vector Quantization

Learning Vector Quantization disingkat LVQ merupakan suatu metode Jaringan Syaraf Tiruan yang bersifat pembelajaran terawasi. Dalam pembelajaran LVQ terdapat dua tahapan yaitu pelatihan data dan pengujian data. Di dalam penelitian ini, Proses pelatihan data dan pengujian data dilakukan di dalam komputer. Adapun implementasi LVQ untuk aplikasi pendeteksi aroma seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Implementasi LVQ untuk mendeteksi jenis aroma

Pada Gambar 6 terlihat bahwa sensor gas yang digunakan sebanyak tiga buah yaitu MQ2, MQ4 dan MQ135 yang merupakan sebagai vektor input, dimana target aroma yang di-identifikasi adalah gas Butana dan aroma Bensin. Input dan Target tersebut masuk ke dalam proses pembelajaran LVQ yang menghasilkan nilai bobot yaitu W_1 dan W_2 , supaya sistem dapat mengidentifikasi jenis aroma. Adapun algoritma untuk proses pembelajaran LVQ melalui tahapan sebagai berikut [7][15][16]:

1. Tetapkan inisialisasi :
 - a. Nilai bobot (W)
 - b. Maksimum *epoch* (MaxEpoch)
 - c. Tentukan *error minimum* (ϵ), dan
 - d. *Learning rate* (α)
2. Variabel input dan target :
 - a. Input : $X(m,n)$
 - b. Target : $T(l,n)$
3. Memberikan ketetapan kondisi awal :
 - a. Epoch = 0
 - b. Tentukan nilai error
4. Proses *learning*, jika Epoch < MaxEpoch
 - a. Epoch = Epoch + 1
 - b. Kerjakan untuk nilai $i = 1$ to n
 - ➔ Tentukan J sedemikian hingga $\|X-W_j\|$ minimum (disebut sebagai C_j)
 - ➔ *Update* bobot W_j dengan ketentuan :
 - Jika $T = C_j$, maka :

$$w_{j(\text{baru})} = w_{j(\text{lama})} + \alpha (x - w_{j(\text{lama})})$$
 - Jika $T \neq C_j$, maka :

$$w_{j(\text{baru})} = w_{j(\text{lama})} - \alpha (x - w_{j(\text{lama})})$$
 - c. *Update* atau kurangi nilai α , pengurangan nilai α dilakukan dengan cara $\alpha = \alpha - (\text{dec } \alpha)$ atau $\alpha = \alpha * (\text{dec } \alpha)$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada percobaan penelitian ini dilakukan dalam skala Laboratorium, dimana arena ditentukan secara khusus dengan berukuran 240 cm x 360 cm. Pada Gambar 7 memperlihatkan arena pengujian *olfactory hexapod robot*. Di dalam arena tersebut ditempatkan *hexapod robot* dan ilustrasi objek yang di dalamnya ada sumber aroma. Adapun sumber aroma yang digunakan adalah bensin dan gas butana. Sumber aroma tersebut dilakukan secara bergantian di dalam objek.



Gambar 7. Arena pengujian untuk *olfactory hexapod robot*.

Sensor pendeteksi aroma pada robot dilakukan pengambilan data dengan cara mendekatkan robot dengan objek sumber gas. Hal ini bertujuan untuk mengambil pola yang dihasilkan oleh sinyal elektrik sensor pendeteksi aroma, karena setiap sensor memiliki kemampuan tersendiri terhadap aroma tertentu. Pengambilan data atau pola dengan menempatkan robot terhadap objek dengan rentang jarak antara 10 cm sampai 20 cm. Adapun hasil pola yang diketahui oleh masing-masing sumber aroma dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4. Pola tersebut dimasukkan dalam proses pelatihan data untuk dikenali oleh program LVQ.

Tabel 3. Pola aroma bensin

Pola	Sensor gas MQ (Volt)		
	MQ2	MQ4	MQ135
1	4.12	4.52	3.66
2	3.81	4.44	3.58
3	3.56	4.31	3.26
4	3.37	4.26	3.20
5	3.21	4.16	3.05

Tabel 4. Pola aroma butana

Pola	Sensor gas MQ (Volt)		
	MQ2	MQ4	MQ135
1	3.76	4.65	3.13
2	3.36	4.53	2.98
3	3.57	4.54	2.66
4	3.24	4.41	2.54
5	3.12	4.37	2.44

Setelah melalui tahapan pelatihan data maka robot dilakukan percobaan untuk ber-navigasi dalam mencari dan mendeteksi sumber aroma. Adapun hasil percobaan hexapod robot dalam ber-navigasi menuju sumber aroma dapat dilihat pada Gambar 8.

Gambar 8.a merupakan pengujian robot pada posisi pertama (sisi kiri robot terhadap dinding), dan robot dijalankan untuk ber-navigasi. Adapun jarak antara robot dengan objek terlihat jauh sehingga program *fuzzy logic* diaktifkan terlebih dahulu. Robot terlihat ber-navigasi mengikuti dinding dan menghindari halangan depan kemudian mencapai posisi objek sumber aroma. Ketika sensor-sensor gas mendeteksi adanya aroma dengan ambang batas mencapai 2.4 volt, maka robot bergerak pelan sampai berhenti disekitar objek, dan sistem pada robot men-transfer data ke komputer (program LVQ) untuk dikenali tipe aroma tersebut. Pada Gambar 8.b memperlihatkan pergerakan robot dari sisi kanan, dimana robot juga ber-navigasi mengikuti dinding sampai menuju objek. Ketika sensor-sensor gas mendeteksi aroma, maka robot juga mengirimkan data ke komputer untuk mengenali aroma tersebut. Percobaan robot dilakukan sebanyak 15 kali untuk masing-masing posisi (ilustrasi Gambar 8.a dan Gambar 8.b), sehingga total percobaan sebanyak 30 kali.

Adapun selama percobaan tersebut robot dapat mencapai objek dan mendeteksi aroma. Dalam 30 kali percobaan, *olfactory hexapod robot* berhasil mengidentifikasi jenis aroma sebanyak 26 kali atau diketahui tingkat keberhasilan yang dicapai sebesar 86%, dimana sistem mengalami kesalahan dalam identifikasi sebanyak 4 kali. Tabel 5 menunjukkan hasil kemampuan *olfactory hexapod robot* dalam mendeteksi dan mengidentifikasi jenis aroma. Kesalahan dalam identifikasi disebabkan oleh gangguan udara di sekitar robot dan objek, sehingga berpengaruh dalam deteksi dan pembacaan nilai sensor-sensor gas.

PENUTUP

Hexapod robot telah berhasil dibuat dan dikembangkan dalam mendeteksi sumber aroma. Didalam penelitian ini, robot dilengkapi dengan sensor-sensor pendeteksi jarak dan pendeteksi aroma, sehingga disebut *olfactory hexapod robot*. Adapun sistem navigasi pada robot ini menggunakan *Fuzzy Logic* yang di-*embedded* pada mikro, sedangkan metode yang digunakan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi jenis aroma menggunakan *Learning Vector Quantization*. Program LVQ dirancang di dalam komputer, dimana prosesnya sistem robot mengirimkan data menggunakan perangkat komunikasi *Transceiver*. Robot dilakukan pengujian di arena yang sudah ditentukan, dan hasilnya menunjukkan bahwa robot berhasil dalam navigasi menuju target sumber aroma. Robot juga berhasil dalam mendeteksi dan mengenali pola aroma Bensin maupun Butana dengan tingkat keberhasilan mencapai 86%. Adapun target pengembangan selanjutnya adalah implementasi *Computer Vision* untuk mendukung investigasi baik dari sisi navigasi maupun deteksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sriwijaya yang telah men-*support* dan finansial di dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Jiang, X. F. Hong, and A. D. Ge, "Mobile Robot Gas Source Localization Based On Behavior Strategies," in *Proceedings of the 33rd Chinese Control Conference*, 2014, pp. 8304–8308.
- [2] A. D. C. De Albornoz, A. B. Rodríguez, A. L. Lopez, and A. R. G. Ramirez, "A Microcontroller-Based Mobile Robotic Platform for Odor Detection," in *2012 ISSNIP Biosignals and Biorobotics Conference: Biosignals and Robotics for Better and Safer Living*, 2012.
- [3] I. D. G. Rai, "Rancang Bangun Robot Electronic Nose Untuk Mengidentifikasi Gas Menggunakan Multi Layer Perceptron," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 03, no. 3, pp. 222–230, 2014.
- [4] D. Martínez *et al.*, "Experimental Application of an Autonomous Mobile Robot for Gas Leak Detection in Indoor Environments," in *FUSION 2014 - 17th International Conference on Information Fusion*, 2014.
- [5] Fahmizal and C. H. Kuo, "Development of a Fuzzy Logic Wall Following Controller for Steering Mobile Robots," in *International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications*, 2013, pp. 7–12.
- [6] N. H. Singh and K. Thongam, "Mobile Robot Navigation Using Fuzzy Logic in Static Environments," in *6th International Conference on Smart Computing and Communications*, 2017, vol. 125, pp. 11–17.
- [7] Sutarno and S. Putri Fauliah, "Implementation of Learning Vector Quantization (LVQ) Algorithm for Durian Fruit

- Classification Using Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Parameters,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1196, no. 1, pp. 4–10.
- [8] H. Wicaksono *et al.*, “Perancangan Sistem Navigasi Otonom pada Behavior Based Hexapod Robot,” *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 70–78, 2010.
- [9] Darwison and R. Wahyudi, “Kontrol Kecepatan Robot Hexapod Pemadam Api menggunakan Metoda Logika Fuzzy,” *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 227–234, 2015.
- [10] H. Avrilyantama, M. Rivai, and D. Purwanto, “Pengembangan Robot Hexapod Untuk Melacak Sumber Gas,” *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2015.
- [11] Rendyansyah, A. P. P. Prasetyo, and K. Exaudi, “Implementasi Electronic Nose Dan Support Vector Machine Pada Aplikasi Olfactory Mobile Robot Dalam Mengenali Gas,” *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 69–79, 2018.
- [12] P. Risma, M. Bagaskara, N. L. Husni, M. Anisah, and A. Rialita, “The Application of Push Button Switch as Inverse Kinematics Input on Adaptive Walking Method for Hexapod Robot,” *Comput. Eng. Appl.*, vol. 9, no. 1, p. 16, 2020.
- [13] Rendyansyah, K. J. Miraswan, A. P. P. Prasetyo, K. Exaudi, B. Sudrajat, and A. W. Sempurna, “Sistem Navigasi Robot Hexapod Menggunakan Behavior Dan Learning Vector Quantization,” *ELKHA*, vol. 11, no. 1, pp. 33–38, 2019.
- [14] Rendyansyah, H. Ubaya, A. Faydinar, and Y. Ramdhan, “Kendali Gerak Robot Hexapod Menggunakan Remote Control Berbasis Android,” *J. J-Innovation*, vol. 7, no. 1, pp. 7–14, 2018.
- [15] S. Kusumadewi, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu, 2013.
- [16] Sutarno, R. F. Abdullah, and R. Passarella, “Identifikasi Tanaman Buah Berdasarkan Fitur Bentuk, Warna dan Tekstur Daun Berbasis Pengolahan Citra dan Learning Vector Quantization,” in *Annual Research Seminar, 2017*, pp. 65–70.

Biodata Penulis

Rendyansyah, Pendidikan Magister Teknik Elektronika ITS. Bekerja sebagai pengajar di Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya. Adapun bidang riset yang ditekuni yaitu Sistem Otomasi dan Robotika.

Aditya P. P. Prasetyo, Pendidikan Magister Teknik Kendali ITS. Bekerja sebagai pengajar di Jurusan Teknik Komputer Universitas Sriwijaya. Adapun bidang riset yang ditekuni yaitu Sistem Otomasi dan Robotika.

Kemahyanto Exaudi, Pendidikan Magister Teknik Elektronika ITS. Bekerja sebagai pengajar di Jurusan Teknik Komputer Universitas Sriwijaya. Adapun bidang riset yang ditekuni yaitu Sistem Sensor dan Instrumentasi.

Abdul Wahid Sempurna, Mahasiswa Program Sarjana Sistem Komputer UNSRI. Adapun bidang riset yang ditekuni yaitu Sistem Otomasi dan Robotika.

Bangun Sudrajat, Mahasiswa Program Sarjana Sistem Komputer UNSRI. Adapun bidang riset yang ditekuni yaitu Sistem Otomasi dan Robotika.